Apprendre et enseigner sur le Web: quelle ingénierie pédagogique?

Apprendre et enseigner sur le Web : quelle ingénierie pédagogique?

Sous la direction de Gilbert Paquette, Josianne Basque et France Henri

Université TÉLUQ
Université du Québec
Québec (Québec) Canada
2022

Direction de l'ouvrage

Gilbert Paquette
Josianne Basque
France Henri

Autrices et auteurs

Josianne Basque
Rim Bejoui
Maria Bondarenko
Jacqueline Bourdeau
Claude Coulombe
Nancy Gagné
France Henri
Gilbert Paquette
Valéry Psyché
Isabelle Savard

Conception graphique

Service technopédagogique, Université TÉLUQ

Révision linguistique

Sylvie Pouliot

Tous les droits de reproduction, de traduction et d'adaptation, en tout ou en partie par quelque moyen que ce soit, sont réservés.

© Université TÉLUQ, 2022

ISBN 978-2-7624-2657-1

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2022

Un projet du Laboratoire LICÉ, Institut LICEF, Université TÉLUQ

Édité par :

Université TÉLUQ
Université du Québec
455, rue du Parvis
Québec (Québec) G1K 9H6
Canada

Distribué par :

Presses de l'Université du Québec
Édifice le Delta 1
2875, boul. Laurier, bureau 450
Québec (Québec) G1V 2M2
Tél. : 418 657-4399
Télécopie : 418 657-2096

TABLE DES MATIÈRES

NOTICES BIOGRAPHIQUES 7

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE
Évolution de l'ingénierie pédagogique

CHAPITRE 1
Environnements numériques d'apprentissage et ingénierie pédagogique : de quoi parle-t-on?
Josianne Basque • Gilbert Paquette • France Henri

Introduction 23
1 Qu'est-ce qu'un environnement numérique d'apprentissage (ENA)? 24
2 Qu'est-ce que l'ingénierie pédagogique? 34
Conclusion 46
Références 48

CHAPITRE 2
Les méthodes d'ingénierie pédagogique d'hier à aujourd'hui : évolution ou révolution?
Josianne Basque • Maria Bondarenko

Introduction 55
1 L'approche systémique : le modèle ADDIE 56
2 L'approche du prototypage rapide 58
3 L'approche agile 60
4 L'approche participative 62
5 L'approche du design fondé sur les théories de l'apprentissage 63
6 L'approche du *design thinking* *68*
7 L'approche architecturale 73
8 L'approche de l'adaptation au contexte du projet 76
9 L'approche du design par objets d'apprentissage 80
Conclusion 86
Références 88

CHAPITRE 3
Les fondements de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage
Gilbert Paquette

Introduction 102
1 Les méthodes systémiques 103
2 Le design pédagogique scientifique 106
3 L'ingénierie des systèmes d'information 109
4 L'ingénierie des connaissances 113
Conclusion 130
Références 133

CHAPITRE 4
Apports de la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) à l'ingénierie des ENA
Gilbert Paquette

Introduction 138
1 Le système d'apprentissage dans la MISA et les ENA 141
2 Les trois dimensions de la méthode 145
3 La théorie d'enseignement de la MISA 156
4 La MISA et les théories de l'apprentissage et d'enseignement 159
5 La MISA face aux critiques à l'égard des méthodes d'ingénierie pédagogique 166
Conclusion 166
Références 171

DEUXIÈME PARTIE
Actualisation des approches méthodologiques et technopédagogiques

CHAPITRE 5
Améliorer l'ingénierie pédagogique : points de vue de praticiens et de praticiennes
Josianne Basque • Isabelle Savard

Introduction 177
1 Améliorer les approches méthodologiques de l'ingénierie pédagogique 180
2 Améliorer le processus d'ingénierie pédagogique 185
3 Améliorer la gestion des projets d'ingénierie pédagogique 191
4 Améliorer le soutien offert aux praticiens et aux praticiennes 194
Conclusion 199
Références 202

CHAPITRE 6
Vers une ingénierie des environnements numériques d'apprentissage pilotée par les données
Claude Coulombe • Valéry Psyché

Introduction 206
1 L'analytique de l'apprentissage 207
2 Les données éducatives 216
3. Des exemples concrets d'analytique de l'apprentissage 224
4 L'enseignement adaptatif et l'ingénierie pédagogique 237
Conclusion 241
Références 243

CHAPITRE 7
Typologies et ontologies pour l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage
Gilbert Paquette

Introduction 248
1 Les typologies intégrées dans la MISA 251
2 Le Web de données ouvertes et liées ou Web sémantique 263
3 Les ontologies du Web sémantique et l'ingénierie pédagogique 270
4 Une ontologie pour la scénarisation pédagogique 277
Conclusion 293
Références 294

CHAPITRE 8
Instrumentation d'une ingénierie des ENA fondée sur les compétences
Gilbert Paquette • Rim Bejaoui

Introduction 298
1 Les compétences, base de l'ingénierie pédagogique 300
2 Des exemples d'ingénierie pédagogique fondés sur les compétences 306
3 Des modèles sous forme d'ontologies pour définir les compétences 316
4 L'évaluation des compétences 328
Conclusion 333
Références 334

TROISIÈME PARTIE
Spécialisations de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage

CHAPITRE 9
L'ingénierie des environnements intelligents pour l'apprentissage humain
Gilbert Paquette • Valéry Psyché • Jacqueline Bourdeau

Introduction 343
1 Intelligence artificielle et intelligence humaine 345
2 Les environnements intelligents pour l'apprentissage 349
3 L'ingénierie pédagogique des EIA 358
4 Le système auteur TELOS : un système conseiller multiacteur 364
Conclusion 372
Références 374

CHAPITRE 10
Considérer la diversité de contextes et de cultures dans les environnements numériques d'apprentissage
Isabelle Savard • Nancy Gagné

Introduction 382
1 La modélisation des concepts-clés pour la considération des variables culturelles et contextuelles 386
2 Des pistes pour une ingénierie pédagogique exploitant les variables culturelles et contextuelles dans les ENA 399
3 L'utilisation des ENA pour développer des compétences d'adaptation 406
Conclusion 411
Références 413

CHAPITRE 11
Comprendre les CLOM : repères pour aborder leur conception
France Henri

Introduction 420
1 Le CLOM, un modèle éducatif inédit 421
2 Percer les causes de l'abandon 428
3 Conceptualiser l'« apprendre » et le métier d'apprenant 435
Conclusion 443
Références 446

CHAPITRE 12
Une ingénierie pédagogique des ENA pour des apprentissages autonomes tout au long de la vie
France Henri

Introduction 450
1 La formation à l'ère numérique 451
2 Pour une ingénierie pédagogique renouvelée : cap sur l'autonomie 462
3 Une ingénierie pédagogique renouvelée : application pratique 469
Conclusion 477
Références 480

QUATRIÈME PARTIE
Nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage

CHAPITRE 13
Orientations pour renouveler l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage
Gilbert Paquette • Josianne Basque • France Henri

Introduction 486
1 Les orientations émanant de la méthodologie du design pédagogique 487
2 Les orientations émanant de la méthodologie du génie logiciel 493
3 Les orientations émanant de la méthodologie du génie cognitif 498
4 Les bases de la nouvelle méthode d'IENA 502
Conclusion 512
Références 514

CHAPITRE 14
Architecture d'une nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage : la MIENA
Gilbert Paquette • Josianne Basque • France Henri

Introduction 518
1 Le tronc commun de la méthode 520
2 Les spécialisations de la méthode 538
3 L'instrumentation de la méthode 547
Conclusion 548
Références 549

EN GUISE DE CONCLUSION

France Henri • Gilbert Paquette • Josianne Basque

Le recours à une méthode d'ingénierie pédagogique en contexte de formation à distance en ligne : un incontournable 555

Les particularités de l'intégration de l'ingénierie pédagogique des ENA dans les différents contextes de formation 556

L'intégration de l'ingénierie pédagogique dans la pratique : le cas du milieu universitaire pour l'offre d'une formation à distance en ligne 559

Quelques remarques en guise de clôture 565

NOTICES BIOGRAPHIQUES

Josianne Basque est professeure honoraire de l'Université TÉLUQ et chercheuse régulière à l'Institut LICEF. Au cours de sa carrière comme professeure en technologie éducative de 1997 à 2019, elle a agi comme directrice des programmes d'études supérieures dans ce domaine et a conçu plusieurs cours en ligne sur les aspects cognitifs de l'usage des technologies numériques à des fins d'apprentissage et sur l'ingénierie pédagogique. Elle a également été directrice du Département Éducation. Ses recherches ont porté principalement sur les méthodes et les pratiques en ingénierie pédagogique, la formation à distance, la pédagogie universitaire et la comodélisation de connaissances à des fins d'apprentissage et de transfert interindividuel de l'expertise professionnelle.

Adresse courriel : josianne.basque@teluq.ca
Site Web : https://www.teluq.ca/siteweb/univ/jbasque.html
R-Libre : https://r-libre.teluq.ca/view/person/josianne=2Ebasque=40teluq=2Eca.html
Université TÉLUQ : www.teluq.ca
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca/

Rim Bejaoui est titulaire d'un doctorat en informatique cognitive dans un programme conjoint de l'Université TÉLUQ et de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), d'une maîtrise ès sciences en informatique de gestion de l'UQAM ainsi que d'un baccalauréat en informatique appliquée à la gestion de l'Université de Tunis. Ses champs d'intérêt de recherche portent sur les environnements numériques d'apprentissage, les cours en ligne ouverts aux masses (CLOM/MOOC), l'apprentissage personnalisé, l'ingénierie pédagogique, l'évaluation des compétences et les ontologies pour l'éducation. Elle agit également comme conseillère technopédagogique pour la mise en place de dispositifs de formation hybrides ou à distance intégrant des MOOC et des SPOC (*small private online courses*) et dirige une équipe avec le ministère tunisien de l'Industrie et des PME dans le cadre d'un projet pour accélérer la transition industrielle dans les entreprises par la formation des formateurs et des formatrices.

Adresse courriel : rim.bejaoui@giz.de
Google Scholar : https://scholar.google.com/citations?user=J665VPMAAAAJ&hl=fr

Maria Bondarenko est titulaire d'un doctorat en études culturelles de l'Université de Moscou. Elle est chargée de cours en enseignement des langues à l'Université de Montréal et à l'Université de Heidelberg (Allemagne). Elle est membre du groupe de recherche Cognitive Pedagogy for Language Learning (CPLL). En tant que spécialiste en analyse textuelle assistée par ordinateur, elle contribue aux travaux du groupe de recherche sur l'épistémologie de la science du tourisme de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Membre étudiante de l'Institut LICEF, elle s'intéresse au concept de « modèle » tel qu'il est utilisé dans le domaine du design pédagogique. Dans ses recherches, elle s'intéresse également aux pratiques d'ingénierie pédagogique des enseignantes et des enseignants universitaires ainsi qu'aux approches cognitives et à l'intégration des technologies numériques dans l'enseignement et l'apprentissage des langues.

Adresse courriel : maria.bondarenko@umontreal.ca
Profil : https://www.slav.uni-heidelberg.de/personal/mbondarenko.html
Groupe de recherche CPLL : https://cognitivepedagogy.weebly.com
ResearchGate : https://www.researchgate.net/profile/Maria-Bondarenko-2

Jacqueline Bourdeau est titulaire d'un doctorat en technologie éducationnelle de l'Université de Montréal. Au cours de sa carrière professorale commencée en 1992, elle a d'abord œuvré à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) de 1995 à 2000, puis à l'Université TÉLUQ où elle a été responsable des programmes de 2e cycle en technologie éducative ainsi que directrice et codirectrice de thèse de plusieurs étudiants et étudiantes au doctorat en informatique cognitive. De 2000 à 2003, elle a agi comme directrice du Centre de recherche LICEF de la TÉLUQ. Outre ses publications et ses nombreux projets de recherche, elle a amorcé et piloté la participation de la TÉLUQ au Réseau d'excellence européen Kaleidoscope. Elle a siégé à de nombreux comités de programme de colloques, présidé le colloque Web 2016 et a été membre du comité exécutif de l'International Society for AI and Education. Maintenant à la retraite, elle se concentre sur le projet Technologies éducatives pour l'enseignement en contexte (TEEC).

Adresse courriel : jacqueline.bourdeau@licef.ca
Site Web : https://jbourdeau.teluq.ca/
Projet TEEC : https://teec.teluq.ca/fr/

Claude Coulombe est titulaire d'un doctorat en informatique cognitive. Il a une longue expérience comme entrepreneur, chercheur industriel, inventeur, scientifique de données et développeur de logiciels d'intelligence artificielle (IA). Il est consultant en IA appliquée et chercheur associé à l'Institut LICEF et au CDRIN affilié au Cégep de Matane.

Adresse courriel: claude.coulombe@linguatechnologies.com
Site Web : linguatechnologies.com
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca/

Nancy Gagné est professeure au Département Sciences humaines, Lettres et Communication de l'Université TÉLUQ. Elle est directrice des programmes de langues et de linguistique. Ses champs d'intérêt de recherche portent sur les aspects cognitifs et pédagogiques liés à l'acquisition des langues secondes. Plus spécifiquement, elle s'intéresse à l'impact des contextes d'apprentissage et aux différences individuelles dans le développement de la compétence orale. Elle s'implique depuis plusieurs années dans la formation initiale et continue des enseignants et des enseignantes dans le milieu scolaire québécois. Elle est également membre de l'Institut Jacques-Couture et chercheuse régulière à l'Observatoire du numérique en éducation (ONE).

Adresse courriel : nancy.gagne@teluq.ca
Site Web : https://www.teluq.ca/siteweb/univ/nagagne.html
Université TÉLUQ : www.teluq.ca
Institut Jacques-Couture : https://www.teluq.ca/institut-jacques-couture
ONE : https://observatoire.one/fr/

France Henri est professeure honoraire de l'Université TÉLUQ et chercheuse régulière à l'Institut LICEF. En cours de carrière, elle a exercé diverses fonctions à titre de directrice scientifique du LICEF, directrice de l'UER Science et Technologie et directrice des programmes de 2e cycle en technologie de l'information à l'École de technologie supérieure (ÉTS). Elle est aussi professeure associée et chercheuse à l'Institut des sciences, des technologies et des études avancées d'Haïti. Ses travaux portent sur l'usage des technologies en soutien à l'autonomie et à la personnalisation des apprentissages. En 2021, en hommage à son engagement dans le milieu universitaire et la formation à distance, elle a été nommée membre de l'Ordre de l'excellence en éducation, une distinction émanant du ministère de l'Éducation du gouvernement du Québec.

Adresse courriel : france.henri@teluq.ca
Site Web : http://www.teluq.ca/fhenri
R-Libre : https://r-libre.teluq.ca/view/person/france=2Ehenri=40teluq=2Eca.html
Université TÉLUQ : www.teluq.ca
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca/

Gilbert Paquette est professeur émérite au Département Science et Technologie de l'Université TÉLUQ et chercheur en informatique cognitive à l'Institut LICEF, qu'il a fondé en 1992, où il dirige le Laboratoire en informatique cognitive et éducative (LICÉ). Il a rédigé de nombreuses publications scientifiques et dirigé plusieurs projets de recherche, dont le réseau pancanadien LORNET de 2004 à 2010. Il a été titulaire de la Chaire de recherche du Canada en ingénierie cognitive et éducative de 2002 à 2016. Un doctorat *honoris causa* lui a été décerné en 2007 par l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). Ses publications incluent quatre livres sur les technologies d'apprentissage, la modélisation des connaissances, le Web sémantique, l'ingénierie pédagogique et la formation à distance.

Adresse courriel : gilbert.paquette@teluq.ca
Site Web : http://gp.licef.ca
LICÉ : http://lice.licef.ca
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca/
Université TÉLUQ : www.teluq.ca

Valéry Psyché est professeure au Département Éducation de l'Université TÉLUQ. Elle est chercheuse régulière à l'Institut LICEF et à l'Observatoire du numérique en éducation (ONE) de la TÉLUQ, ainsi qu'à l'Institut des sciences cognitives (ISC) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Elle est spécialisée en technologie éducative et en formation à distance. Elle est titulaire d'un doctorat en informatique cognitive de l'UQAM et habilitée à codiriger des étudiants et des étudiantes dans ce programme de doctorat. Ses travaux portent sur les systèmes tutoriels intelligents et plus généralement l'intelligence artificielle en éducation, le design pédagogique, l'ingénierie ontologique et les communautés de pratique.

Adresse courriel : valery.psyche@teluq.ca
Sites Web : https://www.teluq.ca/siteweb/univ/vpsyche.html et https://ca.linkedin.com/in/valéry-psyché-29273213
R-Libre : https://r-libre.teluq.ca/view/person/valery=2Epsyche=40teluq=2Eca.html
Google Scholar : https://scholar.google.ca/ (Valéry Psyché) et https://scholar.google.ca/citations?user=hnd_elAAAAAJ&hl=fr
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca/
ISC : https://isc.uqam.ca/
ONE : https://observatoire.one/fr/

Isabelle Savard est professeure régulière et directrice des programmes en technologie éducative et en formation à distance à l'Université TÉLUQ. Elle possède vingt-cinq années d'expérience en design pédagogique. Elle est titulaire d'un doctorat en informatique cognitive TÉLUQ-UQAM et d'un postdoctorat en technologie éducative de la Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST). Elle a conçu plusieurs cours en ligne sur le design pédagogique et est responsable des cours en ingénierie pédagogique offerts à la TÉLUQ. Ses travaux portent notamment sur le design pédagogique, l'innovation technopédagogique, la considération des variables culturelles et contextuelles en éducation, la pédagogie des sciences de la santé ainsi que le développement des compétences et la formation à distance. Elle est chercheuse à l'Observatoire du numérique en éducation (ONE) et à l'Institut LICEF de l'Université TÉLUQ.

Adresse courriel : isabelle.savard@teluq.ca
Site Web : https://www.teluq.ca/siteweb/univ/isavard.html#onglet1660
R-Libre : https://r-libre.teluq.ca/view/person/isabelle=2Esavard@teluq=2Eca.html
Université TÉLUQ : www.teluq.ca
ONE : https://observatoire.one/fr/
Institut LICEF : http://licef.teluq.ca

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, l'essor des technologies numériques a entraîné des bouleversements notables dans le monde de l'éducation et de la formation. Qu'ils soient utilisés à distance, en présence ou en mode mixte, les environnements numériques d'apprentissage (ENA) sont de plus en plus présents dans les milieux de l'éducation tant formelle que non formelle. Ainsi, des programmes de formation et des cours sont offerts partiellement ou entièrement en ligne en mode synchrone ou asynchrone dans des établissements d'enseignement et des lieux de travail. C'était le cas avant la pandémie causée par la COVID-19, mais celle-ci a forcé nombre d'entre eux à adopter dans l'urgence ces modalités d'enseignement et d'apprentissage. Par ailleurs, des milliers de cours en ligne ouverts aux masses (CLOM) sont maintenant offerts gratuitement sur le Web et peuvent être suivis par quiconque souhaite parfaire ses connaissances et développer de nouvelles compétences dans une diversité de domaines. On a vu également une variété de types d'ENA apparaître dans le paysage éducatif au fil de l'évolution des technologies numériques et des travaux menés en technologie éducative et en informatique cognitive : communautés d'apprentissage en ligne, vidéos interactives, simulations éducatives, laboratoires d'expérimentations pour l'apprentissage des sciences en ligne, jeux sérieux, tutoriels intelligents, environnements éducatifs de réalité virtuelle et de réalité augmentée, pour ne nommer que ceux-là.

Les défis tant pédagogiques que technologiques et organisationnels que représentent la conception, le développement et l'implantation des ENA dans les divers milieux de formation sont nombreux et encore largement sous-estimés. Pour les relever, de multiples actions doivent être accomplies dans chaque projet. Citons, à titre d'exemple, celles qui consistent à analyser le besoin de formation à l'origine du projet et à spécifier, notamment : les connaissances et les compétences que les apprenantes et les apprenants seront amenés à développer dans l'ENA; les stratégies pédagogiques à adopter pour qu'ils les acquièrent; les productions attendues des personnes apprenantes; les modalités d'évaluation des apprentissages; le déroulement du ou des scénarios pédagogiques; les ressources d'enseignement

et d'apprentissage qui seront mises à la disposition des personnes apprenantes en précisant leur contenu et leur format médiatique (texte, vidéo, illustration, schéma, diaporama, etc.); les modalités d'interaction entre les personnes apprenantes ainsi qu'entre celles-ci et, le cas échéant, l'enseignant, l'enseignante, le formateur, la formatrice ou la personne tutrice; le processus de suivi du progrès des personnes apprenantes; les fonctionnalités interactives à implémenter dans l'ENA; les contraintes budgétaires et temporelles liées au projet et les implications qu'elles imposent sur les décisions à prendre; le mode de diffusion de l'ENA à adopter et la logistique organisationnelle et technologique pour sa mise en place; les modalités d'évaluation de l'ENA.

Pour mener ce travail, il faut compter sur la contribution de plusieurs spécialistes assumant une variété de rôles, chacun exigeant une expertise particulière (concepteur ou conceptrice pédagogique, ingénieur ou ingénieure pédagogique, spécialiste du contenu abordé, analyste informatique, technicien ou technicienne en audiovisuel, intégrateur ou intégratrice Web, infographiste, gestionnaire de projet, etc.). Ces spécialistes doivent viser à maintenir un alignement optimal entre les composantes cognitive, pédagogique, médiatique et logistique de l'ENA. Aussi doivent-ils collaborer étroitement afin d'assurer la cohérence entre leurs travaux.

Heureusement, des chercheurs et des chercheuses œuvrant en technologie éducative et en informatique cognitive ont développé une diversité d'outils conceptuels, méthodologiques et logiciels qui peuvent soutenir le travail d'ingénierie pédagogique des formations en ligne et en optimiser leur qualité pédagogique et médiatique. Depuis le début des années 1960, ils ont notamment développé une variété de méthodes d'ingénierie pédagogique qui permettent de guider la conception de produits éducatifs de divers types. Chacune d'elles propose une démarche de travail en spécifiant les processus à mettre en œuvre, les composantes du produit éducatif à développer, les diverses tâches à accomplir et les productions à réaliser par l'équipe du projet (rapports d'analyse, plans, modèles, scénarimages, prototypes, etc.). Cependant, même les plus récentes méthodes ignorent certaines des particularités des ENA, compte tenu de l'évolution rapide de notre univers technologique qui s'accompagne d'une réflexion féconde sur les théories éducatives.

Ce contexte en changement incessant nécessite des analyses constantes et, si possible, des améliorations continues. C'est dans cette perspective que le présent ouvrage s'inscrit, en visant à contribuer à l'amélioration des méthodes qui soutiennent la conception, le développement et l'implantation des ENA.

L'origine de l'ouvrage

Depuis plus de trente ans, des travaux de recherche en ingénierie pédagogique ont été réalisés au Laboratoire en informatique cognitive et environnements de formation (LICEF) de l'Université TÉLUQ[1], puis au Centre de recherche LICEF et maintenant à l'Institut LICEF[2]. Il s'y poursuit aujourd'hui des travaux de recherche plus diversifiés. Cependant, les travaux sur l'ingénierie pédagogique qui y sont toujours menés sont réalisés en bonne partie au sein de l'un de ses laboratoires, le Laboratoire d'ingénierie cognitive et éducative (LICÉ)[3], d'où provient le présent ouvrage.

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA), issue à l'époque des travaux du LICEF, ainsi que les outils numérisés qui l'instrumentent ont été largement utilisés dans différents milieux de formation au Québec et dans plusieurs pays. À l'Université TÉLUQ, des professeurs et des professeures ont utilisé cette méthode pour concevoir leurs cours ou comme sujet d'enseignement dans des programmes en technologie éducative et en informatique cognitive. La MISA a fait l'objet d'un ouvrage paru au début des années 2000[4]. Depuis, les bases pédagogiques et technologiques sur lesquelles repose cette méthode ont évolué de manière importante. Ainsi, le présent ouvrage vise à faire le point et à définir les lignes de force qui permettraient de faire évoluer non seulement la MISA, mais aussi l'ensemble des méthodes d'ingénierie des ENA telles qu'elles se présentent dans le contexte actuel.

Historiquement, l'idée de faire évoluer l'ingénierie pédagogique a pris racine en mai 2017 lors du colloque *Vers une nouvelle ingénierie pédagogique pour les environnements numériques d'apprentissage*[5], organisé par les chercheurs du LICÉ, qui s'est tenu à l'Université McGill à Montréal dans le cadre du 85e Congrès de l'ACFAS (Association francophone pour le savoir). Ce colloque avait pour but de susciter les échanges entre les chercheurs et chercheuses et les acteurs des milieux de la formation qui s'intéressent à l'ingénierie pédagogique des ENA, en vue notamment de tracer la voie vers une révision de la MISA. Ainsi, des constats

1. https://www.teluq.ca/
2. Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.
3. http://licef.teluq.ca/
4. Gilbert Paquette, L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau, Presses de l'Université du Québec, 2002.
5. https://ipdesena-acfas2017.teluq.ca

issus des recherches et des pratiques en ingénierie pédagogique ont été exposés et plusieurs questions ont émergé. En voici quelques-unes :

- L'approche systémique adoptée dans la MISA et dans la plupart des méthodes proposées à ce jour est-elle toujours requise?
- Comment peut-on rendre la démarche d'ingénierie pédagogique plus agile et assurer qu'elle soit ouverte à une diversité d'approches pédagogiques?
- Comment doit-on faire en sorte que l'ingénierie pédagogique puisse exploiter le plein potentiel des avancées technologiques et des sciences de l'apprentissage?
- Plutôt qu'une méthode générale s'appliquant à tous les projets d'ingénierie pédagogique, serait-il préférable et plus efficace de proposer un ensemble de méthodes spécifiques à chacun des projets, ou bien une méthode comportant à la fois un processus générique à tous les projets et la possibilité de la spécialiser en fonction de différents types d'ENA (cours en ligne, jeux sérieux, CLOM, tutoriels intelligents, etc.)?

Lors de ce colloque, les discussions autour de ces questions et de plusieurs autres ont permis de mettre la table à la préparation de l'ouvrage. Les conférenciers et les conférencières qui y ont prononcé une communication ont été invités à soumettre une proposition de contribution au présent ouvrage. D'autres chercheurs et chercheuses, d'anciens doctorants et doctorantes ainsi que des collaborateurs et des collaboratrices du LICÉ ont également soumis des propositions qui y ont été intégrées.

Les travaux que nous présentons sont à la fois alimentés par la recherche à l'Institut LICEF et par la pratique de l'ingénierie pédagogique dans le développement de programmes d'études et de cours en ligne à l'Université TÉLUQ et ailleurs. En effet, en plus de faire partie de l'équipe des chercheurs et chercheuses du LICEF, la majorité des auteurs et des auteures des chapitres, dont les trois ayant dirigé l'ouvrage, exercent la fonction de professeur à l'Université TÉLUQ. Plusieurs ont également contribué au développement de formations entièrement ou partiellement en ligne, destinées à d'autres milieux de formation dans le cadre de leurs travaux de recherche ou ont dirigé des travaux de recherche de doctorat ou de maîtrise ayant mené à la conception et au développement de divers types d'ENA.

Le contenu de l'ouvrage

L'ouvrage compte quatorze chapitres regroupés en quatre parties. On peut en faire la lecture dans leur ordre de présentation ou selon son intérêt pour l'un ou l'autre des aspects traités dans chacun d'eux.

La **première partie**, intitulée « Évolution de l'ingénierie pédagogique », donne une perspective historique au thème de l'ouvrage en rapportant les idées et les travaux qui ont contribué au développement et à l'évolution du domaine de l'ingénierie pédagogique à ce jour. Le premier chapitre, rédigé par Josianne Basque, Gilbert Paquette et France Henri, apporte un éclairage terminologique à ce domaine afin de lever la confusion créée par la multiplication des termes que l'on trouve dans la littérature des dernières années. Dans le chapitre 2, Josianne Basque et Maria Bondarenko présentent un survol de neuf approches méthodologiques proposées en ingénierie pédagogique. Dans le chapitre 3, qui porte sur les fondements de l'ingénierie pédagogique, Gilbert Paquette explique la nécessité d'ajouter au fondement du design pédagogique scientifique à l'origine des premières méthodes, ceux de l'ingénierie des systèmes d'information et de l'ingénierie des connaissances. Dans le chapitre 4, Gilbert Paquette présente une réflexion critique sur la MISA; il propose cinq pistes pour actualiser cette méthode en regard de l'évolution pédagogique et technologique des dernières années.

La **deuxième partie**, « Actualisation des approches méthodologiques et technopédagogiques », traite des améliorations à apporter à ces approches compte tenu de l'évolution rapide des technologies numériques. Dans le chapitre 5, Josianne Basque et Isabelle Savard rapportent les points de vue et les recommandations de soixante-quatorze praticiens et praticiennes de l'ingénierie pédagogique, qui visent de nombreuses améliorations au processus d'ingénierie pédagogique et à son instrumentation. Dans le chapitre 6, Claude Coulombe et Valéry Psyché s'intéressent au potentiel que représente l'exploitation de données pouvant être aujourd'hui recueillies dans les ENA à l'aide des techniques d'analytique de l'apprentissage, ceci dans la perspective d'une ingénierie des ENA pilotée par les données. Dans le chapitre 7, Gilbert Paquette souligne l'essor du Web sémantique qui fournit un ensemble croissant de modèles sous la forme d'ontologies pouvant être avantageusement utilisées comme composantes d'une méthode d'ingénierie pédagogique; il propose une nouvelle ontologie pour la scénarisation pédagogique. Dans le chapitre 8, Gilbert Paquette et Rim Bejaoui recommandent d'adopter une ingénierie pédagogique fondée sur les compétences que les apprenants et les apprenantes doivent acquérir dans les ENA; ils y font une synthèse des travaux dans ce domaine avant de proposer une nouvelle ontologie permettant de définir des profils de compétences dans les ENA.

La **troisième partie**, « Spécialisations de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage », s'intéresse aux manières d'adapter le processus d'ingénierie pédagogique à différents types d'ENA, dits « spécialisés ». Dans le chapitre 9, Gilbert Paquette, Valéry Psyché et Jacqueline Bourdeau montrent comment l'introduction de l'intelligence artificielle dans les ENA fournit une réponse

à la problématique de la personnalisation de l'apprentissage. Dans le chapitre 10, Isabelle Savard et Nancy Gagné soulignent que, dans un contexte d'internalisation grandissante des ENA, il devient nécessaire de prendre en considération diverses variables culturelles et contextuelles, tant pour en exploiter leur potentiel pédagogique que pour éviter qu'elles fassent obstacle aux processus d'enseignement et d'apprentissage. Dans le chapitre 11, France Henri aborde la problématique de l'apprentissage dans les CLOM; elle propose trois repères conceptuels et théoriques sur lesquels prendre appui pour se doter d'un cadre de conception de ces cours se voulant en phase avec les nouveaux besoins d'apprentissage et de formation tout au long de la vie. Dans le chapitre 12, France Henri met en avant l'autonomie de la personne apprenante, la personnalisation de l'apprentissage et l'exploitation des potentialités des technologies comme repères à retenir pour améliorer l'ingénierie pédagogique des ENA.

Dans la **quatrième partie**, « Nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage », le directeur et les directrices de l'ouvrage, Gilbert Paquette, Josianne Basque et France Henri, présentent dans deux chapitres une proposition synthèse de renouvellement des méthodes d'ingénierie des ENA sur la base des idées présentées dans l'ensemble des chapitres précédents. Le chapitre 13 leur permet de définir les orientations d'une nouvelle méthodologie d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA), prenant en compte l'évolution à la fois des théories et des méthodes développées en design pédagogique, en génie logiciel et en génie cognitif. Les orientations dégagées dans chacun de ces domaines permettent de jeter les bases pour guider et soutenir le développement d'une nouvelle méthode d'IENA. Le chapitre 14 présente l'architecture d'une nouvelle méthode d'ingénierie des ENA, appelée MIENA, sur la base des orientations dégagées au chapitre précédent. Il décrit ses axes (cognitif, pédagogique, médiatique et d'implantation), son processus intégrant des cycles successifs d'itérations et son approche de gestion du projet en mode agile. L'architecture ouverte de la méthode permet de la spécialiser à certains types d'ENA, comme l'illustrent les trois cas de spécialisation présentés. Ce chapitre décrit également certains instruments nécessaires pour soutenir les praticiens et les praticiennes dans l'utilisation de la méthode.

En conclusion, France Henri, Gilbert Paquette et Josianne Basque énoncent quelques éléments de réflexion sur les défis que représente l'intégration d'une nouvelle ingénierie pédagogique des ENA dans les différents contextes de formation.

***

Nous souhaitons que, au cours des prochaines années, les idées présentées dans cet ouvrage permettent aux chercheurs et aux chercheuses en technologie éducative, en formation à distance, en sciences de l'éducation et en informatique cognitive d'améliorer les méthodes de conception de formations en ligne en les adaptant à l'évolution de la pensée en éducation, ainsi qu'à celle des technologies de l'information, des communications et des connaissances par lesquelles l'apprentissage se réalise de plus en plus au XXIe siècle.

Dans cette perspective, nous souhaitons aussi que ce livre puisse être utilisé dans les cours en technologie éducative, en formation à distance et en informatique cognitive, en entier ou pour certains chapitres. Nous espérons qu'il pourra contribuer ainsi à la formation de nouveaux chercheurs et chercheuses, de nouveaux formateurs et formatrices et de nouveaux praticiens et praticiennes de l'ingénierie pédagogique, dont nos sociétés axées sur le savoir ont de plus en plus besoin à l'ère numérique.

Enfin, celles et ceux qui travaillent déjà dans le domaine de l'ingénierie pédagogique des ENA à divers titres y trouveront, nous l'espérons, quelques idées inspirantes pour améliorer leurs pratiques.

Le directeur et les directrices de l'ouvrage,

Gilbert Paquette, Josianne Basque et France Henri

Montréal, le 21 juin 2021

PREMIÈRE PARTIE

ÉVOLUTION DE L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE

Les quatre chapitres de la première partie de cet ouvrage permettent de situer la thématique du renouvellement de l'ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage dans une perspective historique. On y souligne les traces marquantes de chercheurs et de chercheuses dont les idées et les travaux ont contribué au développement et à l'évolution du domaine de l'ingénierie pédagogique. L'histoire relativement récente de ce domaine remonte aux années 1960 alors que sont développées les premières méthodes de design pédagogique. Depuis, la communauté des chercheurs et des chercheuses s'intéressant à l'ingénierie pédagogique s'est progressivement agrandie et diversifiée. Le développement des technologies numériques et de leurs usages à des fins pédagogiques s'est avéré un point marquant de cette évolution. Cette communauté rassemble aujourd'hui des personnes aux expertises variées, provenant de divers champs disciplinaires, qui ont contribué à élargir et à développer le corpus de connaissances qui structure le domaine, les théories qui l'organisent ainsi que les terminologies spécifiques et le langage technique et pédagogique qui s'y rapportent.

Le **chapitre 1** met en évidence une certaine cacophonie terminologique qui existe à l'heure actuelle dans le domaine de l'ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage (ENA). On y trouve une clarification des concepts d'ENA et d'ingénierie pédagogique de même qu'un examen d'autres vocables qui, dans les écrits scientifiques, y sont apparentés. Cet éclairage terminologique vise à minimiser une certaine confusion qui peut nuire à la collaboration entre les équipes de recherche et avec les praticiens et les praticiennes du domaine.

Le **chapitre 2** fait état de la multiplication des méthodes de design pédagogique proposées à ce jour. Comment se distinguent-elles les unes des autres? Ce phénomène reflète-t-il une évolution ou une révolution dans le domaine de l'ingénierie pédagogique? Le chapitre tente de répondre à ces questions en décrivant les caractéristiques de neuf approches méthodologiques et en fournissant des exemples de méthodes qui leur sont associées.

Le **chapitre 3** porte sur les fondements de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA) et met en évidence deux aspects cruciaux ayant mené à leur évolution : la complexité du développement des ENA sur le plan technologique et l'importance accrue de la gestion des connaissances dans la société actuelle. Ainsi, au « design pédagogique scientifique » qui était à l'origine des premières méthodes d'ingénierie pédagogique, se sont ajoutés deux nouveaux domaines : l'« ingénierie des systèmes d'information » (ou génie logiciel) et l'« ingénierie des connaissances » (ou génie cognitif). On découvrira comment l'IENA se situe à l'intersection de ces trois domaines du savoir et comment chacun y contribue.

Le **chapitre 4** fait le point sur la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) développée par une équipe du Centre de recherche LICEF (aujourd'hui, l'Institut LICEF) sous la direction de Gilbert Paquette. Avec le recul d'une vingtaine d'années d'expérimentation de cette méthode, l'auteur évalue qu'elle répond mieux que d'autres aux critiques formulées envers les méthodes d'ingénierie pédagogique. Néanmoins, il estime qu'il est devenu nécessaire de l'actualiser afin de répondre aux nouveaux défis qui ont émergé depuis le début de ce millénaire. Cinq pistes de travail sont formulées dans cette perspective.

CHAPITRE 1

ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE ET INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE : DE QUOI PARLE-T-ON?

Josianne Basque • Gilbert Paquette • France Henri

RÉSUMÉ

Ce chapitre vise à cerner le sujet abordé dans cet ouvrage. Pour ce faire, il définit d'abord le concept d'environnement numérique d'apprentissage, puis celui d'ingénierie pédagogique en examinant ses liens avec celui de design pédagogique. Pour chacun de ces concepts, on relève différentes significations qui leur sont attribuées ainsi que d'autres vocables qui leur sont apparentés dans les écrits scientifiques.

MOTS-CLÉS

Environnement numérique d'apprentissage; système d'apprentissage; dispositif d'apprentissage; ingénierie pédagogique; processus de design pédagogique; théorie de design pédagogique; technologie éducative; *learning design*.

Introduction

Comme dans bien d'autres domaines scientifiques et de pratique professionnelle, les écrits et les discours sur l'ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage (ENA) emploient une variété de termes spécialisés dont les significations ne sont pas toujours explicitées et distinguées par rapport à d'autres termes apparentés. De nouveaux termes apparaissent au fil de l'évolution du domaine, de sorte qu'on peut se demander s'il s'agit vraiment de nouveaux concepts ou simplement de concepts existants désignés par d'autres vocables synonymes ou apparentés.

Dans ce chapitre, on présente un éclairage terminologique qui permettra de distinguer les vocables les plus courants pouvant être apparentés en français et en anglais au concept d'ENA ainsi qu'à celui d'ingénierie pédagogique, en situant ce dernier par rapport au concept de design pédagogique. On y précise également les liens entre ce dernier concept et ceux de technologie éducative et de learning design[1].

Ces précisions terminologiques aideront à mieux cerner le domaine dont il est question dans le présent ouvrage. Elles s'avèrent d'autant plus nécessaires que nombreux sont les chercheurs et les chercheuses de différents horizons ainsi que les membres de diverses professions qui s'intéressent à l'ingénierie pédagogique des ENA sans avoir nécessairement acquis une formation en technologie éducative, d'où provient principalement le vocabulaire qui nous intéresse. La cacophonie terminologique peut être source de confusion et d'incompréhension, en plus de complexifier la collaboration tant dans le domaine de la recherche que chez les praticiens et praticiennes du domaine, et ainsi en freiner l'évolution.

La première section de ce chapitre porte sur le concept d'ENA alors que la seconde a pour objet celui d'ingénierie pédagogique. En conclusion, un graphe synthèse illustre les relations entre ces deux concepts.

1 Qu'est-ce qu'un environnement numérique d'apprentissage (ENA)?

Le vocable « ENA » désigne, en termes génériques, un certain type de produit d'apprentissage conçu et développé au cours d'un processus d'ingénierie pédagogique. Il peut s'agir, par exemple, d'un cours entièrement ou partiellement en ligne, d'un tutoriel, d'une communauté d'apprentissage en ligne, d'un jeu sérieux, etc.

Pour préciser davantage la signification du concept d'ENA, d'autres vocables utilisés pour désigner, en termes génériques, le produit final[2] résultant d'un processus d'ingénierie pédagogique sont d'abord définis. Parmi les termes les plus courants pour désigner ce produit en langue française, on trouve : système d'apprentissage, dispositif d'apprentissage (utilisé surtout dans la francophonie européenne) et environnement d'apprentissage. Le terme « apprentissage », dans toutes ces expressions, est parfois remplacé par « formation », « enseignement »

1 Les écrits en français conservent la forme anglaise de ce vocable.

2 Le terme « final » est ici employé pour distinguer la production principale ultime issue d'une démarche d'ingénierie pédagogique des diverses productions « intermédiaires » qui sont élaborées en cours de démarche (devis, scénarios-maquettes, prototypes, rapports, etc.).

ou « pédagogique ». Dans le champ de l'ingénierie pédagogique, le terme « apprentissage » est cependant le plus souvent adopté aujourd'hui, suivant le courant constructiviste en éducation qui fait appel à une participation active de l'apprenant ou de l'apprenante à sa démarche d'apprentissage au sein de toute situation pédagogique, où il s'agit de susciter et d'accompagner l'apprentissage plutôt que d'enseigner en mode transmissif.

À la suite de l'analyse de ces trois concepts, une définition du concept d'ENA est proposée.

1.1 Le concept de système d'apprentissage

La notion de système au cœur de la théorie générale des systèmes a fortement marqué le développement du domaine de la technologie éducative dans les années 1960 et 1970. Cette théorie a servi de base à l'élaboration des premières méthodes de design pédagogique[3]. Le produit résultant d'une démarche de design pédagogique (qu'il s'agisse d'un cours, d'une formation ou d'un matériel éducatif) est alors conceptualisé en tant que système. En anglais, ce produit a d'abord été nommé *instructional system* ou *educational system*, puis *learning system* (Banathy, 1968; Branson, 1978; Kaufman, 1972; Kidd et Morris, 2017; Romiszowski, 1992; Rowley, 2005; Salisbury, 1990; Silvern, 1964). En français, le vocable « système d'apprentissage » s'est imposé (Paquette, 2002), plutôt que les vocables « système d'enseignement » et « système éducatif » qui évoquent généralement des structures institutionnelles plus larges du monde éducatif, mais également du fait que les travaux en design pédagogique ont été introduits dans le monde francophone au moment où le courant d'une pédagogie centrée sur l'apprenant et l'apprenante plutôt que sur la personne qui enseigne s'est répandu dans les milieux de l'éducation. Cette stabilisation terminologique ne laisse toutefois pas entendre que l'enseignant ou l'enseignante y joue un rôle mineur et qu'il ne s'agit que de la composante destinée à l'usage par les apprenants et les apprenantes. En effet, tous interviennent généralement dans un environnement, un système ou un dispositif d'apprentissage, à moins que celui-ci soit destiné exclusivement à un usage en autoformation. Et même dans ce dernier cas, on peut considérer que la personne qui enseigne y est « présente », mais de manière médiatisée et en différé : ses interventions se trouvent en quelque sorte imbriquées dans le scénario et le contenu d'apprentissage conçus par l'équipe de conception de l'ENA.

---

3 En anglais, *instructional design methods*, appelées aussi *instructional design models*. Le chapitre 2 est consacré à un survol de ces méthodes.

En termes simples, un système peut être défini comme un ensemble de composantes qui interagissent entre elles en vue d'atteindre un but commun (Romiszowski, 1996). Dans le cas d'un système d'apprentissage, le but est de soutenir et de favoriser l'apprentissage chez des apprenants et des apprenantes. Le caractère interdépendant des composantes d'un système (qui constituent elles-mêmes des sous-systèmes) est souvent évoqué par la formule « le tout ne se réduit pas à la somme de ses parties ». Ainsi, tout système est composé de sous-systèmes et fait lui-même partie d'un système plus large dont il est une composante et dont il est également interdépendant. Un système s'inscrit donc dans une hiérarchie de systèmes à plusieurs niveaux. Par exemple, dans le cas d'un cours universitaire, on peut considérer une ressource d'apprentissage utilisée dans le cours (sous-système) comme une composante du cours (système), qui est lui-même une composante d'un programme d'études (supersystème), offert dans une université (suprasystème), qui elle-même fait partie d'un système scolaire (métasystème).

Cette perspective systémique est adoptée par Paquette (2002) pour définir le terme système d'apprentissage.

> […] un système d'apprentissage (SA) est le produit d'un processus d'ingénierie pédagogique et il sert de soutien à la diffusion des apprentissages. Il regroupe trois composantes principales :
>
> – le *devis du SA*, qui définit les connaissances et les compétences visées, le modèle pédagogique, les matériels et les processus de diffusion;
>
> – les *matériels* d'apprentissage, documents ou ressources réalisés à partir de ces devis;
>
> – les *environnements*, qui soutiennent les acteurs de la diffusion au moyen de ressources, d'outils, de moyens de communication, de services et de lieux de diffusion. (p. 67)

Cette définition présente deux caractéristiques que l'on trouve rarement dans les définitions du concept de système d'apprentissage. Premièrement, pour Paquette (2002), un SA inclut non seulement le produit final d'un processus d'ingénierie pédagogique, mais également le devis du SA. Selon cet auteur, ce choix présente un triple avantage : informer les diverses personnes intervenant dans le système sur leur rôle, permettre d'y apporter plus facilement des modifications et de faire varier certaines de ses composantes tout au long de son cycle de vie[4]. Deuxièmement, Paquette emploie le terme « environnement » pour désigner l'environnement de diffusion du SA dans ses dimensions matérielle et logistique.

---

4 Pour plus de détails, voir le chapitre 4 qui présente un survol de la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) développée par Paquette (2002).

Comme on le verra plus loin, ce terme, associé à celui d'apprentissage (environnement d'apprentissage), prend une signification plus large dans d'autres écrits.

Si le vocable « système d'apprentissage » demeure un concept central en ingénierie pédagogique, il tend à être délaissé depuis quelques années. D'une part, le terme « système » étant généralement utilisé dans les disciplines de l'informatique pour désigner une entité de nature technologique, telle qu'un logiciel ou une plateforme de diffusion d'un SA (*learning management system* [LMS]), il est souvent associé à cette signification qui s'avère plus étroite que celle, plus conceptuelle, qui est fondée sur la théorie générale des systèmes évoquée dans les premiers écrits en technologie éducative. D'autre part, certains écrits se distancient de l'approche systémique de l'ingénierie pédagogique, la jugeant trop « mécaniste ». On tend ainsi à privilégier d'autres termes tels que « dispositif d'apprentissage » et « environnement d'apprentissage », présentés dans les prochains paragraphes.

1.2 Le concept de dispositif d'apprentissage

Dans le champ des sciences de l'éducation et de la formation, le concept de « dispositif » est utilisé dans la francophonie européenne depuis les années 1970 (Bourdet et Leroux, 2009). Pour Peraya (1999), cet usage serait sans doute attribuable à l'influence croissante de l'ingénierie de la formation. Par ailleurs, en anglais, le terme « dispositif » est traduit par *device*, de sorte que l'expression *learning device* fait généralement référence à un objet technique (tablette, téléphone intelligent, tableau blanc interactif, etc.) utilisé à des fins d'apprentissage, alors que le vocable « dispositif d'apprentissage » prendrait, en français, un sens plus large.

Ainsi, Jacquinot-Delaunay et Monnoyer (1999) notent qu'avec le développement des technologies numériques, le terme « dispositif » ne serait plus limité à des champs à vocation prioritairement technique; il se répandrait dans diverses sphères d'activités humaines où il désignerait « des pratiques qui ont toutes, pour particularité, de se dérouler au sein d'environnements aménagés » (p. 10), dans lesquels on peut trouver ou non des machines. Le terme « environnement », qualifié d'« aménagé », indique ici qu'il est organisé et structuré (autrement dit, conçu et développé) par des humains, dans le but d'orienter les comportements et les conduites des individus qui l'utiliseront. On remarque également que le dispositif, associé à des pratiques, n'est pas l'environnement mais qu'il s'y « déroule ». Il en serait donc une composante.

Dans l'usage du terme « dispositif » en ingénierie pédagogique, d'autres voient une rupture avec le modèle systémique. Ainsi, pour Albero (2010),

> […] la composante ingénierie caractéristique du modèle systémique a donné à l'intervention en formation les méthodes et les moyens de procéder à une certaine rationalisation de ses activités. Toutefois, ses bases, qui restent structurales, l'enferment souvent dans un modèle mécaniste qui nuit à son adaptation et son développement. (p. 50)

Selon cette auteure, le concept de dispositif aurait l'avantage d'introduire « une souplesse supplémentaire plus proche des réalités rencontrées par les acteurs dans leur pratique » et de mettre en valeur « l'interrelation entre l'offre et l'usage et la mise en adéquation des formes d'interventions prévues par les concepteurs avec les comportements effectifs des publics destinataires » (p. 50).

Toutefois, on peut prétendre qu'un dispositif n'est pas, en soi, plus souple qu'un système ou qu'un environnement. Ces trois termes se distinguent par leurs composantes dont l'ensemble peut être plus ou moins élaboré ou contraignant pour l'apprenant ou l'apprenante. Un SA apparaît en général plus englobant et peut être plus souple, du fait qu'il inclut non seulement l'environnement d'apprentissage et le matériel (ou les ressources) qu'il contient, mais également son devis, comme cela a été mentionné précédemment. Il est plus facile de faire évoluer un devis qu'un dispositif physique ou un logiciel, notamment pour concevoir de nouvelles formations ou de nouvelles versions de la même formation. Au moment de la diffusion du SA ou de l'environnement, le devis peut également être concrétisé et adapté de différentes façons dans différents contextes par le formateur ou la formatrice, voire par l'apprenante ou l'apprenant seul ou assisté.

Pour sa part, Peraya (1999) définit le dispositif comme un lieu avant tout social.

> […] un dispositif est une instance, un lieu social d'interaction et de coopération possédant ses intentions, son fonctionnement matériel et symbolique enfin, ses modes d'interaction propres. L'économie d'un dispositif – son fonctionnement – déterminée par les intentions, s'appuie sur l'organisation structurée de moyens matériels, technologiques, symboliques et relationnels qui modélisent, à partir de leurs caractéristiques propres, les comportements et les conduites sociales (affectives et relationnelles), cognitives, communicatives des sujets. (p. 153)

Cette définition se rapproche de celle attribuée par Paquette (2002) au concept d'« environnement », rapportée plus haut, celui-ci ayant comme fonction de soutenir les interactions lors de la diffusion d'un SA.

De fait, le concept de dispositif demeure difficile à définir et à situer par rapport à celui de système, comme le souligne Demaizière (2008). Selon elle, la confusion provient de la variété des définitions attribuées au terme ainsi que de ses usages

en éducation (dispositif d'apprentissage, dispositif de formation, dispositif multimédia, dispositif pédagogique, etc.). De plus, le terme est utilisé pour désigner différents niveaux de réalité : tantôt un logiciel pédagogique, tantôt une ressource pédagogique (intégrée dans une formation ou une séquence pédagogique), tantôt un système de formation (en tant qu'ensemble de moyens matériels et humains destiné à faciliter un processus d'apprentissage), voire un usage des technologies. Un dispositif « est-il composé de systèmes ou un système (de formation) s'appuie-t-il sur différents dispositifs? », s'interroge Demaizière (2008). Elle y répond en indiquant que les termes sont très proches, voire synonymes :

> […] il est difficile d'établir une hiérarchie claire chacun semblant vouloir accaparer le dispositif pour sa perspective propre. Je me risquerai à dire qu'il me semble que le terme sert surtout à marquer que l'on se situe dans un contexte […] qui n'est plus celui des années antérieures et à indiquer que l'on est pleinement conscient de l'interaction complexe entre divers paramètres. Pour le reste, il ne dit, en fait, souvent aujourd'hui pas plus que "ressource pédagogique" ou "(système de) formation", selon les cas. (p. 159)

Le terme « dispositif » serait néanmoins préféré au terme « système » par certains afin d'appuyer, semble-t-il, l'idée qu'il s'agit ici d'un artefact « mis à la disposition » des apprenants et des apprenantes, sans préjuger de leur utilisation selon les prescriptions des personnes qui l'ont conçu. Cette particularité paraît tout autant pouvoir s'appliquer au terme « système d'apprentissage », même si cette dénomination et les définitions de ce concept n'insistent pas sur cette caractéristique d'un produit éducatif numérique.

1.3 Le concept d'environnement d'apprentissage

Depuis les années 1990, le terme « environnement d'apprentissage » est de plus en plus usité dans les écrits en éducation, et ce, aussi bien en français qu'en anglais. Parmi les signes tangibles de la pénétration de ce terme dans les communautés de recherche en sciences de l'éducation, on peut citer notamment l'établissement, en 1984, d'un groupe d'intérêt sur le thème des *learning environments*, qui est toujours actif au sein de l'American *Educational Research* Association (AERA[5]), ainsi que la parution, en 1998, de la revue *Learning Environments Research*[6]. Dans le premier numéro de cette revue, les environnements d'apprentissage sont définis comme faisant référence :

---

5 https://www.aera.net/

6 http://link.springer.com/journal/10984

> […] aux contextes social, psychologique et pédagogique de l'apprentissage dans lesquels l'apprentissage a lieu et qui ont une incidence sur les attitudes et les résultats de l'étudiant. Cela inclut l'environnement-classe et l'environnement-école, tout comme les environnements extrascolaires tels que le domicile, les centres de science, les musées, les excursions éducatives, la télévision, etc. Les environnements technologiques de formation, multimédia ou sur Internet et le Web en font également partie explicitement. (Fraser, 1998) [traduction libre]

Cette définition fait référence à tous les espaces où peuvent se réaliser des apprentissages, qu'ils soient conçus intentionnellement ou non à des fins d'apprentissage. Blandin (2006) semble également adopter une telle perspective.

> Ce sont des termes génériques qui désignent, pour moi, d'une manière très générale, les éléments délimitant les contours et les composants d'une situation, quelle qu'elle soit, au cours de laquelle il est possible « d'apprendre », c'est-à-dire de mettre en œuvre un processus de changement des conduites et (ou) des connaissances. (p. 3)

En technologie éducative, on désigne généralement un environnement d'apprentissage comme un produit ayant été conçu spécifiquement à des fins d'apprentissage. Ainsi, pour Salomon (2006), un environnement d'apprentissage fournit délibérément un guidage éducatif, et ce, quel que soit le paradigme de l'apprentissage privilégié lors de la conception de l'environnement.

Toutefois, pour d'autres, ce guidage peut être plus ou moins explicite dans un environnement d'apprentissage « aménagé », ou parfois aussi ne pas être présent. Plus spécialement, les environnements d'apprentissage dits constructivistes ou ouverts, notamment les micromondes, prennent la forme d'environnements aménagés en vue d'en permettre une exploration libre par les apprenants et les apprenantes. De ce point de vue, un environnement d'apprentissage serait délibérément aménagé, mais le guidage n'y serait pas nécessairement manifeste. Ainsi, pour Wilson (1996), le mot « environnement » suggère en soi un modèle d'apprentissage fondé sur l'exploration, l'initiative et la liberté de choix. Selon cet auteur, un environnement d'apprentissage se définit comme « un espace où les gens peuvent utiliser des ressources pour donner du sens et construire des solutions signifiantes aux problèmes » (p. 3) [traduction libre]. Wilson et d'autres avant lui, dont Perkins (1991) et Jonassen (1994), semblent ainsi associer inextricablement l'expression « environnement d'apprentissage » au paradigme constructiviste de l'apprentissage. D'ailleurs, ils privilégient l'emploi du vocable *constructivist learning environment* afin de souligner encore davantage le fait que, dans ces environnements, les apprenants et les apprenantes doivent avoir l'occasion de réaliser librement des

activités d'apprentissage pertinentes et authentiques qui les amènent à construire leurs connaissances et à développer des habiletés de résolution de problèmes.

D'autres auteurs encore reconnaissent que le terme « environnement » renvoie à un « système », mais critiquent le fait qu'on le définisse de manière trop restrictive en tant que lieu ou espace. Faisant référence aux ENA, Koper (2000) les définit avant tout en tant que systèmes sociaux, mais sa remarque vaut pour tous les types d'environnements d'apprentissage, numériques ou non. Selon lui, la théorie générale des systèmes a été initialement énoncée en référence à des systèmes qui fonctionnent de manière mécaniste, dont le comportement est assez prévisible, alors que les comportements des personnes dans un environnement d'apprentissage ne peuvent être prédits selon des règles déterministes. Prônant une vision d'un système social s'inscrivant dans la perspective des « systèmes souples » définie par Checkland (1981), Koper (2000) propose la définition suivante d'un ENA :

> Un environnement numérique d'apprentissage est un système social axé sur le développement permanent et la certification des connaissances et des compétences humaines dans un domaine spécifique, dans lequel les sous-systèmes peuvent être répartis dans le temps et dans l'espace, et dans lequel les technologies de la communication et de l'information (TIC) assurent l'intégration, la représentation, la personnalisation, la coopération et la gestion des processus. (p. 17) [traduction libre]

Basque *et al*. (2010) proposent pour leur part une définition du concept d'environnement d'apprentissage qui englobe les principales caractéristiques qui lui sont attribuées tant dans les perspectives systémique, constructiviste et sociale, que dans celle qui l'appréhende en tant qu'artefact ou dispositif mis à la disposition des individus pour soutenir leur apprentissage. Cette définition peut être résumée de la manière suivante :

> Un environnement d'apprentissage […] est un espace physique (par exemple, une classe) et/ou virtuel (environnement logiciel, cours en ligne) et social mettant en interaction des acteurs (apprenants, enseignants, etc.) et des ressources (textes, vidéos, présentations multimédias, outils de collaboration, etc.) selon un scénario d'apprentissage qui permet [aux apprenants et aux apprenantes] de construire des connaissances et de développer des compétences. (adapté de Basque *et al*., 2010, p. 109)

1.4 Le concept d'environnement numérique d'apprentissage

Maintenant que le concept d'environnement d'apprentissage a été défini, il importe de préciser ce qui est entendu par « numérique » dans le vocable « environnement

numérique d'apprentissage ». Soulignons d'emblée que les vocables « environnement d'apprentissage informatisé » et « environnement pédagogique informatisé » étaient déjà utilisés par plusieurs avant même l'omniprésence actuelle des technologies numériques (Basque et Doré, 1998; Bordeleau, 1994; Dessus, 2010; Piolat et Roussey, 1994). Le vocable « environnement informatique pour l'apprentissage humain » (EIAH) s'est également imposé dans les milieux francophones européens à la fin des années 1990 (Grandbastien et Labat, 2006).

En langage courant, un environnement d'apprentissage est dit « numérique » lorsqu'il y est fait usage des technologies numériques, ces dernières ayant été appelées, lors de leur essor, « nouvelles technologies de l'information et de la communication » (NTIC). L'expression « technologie numérique » (*digital technology*) regroupe l'ensemble des technologies informatiques ou dites « de l'information ». Le terme « numérique » provient des travaux en logique mathématique où l'on en est arrivé à traiter les énoncés d'informations et les raisonnements sur l'information en les représentant par des calculs sur des nombres.

Quant au concept d'EIAH, tel qu'il a été défini par Tchounikine (2009), il est en fait synonyme de celui d'ENA. Cet auteur précise qu'un EIAH peut être soit « un composant logiciel unique qui embarque une intention pédagogique », soit « un environnement composé de plusieurs composants dont certains embarquent une intention pédagogique », soit encore « un environnement composé de plusieurs composants qui ne sont pas eux-mêmes conçus en fonction de considérations pédagogiques mais qui sont agencés (articulés, inter-opérés) de façon à dénoter une intention pédagogique » (p. 35-36). Comme exemples d'EIAH, Tchounikine nomme les tuteurs intelligents, les micromondes, les environnements de simulation ou les environnements de réalité virtuelle pédagogiques, les hypermédias pour l'apprentissage, les environnements d'apprentissage collaboratifs, les outils de communication structurée, les plateformes de formation à distance et les environnements d'apprentissage mobile. Tous ces exemples sont des applications informatiques visant un but explicite d'apprentissage et sont effectivement des instances du concept d'ENA.

À ces instances, s'ajouteraient des environnements dans lesquels toutes les actions, les opérations et les activités ne se dérouleraient pas dans le monde virtuel. Ainsi, des cours ou des formations combinant des activités de formation et d'apprentissage réalisées en ligne et d'autres en présence, désignés par divers termes tels que « formations hybrides » ou « classes inversées », répondraient à la définition d'ENA formulée plus haut, dans la mesure où les activités utilisant les composants numériques y seraient essentielles à l'apprentissage de base et les activités en présence y seraient complémentaires, notamment pour les échanges

et les apprentissages de compétences sociales. En cela, l'ENA implique obligatoirement que l'apprenant ou l'apprenante est la personne utilisant principalement les technologies numériques qui en font partie, excluant ainsi les environnements où seul un formateur ou une formatrice en ferait usage.

En langue anglaise, plusieurs vocables se rapprochant d'une vision extensive du concept d'ENA mettent explicitement en évidence l'idée que les technologies numériques apportent un enrichissement aux situations d'apprentissage : *computer-enhanced learning environment et technology-intensive learning environment* (TILE) (Salomon, 1994), *enriched learning and information environment* (ELIE) (Goodrum *et al*., 1993), *technology-rich learning environment* (Khine et Fisher, 2003) et *technology-enhanced learning environments* (TELE) (Brown, 2013; Hannafin et Land, 1997; Ifenthaler et al., Sampson *et al*., 2012).

Pour terminer cette section, deux remarques restent à apporter afin de clarifier le concept d'ENA tel qu'il est défini dans le présent chapitre. Premièrement, il ne s'agit pas d'un système de gestion de l'apprentissage, appelé en anglais *learning management system* (LMS). Ce terme renvoie aux plateformes de diffusion de formations en ligne. Ces plateformes ne sont pas des environnements d'apprentissage, mais plutôt des systèmes de gestion de l'apprentissage, comme le signifie d'ailleurs leur dénomination. *Le grand dictionnaire terminologique* définit ainsi « système de gestion de l'apprentissage » : « système informatique destiné à automatiser les diverses fonctions relatives à l'organisation des cours, à la gestion de leur contenu, au suivi des progrès des participants et à la supervision des personnes responsables des différentes formations[7] ».

Deuxièmement, la notion d'« environnement personnel d'apprentissage » (EPA) doit être située par rapport à celle d'ENA. L'EPA est composé d'un ensemble de ressources variées que toute personne utilise pour apprendre. Cet environnement, qui se construit au fil du temps lors d'activités d'apprentissage, est assemblé le plus souvent de manière inconsciente. Les recherches ont montré que l'EPA ne renvoie pas uniquement à une trousse de ressources mobilisées pour apprendre. C'est un phénomène qui peut également être exploité comme une approche pédagogique visant l'autonomisation et la responsabilisation de la personne qui apprend (Felder, 2019; Henri, 2014). Les EPA peuvent alors être décrits comme des écosystèmes personnels mobilisés pour apprendre. Ils sont constitués de l'ensemble des méthodes, des outils, des communautés et des services utilisés pour diriger ses propres apprentissages. Les EPA sont des réalités émergentes et mouvantes qui, lorsqu'elles sont objectivées, deviennent un puissant outil qui

7 http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8369209

permet à la personne qui apprend de prendre conscience non seulement de sa manière d'apprendre, mais aussi du fait qu'on peut apprendre par soi-même à l'aide de ses propres ressources. Contrairement aux EPA, les ENA sont soumis à un processus rigoureux d'ingénierie pédagogique. Mais une personne engagée dans des apprentissages proposés par un ENA peut fort bien mobiliser des ressources faisant partie de son EPA pour réaliser la démarche d'apprentissage qui lui est proposée. À l'inverse, la personne qui utilise des ressources fournies dans l'ENA peut retenir certaines d'entre elles pour en faire un usage ultérieur; ces ressources deviennent alors partie intégrante de son EPA[8]. Ainsi, EPA et ENA peuvent contribuer conjointement à cet apprentissage.

En résumé, l'ENA est défini dans ce chapitre en tant qu'environnement (ou système) d'apprentissage faisant appel aux technologies numériques (ou technologies de l'information) dans la majorité des composantes utilisées par les apprenants et les apprenantes, où les technologies servent à appuyer et à enrichir des aspects significatifs de l'apprentissage compte tenu des objectifs et du contexte d'apprentissage.

Le tableau 1.1 résume les définitions de chacun des concepts discutés dans l'exposé visant à répondre à la question « qu'est-ce qu'un environnement numérique d'apprentissage? ».

2 Qu'est-ce que l'ingénierie pédagogique?

Les vocables « design pédagogique », *learning design*, « technologie éducative » et « ingénierie pédagogique » sont-ils synonymes? C'est à cette question que cette section entend répondre.

2.1 Le concept de design pédagogique

Le vocable « design pédagogique » a donné lieu à de multiples interprétations au sein même de la discipline dans laquelle il a pris ancrage, soit la technologie éducative. Dans la synthèse présentée ici, les différentes définitions de cette notion sont distinguées selon qu'elles font référence au processus de design pédagogique ou aux théories de design pédagogique. Le concept de « design pédagogique » est également distingué des notions de « technologie éducative » et de *learning design*.

8 Voir Henri (2014) pour plus de détails sur le concept d'environnement personnel d'apprentissage.

TABLEAU 1.1 **Définition des concepts associés au concept d'ENA**

Concept	Termes anglais	Définition
Système d'apprentissage	*Instructional system* *Educational system* *Learning system*	Ensemble de composantes (sous-systèmes) interreliées soutenant l'apprentissage et pouvant inclure : · le devis du système : modèle des connaissances et des compétences visées, modèle pédagogique, modèle médiatique et modèle de diffusion (ou logistique); · les ressources ou le matériel d'apprentissage ou d'enseignement; · les environnements des acteurs lors de la diffusion : ressources, outils de production ou de communication, services et lieux de diffusion.
Dispositif d'apprentissage	(traduction inexistante) *Learning device* est utilisé dans un sens plus limité dans le monde anglophone.	Espace d'interaction et de coopération possédant ses intentions, son fonctionnement matériel et symbolique ainsi que ses modes d'interaction propres s'appuyant sur l'organisation structurée de moyens matériels, technologiques et relationnels au sein d'un environnement d'apprentissage.
Environnement d'apprentissage	*Learning environment* *Constructivist learning environment*	Espace physique (par exemple, une classe) et/ou virtuel (environnement logiciel, cours en ligne) et social mettant en interaction des acteurs (apprenants, enseignants, etc.) et des ressources (textes, vidéos, présentations multimédias, outils de collaboration, etc.) selon un scénario d'apprentissage qui permet [aux apprenants et aux apprenantes] de construire des connaissances et de développer des compétences (adapté de Basque *et al.*, 2010, p. 109).
Environnement numérique d'apprentissage (ENA) Environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH)	*Technology-enhanced learning environments* (TELE) *Technology-intensive learning environment* (TILE) *Enriched learning and information environment* (ELIE)	Environnement (ou système) d'apprentissage faisant appel aux technologies numériques (ou technologies de l'information) dans la majorité des composantes utilisées par les apprenants et les apprenantes, où les technologies servent à appuyer et à enrichir des aspects significatifs de l'apprentissage compte tenu des objectifs et du contexte de l'apprentissage. .

2.1.1 Le design pédagogique en tant que processus

L'expression *instructional design* (design pédagogique), souvent désignée dans les écrits en anglais par l'abréviation « ID », est apparue au cours des années 1960[9], au moment où des chercheurs et chercheuses ont commencé à mettre au point des méthodes de planification et de développement de l'enseignement. Comme on l'a vu plus haut, les travaux issus de la recherche, inspirés par la théorie des systèmes, considèrent alors un cours ou toute unité ou action de formation comme un système complexe mettant en interaction un ensemble de composantes (objectifs d'apprentissage, caractéristiques des apprenants et des apprenantes, stratégies pédagogiques, stratégies d'évaluation des apprentissages, supports médiatiques, etc.) qu'il convient d'articuler entre elles afin d'assurer leur cohérence et d'optimiser l'efficacité de la formation. C'est également en s'appuyant sur l'approche systémique que les premiers chercheurs et chercheuses ont défini le processus pour élaborer un tel système d'apprentissage, qui a été désigné en français par le vocable « design pédagogique ».

Gustafson et Branch (2007) définissent ainsi le design pédagogique, pris au sens de processus : « un système de procédures pour développer des programmes éducatifs et de formation d'une façon cohérente et fiable » (p. 17) [traduction libre].

Ces procédures, décrites dans une variété de méthodes de design pédagogique, couvrent l'ensemble du cycle de vie d'un système d'apprentissage. Elles ont été regroupées typiquement en cinq processus principaux, à savoir l'analyse, le design, le développement, l'implantation et l'évaluation, qu'on désigne par l'acronyme ADDIE. Le « modèle ADDIE » a fait l'objet de nombreuses critiques depuis les années 1980 et d'autres approches du processus de design pédagogique ont été proposées pour s'en distancier[10]. Considéré comme le modèle « classique » de design pédagogique, il serait encore celui qui est principalement enseigné dans les formations offertes en conception pédagogique (Brown et Green, 2018).

Dans le modèle ADDIE, soulignons que le terme « design » est utilisé non seulement pour désigner l'ensemble du processus à mettre en œuvre au cours du cycle de vie d'un SA, mais également pour représenter l'un des sous-processus de ce cycle (le deuxième). Certains auteurs et auteures anglophones préfèrent parler d'*instructional system development* (ISD) ou simplement d'*instructional develop-*

9 Dans les écrits en français, le terme apparaît au début des années 1980, notamment dans l'ouvrage de Brien (1981).

10 Voir le chapitre 2 pour un survol de l'évolution des approches méthodologiques en design pédagogique.

ment pour faire référence à l'ensemble de la démarche, le vocable *instructional design* se limitant au processus spécifique de conception pédagogique (Hannum, 2005).

En abordant des écrits spécialisés en design pédagogique, on doit donc s'assurer de situer le sens qui a été attribué au terme « design pédagogique » défini en tant que processus. S'agit-il du processus à mettre à œuvre tout au long du cycle de vie de l'environnement d'apprentissage ou de celui qui est plus spécifique au processus de sa conception? Pour clarifier cette distinction, le vocable « ingénierie pédagogique » offre une avenue qui sera décrite plus loin.

2.1.2 Le design pédagogique en tant que théorie

Une autre signification est donnée au terme « design pédagogique » dans la série d'ouvrages dirigée par Charles M. Reigeluth (Reigeluth 1983; Reigeluth, 1999b; Reigeluth *et al.*, 2017; Reigeluth et Carr-Chellman, 2009b) portant sur les théories de design pédagogique, que l'on peut aussi qualifier de théories d'enseignement.

Ainsi, dans un chapitre de l'ouvrage publié en 1999, Reigeluth (1999c) définit ce qu'il entend par « théorie de design pédagogique », à savoir une théorie « qui fournit un guidage explicite sur la manière d'aider les gens à apprendre et à se développer » (p. 5) [traduction libre]. Il précise que les théories de design pédagogique possèdent les caractéristiques suivantes :

– Elles sont orientées vers le design : elles sont prescriptives plutôt que descriptives, en ce sens qu'elles dictent des façons de favoriser l'apprentissage et portent donc sur l'enseignement. En cela, elles doivent être distinguées des théories de l'apprentissage qui, elles, décrivent comment l'apprentissage se produit. Elles doivent aussi être distinguées des méthodes de design pédagogique (également prescriptives), dont les prescriptions portent sur la façon de préparer la formation ou de concevoir un environnement d'apprentissage plutôt que sur les méthodes d'enseignement :

  > Une théorie de design pédagogique s'intéresse à ce que devrait être l'enseignement (c'est-à-dire aux méthodes d'enseignement à utiliser) et non au processus que le personnel enseignant ou le professionnel de la conception pédagogique devrait utiliser pour planifier et préparer l'enseignement. (Reigeluth, 1999b, p. 13) [traduction libre]

– Elles sont situationnelles (*situational*) : elles décrivent des méthodes d'enseignement en spécifiant les situations dans lesquelles elles sont appropriées.

– Elles sont décomposables (*componential*) : les méthodes d'enseignement proposées peuvent être morcelées en composantes plus simples, chacune pouvant être réalisée de différentes manières.
– Elles sont heuristiques (*probabilistic*) : les méthodes d'enseignement proposées ne garantissent pas que le but d'apprentissage soit atteint, elles ne font qu'augmenter la probabilité que les résultats attendus le soient.

On en déduit qu'une théorie de design pédagogique est en quelque sorte un modèle de scénario pédagogique[11] propre à favoriser l'apprentissage dans une situation donnée. En introduction de l'ouvrage, Reigeluth (1999a) en fait l'équivalent d'une théorie d'enseignement : « de nombreuses personnes utilisent le terme " théorie d'enseignement " en lui attribuant la même signification qu'à celui de théorie de design pédagogique. C'est pourquoi j'ai parfois fait de même dans cet ouvrage par souci de concision » (p. 1) [traduction libre].

À titre d'exemple d'une théorie de design pédagogique, on peut se référer à celle des « événements d'apprentissage » proposée par Robert M. Gagné dans les années 1960-1970 (Gagné, 1965, 1976; Gagné et Briggs, 1974). Ce chercheur émérite a marqué le domaine du design pédagogique en proposant un type de scénario pédagogique composé de neuf « événements d'apprentissage », chacun ayant une fonction particulière au sein d'une démarche de formation et pouvant s'instancier de manière différente selon le type d'apprentissage visé. Ces événements sont définis en tant que conditions externes d'apprentissage mises en œuvre par un formateur ou une formatrice dans le but de favoriser la mise en place des conditions internes d'apprentissage ou processus cognitifs internes chez l'apprenant et l'apprenante. Selon la situation d'apprentissage/enseignement, l'ordre des neuf événements peut varier et ceux-ci ne sont pas nécessairement tous inclus. Par ailleurs, chacun des événements peut être mis en œuvre par la personne enseignante, par l'apprenant ou l'apprenante ou par un élément du matériel pédagogique.

Dix ans après la première définition de la théorie de design pédagogique proposée par Reigeluth et citée plus haut, Reigeluth et Carr-Chellman (2009a) l'élargissent pour y inclure des théories qui ne concernent pas uniquement des propositions de méthodes d'enseignement. Ils distinguent six types de théories de design pédagogique. La définition initiale de ce concept fournie dans Reigeluth (1999c) ne correspond ici qu'à un seul de ces types, appelé maintenant « théories de design des événements d'apprentissage » (*instructional-event design theories*).

---

11 Notons que le scénario pédagogique n'est que l'une des composantes d'un système ou d'un environnement d'apprentissage et qu'il est élaboré à l'étape appelée « design » dans le modèle ADDIE.

Ce type de théories s'intéresse aux méthodes d'enseignement et offre un guidage en cette matière aux équipes de conception pédagogique. Il correspond à la deuxième étape (le design) du modèle ADDIE. Quant aux cinq autres types de théories, ils offrent des prescriptions pour les autres aspects du processus global de conception pédagogique[12] :

- Les théories d'analyse de l'enseignement (*instructional-analysis design theories*) portent sur ce que devrait être le processus de collecte d'informations pour soutenir la prise de décision quant à ce que devrait être l'enseignement.
- Les théories de planification de l'enseignement (*instructional-planning design theories*) portent sur ce que devrait être le processus de création des plans d'enseignement.
- Les théories de médiatisation des ressources d'enseignement (*instructional-building design theories*) portent sur ce que devrait être le processus de création des ressources d'enseignement.
- Les théories d'implantation (ou de diffusion) de l'enseignement (*instructional-implementation design theories*) portent sur ce que devrait être le processus de préparation de l'implantation de l'enseignement.
- Les théories d'évaluation de l'enseignement (*instructional-evaluation design theories*) portent sur ce que devrait être le processus d'évaluation de l'enseignement.

Reigeluth et Carr-Chellman (2009a) estiment que, puisque les six types de théories sont des théories de design pédagogique (au sens large), on peut retirer le terme « design » dans leur dénomination. Ils ajoutent qu'il y a de nombreuses interrelations entre les six types de théories.

Les diverses méthodes de design pédagogique peuvent ainsi faire appel à une ou plusieurs théories de chaque type pour construire les sous-processus d'élaboration d'un environnement d'apprentissage considérés par la méthode. Il en découle qu'une méthode de design pédagogique devrait énoncer les théories qui y sont privilégiées en justifiant leur utilité selon les situations d'apprentissage concernées.

Pour leur part, Gibbons et Yanchar (2010) estiment qu'il faut distinguer ce qu'ils appellent les deux plans théoriques de la démarche de design. Le premier est celui des « théories de design » qui portent sur le processus de design sans égard au domaine dans lequel la démarche de design est réalisée (informatique, architecture,

12 Les définitions fournies ici sont des traductions libres d'extraits tirés de Reigeluth et Carr-Chellman (2009a, p. 8).

éducation, etc.); la théorie du « design par couches » de Gibbons (2014[13]) constitue un exemple de ce type de théories. Le second plan est celui des « théories de domaine », qui sont spécifiques au domaine de design concerné[14]. Selon Gibbons et Yanchar (2010), les méthodes de design pédagogique qui proposent chacune une manière de mener le processus de design ne devraient pas privilégier une théorie de domaine en particulier, à moins de la particulariser à un type spécifique de situation d'apprentissage ou de formation. Le fait de confondre les deux plans limiterait l'applicabilité des méthodes. Ces auteurs indiquent, par exemple, que plusieurs méthodes proposent de mener une analyse des tâches au cours du processus de design. Or, dans certaines situations de formation, il serait plus approprié de mener un autre type d'analyse (par exemple, une analyse conceptuelle des connaissances visées dans la formation, si celles-ci sont de ce type).

2.1.3 Design pédagogique et technologie éducative : synonymes ou concepts distincts?

À première vue, « design pédagogique » peut sembler équivalent à « technologie éducative » (*educational technology).* Ainsi, en 1994, l'AECT (Association for Educational Communications & Technology[15]) adoptait la définition suivante de ce champ disciplinaire qu'elle nomme alors instructional technology : « la théorie et la pratique du design, du développement, de l'utilisation, de la gestion et de l'évaluation des processus et des ressources visant à susciter l'apprentissage » (Seels et Richey, 1994, p. 1) [traduction libre].

Cependant, en 2004, l'AECT élargit quelque peu sa vision de la technologie éducative en mettant plutôt l'accent sur ses buts, à savoir faciliter l'apprentissage, mais aussi améliorer la performance humaine en général en créant, utilisant et gérant de façon éthique les processus et les ressources technologiques appropriés (AECT Definition and Terminology Committee, 2004, p. 3). La préoccupation pour la performance humaine est venue surtout de praticiens et de praticiennes œuvrant en entreprise et pour qui la conception de systèmes d'apprentissage n'est pas toujours la solution adéquate aux problèmes constatés dans ces milieux. Par exemple, la solution serait peut-être plutôt d'améliorer les processus de rétroaction auprès du personnel d'une entreprise, ou encore d'y développer un système

---

13 Voir le chapitre 2 pour plus de détails sur cette théorie.

14 Cette distinction rejoint celle que l'on fait souvent entre le plan pédagogique, indépendant du domaine de connaissances, et le plan didactique, ancré dans le domaine de connaissances traité dans l'environnement d'apprentissage.

15 www.aect.org

de gestion documentaire ou un système de gestion des connaissances. Ainsi, une branche du domaine de la technologie éducative appelée « technologie de la performance humaine[16] » s'est développée autour de l'idée qu'il faut mener une analyse du problème signalé par les demandeurs d'une formation afin de s'assurer que ce problème ne peut être résolu autrement que par une formation. Ce n'est que dans ce cas que l'on pourrait alors commencer à parler de design pédagogique.

Afin de tenir compte de cet élargissement des types de solutions pouvant être élaborées pour répondre à un problème de performance, Reiser (2007) inclut le développement de solutions non éducatives dans sa définition du champ de la technologie éducative, qu'il nomme d'ailleurs *instructional design and technology* (IDT).

> Le domaine du design pédagogique et de la technologie (*instructional design and technology*) (également appelé technologie éducative) (*instructional technology*) englobe l'analyse des problèmes d'apprentissage et de performance, ainsi que la conception, le développement, l'implantation, l'évaluation et la gestion de l'ensemble des processus et des ressources pédagogiques et non pédagogiques destinés à améliorer l'apprentissage et la performance dans divers contextes, notamment dans les établissements d'enseignement et les milieux de travail. (Reiser, 2007, p. 7) [traduction libre]

On peut donc en conclure que « design pédagogique » n'est pas synonyme de « technologie éducative ». Le premier ne concerne que l'élaboration de solutions d'apprentissage alors que le second inclut d'autres préoccupations telles que celles qui entourent l'élaboration de solutions visant à améliorer plus largement la performance humaine. La recherche en technologie éducative s'intéresse aussi à d'autres sujets qui dépassent le cadre du design pédagogique, comme le potentiel des technologies pour améliorer l'apprentissage, les impacts de celles-ci sur la motivation et le développement cognitif, le processus d'adoption et d'appropriation des technologies éducatives dans divers milieux, l'étude des usages des environnements d'apprentissage, etc.

2.1.4 Design pédagogique et *learning design* : synonymes ou concepts distincts?

Depuis le début de ce millénaire, on a vu se développer un champ de recherche identifié sous le vocable *learning design* dans les écrits tant anglais que français. Les travaux réalisés dans ce domaine se focalisent sur l'activité de scénarisation pédagogique, c'est-à-dire celle de la conception du scénario pédagogique d'un

16 En anglais, *human performance technology*, souvent désignée par l'acronyme HPT.

environnement d'apprentissage. Le scénario décrit sous une forme textuelle ou graphique ce que l'apprenant ou l'apprenante, le formateur ou la formatrice et toute autre personne intervenant dans le processus d'apprentissage feront au cours d'une formation, le matériel qu'ils utiliseront, les productions qu'ils feront, de même que les principes et les modalités qui régiront leurs activités respectives (modalité individuelle ou collaborative, durée, caractère obligatoire ou non de l'activité, possibilité de choix entre deux activités, principes d'ordonnancement des activités, etc.).

Dans les méthodes d'ingénierie pédagogique, l'activité de scénarisation pédagogique est effectuée dans le sous-processus appelé généralement « design ». En ce sens, le vocable *learning design* pourrait équivaloir à celui de design pédagogique, pris au sens de ce sous-processus du processus global d'ingénierie pédagogique. Il s'en distingue toutefois de deux façons.

D'une part, en remplaçant *instructional* par *learning* dans l'expression *instructional design*, les chercheurs et chercheuses en *learning design* font consensus en privilégiant une approche de l'apprentissage spécifique, à savoir une approche collaborative et centrée sur l'apprenant et l'apprenante (Bower et Vlachopoulos, 2018), alors qu'en design pédagogique, le choix des approches d'apprentissage à privilégier est plus ouvert dans la plupart des méthodes et qu'il revient au concepteur ou à la conceptrice de sélectionner la plus appropriée au contexte d'enseignement/apprentissage en fonction de divers critères (objectifs d'apprentissage visés, caractéristiques des apprenants et des apprenantes, etc.).

D'autre part, dans le domaine du *learning design*, on cherche avant tout à rendre les scénarios pédagogiques partageables et interopérables. Selon cette perspective, on y distingue deux types de préoccupations : les unes pédagogiques, les autres technologiques.

Sur le plan pédagogique, les chercheurs et chercheuses visent à développer des langages et des outils pour représenter les pratiques d'enseignement observées sur le terrain en les explicitant dans des scénarios pédagogiques qui utilisent un langage et un format communs. Le but est de permettre leur partage, de même que de favoriser la collaboration chez les enseignants et enseignantes et le développement de leurs compétences en conception pédagogique. Il s'agit alors de rendre les scénarios pédagogiques lisibles à la fois par les humains et par l'ordinateur en développant un langage de représentation ayant une expressivité pédagogique facilement compréhensible par les communautés enseignantes. La recherche sur ce plan puise principalement ses fondements dans les sciences de l'apprentissage.

Sur le plan technologique, le travail des chercheurs et chercheuses consiste à élaborer un langage formel[17] et des logiciels de modélisation des scénarios pédagogiques qui seront implantés dans des ENA. Il s'agit de rendre les scénarios interprétables par l'ordinateur, mais également interopérables, c'est-à-dire pouvant être implantés dans différents LMS, ce qui requiert d'adopter des spécifications standard.

2.2 Le concept d'ingénierie pédagogique

L'expression « ingénierie pédagogique » est utilisée dans le domaine de l'éducation surtout depuis le début des années 2000 (Basque, 2004; Carré, 2011; Paquette, 2002, 2003; Simard et Basque, 2008; Stolovitch et Keeps, 2003; Vidal *et al.*, 2010). L'usage du vocable *instructional engineering* a été retracé dans un document datant de 1970 (Burris, 1970). Cependant, le vocable *instructional design* s'est répandu beaucoup plus largement par la suite dans le monde anglo-saxon. Dans la francophonie européenne, les vocables « ingénierie pédagogique », « ingénierie de formation » et « ingénierie des EIAH » sont au contraire davantage employés que « design pédagogique ».

Ces différents usages du terme « ingénierie » dans le champ éducatif en font-ils un équivalent de « design », tel qu'on l'a défini à la section précédente? Pour certains auteurs et auteures, cela n'est pas le cas. Ainsi, Paquette (2002) considère que le design pédagogique n'est que l'un des fondements de l'ingénierie pédagogique, auquel s'ajoutent le génie logiciel et l'ingénierie cognitive. Il propose la définition suivante de l'ingénierie pédagogique :

> Une méthodologie soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive. (p. 106)

Il faut toutefois noter que cet auteur semble attribuer au design pédagogique la signification que lui donne Reigeluth (1999c), à savoir qu'il s'agit de modèles de scénarios pédagogiques fondés sur différentes théories de l'enseignement. Cette vision du design pédagogique s'avère plus étroite que celle plus générale qui fait référence à la démarche globale d'élaboration de systèmes d'apprentissage, que Paquette préfère appeler « ingénierie pédagogique ».

---

17 Par exemple, les langages EML (*Educational Modelling Language*) (Koper et Manderveld, 2004) et IMS-LD (*Instructional Management System Learning Design*) (IMS Global Learning Consortium, 2003).

Chez les Européens francophones, c'est le terme « ingénierie pédagogique » qui est généralement réservé à ce qui relève du processus spécifique de design, alors que la démarche générale est appelée « ingénierie de la formation » ou « ingénierie de formation » (Ardouin, 2010; Aubégny, 1989; Brémaud et Guillaumin, 2010; Carré, 2011; Le Boterf, 2011; Pain, 2003; Parmentier, 2012; Viallet, 1987). Il faut mentionner que les premiers écrits européens en ingénierie de la formation datent des années 1980 et qu'ils proviennent du domaine de recherche en éducation des adultes. De fait, les références aux travaux américains en technologie éducative sont, encore aujourd'hui, plutôt rares dans la francophonie européenne.

Pour Davies (1997), l'ingénierie constitue l'un des trois paradigmes ayant marqué l'évolution du domaine du design pédagogique entre les années 1940 et 1990, les deux autres étant le paradigme de l'enseignement audiovisuel et le paradigme systémique. Selon lui, le paradigme « ingénierique » est venu répondre au rêve d'une science de l'enseignement et de l'apprentissage, en particulier grâce aux travaux de B. F. Skinner dans les années 1960 : « le conditionnement opérant et le modelage (l'ingénierie) du comportement humain sont devenus partie intégrante d'une technologie radicalement nouvelle » (Davies, 1997, p. 36) [traduction libre].

Pour d'autres, le fait de remplacer le terme « design » par « ingénierie » serait une façon de mettre en évidence le caractère rigoureux et systémique d'une démarche qui emprunte, depuis ses origines et de manière de plus en plus marquée, aux différents domaines du génie, en particulier celui du génie logiciel à partir des années 1990, et serait aussi une manière de souligner la recherche de cohérence, d'efficience et d'efficacité qui marque cette discipline (Basque, 2004; Douglas, 2006; Yang *et al.*, 1995). À cet effet, Stolovitch et Keeps (2003) font remarquer que l'ingénierie fait référence à la conception ou à la production de structures, de machines ou de produits en utilisant des méthodes scientifiques visant à rendre les propriétés de la matière et de l'énergie utiles aux humains. Pour eux, c'est exactement ce qui est fait lorsque l'on crée des systèmes d'apprentissage que l'on veut efficaces : « vous rassemblez des ressources puis concevez, inventez et créez en utilisant tous les moyens à votre disposition pour développer un système d'apprentissage » (Stolovitch et Keeps, 2003, p. xv) [traduction libre].

Pour sa part, Basque (2004) propose que « le fait que le design pédagogique intègre de plus en plus de fondements tirés d'autres disciplines marque davantage l'évolution de ce domaine que la naissance d'une autre discipline » (p. 8). C'est pourquoi elle estime que « parler d'ingénierie pédagogique, c'est parler de design pédagogique… mais d'un design pédagogique intégrant de plus en plus des principes et pratiques issus des disciplines du génie » (p. 8). L'intégration grandissante des technologies numériques dans les situations d'apprentissage n'est pas étrangère à cette évolution. En effet, tant dans les contextes d'enseignement

à distance que dans les contextes hybrides combinant présence et distance ou même dans ceux où l'usage des technologies numériques se fait uniquement en classe, les systèmes d'apprentissage intégrant le numérique sont de plus en plus complexes. Pour développer ces systèmes, on ne peut plus compter uniquement sur des méthodes intuitives et artisanales ni sur la seule créativité pédagogique du concepteur ou de la conceptrice.

Paquette (2004) souligne aussi ce besoin de mieux vaincre la complexité croissante des systèmes d'apprentissage par une « nouvelle ingénierie pédagogique » :

> […] une nouvelle ingénierie pédagogique devient une nécessité à la lumière de l'évolution récente de l'apprentissage en réseau, et aussi pour contrer la tendance au développement artisanal que l'on peut observer dans trop de formations sur l'Internet. Le génie logiciel peut servir d'inspiration à cet égard. D'une part, les environnements d'apprentissage sont des systèmes d'information, de plus en plus informatisés et complexes d'ailleurs. D'autre part, le génie logiciel réussit à vaincre progressivement la tendance artisanale dans le domaine de la programmation des ordinateurs, artisanat qui s'avérait, là aussi, inadéquat pour vaincre la complexité croissante des systèmes d'information. (p. 46)

L'usage du terme « ingénierie » pour désigner l'ensemble de la démarche de conception et de développement d'un SA présente l'avantage de contourner le problème sémantique mentionné plus haut du double usage du terme « design » dans les écrits sur le sujet, soit pour désigner l'ensemble du cycle de vie de la conception d'un système d'apprentissage, soit pour nommer l'une des phases de ce cycle. C'est pourquoi le vocable « ingénierie pédagogique » a été retenu dans l'ensemble de cet ouvrage.

L'ingénierie pédagogique est non seulement un domaine d'application, mais il est également un domaine scientifique de recherche. Tchounikine (2009) souligne le caractère générique de la notion d'ingénierie, qu'il définit comme « l'ensemble des activités nécessaires à la définition, la conception et la réalisation de projets centrés sur la conception d'artefacts » (p. 21). Il mentionne de plus que, pour plusieurs, cette notion est erronément opposée à celle de la recherche qui a vocation de comprendre les phénomènes, alors que l'ingénierie aurait celle d'appliquer cette compréhension à la réalisation de projets. Selon cette perspective, l'ingénierie ne relèverait pas de la science, mais uniquement de l'application. Tchounikine argue cependant que l'ingénierie est une « science de l'artificiel », au sens où l'entend Herbert A. Simon (2004). Dans le cadre des sciences de l'artificiel, il s'agit de s'intéresser aux choses non pas « telles qu'elles sont » mais « telles qu'elles pourraient être », ainsi qu'à des buts et à des moyens de les réaliser. Des connaissances théoriques sont développées et des recherches empiriques sont

menées dans cette science de l'ingénierie, comme c'est le cas dans le domaine de l'ingénierie pédagogique.

Conclusion

En conclusion, un graphe synthèse (figure 1.1) présente les termes centraux d'ENA et d'IENA (ingénierie pédagogique des ENA). Il met en évidence l'IENA en tant qu'un processus d'ingénierie pédagogique effectué au moyen d'une méthode d'ingénierie pédagogique d'ENA et de différents types de théories de design pédagogique qui guident les personnes participant au projet d'IENA dans la conception, le développement, la diffusion et l'évaluation d'un ENA, celui-ci pouvant être de divers types. Selon l'envergure du projet, l'équipe du projet peut inclure un ou plusieurs spécialistes en conception pédagogique et en médiatisation, de même que des personnes expertes du contenu, des technologies numériques, de la gestion de projet, etc.

Les ENA résultant du processus d'IENA seront utilisés par un ou plusieurs apprenants ou apprenantes, qui seront soutenus par un ou plusieurs facilitateurs ou facilitatrices (enseignants, enseignantes, personnes tutrices, etc.) au cours du processus d'apprentissage/enseignement.

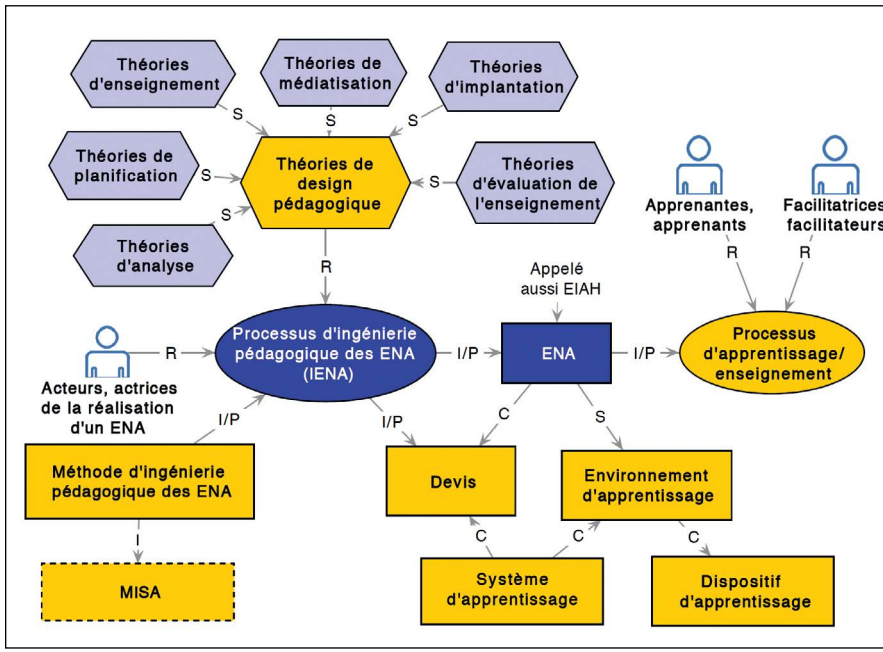
Les termes « ENA » et « EIAH » sont considérés comme des synonymes. Un ENA est un type particulier d'environnement d'apprentissage, à savoir un environnement d'apprentissage faisant largement appel aux technologies numériques. C'est ce type particulier d'environnement qui résulte du processus d'IENA.

Le terme « système d'apprentissage » englobe celui d'environnement d'apprentissage et son devis, alors que le dispositif d'apprentissage est une composante de l'environnement d'apprentissage. Le dispositif « se déroule » dans l'environnement d'apprentissage (Jacquinot-Delaunay et Monnoyer, 1999).

Une méthode d'IENA est un ensemble de processus visant à soutenir les concepteurs et les conceptrices dans la réalisation des différentes composantes d'un ENA. Ces processus varient selon la méthode adoptée. Dans les méthodes associées au modèle classique ADDIE, ces processus sont l'analyse, le design, le développement, l'implantation et l'évaluation, mais plusieurs autres approches méthodologiques peuvent être adoptées[18], dont celles de la *méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage* (MISA) (Paquette, 2002). Le présent ouvrage vise

18 Voir le chapitre 2.

notamment à faire évoluer cette méthode sur la base de l'évolution des connaissances dans les domaines de la technologie éducative, des sciences de l'apprentissage, de l'ingénierie des connaissances et du génie logiciel.



Légende : Lien C (a pour composante); lien S (est ou sont une sorte de), lien I/P (est un intrant/a produit), lien R (régit ou régissent).

FIGURE 1.1 **Les principaux concepts en IENA (ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage)**

Références

AECT Definition and Terminology Committee. (2004). *The meanings of educational technology*. Site METU OpenCourseWare. Récupéré le 15 avril 2021 de https://ocw.metu.edu.tr/file.php/118/molenda_definition.pdf

Albero, B. (2010). La formation en tant que dispositif : du terme au concept. Dans B. Charlier et F. Henri (dir.), *Apprendre avec les technologies* (p. 47-59). Presses Universitaires de France.

Ardouin, T. (2010). *Ingénierie de formation pour l'entreprise* (3e éd.). Dunod.

Aubégny, J. (dir.). (1989). *Formation et développement. Vers une ingénierie de la formation?* L'Harmattan.

Banathy, B. (1968). *Instructional systems*. Fearon Publishers.

Basque, J. (2004). En quoi les TIC changent-elles les pratiques d'ingénierie pédagogique du professeur d'université? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, *1*(3), 7-13. *universitaire, 1*(3), 7-13. https://r-libre.teluq.ca/636/

Basque, J., Contamines, J. et Maina, M. (2010). Approches de design des environnements d'apprentissage. Dans B. Charlier et F. Henri (dir.), *Apprendre avec les technologies* (p. 109-119). Presses Universitaires de France. https://r-libre.teluq.ca/642/

Basque, J. et Doré, S. (1998). Le concept d'environnement d'apprentissage informatisé. *Revue de l'éducation à distance, 13*(1), 40-56. https://r-libre.teluq.ca/1713/

Blandin, B. (2006). *Comprendre et construire les environnements d'apprentissage. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches.* Université Paris X – Nanterre. HAL archives-ouvertes. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00136069/document

Bordeleau, P. (dir.). (1994). *Apprendre dans des environnements pédagogiques informatisés.* Les Éditions Logiques.

Bourdet, J.-F. et Leroux, P. (2009). Dispositifs de formation en ligne. De leur analyse à leur appropriation. *Distances et Savoirs, 7*(1), 11-29. CAIRN. https://www.cairn.info/revue-distances-et-savoirs-2009-1-page-11.htm

Bower, M. et Vlachopoulos, P. (2018). A critical analysis of technology-enhanced learning design frameworks. *British Journal of Educational Technology, 49*(6), 981-997.

Branson, R. K. (1978). The interservice procedures for instructional systems development. *Educational Technology, 18(*3), 11-14.

Brémaud, L. et Guillaumin, C. (dir.). (2010). *L'archipel de l'ingénierie de la formation : transformations, recompositions*. Presses Universitaires de Rennes.

Brien, R. (1981). *Design pédagogique : introduction à l'approche de Gagné et Briggs*. Éditions Saint-Yves.

Brown, A. H. et Green, T. D. (2018). Beyond teaching instructional design models: Exploring the design process to advance professional development and expertise. *Journal of Computing in Higher Education, 30*, 176-186.

Brown, B. L. (2013). Technology-enhanced learning environments. Dans R. C. Richey (dir.), *Encyclopedia of terminology for educational communications and technology* (p. 304-305). Springer.

Burris, R. W. (1970). *Major areas of emphasis for instructional engineering* (ED039763). Academy for Educational Development Inc. ERIC. https://eric.ed.gov/?id=ED039763

Carré, P. (2011). Pédagogie des adultes et ingénierie pédagogique. Dans P. Carré et P. Caspar (dir.), *Traité des sciences et des techniques de la formation* (3e éd., p. 423-444). Dunod.

Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley & Sons.

Davies, I. K. (1997). Paradigms and conceptual ISD systems. Dans C. R. Dills et A. J. Romiszowski (dir.), *Instructional Development Paradigms (*p. 31-44). Educational Technology Publications.

Demaizière, F. (2008). Le dispositif, un incontournable du moment. *ALSIC, 11*(2), 157-161. OpenEdition Journals. https://journals.openedition.org/alsic/384

Dessus, P. (2010). Des théories de l'apprentissage pour concevoir des environnements d'apprentissage informatisés. *Apprendre avec les technologies* (p. 96-107). Presses Universitaires de France.

Douglas, I. (2006). Issues in software engineering of relevance to instructional design. *TechTrends, 50*(5), 28-35.

Felder, J. (2019). *Environnement personnel d'apprentissage et autonomie de l'apprenant* [thèse de doctorat, Université de Fribourg, Suisse]. http://doc.rero.ch/record/328148

Fraser, B. J. (1998). The birth of a new journal: Editor's introduction. *Learning Environments Research, 1*(1), 1-5.

Gagné, R. M. (1965). *The conditions of learning* (1re éd.). Holt, Rinehart & Winston.

Gagné, R. M. (1976). *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*. Les Éditions HRW ltée.

Gagné, R. M. et Briggs, L. J. (1974). *Principles of instructional design* (1re éd.). Holt, Rinehart & Winston.

Gibbons, A. S. (2014). *An architectural approach to instructional design*. Routledge.

Gibbons, A. S. et Yanchar, S. C. (2010). An alternative view of the instructional design process: A response to Smith and Boling. *Educational Technology, 50*(4), 16-26.

Goodrum, D. A., Dorsey, L. T. et Schwen, T. M. (1993). Defining and building an enriched learning and information environment. *Educational Technology, 33*(11), 10-20.

Grandbastien, M. et Labat, J.-M. (dir.). (2006). *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*. Lavoisier.

Gustafson, K. et Branch, R. (2007). What is instructional design? Dans R. A. Reiser et J. A. Dempsey (dir.), *Trends and issues in instructional design and technology* (2e éd., p. 11-16). Merrill/Prentice Hall.

Hannafin, M. J. et Land, S. M. (1997). The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments. *Instructional Science, 25*(3), 167-202.

Hannum, W. (2005). Instructional systems development: A 30 year retrospective. *Educational Technology, 45*(4), 5-21.

Henri, F. (2014). Les environnements personnels d'apprentissage, étude d'une thématique de recherche en émergence. *STICEF, 21*, 121-147. https://r-libre.teluq.ca/472/

Ifenthaler, D., Sampson, D. G., Spector, J. M. et Isaias, P. (2012). Technology-enhanced learning environments for the digital age – Guest editorial. *Technology Instruction Cognition and Learning, 9*, 59-61.

IMS Global Learning Consortium. (2003). *IMS learning design best practice and implementation guide*. IMS Global Learning Consortium. Récupéré le 15 avril 2021 de https://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_bestv1p0.html

Jacquinot-Delaunay, G. et Monnoyer, L. (1999). Avant-propos : Il était une fois. *Hermès, 25*, 9-14.

Jonassen, D. H. (1994). Toward a constructivist design model. *Educational Technology, 34*(4), 34-37.

Kaufman, R. A. (1972). *Educational system planning*. Prentice-Hall.

Khine, M. S. et Fisher, D. (dir.). (2003). *Technology-rich learning environments : A future perspecive*. World Scientific Publishing.

Kidd, T. et Morris, L. R. J. (dir.). (2017). *Handbook of research on instructional systems and educational technology.* IGI Global.

Koper, R. (2000). *From change to renewal: Educational technology foundations of electronic learning environments*. Open University of the Nederland (OUNL). Récupéré le 21 avril 2021 de https://www.researchgate.net/publication/237703701

Koper, R. et Manderveld, J. (2004). Educational modelling language: modelling reusable, interoperable, rich and personalised units of learning. *British Journal of Educational Technology, 35*(5), 537-552.

Le Boterf, G. (2011). L'ingénierie de la formation : quelles définitions et quelles évolutions? Dans P. Carré et P. Caspar (dir.), *Traité des sciences et des techniques de la formation* (3e éd., p. 384-400). Dunod.

Pain, A. (2003). *L'ingénierie de la formation. État des lieux*. L'Harmattan.

Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2003). *Instructional engineering in networked environments*. Pfeiffer/Wiley.

Paquette, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3), 45-55. https://www.ritpu.ca/fr/articles/view/58

Parmentier, C. (2012). *L'ingénierie de formation : outils et méthodes* (2e éd.). Eyrolles Éditions d'Organisation.

Peraya, D. (1999). Médiation et médiatisation : le campus virtuel. *Hermès*(25), 153-167. CAIRN. https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-1999-3-page-153.htm?contenu=resume

Perkins, D. N. (1991). Technology meets constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology, 31*(5), 18-23.

Piolat, A. et Roussey, J.-Y. (1994). Environnements d'apprentissage informatisés et réécriture de textes. *Repères, 10,* 49-66. Portail Persée. https://www.persee.fr/doc/reper_1157-1330_1994_num_10_1_2126

Reigeluth, C. M. (dir.). (1983). *Instructional-design theories and models : Vol. I. An overview of their current status*. Erlbaum.

Reigeluth, C. M. (1999a). About Instructional-design theory. Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design theories and Models: Vol. II. A new paradigm of instructional theory* (p. 1-3). Erlbaum.

Reigeluth, C. M. (dir.). (1999b). *Instructional-design theories and models: Vol. II. A new paradigm of instructional theory*. Erlbaum.

Reigeluth, C. M. (1999c). What is instructional-design theory and how is it changing? Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design theories and models: Vol. II. A new paradigm of instructional theory* (p. 5-29). Erlbaum.

Reigeluth, C. M., Beatty, B. J. et Myers, R. D. (dir.). (2017). *Instructional-design theories and models: Vol. IV. The learner-centered paradigm of education.* Routledge.

Reigeluth, C. M. et Carr-Chellman, A. A. (2009a). Understanding instructional theory. Dans C. M. Reigeluth et A. A. Carr-Chellman (dir.), *Instructional-design*

theories and models: Vol. III. Building a common knowledge base (p. 3-26). Taylor and Francis.

Reigeluth, C. M. et Carr-Chellman, A. A. (dir.). (2009b). *Instructional-design theories and models: Vol. III. Building a common knowledge base*. Routledge.

Reiser, R. A. (2007). What field did you say you were in? Defining and naming our field. Dans R. A. Reiser et J. V. Dempsey (dir.), *Trends and issues in instructional design and technology* (2e éd., p. 2-9). Pearson Education.

Romiszowski, A. J. (1992). *Designing instructional systems. Decision making in course planning and curriculum design* (3e éd.). Kogan Page/Nichols Publishing.

Romiszowski, A. J. (1996). Systems approach to design and development. Dans T. Plomp et D. P. Ely (dir.), *International encyclopedia of educational technology* (p. 37-43). Pergamon.

Rowley, K. (2005). A pragmatic method for the design of effective instructional systems. *Journal of Educational Computing Research, 33*(4), 419-450.

Salisbury, D. (1990). General system theory and instructional system design. *Performance & Instruction, 29*(2), 1-11.

Salomon, G. (1994). Differences in patterns: Studying computer enhanced learning environments. Dans S. Voniadou, E. De Corte et H. Mandl (dir.), *Technology-based learning environments: Psychological and educational foundations* (p. 79-85). Springer.

Salomon, G. (2006). The systemic vs. analytic study of complex learning environments. Dans J. Elen et R. E. Clark (dir.), *Handling complexity in learning environments : Theory and research* (p. 255-264). Elsevier.

Seels, B. et Richey, R. (1994). *Instructional technology : The definition and domains of the field*. AECT.

Silvern, L. C. (1964). *Designing instructional systems*. Education and Training Consultants.

Simard, C. et Basque, J. (2008). Cultural variables and instructional engineering. Dans I.-D. Chen et T. Kidd (dir.), *Social information technology : Connecting society and cultural issue* (p. 274-295). Idea Groupe Inc. https://r-libre.teluq.ca/645/

Simon, H. A. (2004). *Les sciences de l'artificiel* (3e éd.). Gallimard.

Stolovitch, H. D. et Keeps, E. J. (2003). *Engineering effective learning toolkit*. Jossey-Bass/Pfeiffer.

Tchounikine, P. (2009). *Précis de recherche en ingénierie des EIAH*. Université Joseph Fourier de Grenoble.

Viallet, F. (1987). *L'ingénierie de la formation*. Les Éditions d'Organisation.

Vidal, C. L., Segura, A. A., Menendez, V. H. et Prioto, M. E. (2010). Knowledge-based architecture for instructional engineering. *International Journal of Knowledge and Learning, 5*(3-4), 371-388.

Wilson, B. G. (1996). What is a constructivist learning environment? Dans B. G. Wilson (dir.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design* (p. 3-8). Educational Technology Publications.

Yang, C.-S., Moore, D. M. et Burton, J. K. (1995). Managing courseware production: An instructional design model with a software engineering approach. *Educational Technology Research and Development, 43*(4), 60-70.

CHAPITRE 2

LES MÉTHODES D'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE D'HIER À AUJOURD'HUI : ÉVOLUTION OU RÉVOLUTION?

Josianne Basque • Maria Bondarenko

RÉSUMÉ

Depuis le début des années 1960, de nombreuses méthodes de design ou d'ingénierie pédagogique ont été élaborées. Bon nombre d'entre elles reprennent avec quelques variantes la démarche proposée dans ce que plusieurs appellent le modèle ADDIE (pour analyse, design, développement, implantation et évaluation). À partir des années 1980, ce modèle a toutefois fait l'objet de nombreuses critiques provenant tant de la recherche que de la pratique. S'appuyant sur des travaux dans diverses disciplines et sous l'impulsion de l'évolution technologique, de nouvelles méthodes ont été développées au fil des années. Ce chapitre en présente un tour d'horizon dans le but de déterminer dans quelle mesure leur développement reflète une évolution ou une révolution dans le domaine de l'ingénierie pédagogique.

MOTS-CLÉS

Approches et méthodes d'ingénierie pédagogique; design pédagogique; critiques du modèle ADDIE; évolution des méthodes d'ingénierie pédagogique.

Introduction

Les termes « méthode d'ingénierie pédagogique » et « méthode de design pédagogique » sont tous deux employés dans les écrits pour désigner la proposition d'un processus décrivant l'ensemble des activités à réaliser pour concevoir, développer, implanter et évaluer des environnements de formation et d'apprentissage d'ampleur variée (programme, cours, leçon, module, etc.). Certaines méthodes

incluent également dans ce processus d'autres activités à mener tout au long du cycle de vie de ces environnements (maintenance, etc.). Il faut souligner que ces deux termes sont également employés lorsqu'il est question du processus spécifique de conception pédagogique[1]. Dans les publications anglophones, on parle souvent de *model (instructional design model* [2] *)* au lieu de « méthode ».

Les premières méthodes de design pédagogique datent des années 1960 (Banathy, 1968; Barson, 1967; Hamerus, 1968; Silvern, 1964). Depuis, leur nombre a progressivement augmenté et on en compterait aujourd'hui plus d'une centaine. Leur multiplication traduit-elle des avancées relevant d'une évolution ou d'une révolution d'ordre paradigmatique du domaine? Pour répondre à cette question, ce chapitre effectue un survol de neuf approches méthodologiques ayant émergé au cours des années dans le domaine de l'ingénierie pédagogique. Ce survol fournit un portrait d'ensemble qui permettra de qualifier, en conclusion, la progression du domaine d'hier à aujourd'hui.

1 L'approche systémique : le modèle ADDIE

Le modèle ADDIE fait référence non pas à une méthode en particulier, mais à une représentation générale du processus de design pédagogique proposé dans de nombreuses méthodes qui adoptent une approche d'ingénierie pédagogique fondée sur la théorie des systèmes[3]. Envisagé selon cette théorie, le processus est subdivisé en différentes étapes qui se suivent selon un ordre logique, le produit de chaque étape constituant l'input de l'étape suivante (Molenda, 2010). L'environnement d'apprentissage à concevoir est considéré comme un système constitué d'un ensemble de composantes qui interagissent entre elles en vue d'atteindre un but commun, à savoir celui de soutenir et de favoriser l'apprentissage.

Les méthodes qui s'inscrivent dans la tradition du modèle ADDIE partagent une structure procédurale générale commune qui comprend cinq phases (ou étapes) principales identifiées dans l'acronyme désignant le modèle :

1 Dans ce chapitre, « design pédagogique » et « ingénierie pédagogique » sont utilisés de manière indifférenciée et seules les méthodes qui portent sur l'ensemble du processus à mener au cours du cycle de vie d'une formation y sont traitées. Pour plus de détails sur les différentes significations attribuées aux concepts d'« ingénierie pédagogique » et de « design pédagogique » ainsi qu'à d'autres concepts associés, voir le chapitre 1.

2 Richey *et al.* (2011) rappellent que le domaine du design pédagogique compte plusieurs types de modèles et que les méthodes font partie de la catégorie des modèles procéduraux.

3 Voir le chapitre 1 pour plus de détails sur la théorie systèmes et sur la notion de système d'apprentissage.

- L'*analyse* porte sur des composantes qui orientent le projet de développement du système d'apprentissage : besoin de formation, caractéristiques des personnes apprenantes, contexte de la formation, attentes de l'organisme demandeur de la formation, contraintes avec lesquelles il faudra composer, ressources didactiques existantes pouvant être intégrées à la formation, etc.
- Le *design* (ou conception) consiste à concevoir le système d'apprentissage. On doit alors : spécifier les objectifs d'apprentissage, les compétences ciblées et les éléments de contenu de la formation; sélectionner la ou les stratégies pédagogiques et d'évaluation des apprentissages; élaborer le scénario pédagogique; sélectionner les outils, les technologies et les médias d'apprentissage qui seront intégrés au système d'apprentissage. Ce processus inclut également l'élaboration de devis, de maquettes ou de prototypes qui présentent le format médiatique souhaité du système d'apprentissage à transmettre aux personnes qui ont pour tâche de médiatiser la formation.
- Le *développement* vise à médiatiser et à réaliser le système d'apprentissage.
- L'i*mplantation* consiste à planifier et à mettre en place l'infrastructure organisationnelle et technologique requise pour rendre le système d'apprentissage accessible aux acteurs qui y interviendront (personnes apprenantes, formateurs, formatrices, personnes tutrices, etc.).
- L'*évaluation* consiste à porter un jugement sur différentes dimensions (qualité, efficacité, etc.) du système d'apprentissage dans le but de l'améliorer (évaluation formative) ou de prendre une décision quant à son adoption par un milieu donné ou à la cessation de sa diffusion (évaluation sommative). Une évaluation formative peut être faite après l'implantation du système, mais également avant afin de vérifier si le système présente des lacunes et d'y apporter, le cas échéant, des correctifs. Dans ce dernier cas, l'évaluation formative prend généralement la forme d'une mise à l'essai (appelée aussi test-pilote) auprès d'un nombre restreint de personnes représentant les apprenants et les apprenantes ou auprès de spécialistes de la pédagogie ou du domaine visé.

Dans certaines méthodes, d'autres processus sont ajoutés, tels l'entretien régulier et la mise à jour du système d'apprentissage. De plus, les activités spécifiques de chaque processus varient selon les méthodes.

Parmi les plus connues des méthodes associées au modèle ADDIE, mentionnons celles de Dick et Carey (1978), de Gagné et Briggs (1974), de Kemp (1971) et de Smith et Ragan (1993). Leurs ouvrages réédités plus d'une fois, certains avec l'adjonction de nouveaux collaborateurs, sont encore très populaires. De fait, le modèle ADDIE, considéré aujourd'hui comme un classique, a dominé le domaine pendant plusieurs décennies. Depuis le début des années 1980, il a tou-

tefois fait l'objet de nombreuses critiques (Gordon et Zemke, 2000; Roberts *et al.*, 2003; Ruark, 2008; Zemke et Rossett, 2002). Ces critiques portent tant sur ses fondements théoriques et épistémologiques que sur le processus qu'il propose (sa composition, sa structure, etc.), sur le contenu fourni dans les descriptions des méthodes, de même que sur les résultats mitigés obtenus lorsque celles-ci sont employées (Basque, 2017).

L'une des critiques les plus fréquentes à l'égard du modèle ADDIE souligne que le processus de design pédagogique y est décrit comme étant linéaire et apparenté à celui d'une cascade d'eau puisqu'il semble supposer que chaque phase doit être terminée avant que la suivante ne s'amorce. Les défenseurs du modèle ADDIE précisent toutefois qu'il ne s'agit que d'une manière d'en simplifier la présentation et que le processus de design pédagogique n'est pas linéaire en lui-même (Branch, 2009; Dick *et al.*, 2015).

La suite de ce chapitre présente différentes approches de design pédagogique ayant été proposées à ce jour. Certaines conservent l'essentiel du modèle ADDIE en y intégrant des modifications relativement mineures. D'autres s'en éloignent de manière plus marquée en se situant dans des paradigmes qui se veulent différents du paradigme systémique en design pédagogique.

2 L'approche du prototypage rapide

Le prototypage consiste à créer une ou plusieurs versions successives d'un nouveau produit afin de s'assurer que ce dernier réponde aux attentes de l'organisme demandeur de la conception du produit et à celles des personnes qui l'utiliseront. L'épithète « rapide » met de l'avant l'idée que, idéalement, le prototypage se réalise tôt dans le processus de design pédagogique et que les prototypes se succèdent rapidement.

Le prototypage rapide prend son origine dans la conception de logiciels et est couramment utilisé dans le domaine du design en général. Les propositions d'application de cette approche au design pédagogique remontent au début des années 1990 et prennent deux voies opposées.

Dans la première voie, le prototypage est proposé comme une méthode alternative d'évaluation formative du produit au sein du modèle ADDIE (Northrup, 1995; Tessmer, 1994) ou encore comme une manière d'accélérer le processus du modèle ADDIE en employant diverses « stratégies d'accélération » (Piskurich,

2015), telles que l'intégration dans le produit à concevoir d'objets d'apprentissage[4] réutilisables, indexés au moyen de métadonnées dans des dépôts (banques, répertoires ou viviers). Les prototypes sont alors développés par l'équipe du projet après l'étape de l'analyse ou au cours de celle de la conception. Ce n'est qu'ensuite que les prototypes sont soumis soit aux personnes représentant l'organisme qui a demandé le développement de cet environnement d'apprentissage, soit à des spécialistes de la matière, soit à des personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices, soit encore à ces trois groupes pour recueillir leur avis. Ces derniers servent alors de sources d'informations pour l'équipe de conception, qui demeure tout au long du processus entièrement responsable du projet.

Dans la seconde voie, le prototypage rapide est vu comme un nouveau paradigme de design pédagogique se voulant en rupture avec le modèle ADDIE (Jones et al., 1992; Moonen, 1996, 1999; Rathbun et al., 1997; Tripp et Bichelmeyer, 1990; Visscher-Voerman *et al.*, 1999). Une démarche itérative de design y est privilégiée (Botturi *et al.*, 2006; Jones et Richey, 2000). Les prototypes sont développés tout au long du processus de design et servent à élucider et à définir progressivement les besoins et les exigences de l'organisme qui demande le développement du produit et ceux des personnes qui l'utiliseront (Baek *et al.*, 2007; Tripp et Bichelmeyer, 1990), d'où une participation active de ces dernières à l'ensemble de la démarche (Jones et Richey, 2000; Botturi *et al.*, 2006). Ils sont alors vus comme un moyen de favoriser la communication et l'atteinte de consensus (Kessels, 1999; Moonen, 1996, 1999), permettant une réflexion dans l'action (Schön, 1983). La méthode proposée par Dorsey *et al.* (1997), qui prône un prototypage rapide collaboratif, illustre cette approche. Les personnes qui demandent et celles qui utilisent l'environnement d'apprentissage y sont partenaires à part entière et partagent avec l'équipe de conception la responsabilité et le contrôle de la direction du projet. Le processus de design pédagogique inclut cinq cycles de prototypage au cours desquels différents types de prototypes sont développés : 1) la création (visions de l'environnement d'apprentissage), 2) l'exploration (prototypes conceptuels), 3) l'expérimentation sur le terrain (maquettes), 4) le test-pilote (prototypes fonctionnels) et 5) la pleine implantation (vision évolutive de l'environnement d'apprentissage).

Comme le montrera la section suivante, le prototypage rapide est une constituante importante de plusieurs autres approches de design pédagogique qui se distancient de l'approche systémique adoptée dans le modèle ADDIE, ou qui s'y opposent.

---

4 Voir la section 9 de ce chapitre pour des détails sur la notion d'« objet d'apprentissage ».

3 L'approche agile

L'approche agile constitue un paradigme managérial en génie logiciel, englobant une quinzaine de méthodes de gestion de projets qui s'opposent aux méthodes « en cascade » analogues à celles du modèle ADDIE (Adnan et Ritzhaupt, 2018). Systématisés dans un manifeste au début des années 2000 (Beck *et al.*, 2001), les principes de l'approche agile[5] quittent rapidement le seul domaine du génie logiciel pour être reconnus comme une approche universelle de gestion de projets (Highsmith, 2004).

L'approche agile priorise : 1) les individus et leurs interactions davantage que les processus et les outils, 2) les logiciels opérationnels davantage qu'une documentation exhaustive, 3) la collaboration avec les clients davantage que la négociation contractuelle et 4) l'adaptation au changement davantage que le suivi d'un protocole (Beck *et al.*, 2001). Bien que le manifeste ne stipule pas que le processus de développement d'un produit doive être effectué en mode itératif, l'itération est un principe sous-jacent à son esprit et à ses pratiques (Highsmith, 2004; Larman, 2003; Ries, 2001) et le prototypage rapide y est préconisé.

On peut distinguer deux courants dans l'approche agile en design pédagogique. Le premier donne lieu à des applications ponctuelles de méthodes agiles utilisées en génie logiciel dans des projets de développement en e-learning (Adnan et Ritzhaupt, 2018; Arimoto *et al.*, 2016; Battou, 2007; Battou *et al.*, 2017; Budoya *et al.*, 2019; Masson et Udas, 2009).

Dans le second, l'approche agile sert de principe directeur pour élaborer de nouvelles méthodes de design pédagogique, telles que les méthodes SAM (*Successive Approximative Model*) (Allen et Sites, 2012), LLAMA (*Lot Like Agile Management Approach*) (Torrance, 2019) et *AGILE instructional design* (Gottfredson, 2014), qui partagent les caractéristiques suivantes : 1) une distanciation affirmée du modèle ADDIE, avec la possibilité d'en retenir et d'en réinterpréter certains de ses éléments dans l'esprit de la philosophie managériale agile; 2) la collaboration entre les acteurs engagés dans les projets, dont des utilisateurs et des utilisatrices; 3) les cycles d'itération.

La figure 2.1 illustre la méthode SAM qui se décline en deux versions (SAM1 et SAM2), la première s'appliquant à des projets de moindre envergure que la seconde.

---

5 On trouve la liste des principes de l'approche agile sur cette page du *Manifeste pour le développement Agile de logiciels* : http://agilemanifesto.org/iso/fr/principles.html

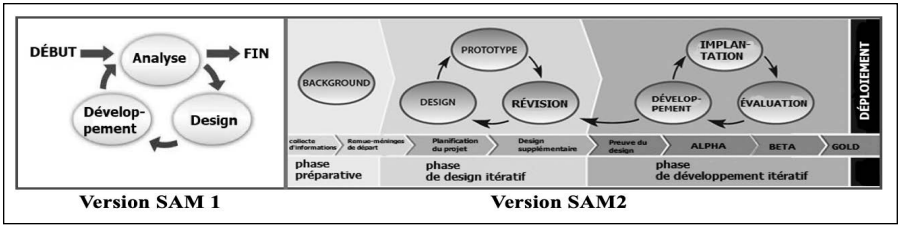


FIGURE 2.1 **Schéma des deux versions de la méthode SAM (tiré de Allen et Sites, 2012, p. 33 et 40) [traduction libre]**

La méthode LLAMA (Torrance, 2019) adopte le modèle ADDIE en y intégrant des principes de l'approche agile. La phase d'analyse est suivie de plusieurs cycles itératifs de design-développement, chacun donnant lieu à des cycles itératifs d'implantation-évaluation.

Pour sa part, Gottfredson (2013, 2014), l'auteur de la méthode *AGILE instructional design*, adopte une vision de la formation en tant que stratégie de soutien à la performance au sein d'une organisation, ce qui l'amène à penser la formation en termes d'« expérience d'apprentissage et de performance » (*learning experience and performance* [LEAP]) et d'écosystème d'apprentissage intégré à l'écologie de l'organisation. Cette méthode comporte cinq phases : alignement, préparation, itération et implantation, création d'un effet de levier et évaluation.

Tout en se distanciant explicitement du modèle ADDIE, les auteurs de ces trois méthodes reconnaissent qu'ils lui ont fait des emprunts. Pour Allen et Sites (2012), ce n'est pas tant le fait de retrouver les phases de ce modèle dans une méthode qui en révèle l'orientation paradigmatique principale que la manière dont ces phases sont intégrées aux méthodes (leur séquence, leur interdépendance, les activités les composant, les principes guidant leur réalisation, etc.).

D'autres auteurs affichent clairement leurs efforts de réconciliation entre le modèle ADDIE et l'approche agile. C'est le cas notamment de Budoya *et al*. (2019) qui proposent la méthode ADDIE-FDDP. Le FDDP (*feature driven development process*) fait référence à une démarche agile de gestion de projet de développement de logiciels basée sur la gestion des risques, appelée en français « développement dirigé par les fonctionnalités ». La méthode de Budoya *et al*. (2019) intègre les processus de ce protocole à ceux du modèle ADDIE et adopte une approche participative.

4 L'approche participative

Dans l'approche participative, des personnes représentant les futurs utilisateurs et utilisatrices de l'environnement d'apprentissage collaborent au processus de design. D'autres parties prenantes (par exemple, les formateurs, les formatrices, la personne représentant l'organisme qui demande la formation) peuvent aussi y collaborer dans certaines méthodes préconisant cette approche. Le prototypage rapide est utilisé pour favoriser la participation des acteurs au processus (Baek et Lee, 2008; Dorsey *et al.*, 1997).

Baek *et al.* (2007) proposent quatre critères pour classer les méthodes préconisant cette approche sur un continuum de participation allant de faible à forte : 1) la nature des interactions entre les utilisateurs et les utilisatrices et l'équipe de conception (indirecte ou directe), 2) la durée de l'implication des utilisateurs et des utilisatrices (de courte ou à longue), 3) la portée de leur intervention (sur des points précis ou sur l'ensemble du projet) et 4) le degré de contrôle qu'ont les utilisateurs et les utilisatrices sur le déroulement du projet (de très limité à très grand).

À l'extrémité forte de ce continuum, on peut situer l'approche de « conception par l'utilisateur » (*user-design*), développée par Carr-Chelman (2006), qui permet aux utilisateurs et aux utilisatrices de concevoir leur propre environnement d'apprentissage. Qualifiée d'émancipatrice (Carr-Chellman et Savoy, 2004), cette approche se distingue de la « conception *centrée sur* l'utilisateur » (*user-centered design*) dans laquelle les besoins, attentes et caractéristiques de l'utilisateur ou l'utilisatrice guident la prise de décisions tout au long du projet. Ceux-ci sont partenaires du projet, mais les décisions de conception ainsi que la conduite du projet reviennent aux équipes de conception. Dans cette dernière approche, la notion d'utilisateur peut être élargie pour inclure toutes les personnes touchées directement par le projet de design (Minuto, 2005), par exemple, selon les contextes, des administrateurs, des administratrices, des membres du personnel de soutien d'une organisation, des membres de la communauté étudiante, du personnel enseignant, des formateurs, des formatrices, des parents, des membres de la communauté élargie, etc. Sur le continuum, l'approche centrée sur l'utilisateur constitue une forme intermédiaire entre une participation faible et une participation forte.

On pourrait également associer à l'extrémité forte du continuum de participation, l'approche du « métadesign » promue par Fischer (2013), qui estime toutefois qu'elle se distingue tant de l'approche de conception dominée par les spécialistes du design, que de l'approche de conception centrée sur l'utilisateur et de l'approche participative telle qu'elle est généralement envisagée en design pédagogique. Le métadesign constitue une démarche de conception continue « dans

l'usage », pouvant s'appliquer dans divers domaines, dans laquelle les utilisateurs et les utilisatrices contribuent activement au design évolutif et continu du produit plutôt que d'en rester des consommatrices et des consommateurs passifs. Dans cette perspective, Fischer et Ostwald (2002) ont développé un modèle de métadesign, appelé SER, acronyme désignant les trois phases de la démarche de design proposée (*seeding, evolutionary growth and reseeding* – ensemencement, croissance évolutive et réensemencement), celle-ci se déroulant dans un environnement sociotechnique qui comprend un « espace d'information » associé à chaque phase. dePaula *et al.* (2001) ont appliqué ce modèle à la conception d'un cours universitaire, dans lequel celui-ci est considéré comme une « semence » qui évolue au fil des usages qu'en font les différentes cohortes étudiantes et dont la démarche se décline selon ces trois phases :

– La phase de l'*ensemencement* est celle où des enseignants et des enseignantes agissant à titre de métaconcepteurs codéveloppent la semence et la déposent dans l'« espace d'ensemencement » et s'assurent que l'ensemble de l'environnement sociotechnique destiné aux futurs utilisateurs et utilisatrices (les personnes apprenantes et les personnes enseignantes qui les accompagneront) soit le plus complet possible pour leur permettre de la faire évoluer.
– La phase de *croissance évolutive* est celle où les personnes apprenantes utilisent la semence en collaborant à résoudre des problèmes ouverts et en alimentant l'« espace d'évolution de l'information » qui sert de terrain pour réifier les savoirs partagés et pour en créer de nouveaux.
– La phase de *réensemencement* est décrite comme un effort délibéré et centralisé, déployé tant par les métaconcepteurs que les personnes apprenantes pour organiser, formaliser et généraliser les solutions et les artefacts créés au cours de la phase précédente et pour les déposer dans l'« espace de réensemencement », où les solutions peuvent être facilement trouvées, réutilisées et étendues par les cohortes apprenantes suivantes.

L'approche du métadesign suppose ainsi une pédagogie privilégiant l'apprentissage collaboratif (dePaula *et al.*, 2001) et une culture participative dans l'activité de design (Fischer, 2011). En quelque sorte, il s'agit de « démocratiser le design » (Fischer, 2009).

5 L'approche du design fondé sur les théories de l'apprentissage

Certains chercheurs et chercheuses ainsi que certains professionnels et professionnelles œuvrant dans le domaine du design pédagogique affirment que celui-ci est inexorablement ancré dans le paradigme béhavioriste de l'apprentissage, ce

qui le rendrait incompatible avec d'autres paradigmes, tels que le cognitivisme et le constructivisme (Gordon et Zemke, 2000). Cette affirmation prend la forme d'une critique adressée plus spécifiquement aux méthodes associées au modèle ADDIE, bien que les auteurs n'en fassent pas toujours mention. Selon cette critique, ces méthodes induiraient trois biais : 1) la formulation d'objectifs d'apprentissage en termes de comportements observables, qui font souvent appel à des habiletés cognitives de niveau inférieur (mémorisation, rappel de faits, définition et illustration de concepts, exécution automatique de procédures, etc.) (Cooper, 1993); 2) le découpage du contenu des formations en petites unités d'apprentissage, ce qui aurait pour effet d'empêcher une vision du tout (Merrill *et al.*, 1990); 3) l'adoption d'une pédagogie essentiellement transmissive. Il faut toutefois rappeler que les travaux du psychologue de l'apprentissage Robert M. Gagné (1965), menés dans les années 1960 sur les conditions internes et externes de l'apprentissage, s'inscrivent dans un cadre cognitiviste et qu'ils ont orienté le développement de certaines méthodes associées au modèle ADDIE (par exemple, Gagné et Briggs, 1974).

C'est cependant à partir du milieu des années 1980 que se fait sentir de manière plus marquée dans le domaine du design pédagogique l'influence de la « révolution cognitive » ayant donné lieu au développement des sciences cognitives, de même que l'intérêt grandissant pour le paradigme constructiviste de l'apprentissage en éducation (Glasersfeld, 1989). Les équipes de recherche commencent alors à déterminer les changements qui devraient être apportés au domaine compte tenu du développement de nouvelles théories sur la cognition humaine et sur l'apprentissage (Nelson et Orey, 1991). Les travaux engagés dans cette perspective prennent différentes directions.

Dans l'une d'elles, les chercheurs et les chercheuses proposent une série de principes pédagogiques à adopter, découlant du cognitivisme et du constructivisme, et touchant principalement le travail spécifique de conception pédagogique. Ces principes mettent l'accent sur la nécessité d'amener la personne apprenante à utiliser des stratégies cognitives et métacognitives appropriées pour traiter efficacement l'information ainsi que pour construire activement ses connaissances et développer des compétences (Bonner, 1988; Di Vesta et Rieber, 1987; Ertmer et Newby, 1993; Honebein, 1996; Johnson et Thomas, 1994; Lebow, 1993; Lowyck et Elen, 1993; Perkins, 1991; Rogers et Mack, 1996; Sweller, 1999; Tennyson, 1990; Winn, 1990, 1991).

D'autres chercheurs et chercheuses ont travaillé à aller au-delà des listes de principes pédagogiques en les formalisant sous la forme de « théories de design

pédagogique »[6] d'inspiration cognitiviste ou constructiviste, portant encore là, pour la plupart, sur le travail spécifique de conception pédagogique. Parmi les plus connues, citons la théorie de la présentation des composantes (*Component Display Theory* [CDT]) (Merrill, 1983), la théorie de la transaction pédagogique (*Instructional Transaction Theory*) (Merrill, 1997; Merrill *et al.*, 1992), la théorie de l'élaboration (Elaboration Theory of Instruction) (Reigeluth et Stein, 1983) et la théorie des quatre composantes du design pédagogique (*Four-Component Instructional Design Model* [4C/ID]) (van Merriënboer, 1997), cette dernière s'inspirant notamment de la théorie de la charge cognitive de Sweller (1994).

D'autres encore recommandent pour leur part des changements à apporter à la démarche générale de design pédagogique. Par exemple, dans leurs propositions pour amener le domaine à prendre le virage cognitiviste, Lowyck et Elen (1993) incluent celle de mener la démarche en spirale, plutôt que de manière linéaire, et appellent à rendre les conceptrices et les concepteurs conscients de leurs modèles mentaux et habiletés cognitives, de manière à ce qu'ils soient en mesure d'adapter la méthode qu'ils utilisent au contexte de chaque projet plutôt que de l'appliquer de manière automatique. D'autres présentent des recommandations découlant du constructivisme. C'est le cas de Wilson *et al.* (1995) qui recommandent notamment d'utiliser le prototypage rapide, d'inclure dans l'équipe de design des personnes représentant les apprenants et les apprenantes ainsi que des formateurs et des formatrices et d'adapter la démarche à chaque situation. Ces auteurs établissent également une liste de recommandations plus précises pour mener différentes activités spécifiques du processus de design pédagogique.

Les méthodes couvrant l'ensemble du cycle d'ingénierie pédagogique qui se déclarent explicitement d'orientation cognitiviste ou constructiviste sont plutôt rares. On en trouve décrites dans un ouvrage collectif dirigé par Willis (2009c), intitulé *Constructivist instructional design (C-ID)*. Ce chercheur défend l'idée qu'une méthode se réclamant du constructivisme doit proposer un processus qui se distancie de celui du modèle ADDIE. L'auteur énonce ce qu'il considère être les différences fondamentales entre le processus proposé dans les méthodes associées au modèle ADDIE, qu'il qualifie d'objectivistes-rationnelles, et les méthodes constructivistes de design pédagogique, qu'il qualifie de constructivistes-interprétatives. Le tableau 2.1 résume cette comparaison.

---

6 On fait référence ici au sens que Reigeluth (1999) attribue au concept de théorie de design pédagogique, à savoir une théorie prescriptive qui fournit un guidage explicite sur la façon d'aider les individus à apprendre et à se développer : « *Les théories de design pédagogique sont orientées design; elles décrivent des méthodes d'enseignement et les situations dans lesquelles ces méthodes doivent être utilisées; les méthodes peuvent être décomposées en composantes plus simples et sont probabilistes* » (p.7) [traduction libre]. Voir le chapitre 1 pour plus de détails.

TABLEAU 2.1 **Comparaison des méthodes objectivistes-rationnelles et des méthodes constructivistes-interprétatives (adapté de Willlis, 2009c, p. 22-24) [traduction libre]**

Méthodes objectivistes	Méthodes constructivistes
1. Le processus est séquentiel et linéaire. 2. La planification va du haut vers le bas (*top down*) et est systématique. 3. Les objectifs guident le développement. 4. Les spécialistes possédant un savoir sur des principes généraux et universels en design pédagogique sont indispensables à la démarche. 5. Il est important de décomposer les habiletés visées en sous-habiletés et de les enseigner de manière séquentielle et séparément. 6. Le but est l'enseignement de savoirs présélectionnés. 7. L'évaluation *sommative* du produit est privilégiée. 8. La collecte de données objectives au cours de la démarche de design pédagogique est privilégiée : « *the more data the better, and the more objective the data the better* ».	1. Le processus est récursif, non linéaire et parfois chaotique. 2. La planification est organique, développementale, réflexive et collaborative. 3. Les objectifs émergent au cours du travail de design et de développement. 4. Les spécialistes possédant un savoir sur des principes généraux et universels en design pédagogique ne sont pas indispensables. Penser qu'ils peuvent travailler avec des spécialistes de toute discipline est un mythe. Dans le cas où des spécialistes du design pédagogique sont néanmoins inclus dans la démarche, ils doivent être immergés dans l'environnement où le produit éducatif à concevoir sera utilisé avant d'en effectuer le design. 5. L'apprentissage en contexte significatif favorisant l'enseignement ancré, la cognition située, le compagnonnage cognitif, la flexibilité cognitive et la résolution de problèmes est privilégié. 6. L'évaluation *formative* du produit est privilégiée. 7. Des données subjectives colligées au cours de la démarche de design pédagogique peuvent être plus valables que des données objectives.

Au cours des années 1990, Willis (1995) propose la méthode R2D2 (*Recursive Reflective Design and Development Model*), qu'il qualifie de constructiviste et qui a été remaniée depuis (Willis, 2009a, 2009b). Willis reconnaît que les trois processus de cette méthode (définir; concevoir et développer; disséminer) ressemblent aux phases du modèle ADDIE, mais il les nomme « points focaux » afin de mettre en évidence la nature récursive, itérative et réflexive du processus. La démarche ne débute pas nécessairement par le point focal « définir » et l'équipe de design pédagogique revient à plusieurs reprises sur chacun des points focaux

en effectuant un retour réflexif tant sur le travail réalisé que sur la démarche en cours et en les révisant au besoin.

Trois autres méthodes de design pédagogique qui adoptent, selon Willis (2009c), une approche constructiviste sont présentées dans son ouvrage :

– La première, appelée *Layers of Negotiation Model* (Cennamo, 2009), propose une démarche participative et récursive fondée sur l'idée que les personnes engagées dans une démarche de design pédagogique entrent dans un processus de construction d'un savoir, impliquant la réflexion, l'analyse d'informations effectuée à de multiples reprises et à de multiples fins, ainsi que la négociation sociale de significations partagées. La démarche n'est pas linéaire, mais spiralée, tant sur le plan micro que macro, chaque composante de l'environnement d'apprentissage impliquant les phases d'analyse, de design, ainsi que de développement et d'évaluation.
– La deuxième, nommée PD4L (*Proactive Design for Learning*) (Sims, 2009), prône pour l'enseignement supérieur une démarche de développement de la formation en ligne en trois phases, réalisée en collaboration par l'équipe professorale, les étudiants et les étudiantes ainsi que l'équipe de conception pédagogique. Dans la première phase (construire), les composantes fonctionnelles de l'environnement d'apprentissage sont créées (ressources, stratégies pédagogiques, activités d'apprentissage, etc.). Lors de la deuxième phase (améliorer), qui a lieu au cours de la diffusion de la formation, une évaluation des acquis d'apprentissage (*outcomes*) est effectuée et des améliorations sont apportées à l'environnement d'apprentissage. Dans la troisième phase (maintenance), les composantes de l'environnement d'apprentissage sont révisées au besoin sur la base de la rétroaction des utilisateurs et des utilisatrices. Pour assurer le succès de ce processus, la démarche se veut collaborative, innovante, émergente, interactive, personnalisée et théoriquement fondée.
– La troisième méthode, appelée AiD (*Appreciative instructional Design*) (Norum, 2009), s'inspire de l'enquête d'appréciation proposée par Cooperrider et Whitney (1999) pour résoudre des problèmes en milieu de travail. L'idée centrale de cette approche est la suivante : plutôt que de chercher ce qui ne va pas dans l'organisation, on cherche ce qui va bien. Norum reproche aux méthodes de design pédagogique d'être centrées sur le « déficit » en visant le développement de formations qui combleront l'écart entre la performance actuelle des personnes apprenantes, considérée comme déficiente, et la performance souhaitée. Cette méthode propose plutôt de viser à amplifier ce qui va bien dans la performance actuelle des membres du personnel et à leur offrir une formation qui les amènera à développer leurs compétences à un niveau qui soit le plus près possible de la meilleure performance envisageable attendue par l'organisation. L'enquête

d'appréciation est utilisée dans la méthode AiD tout au long de la démarche, qui reprend le cycle des 4-D proposé par Coopeerider et Whiney (*discovery, dream, design, destiny*).

6 L'approche du *design thinking*[7]

L'approche du *design thinking*, appelée aussi « conception créative » (Office québécois de la langue française [OQLF], 2021), « démarche design » (JORF, 2019) ou « pensée design » (Gamba, 2017), constitue un courant de la science du design qui résulte d'un tournant paradigmatique amorcé dans les années 1970-1980 et relevant d'un questionnement sur la « cognition du design » (Cross, 2001). Les principes de design issus de ce courant s'emploient dans plusieurs domaines où des activités de design sont menées, notamment en technologie informatique (Brooks, 2010), en administration des affaires (Martin, 2009) et dans le secteur public (Buchanan *et al.*, 2013). Ce courant a pour fondements la théorie générale du design, la théorie de la résolution de problèmes de design (Jonassen, 2000), la théorie de la créativité et la théorie de l'expertise (Lawson et Dorst, 2009), de même que les résultats de recherches empiriques portant sur les pratiques, l'expertise et les compétences des concepteurs et des conceptrices dans une diversité de domaines.

La théorie générale du design s'appuie sur l'hypothèse que le design (y compris le design pédagogique) consiste à résoudre un type spécifique de problèmes, à savoir des problèmes mal définis (*ill-defined problems*), lesquels, contrairement aux problèmes bien définis, ne pourraient être résolus par une démarche systémique fondée sur un algorithme conduisant à un nombre déterminé de solutions (Rittel et Webber, 1973), parce qu'un aspect social détermine le processus de design. Ainsi, en s'inspirant de la valeur qu'un groupe social attribue au produit à créer, l'équipe de conception établit des principes de travail pour le concevoir, de manière à satisfaire le groupe partageant cette valeur. Brown (2008) ainsi que Nelson et Stolterman (2012) utilisent les concepts de « *desirable* » et « *desirata* » pour désigner le motif conducteur de ce processus de design. Comme il n'y a pas de règles d'analyse définies ni de critères objectifs permettant de reconnaître une solution comme étant la meilleure, le processus de résolution du problème prend la forme d'efforts continus visant à améliorer la situation à travers l'exploration de la nature du problème, qui fait appel à la créativité, à l'intuition et à l'expérience du concepteur ou de la conceptrice (Rittel et Webber, 1973).

7 Le vocable *design thinking* est souvent employé dans les écrits en français.

Des recherches empiriques sur le processus de prise de décision sous-jacent à la pratique des concepteurs et des conceptrices confirment les affirmations théoriques selon lesquelles le processus de design est intuitif et parfois chaotique (par exemple, Dörner, 1999; Dorst et Cross, 2001; Lawson, 1979; Lawson et Dorst, 2009; Nelson et Stolterman, 2003) : ce processus débute avec une représentation vague du produit, qui se concrétise au fur et à mesure de l'avancement du projet à l'aide de procédures d'analogie et de visualisation graphique (dessin, prototype, etc.). La vision du problème et la solution subissent une coévolution au cours de la démarche de design (Dorst et Cross, 2001).

Les méthodes de design issues du *design thinking* s'organisent autour des principes suivants :

- la reconnaissance du design en tant que processus de résolution de problèmes mal définis;
- des stratégies de design centrées sur la solution;
- l'usage du raisonnement abductif, le mécanisme de raisonnement intuitif consistant en une conjecture ou en la découverte d'une hypothèse plausible en supprimant les solutions improbables (Dorst, 2011; Roozenburg, 1993);
- l'emploi de médias non verbaux ou textuels pour produire des modélisations par des graphes ou des modèles 3D (Cross, 1990);
- le design qui se veut non seulement participatif (Buchanan *et al.*, 2013) et centré sur l'utilisateur ou l'utilisatrice, mais aussi « humaniste » en visant à créer une « expérience » pour cette personne, ce qui exige l'empathie du concepteur ou de la conceptrice envers elle et une compréhension profonde de son environnement (Brown, 2008).

En ingénierie pédagogique, les méthodes de *design thinking* les plus citées sont : le cadre itératif inspiration-idéation-implémentation (*inspiration-ideation-implementation*), proposé par Tim Brown (2008), le cadre IDEO désirabilité-viabilité-faisabilité (*framework for innovation desirability-viability-feasibility*) (Brown, s.d.), la méthode en cinq phases (découverte, interprétation, conceptualisation, expérimentation, évolution) développée par la firme IDEO pour le milieu scolaire (IDEO, 2012) et surtout le cycle itératif à cinq phases de l'École de design de Stanford (appelée familièrement d.school). À la première phase de ce cycle, « compatir » (*empathize*), l'équipe de conception cherche à obtenir une compréhension du problème à résoudre en essayant de se mettre à la place des utilisateurs et des utilisatrices et de comprendre ce qu'ils expérimentent. Elle s'engage dans une expérience personnelle de l'environnement des utilisateurs et des utilisatrices à travers l'observation, l'interaction et l'immersion. À la phase « définir » (*define*), elle détermine le défi à relever ainsi que l'énoncé du problème

qui servira à explorer des solutions multiples, et ce, en générant des idées dont la faisabilité est évaluée à la prochaine phase qui consiste à « proposer des idées » (*ideate*). À la phase « prototyper » (*prototype*), une version physique simplifiée de la solution est produite à partir des idées émises afin que l'équipe de conception ainsi que les utilisateurs et les utilisatrices en expérimentent les fonctionnalités. À la phase « tester » (test), on obtient de ces derniers une rétroaction sur des versions plus avancées du prototype afin de déterminer si cette solution sera retenue pour un nouveau cycle itératif ou si elle laissera place à une nouvelle idée (Brown et Green, 2018).

L'émergence du *design thinking* dans le domaine du design pédagogique a été précédée, au cours des années 1990, du recours à la méthodologie de prototypage rapide qui a permis de constater que le design pédagogique appartient à une famille de domaines de design partageant des principes communs. Cette vision a contribué à reconnaître la relativité des postulats du paradigme ADDIE et à créer une ouverture vers une révision du design pédagogique dans la perspective de la théorie générale du design. On peut distinguer quatre orientations prises à ce jour par les équipes de recherche pour intégrer le *design thinking* au domaine du design pédagogique :

– La première consiste à forger une nouvelle vision épistémologique et théorique du design pédagogique en tant qu'un des domaines du design. Dans cette perspective, les chercheurs et les chercheuses questionnent, entre autres, les prétentions du design pédagogique de se voir en tant que science fondée sur l'approche systémique (Gibbons et Yanchar, 2010; Boling et Smith, 2011) et invitent à ne pas conceptualiser la discipline en termes d'opposition binaire entre les sciences et l'art (Boling et Gray, 2014; Boling et Smith, 2011, 2018) ou entre la théorie et la pratique (Osguthorpe et Osguthorpe, 2007; Yanchar et South, 2009). Ils développent une vision théorique du design pédagogique en le considérant comme un processus de résolution de problèmes mal définis (Jonassen, 1999, 2000, 2008; Silber, 2007).
– La deuxième orientation applique au design pédagogique la démarche méthodologique de *design thinking* en révisant les méthodes existantes sur la base d'études empiriques portant sur les pratiques et les modèles mentaux employés par des professionnels et professionnelles de la conception pédagogique et des concepteurs et conceptrices dits « occasionnels » (par exemple, du personnel enseignant), que l'on considère comme des acteurs-clés dans le design (Boling et Gray, 2014; Campbell *et al.*, 2006; Christensen et Osguthorpe, 2004; Gibbons, 2003a, 2003b; Osguthorpe et Osguthorpe, 2007; Parrish, 2004; Schwier *et al.*, 2007; Smith et Boling, 2009; Sugar, 2014; Wilson, 2005, 2013).

– La troisième orientation consiste à développer de nouvelles méthodes de design pédagogique en s'appuyant sur la théorie de *design thinking*. Certains chercheurs et chercheuses suggèrent d'intégrer tels quels les modèles procéduraux empruntés au *design thinking*, notamment celui de l'École de design de Stanford (Brown et Green, 2018, 2019; Fila *et al.*, 2018). D'autres recourent moins directement au *design thinking*, mais en empruntent certaines caractéristiques. Ainsi, Parrish (2016) construit sa propre méthode de design pédagogique, dite « esthétique », en combinant les principes du *design thinking* formulés par Nelson et Stolterman (2012), la théorie de l'expérience et l'idée que le processus de design peut être une expérience esthétique (Dewey, 1934, 1938), de même qu'une représentation du design en tant que narration (Parrish, 2006, 2014). Sa méthode comporte six phases : aspirer ou désirer, colliger, visualiser, représenter/mettre en forme, transformer et apprendre. Pour sa part, Jonassen (2008) propose un modèle de design pédagogique inspiré de la théorie de la résolution de problèmes de design de Cross (1990, 2000), qui souligne le rôle important de la restriction dans le processus de design. La figure 2.2 représente le processus de design pédagogique vu comme un cycle de résolution de plusieurs petits problèmes mal définis menant à la solution désirée et satisfaisant les acteurs. La procédure de résolution est définie à la fois par les contraintes existantes et par les croyances (modèles mentaux) des concepteurs et des conceptrices.

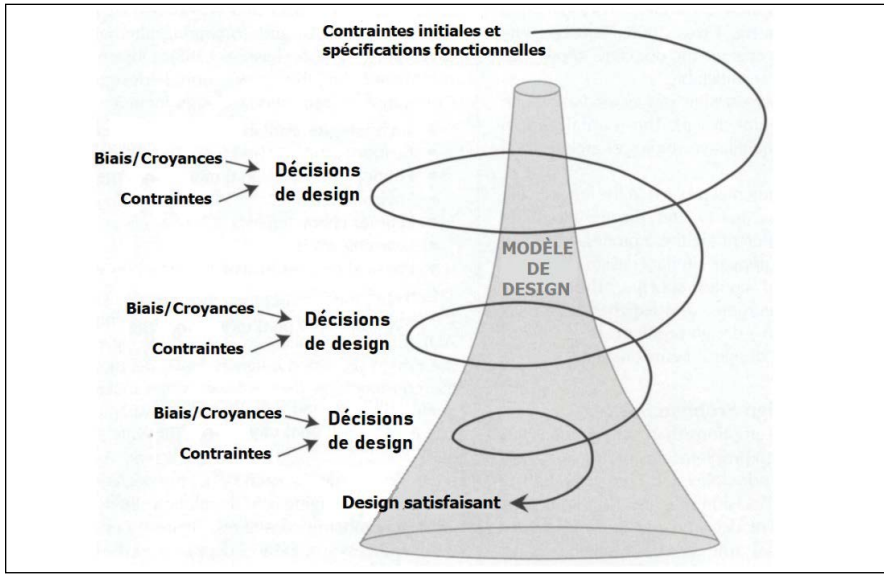


FIGURE 2.2 **Le design pédagogique vu comme un processus cyclique de résolution de problèmes mal définis (tiré de Jonassen, 2008, p. 24) [traduction libre]**

– Enfin, les études sur la créativité ont mené à l'élaboration d'autres méthodes de design pédagogique inspirées du *design thinking*. Par exemple, Clinton et Hokanson (2012), qui reconnaissent comme Jonassen (2008) le rôle de générateur que jouent les obstacles dans le processus de design, proposent le modèle conceptuel DCL (*design/creativiy loops*), qui met en évidence la place de la créativité dans tout processus de design pédagogique. Ce modèle prend la forme d'un cycle itératif de boucles de design/créativité composé de processus d'identification du problème, de préparation, d'incubation, d'illumination et d'élaboration/vérification, qui sont guidés par la nécessité de contourner ces obstacles (figure 2.3).

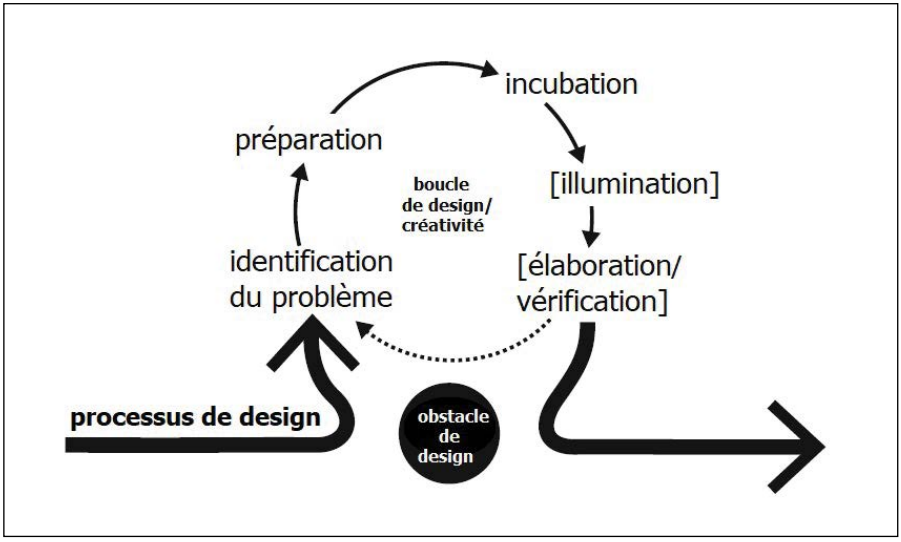


FIGURE 2.3 **Représentation schématique du modèle conceptuel DCL (tiré de Clinton et Hokanson, 2012, p. 121) [traduction libre]**

Outre ces quatre orientations, on trouve des tentatives de considérer ce que Boling *et al*. (2011) appellent un passage transitionnel entre le modèle ADDIE et l'approche du *design thinking*. Par exemple, Clinton et Hokanson (2012) réconcilient ces deux approches en montrant comment leur modèle DCL peut être intégré tant au modèle ADDIE qu'à toute autre méthode. En outre, ils estiment que le modèle DCL s'applique tant sur le plan macro, où le modèle par boucles de design/créativité forme une « enveloppe » entourant l'ensemble du processus, que sur le plan micro du processus de design, où les boucles sont déployées dans les sous-activités du processus tout au long de la démarche (figure 2.4).

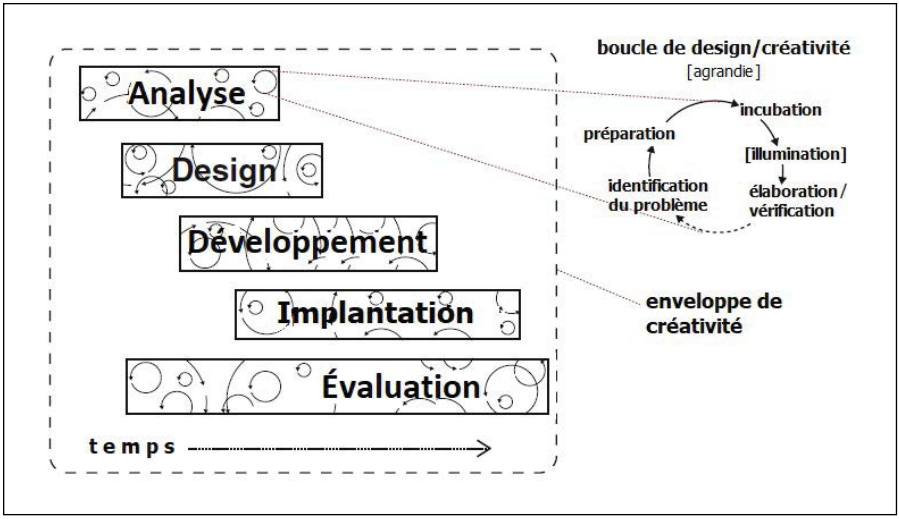


FIGURE 2.4 **Représentation schématique de la méthode DCL intégrée au modèle ADDIE (tiré de Clinton et Hokanson, 2012, p. 121) [traduction libre]**

Bien que le *design thinking* constitue une puissante source d'inspiration qui invite à réviser les fondements du design pédagogique et, par conséquent, ses méthodes, aucune méthode de design pédagogique n'est à ce jour explicitement nommée « méthode de *design thinking* ». Les méthodes rapportées dans cette section sont considérées comme faisant partie de cette approche du fait des références communes aux idées fondatrices du *design thinking* qu'on trouve dans leurs descriptions respectives.

7 L'approche architecturale

Gibbons (2014) défend l'idée selon laquelle les méthodes de design pédagogique associées au modèle classique ADDIE, qui sont essentiellement des modèles procéduraux de gestion du processus de design, ne prennent pas suffisamment en considération l'architecture de l'artefact à concevoir, c'est-à-dire ses diverses composantes fonctionnelles, comme c'est le cas dans divers autres domaines où un travail de design est réalisé (architecture, informatique, fabrication d'automobiles, etc.). Dans ces autres domaines, différentes « couches » de l'artefact sont distinguées et le travail de design consiste à prendre une série de décisions de design relatives à chacune de ces couches tout en tenant compte de leur interdépendance. L'approche architecturale de design pédagogique propo-

sée par Gibbons intègre une théorie de design inspirée de cette vision du design qu'il nomme « théorie de design par couches ». Dans ce contexte, le concept de « couches » renvoie aux différents éléments fonctionnels de l'artefact et non à ses composantes physiques. Gibbons compare une couche à un contenant vide ou encore à une variable à qui le concepteur ou la conceptrice attribuera une valeur fonctionnelle.

Gibbons (2014) identifie sept couches génériques propres au design pédagogique, qui représentent, selon lui, les fonctions que l'on trouve dans la plupart des systèmes d'apprentissage (figure 2.5) :

- La couche « contenu » fournit les éléments de connaissance visés par la démarche d'apprentissage. Elle cerne la nature et la structure du domaine de connaissances à apprendre.
- La couche « stratégie » gère les interactions stratégiques avec la personne apprenante. La conception de cette couche permet de définir le but, le temps et l'activité, ces éléments se combinant pour former un « événement ». Cette couche influe sur les autres couches, car elle est au cœur de la conversation pédagogique proposée dans le système d'apprentissage. Elle influence les décisions à prendre dans le design de chaque couche qui prend part à cette conversation.
- La couche « message » fournit les plans stratégiques qui guident les conversations pédagogiques. Il s'agit de l'une des deux composantes de l'interaction entre la personne apprenante et le système d'apprentissage. La couche « stratégie » concerne le haut niveau stratégique des conversations pédagogiques alors que la couche « message » leur donne forme. La couche « contrôle » (décrite ci-dessous) complète le circuit en donnant à la personne apprenante le pouvoir expressif dans la direction opposée.
- La couche « contrôle » définit la manière dont la personne apprenante répond et réagit aux instructions du système. L'équipe de conception définit les termes, la syntaxe et la sémantique du langage qui seront utilisés par la personne apprenante.
- La couche « représentation » fournit l'information et la signification sous une forme sensorielle. Elle est la seule couche tangible de l'artefact, les autres étant invisibles et abstraites.
- La couche « gestion des données » concerne les opérations d'enregistrement, d'analyse, de production de rapports et d'emmagasinage des données qui seront effectuées dans le système d'apprentissage.
- La couche « média-logique » est celle qui exécute et orchestre les opérations de l'ensemble des autres couches.

Dans son ouvrage, Gibbons (2014) fournit des principes guidant la conception de chacune de ces couches de design.

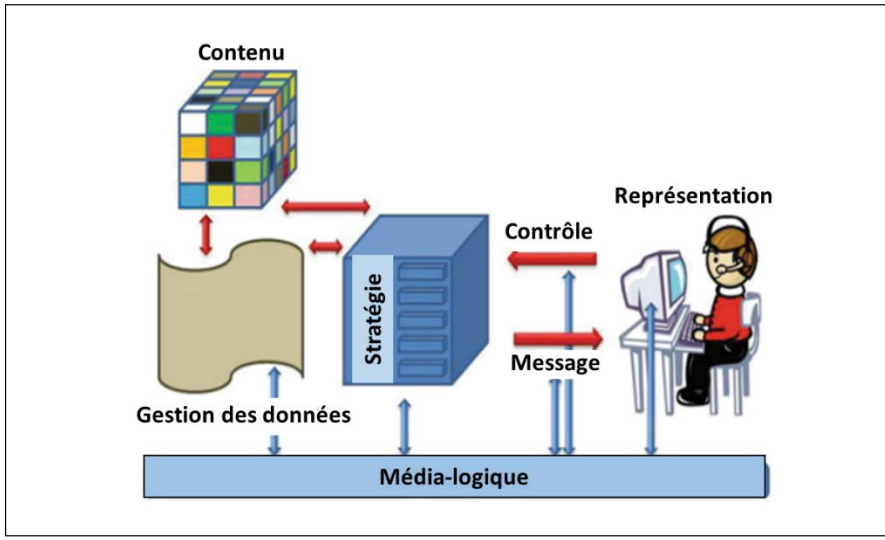


FIGURE 2.5 **Les couches génériques de design propres au design pédagogique (tiré de Gibbons, 2014, p. 34) [traduction libre]**

Gibbons estime que l'approche du design par couches n'est pas en contradiction avec l'approche systémique et systématique propre aux méthodes classiques de design pédagogique et que, ensemble, les deux approches se complètent. Toutefois, le processus de prise de décision dans lequel est engagé le concepteur ou la conceptrice pédagogique (considéré par Gibbons comme « architecte pédagogique ») diffère dans le design par couches du fait que son attention se porte d'abord et avant tout sur les fonctions du système d'apprentissage et sur son architecture. Ainsi, le processus débute par une spécification générale des paramètres du projet, puis se déploie dans un ordre et selon des modalités qui sont uniques à chaque projet et selon un cycle continu de prise de décision qui comprend sept étapes : 1) définir l'espace de design; 2) déterminer les prochaines décisions les plus critiques; 3) établir les principes de structuration à appliquer aux décisions ciblées; 4) définir des configurations alternatives de design; 5) déterminer l'impact de chaque configuration de design (coûts, équipements requis, acceptabilité, durabilité, maintenabilité, etc.); 6) sélectionner la configuration retenue, ce qui peut impliquer une évaluation par les parties prenantes; 7) diffuser la configuration retenue. Ce cycle peut être répété à de nombreuses reprises au cours d'un projet de design. Les différentes couches fonctionnelles de design

sont élaborées progressivement au cours des cycles décisionnels, sans ordre de priorité entre elles, à l'exception de l'ordre qu'imposent les contraintes liées au problème de design.

La prise de décision s'appuie sur les cinq principes suivants : 1) toute décision de design dans l'ensemble du processus de design peut être considérée comme une première décision de design, et le processus de design peut procéder à partir de ce point de départ, et ce, dans n'importe quel ordre; 2) toute décision peut être considérée comme fermement fixée à tout moment, ce qui limite les décisions à prendre par la suite; 3) chaque décision fermement fixée ajoute de nouvelles prises de décisions et élimine le besoin d'en prendre certaines autres; 4) une fois prises, certaines décisions (ainsi que toute autre décision qui en dépend) peuvent être écartées, mais aussi considérées de nouveau; 5) les décisions sont (généralement) prises par « constellations » plutôt qu'individuellement. Gibbons considère que la responsabilité de déterminer l'ordre des activités de design revient à l'équipe de conception pédagogique. La question qu'elle doit se poser de manière continue tout au long du processus de design est celle-ci : « Quelles sont les décisions les plus critiques à prendre à ce moment-ci? » Chaque décision est déterminée par les décisions antérieures puisque chaque décision de design fixée fermement pour une couche influence les décisions futures pour les autres couches.

Pour Gibbons, le design par couches présente les avantages suivants : 1) la possibilité d'adapter l'ordre de la prise de décision au contexte et aux contraintes du problème spécifique de design dans chaque projet; 2) la place donnée à l'imagination et à la créativité; 3) l'importance accordée aux éléments structurels incorporés dans le design et à leurs interrelations; 4) un design intégré et cohérent; 5) un design dans lequel la théorie et la recherche peuvent être intégrées au processus de design.

8 L'approche de l'adaptation au contexte du projet

Les premières méthodes de design pédagogique, créées selon l'approche systémique du modèle ADDIE, avaient un caractère générique au sens où l'on supposait qu'elles s'appliquaient de la même manière et dans leur entièreté à tout type de projet. Les conceptrices et les concepteurs ayant été formés à ces méthodes se trouvaient dépourvus quant à la manière de les adapter aux divers types de projets dans lesquels ils étaient engagés. Ce n'est qu'à compter du début des années 1990 que la question de l'adaptation des démarches de design pédagogique au contexte des projets est abordée par des chercheurs et des chercheuses du domaine. Les travaux dans cette perspective ont pris trois orientations.

Dans la première, on propose un modèle d'adaptation de la démarche de design pédagogique selon les paramètres et les contraintes du projet. Se référant au concept de *satisficing*[8] énoncé par Herbert A. Simon (1981), Tessmer et Wedman (1990) ont élaboré un modèle de design pédagogique nommé *layers-of-necessity model*, qui invite les concepteurs et les conceptrices à procéder par « couches de nécessité », chacune incluant les activités de design pédagogique qu'ils jugent « nécessaires » pour conduire à des solutions « suffisamment bonnes » plutôt qu'optimales, compte tenu des ressources (budget, temps, personnel, ressources matérielles, etc.) dont ils disposent dans chaque projet. Dans un contexte où ces ressources seraient très limitées, une seule couche pourrait s'avérer nécessaire. Elle pourrait inclure, par exemple, les seules activités de la couche 1 (figure 2.6), chacune réalisée de manière sommaire, mais suffisante pour assurer l'efficacité de la solution développée.

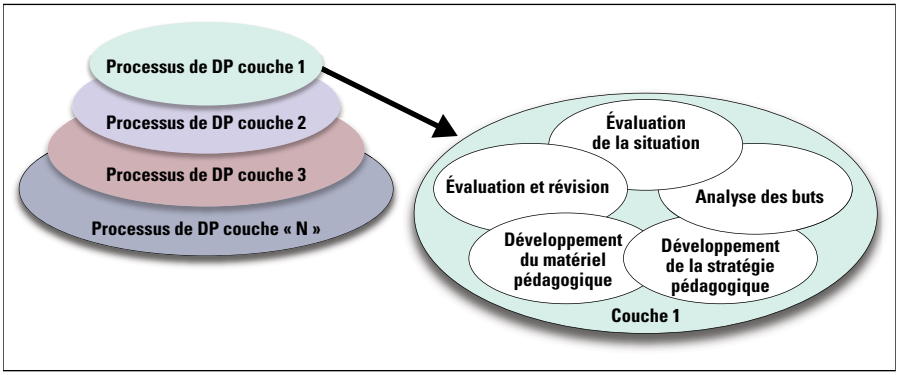


FIGURE 2.6 **Exemple d'une application simple du modèle par « couches de nécessité » (tiré de Tessmer et Wedman, 1990, p. 82) [traduction libre]**

Dans le cas où les ressources seraient moins limitées ou si des ressources supplémentaires s'ajoutaient à la situation initiale, ces cinq activités de base et les choix possibles seraient étendus dans une couche supplémentaire plus élaborée de design pédagogique, où les tâches de la première couche seraient réalisées de manière plus approfondie et où d'autres tâches pourraient s'ajouter. Tessmer et Wedman (1992) ont précisé les facteurs suivants, qui guident la prise de décision pour la sélection des activités de design pédagogique à inclure dans la couche initiale et dans les couches successives : 1) les facteurs de charge (temps, durée

8 *Satisficing* est « un mot-valise formé des mots *satisfying* (satisfaisant) et s*ufficing* (suffisant), qu'on pourrait traduire par *suffisfaisant* ou *satisfisant* » (https://fr.wikipedia.org/wiki/Satisficing).

et coûts de l'activité, personnel requis, etc.), 2) les facteurs de rentabilité (impact sur la performance, satisfaction du client, acceptabilité du projet, etc.) et 3) les facteurs de pression (normes à respecter, tolérance au risque, demande du client, etc.). Ils ont également fourni une liste de principes à appliquer pour orienter la sélection des tâches à réaliser à chacune des couches du modèle, en tenant compte de l'ensemble de ces facteurs. Bien que ces chercheurs parlent de « modèle de design pédagogique » (Wedman et Tessmer, 1990) pour désigner leur modèle qui se veut sensible au contexte (Tessmer et Wedman, 1995), il ne s'agit pas d'un modèle procédural spécifique de design pédagogique, mais plutôt d'une sorte de méta-modèle s'alimentant aux méthodes existantes. Pour Baaki (2018), il s'agit d'une manière de repenser le design pédagogique pour qu'il s'accorde avec la pratique réelle des équipes de conception pédagogique. Cette pratique fait l'objet d'un nombre grandissant de recherches depuis quelques années (Basque *et al.*, 2014; Sugar, 2014), dont les résultats contribuent à l'évolution des idées sur la nature du processus de design pédagogique. Ces recherches montrent notamment que le processus de prise de décision des équipes de conception est fortement influencé par des facteurs contextuels uniques à chaque situation.

Dans la deuxième orientation, les équipes de recherche incluent dans leurs méthodes des recommandations pour les adapter au contexte des projets. Par exemple, Paquette (2002a) énonce des principes d'adaptation pouvant s'appliquer à la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA)[9]. L'auteur reconnaît que les trente-cinq activités (regroupées en phases et en axes) que compte la MISA n'ont pas à être toutes réalisées et qu'il n'est pas nécessaire d'en arriver au même niveau de détail; tout dépend de la nature des projets. Les principes d'adaptation visent à permettre à l'équipe de conception « de se définir un cheminement personnalisé dans les activités de la méthode selon la nature du projet » (Paquette, 2002a, p. 128). L'adaptation consiste à sélectionner, d'une part, les tâches pertinentes à la nature du projet et, d'autre part, le niveau de détail souhaité dans la réalisation de ces tâches.

Une troisième orientation consiste à développer des méthodes spécialisées en fonction d'un aspect spécifique du contexte des projets, comme le milieu auquel est dédiée la formation à concevoir (entreprise, milieu scolaire, milieu universitaire, etc.), le profil des personnes apprenantes visées (par exemple, des adultes), le domaine de connaissances concerné (domaine technique, domaine médical, etc.), les types de modalités de formation (à distance, en ligne, hybride, etc.), les types d'environnements d'apprentissage (multimédias éducatifs, cours en ligne,

9 Voir le chapitre 4 pour une description détaillée de cette méthode.

simulations éducatives, environnements d'apprentissage « ludifiés », jeux sérieux, communautés d'apprentissage en ligne, CLOM[10], apprentissage mobile, etc.). Cette tendance à la spécialisation des méthodes se remarque particulièrement depuis l'introduction des technologies numériques dans le champ éducatif, qui a conduit à l'émergence de nouvelles modalités de formation, à la multiplication des types d'applications pédagogiques pouvant être faites de ces technologies et à la variété des environnements d'apprentissage pouvant être dorénavant imaginés grâce au numérique. Un survol de quelques-unes de ces méthodes spécialisées permet de constater que plusieurs reprennent essentiellement le processus général du modèle ADDIE, mais qu'ils le particularisent quant aux sous-tâches en adaptant leur description à la terminologie, au cadre pédagogique et organisationnel du contexte concerné de même qu'aux spécificités médiatiques, interactives et techniques de l'environnement d'apprentissage à concevoir.

Certaines méthodes spécialisées se distancient toutefois du modèle ADDIE. C'est le cas de la méthode de design pédagogique fondée sur le *design thinking* (voir section 6 du présent chapitre) développée par l'équipe de la firme IDEO spécifiquement pour le personnel enseignant des milieux scolaires (Diefenthaler et al., 2017; IDEO, 2012). La MISA, mentionnée précédemment, en est un autre exemple. Cette méthode, dédiée à l'ingénierie des environnements d'apprentissage en réseaux (Paquette, 2002a), a pour fondements tant ceux du design pédagogique que ceux de l'ingénierie des systèmes d'information et de l'ingénierie des connaissances. En plus d'y trouver des principes d'adaptation, la structure flexible de cette méthode permet de l'adapter au projet à réaliser. En effet, elle offre à l'équipe de conception la possibilité de choisir parmi les trente-cinq « éléments de documentation » (ED)[11] ceux qu'elle jugera pertinent d'élaborer et d'inclure dans le devis du système d'apprentissage selon le contexte du projet. En outre, l'équipe de conception peut regrouper les ED par phases (définition, analyse préliminaire, architecture, devis détaillé, validation, plan de diffusion), par axes (axe des connaissances, axe pédagogique, axe médiatique et axe logistique) ou selon d'autres critères, tels que les rôles des différents acteurs du projet (gestion du projet, médiatisation, création de contenu, diffusion, etc.). Une autre particularité de cette méthode qui la distingue du modèle ADDIE est que l'équipe de conception est invitée à réaliser une démarche d'ingénierie des connaissances relative à chaque axe (ou composante) du système d'apprentissage à développer, et ce, au moyen d'une technique graphique de modélisation des connaissances,

10 CLOM est l'acronyme de « cours en ligne ouverts aux masses » ou « cours en ligne ouverts massivement » (Office québécois de la langue française [OQLF], 2020). En anglais, on parle de MOOC (*massive open online course*s).

11 Voir la figure 4.2 au chapitre 4 pour plus de détails.

dite « modélisation par objets typés » (MOT) (Paquette, 2002b). Cette technique permet de représenter le modèle des connaissances et des compétences visées ainsi que le modèle de la structure pédagogique, le modèle médiatique et le modèle de diffusion (ou logistique) du système d'apprentissage.

La question de l'adaptation des méthodes d'ingénierie pédagogique au contexte des projets constitue une préoccupation majeure et actuelle non seulement en recherche, mais également dans la pratique du domaine, comme le montrent les résultats d'une étude récente[12], qui proposent notamment que les méthodes devraient aussi être adaptées aux concepteurs et aux conceptrices selon leur degré d'expérience du design pédagogique.

9 L'approche du design par objets d'apprentissage

Au cours des années 2000, le paradigme « orienté objet » (OO) en programmation informatique, qui favorise la création de composantes (appelées « objets ») pouvant être réutilisées dans de multiples contextes, s'est invité dans le domaine du e-learning et a pris rapidement une place prépondérante dans ce champ scientifique à l'échelle internationale.

L'idée à la base de ce mouvement est qu'un environnement d'apprentissage peut être vu comme un agrégat de ressources ou de matériels de formation. Le but visé est de permettre le partage et la réutilisation d'« objets d'apprentissage » (OA), définis de manière assez large comme des ressources numériques de différentes granularités et pouvant être réutilisées pour soutenir l'apprentissage (Wiley, 2002), comme des textes, des images, des documents multimédias, des animations, des simulations, des cours en ligne, etc. Des distinctions entre différentes familles d'OA ont été proposées, notamment selon qu'ils ne contiennent que des données (par exemple, un son) ou un contenu (par exemple, un poème), ou qu'ils ont une intention pédagogique explicite (par exemple, une leçon en ligne). La notion d'OA se limitait d'abord aux objets destinés à un usage par les personnes apprenantes seulement, mais elle a évolué vers les « ressources d'enseignement et d'apprentissage » (REA) de manière à inclure des objets pouvant être utilisés par d'autres personnes (enseignants, enseignantes, personnes tutrices, etc.) intervenant dans les environnements numériques d'apprentissage (ENA).

Des avancées importantes ont été réalisées en recherche au cours des deux

12 Voir le chapitre 5 qui rapporte les principaux résultats de cette étude.

dernières décennies pour développer les modalités et les technologies permettant le partage et la réutilisation de REA développées par une variété d'acteurs (personnel enseignant, équipes de conception pédagogique, spécialistes de contenu et personnes apprenantes) où qu'ils se trouvent. Pour ce faire, les REA sont indexées au moyen de métadonnées et sont accessibles dans des dépôts (banques, répertoires ou viviers). Elles sont indexées conformément aux spécifications des organismes responsables à l'échelle internationale de définir des normes en cette matière. Les REA qui peuvent ainsi être réutilisées en accès libre sont appelées « ressources éducatives libres » (REL); elles s'inscrivent dans une perspective d'éducation ouverte.

Plusieurs chercheurs et chercheuses ont rapidement souligné que la conception de formations avec des OA ne se résume pas à simplement les juxtaposer et qu'elle nécessite une nouvelle démarche d'ingénierie pédagogique (Baron et Paquette, 2007; Devedzic, 2006; Mohan *et al.*, 2003; Paquette, 2004; Wiley, 2002). Or, il semble qu'à ce jour les quelques travaux ayant mené au développement de méthodes ont surtout porté sur le design de REA et moins sur le design d'ENA *basés sur des* REA. En outre, l'appel au renouvellement du processus de design pédagogique se résume, dans certains cas, à une adaptation plus ou moins mineure du modèle ADDIE (Harvey, 2005). Toutefois, dans d'autres cas, on ajoute à cette adaptation le prototypage rapide ou on fait appel à l'approche agile.

Parmi les méthodes de design de REA développées à ce jour, on peut citer, par exemple, le *Learning Object Design Model* proposé par Farrell et Carr (2007), qui combine les attributs de la version du modèle ADDIE proposée par Gagné *et al.* (2005), la théorie de design pédagogique proposée par Jonassen (1999) pour le développement d'environnements d'apprentissage dits constructivistes de même que la méthode de design d'hypermédias proposée par McManus (1996, cité dans Farrell et Carr, 2007) ainsi que le prototypage rapide.

Pour leur part, Arimoto *et al.* (2016) présentent leur méthode pour le développement de REL comme relevant à la fois de l'approche agile, comme l'indique son titre AM-OER (*agile method for open educational resources*), et du *learning design*[13]. Cette méthode préconise également une approche collaborative entre les acteurs du projet, incluant des personnes apprenantes, et reconnaît le caractère

13 Le *learning design* fait référence au domaine s'intéressant à la représentation des scénarios pédagogiques. Une branche de ce domaine vise à les représenter dans un langage qui permet de les rendre exécutables sur différentes plateformes de diffusion d'ENA, de manière interopérable, alors qu'une autre branche vise à les représenter dans un langage qui traduit explicitement les pratiques enseignantes afin de favoriser leur partage entre les personnes enseignantes ainsi que la collaboration de ces dernières. Voir le chapitre 1 pour plus de détails.

flexible qu'elle doit avoir, car les OA peuvent être fréquemment modifiés et leurs objectifs révisés en cours de processus. La figure 2.7 en illustre les principales phases et le flux itératif entre elles; la figure 2.8 montre les trois phases du cycle de vie des OA (démarrage, développement et partage).

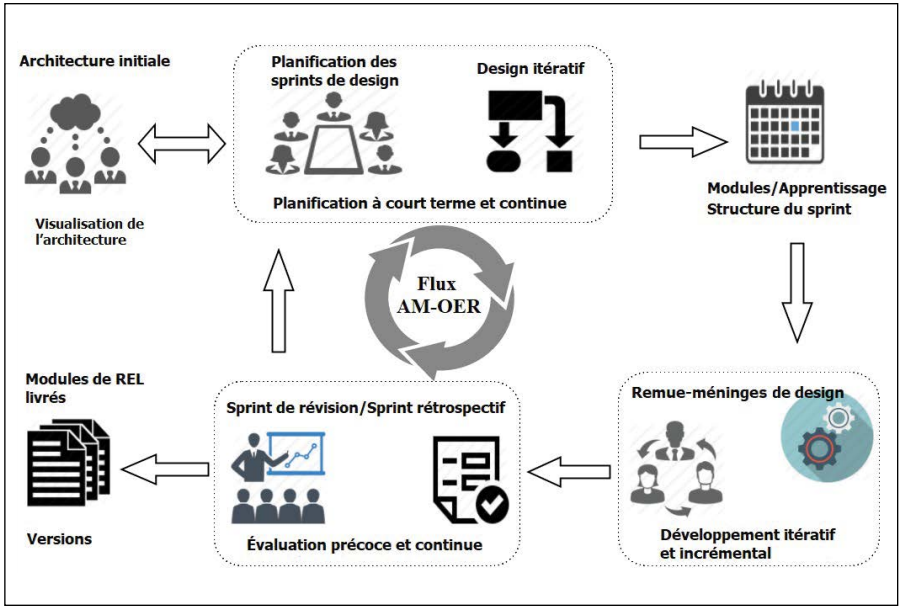


FIGURE 2.7 **Représentation schématique de la méthode AM-OER (tiré de Arimoto et al., 2016, p. 208) [traduction libre]**

Un autre exemple de méthode de design de REA, l'AIMED (*Agile, Integrative and open Method for open Educational resources Development*), pour le développement d'OA de type jeux sérieux et simulations éducatives (Rocha *et al.*, 2017), adopte une approche holistique et multidisciplinaire qui intègre des pratiques et des principes issus de plusieurs domaines, à savoir la modélisation de simulations, le design de jeux et de jeux sérieux, le design pédagogique, l'approche agile, les pratiques de gestion de projets et le domaine du contenu. Cette méthode intègre également la méthode DevJSTA développée par Rocha (2014, cité dans Rocha *et al.*, 2017) pour la création de jeux sérieux et la méthode AM-OER de Arimoto *et al.* (2016) décrite plus haut. Comme cette dernière, elle se présente comme une approche agile d'ingénierie logicielle (figure 2.9).

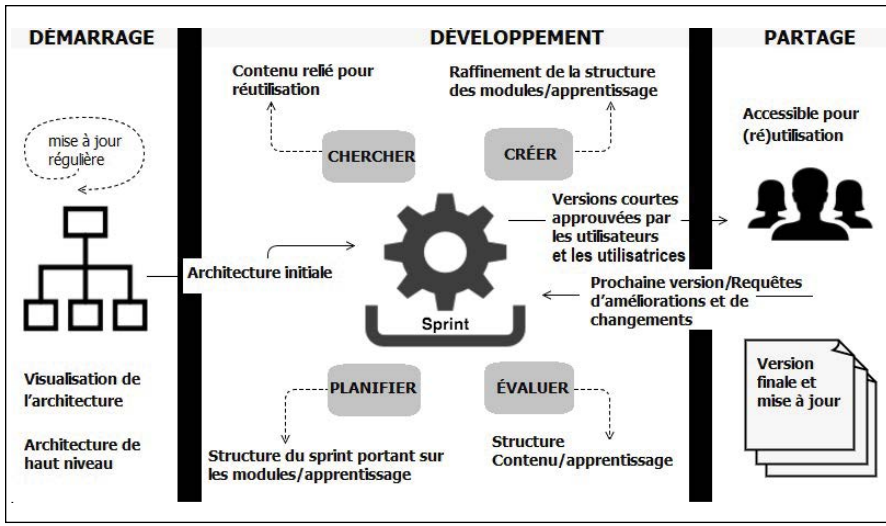


FIGURE 2.8 **Représentation schématique du cycle de vie des OA dans la méthode AM-OER (tiré de Arimoto *et al.*, 2016, p. 213) [traduction libre]**

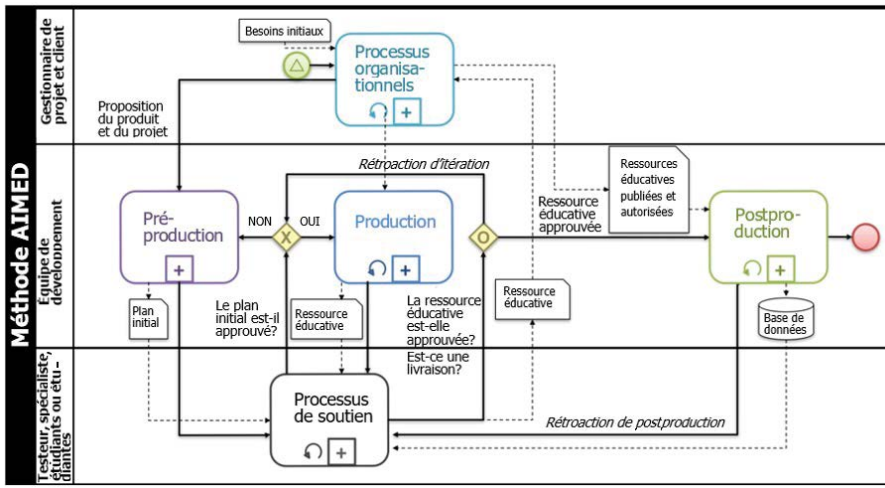


FIGURE 2.9 **Représentation schématique de la méthode AIMED (tiré de Rocha et al., 2017, p. 165) [traduction libre]**

Pour l'élaboration d'une autre méthode de développement d'OA se voulant innovante, appelée LODPRO (*learning object development process*) (figure 2.10),

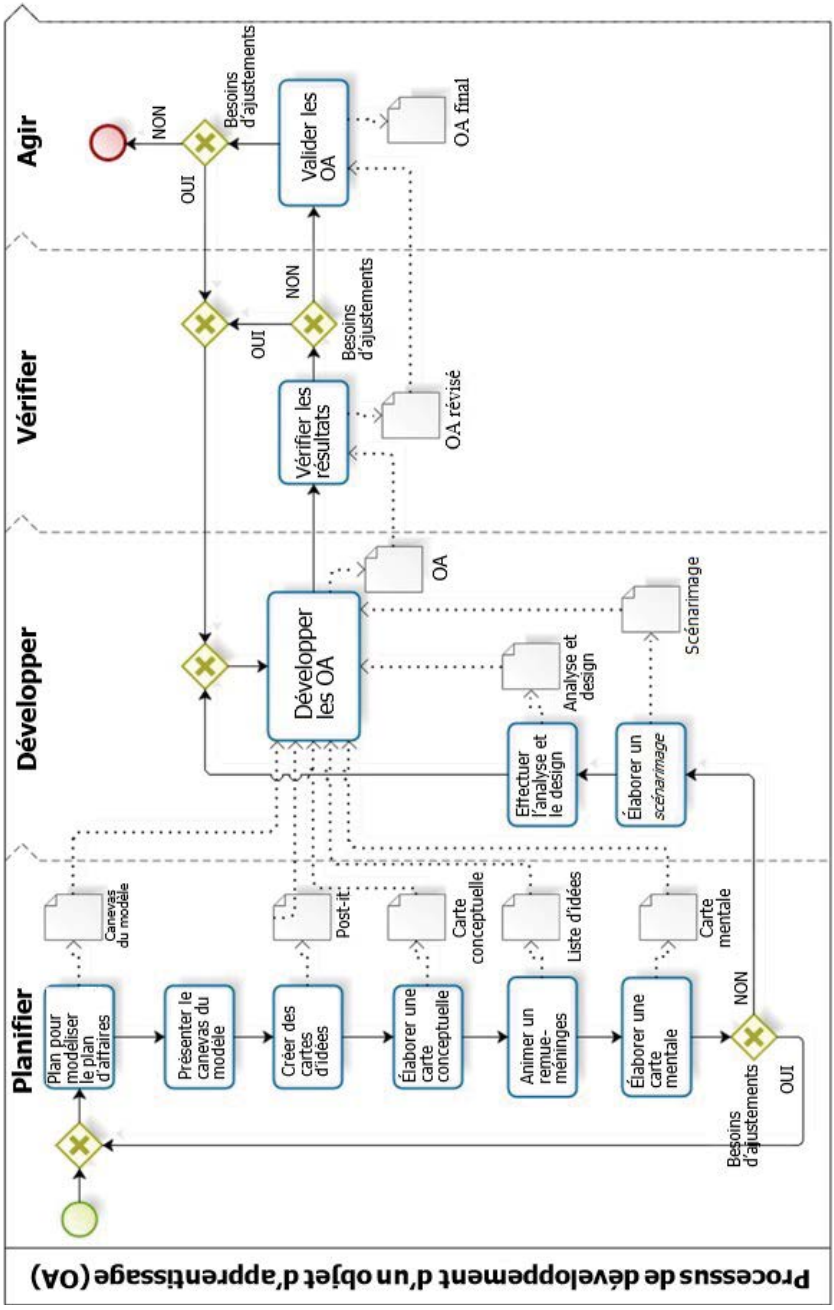


FIGURE 2.10 **Représentation schématique de la méthode LODPRO (Queiros et al., 2016, p. 5) [traduction libre]**

Queiros *et al.* (2016) ne retiennent pas le modèle ADDIE. Celle-ci s'appuie sur l'approche du *design thinking*, sur la méthode SCRUM en ingénierie logicielle, sur la technique du cycle PDCA (*plan-do-check-act*) en gestion de la qualité totale ainsi que sur des approches innovantes de gestion, à savoir l'approche BMG (*business model generation*) et l'approche BPM (*business process management*).

Pour ce qui est des publications scientifiques portant sur le design d'ENA avec des OA (ou des REA), plusieurs suggèrent des principes pour orienter la démarche, mais rares sont celles qui proposent une méthodologie de design/ingénierie pédagogique en couvrant le cycle de vie complet des ENA. Parmi ces dernières, on peut citer la méthode ISDMeLO développée par Baruque et Melo (2004) qui s'appuie sur le cadre général du modèle ADDIE en y détaillant quelques adaptations quant aux tâches à réaliser à chaque phase. Ainsi, la phase d'analyse comporte une recherche d'OA susceptibles de contribuer à combler les besoins d'apprentissage. La phase de conception inclut les tâches suivantes : 1) identifier la structure des OA retenus, à adapter ou à concevoir; 2) élaborer la séquence où ces OA pourront être intégrés dans le scénario pédagogique; 3) catégoriser les OA selon le niveau et le type de connaissances visées; 4) établir leurs spécifications (objectifs, contenu, média, approche pédagogique, etc.); 5) modéliser le profil de l'apprenant ou de l'apprenante; 6) concevoir le design de l'interface; 7) développer un prototype; 8) l'évaluer. À la phase de développement, les OA sont produits et emmagasinés dans un répertoire. À la phase d'implantation, on élabore une stratégie pour intégrer les OA dans une plateforme de gestion de l'apprentissage (*learning management system* [LMS]) ou une page Web.

Pour sa part, Paquette (2004) estime que l'ingénierie pédagogique à base d'objets peut s'intégrer facilement et avantageusement dans la MISA, compte tenu notamment de son ancrage en ingénierie des connaissances. Premièrement, la recherche et l'inventaire des OA disponibles contribuent à l'activité de structuration des connaissances et des compétences visées; plutôt que de les définir dans l'absolu, on peut les établir au regard des ressources disponibles permettant de les atteindre. Deuxièmement, les OA peuvent être intégrés (tels quels ou dans une version adaptée) à des scénarios pédagogiques ou à des gabarits de scénarios, lesquels peuvent être eux-mêmes réutilisés et adaptés. Troisièmement, en réutilisant des OA, le temps passé à produire de nouveaux matériels diminue et l'attention est alors portée davantage sur la scénarisation pédagogique. Enfin, cette nouvelle approche tend à insérer le travail d'ingénierie pédagogique dans l'usage d'outils logiciels permettant de repérer des OA, de les assembler, de les référencer et de les mettre à la disposition des personnes apprenantes pendant leur formation. Toujours selon Paquette (2004, p. 50), les avantages de cette approche sont multiples : « Elle est économique, souple et surtout, elle déplace l'accent vers la réflexion pédagogique. »

Conclusion

Il y a 40 ans, Andrews et Goodson (1980) expliquaient le phénomène de la multiplication des méthodes de design pédagogique par trois facteurs : 1) le syndrome du « pas inventé ici » menant à développer des méthodes sans s'informer au préalable des méthodes déjà existantes ou à résister à l'utilisation d'innovations proposées par d'autres; 2) le scepticisme envers des méthodes existantes encore peu validées et dont la documentation s'avérait souvent incomplète; 3) le rejet des théories de l'apprentissage sur lesquelles s'appuyaient les méthodes proposées. Il faut rappeler qu'à l'époque les méthodes s'inscrivaient dans un paradigme théorique commun, à savoir celui de la théorie des systèmes, de sorte qu'on ne trouvait pas beaucoup de variété dans les démarches proposées.

Le survol présenté dans ce chapitre a rendu compte de différentes approches adoptées pour améliorer et renouveler les méthodes d'ingénierie/design pédagogique depuis les années 1980. Il laisse voir que les trois facteurs que nous venons de mentionner ne sont plus les principaux moteurs qui contribuent à l'émergence de nouvelles méthodes. Les facteurs suivants les ont remplacés :

- l'essor des technologies numériques, qui a ouvert le champ : 1) à la création d'une diversité de nouveaux types d'environnements d'apprentissage nécessitant de nouvelles démarches de design qui impliquent l'intégration de nouveaux acteurs; 2) à une reconsidération de la pédagogie et des modes d'apprentissage qui peuvent s'inscrire dans ces nouveaux environnements d'apprentissage; 3) à un rapprochement entre les travaux réalisés en technologie éducative et ceux qui sont menés en génie logiciel et en ingénierie des connaissances;
- l'inscription du domaine du design pédagogique dans les « sciences du design »;
- la naissance de la discipline des « sciences de l'apprentissage »;
- les travaux qui ont permis de distinguer et d'élaborer les différents types de théories en design pédagogique;
- les résultats des recherches menées auprès de praticiens et de praticiennes du design pédagogique afin de mieux circonscrire leurs processus de décision, leurs besoins et les problématiques qu'ils éprouvent au cours de la réalisation de projets d'ingénierie pédagogique.

Cet amalgame de facteurs et les nouvelles idées qui en émergent ont conduit à des recherches issues d'une plus grande diversité de disciplines qu'antérieurement (par exemple, ingénierie des connaissances, génie logiciel, informatique cognitive, sciences du design, etc.) (Boling et Smith, 2018) et qui ont débouché, comme on l'a vu, sur des méthodes se distanciant en partie ou de manière plus marquée du modèle ADDIE.

S'agit-il d'une évolution ou d'une révolution du domaine? Nous pensons que les deux phénomènes cohabitent.

D'une part, on peut considérer qu'il y a évolution dans les méthodes, si l'on prend en compte que plusieurs d'entre elles, sans trop changer la nature de leurs processus et des bases théoriques sur lesquelles elles s'appuient, permettent de réduire le temps requis pour développer les environnements d'apprentissage en utilisant des approches agiles et de prototypage rapide de même que des possibilités de partage et de réutilisation de ressources d'enseignement et d'apprentissage, dont des ressources éducatives libres.

D'autre part, si l'on prend pour caractéristique principale d'une révolution l'idée qu'elle implique un changement paradigmatique majeur, on peut affirmer que nous sommes certainement dans une période de révolution, car la reconnaissance du design pédagogique en tant que science du design implique un changement paradigmatique dans les bases théoriques du design pédagogique. Cette révolution conduit à des propositions méthodologiques nouvelles qui s'appuient davantage, dans la démarche d'ingénierie pédagogique, sur la créativité, la collaboration, l'intuition, l'empathie, la participation active de la personne apprenante et la considération de l'architecture des environnements d'apprentissage à concevoir plutôt que sur la dimension systémique et systématique du processus.

Cela dit, cette révolution ne fait que commencer. Elle est encore peu abordée dans la formation des concepteurs et des conceptrices pédagogiques et est encore peu présente dans les pratiques. On peut toutefois s'attendre à ce qu'elle les marque davantage dans les années à venir.

Références

Adnan, N. H. et Ritzhaupt, A. D. (2018). Software engineering design principles applied to instructional design: What can we learn from our sister discipline? *TechTrends*, *62*, 77-94.

Allen, M. et Sites, R. (2012). *Leaving ADDIE for SAM: An agile model for developing the best learning experiences.* ASTD (American Society for Training & Development).

Andrews, D. et Goodson, L. (1980). A comparative analysis of models of instructional design. *Journal of Instructional Development*, *3*(4), 2-16.

Arimoto, M. M., Barroca, L. et Barbosa, E. (2016). AM-OER: An agile method for the development of open educational resources. *Informatics in Education*, *15*(2), 205-233.

Baaki, J. (2018). Tessmer and Wedman: Ahead of their time. *Journal of Applied Instructional Design*, *7*(2), 17-20.

Baek, E.-O., Cagiltay, K., Boling, E. et Frick, T. (2007). User-centered design and development. Dans M. Spector, D. Merrill et J. J. G. Van Merriënboer (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 659-670). Erlbaum.

Baek, J.-S. et Lee, K.-P. (2008). A participatory design approach to information architecture design for children. *CoDesign*, *3*, 173-191.

Banathy, B. (1968). *Instructional systems*. Fearon Publishers.

Baron, M. et Paquette, G. (2007). Technologies, Web sémantique et éducation : quelques défis et tendances. Dans M. Baron, D. Guin et L. Trouche (dir.), *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage* (p. 315-341). Hermès/Lavoisier.

Barson, J. (1967). *Instructional systems development: A demonstration and evaluation project*. U. S. Office of Education, Title II-B project E 3-16-025. Michigan State University.

Baruque, L. B. et Melo, R. N. (2004). Learning theory and instructional design using learning objects. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, *13*(4), 343-370.

Basque, J. (2017, mai). *Quelques critiques adressées aux méthodes classiques de design pédagogique et implications pour une nouvelle ingénierie pédagogique* [communication]. Colloque Vers une nouvelle ingénierie pédagogique pour les environnements numériques d'apprentissage (ENA), Congrès de l'ACFAS 2017, Montréal, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1719/

Basque, J., Zakorovotnaya, M. et Bourcier, N. (2014). *Où en est la recherche menée auprès des concepteurs pédagogiques?* [communication]. Colloque 2014 de la CIRT@, Sherbrooke, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1718/

Battou, A. (2007). Designing an adaptive learning system based on a balanced combination of agile learner design and learner centered approach. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASR-JETS), 37*(1), 178-186.

Battou, A., Baz, O. et Mammass, D. (2017). Toward a framework for designing adaptive educational hypermedia system based on agile learning design approach. Dans A. Rocha, M. Serrhini et C. Felgueiras (dir.), *Europe and MENA cooperation advances in information and communication technologies* (p. 113-123). Springer.

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W. et al. (2001). *Manifeste pour le développement Agile de logiciels*. Site du Manifeste. Récupéré le 21 avril 2021 de http://agilemanifesto.org/iso/fr/manifesto.html

Boling, E., Easterling, W. V., Hardré, P. L., Howard, C. D. et Roman, T. A. (2011). ADDIE: perspectives in transition. *Educational Technology*, *51*(5), 34-38.

Boling, E. et Gray, C. M. (2014). Design: The topic that should not be closed. *TechTrends*, *58*(6).

Boling, E. et Smith, K. M. (2011). The changing nature of design. Dans R.V. Reiser et J. V. Dempsey (dir.), *Trends and issues in instructional design and technology* (4e éd., p. 358-366). Pearson.

Boling, E. et Smith, K. M. (2018). Changing conceptions of design. Dans R. A. Reiser et J. V. Dempsey (dir.), *Trends and issues in instructional design and technology* (p. 323-330). Pearson.

Bonner, J. (1988). Implications of cognitive theory for instructional design-revisited. *Educational Communications and Technology Journal, 36*(1), 3-14.

Botturi, L., Cantoni, L., Lepori, B. et Tardini, S. (2006). Fast prototyping as a communication catalyst for e-learning design. Dans M. Bullen et D. Janes (dir.), *Making the transition to e-learning: Strategies and issues* (p. 266-283). Idea Group.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.

Brooks, F. P. jr. (2010). *Design of design: Essays from a computer scientist*. Addison-Wesley.

Brown, A. H. et Green, T. D. (2018). Beyond teaching instructional design models: Exploring the design process to advance professional development and expertise. *Journal of Computing in Higher Education*, *30*, 176-186.

Brown, A. H. et Green, T. D. (2019). *The essentials of instructional design: Connecting fundamental principles with process and practice* (4e éd.). Routledge.

Brown, T. (s.d.). *Design thinking defined*. IDEO Design thinking. Récupéré le 21 avril 2021 de https://designthinking.ideo.com/

Brown, T. (2008). Design thinking. Harvard Business Review, *86*(6), 84-92.

Buchanan, R., Cross, N., Durling, D., Nelson, H. G., Owen, C., Valtonen, A., Boling, E., Gibbons, A. S. et Visscher-Voerman, I. (2013). Design. *Educational Technology, 53*(5), 25-42.

Budoya, C. M., Kissake, M. et Mtebe, J. S. (2019). Instructional design enabled agile method using ADDIE model and feature driven development process. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology, 15*(1), 35-54.

Campbell, K., Schwier, R. A. et Kenny, R. F. (2006). Conversation as inquiry: A conversation with instructional designers. *Journal of Learning Design, 1*(3), 1-18.

Carr-Chelman, A. A. (2006). *User-design*. Erlbaum.

Carr-Chellman, A. A. et Savoy, M. (2004). User-design research. Dans D. H. Jonassen (dir.), *Handbook of research for education, communications, and technology* (2e éd., p. 701-716). Erlbaum.

Cennamo, K. (2009). Design as knowledge construction: Constructing knowledge of design. Dans J. W. Willis (dir.), *Constructivist instructional design (C-ID): Foundations, models, and examples* (p. 357-378). Information Age Publishing (IAP).

Christensen, T. K. et Osguthorpe, R. T. (2004). How do instructional design practitioners make instructional strategy decisions? *Performance Improvement Quarterly, 17*(3), 45-65. doi: 10.1111/j.1937-8327.2004.tb00313.x

Clinton, G. et Hokanson, B. (2012). Creativity in the training and practice of instructional designers: The design/creativity loops model. *Educational Technology Research and Development, 60*(1), 111-130. doi: 10.1007/s11423-011-9216-3

Cooper, P. A. (1993). Paradigm shifts in designed instruction: From behaviorism to cognitivism to constructivism. *Educational Technology, 33*(5), 12-19.

Cooperrider, D. L. et Whitney, D. (1999). *Appreciative inquiry*. Berrett Koehler Communications.

Cross, N. (1990). The nature and nurture of design ability. *Design Studies, 11*, 127-140.

Cross, N. (2000). *Engineering design medhods: Strategies for product design*. John Wiley.

Cross, N. (2001). Design cognition: Results from protocol and other empirical studies of design activity. Dans C. Eastman, M. McCracken et W. Newstatter (dir.), *Design knowing and learning: Cognition in design education* (p. 79-103). Elsevier.

dePaula, R., Fischer, G. et Ostwald, J. (2001). Courses as seeds: Expectations and realities. Dans *Proceedings of the Second European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2001)* (p. 494-501). Center for LifeLong Learning and Design (L3D). Récupéré le 21 avril 2021 de http://l3d.cs.colorado.edu/~gerhard/papers/ecscl2001.pdf

Devedzic, V. (2006). *Semantic Web and education*. Springer-Verlag.

Dewey, J. (1934). *Art as experience*. Minton, Balch et Company.

Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. Holt, Rinehart and Winston.

Di Vesta, F. J. et Rieber, L. P. (1987). Characteristics of cognitive engineering: The next generation of instructional systems. *Educational Communications and Technology Journal, 35*(4), 213-230.

Dick, W., Carey, L. et Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8e éd.). Pearson Education.

Dick, W. et Carey, W. (1978). *The systematic design of instruction* (1re éd.). Scott, Foresman and Company.

Diefenthaler, A., Moorhead, L., Speicher, S., Bear, C. et Cerminaro, D. (2017). Thinking and acting like a designer: How design thinking supports innovation in K-12 education. Wise Quatar Foundation. Récupéré le 21 avril 2021 de https://www.wise-qatar.org/2017-wise-research-design-thinking/

Dörner, D. (1999). Approaching desgn thinking research. *Design Studies*, *20*, 407-415.

Dorsey, L., Goodrum, D. et Schwen, T. (1997). Rapid collaborative prototyping as an instructional development paradigm. Dans C. Dills et A. Romiszowski (dir.), *Instructional development paradigms* (p. 445-465). Educational Technology Publications.

Dorst, K. (2011). The core of «design thinking» and its application. *Design studies*, *32*, 521-532.

Dorst, K. et Cross, D. (2001). *Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution*. MIT Press.

Ertmer, P. A. et Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly, 6*(4), 50-72.

Farrell, K. et Carr, A. E. (2007). A blended model of instructional design for learning objects. Dans A. Koohang et K. Harman (dir.), *Learning objects and instructional design* (p. 359-405). Informing Science Press.

Fila, N. D., McKilligan, S. et Guerin, K. (2018). *Design thinking in engineering course design* [communication]. 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, UT. Site de la conférence. Récupéré le 21 avril 2021 de https://www.asee.org/public/conferences/106/papers/23133/view

Fischer, G. (2009). Democratizing design: New challenges and opportunities for computer-supported collaborative learning. Dans C. O'Malley, D. Suthers, P. Reimann et A. Dimitracopoulou (dir.), *Computer Supported Collaborative Learning Practices: CSCL2009 Conference Proceedings* (p. 282-286). International Society of the Learning Sciences.

Fischer, G. (2011). Beyond interaction: meta-design and cultures of participation. Dans D. Stevenson (dir.), *OzCHI'11: The Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction* (p. 112-121). Association for Computing Machinery (ACM).

Fischer, G. et Ostwald, J. (2002). Seeding, evolutionary growth, and reseeding: Enriching participatory design with informed participation. Dans T. Binder, J. Gregory et I. Wagner (dir.), *Proceedings of the Participatory Design Conference* (PDC'02) (p. 135-143). CPSR.

Gagné, R. M. (1965). *The conditions of learning* (1re éd.). Holt, Rinehart et Winston.

Gagné, R. M. et Briggs, L. J. (1974). *Principles of instructional design* (1re éd.). Holt, Rinehart & Winston.

Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C. et Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5e éd.). Wadsworth/Thomson Learning.

Gamba, T. (2017). D'où vient la «pensée design»? I2D – *Information, données et documents, 54*(1), 30-32.

Gibbons, A. S. (2003a). The practice of instructional technology: Science and technology. *Educational Technology, 43*(5), 11-16.

Gibbons, A. S. (2003b). What and how do designers design? A theory of design structure. *TechTrends, 47*(5), 22-27.

Gibbons, A. S. (2014). *An architectural approach to instructional design*. Routledge.

Gibbons, A .S. et Yanchar, S. C. (2010). An alternative view of instructional design process: A response to Smith and Boling. *Educational Technology, 50*(4), 16.

Glasersfeld, E. V. (1989). Constructivism in education. Dans T. Husen et T. N. Postlethwaite (dir.), *The international encyclopedia of education: Supplement vol. 1* (p. 162-163). Pergamon Press.

Gordon, J. et Zemke, R. (2000). The attack on ISD. *Training, 37*(4), 42-53.

Gottfredson, C. (dir.). (2013). *AGILE instructional design: Faster, leaner and more effective @ the speed of change*. Learning Guild. https://www.learningguild.com/showfile.cfm?id=5084

Gottfredson, C. (2014, 24 février). Embrace the benefits of safe failure. *Learning Solutions Magazine*. https://learningsolutionsmag.com/articles/1355/embrace-the-benefits-of-safe-failure

Hamerus, D. (1968). *The systems approach to instructional development: The contribution of behavioral science to instructional technology*. Oregon State System of Higher Education, Teaching Research Division.

Harvey, B. (2005). Learning objects and instructional design. *International Review of Research in Open & Distance Learning, 6*(2). doi: doi.org/10.19173/irrodl.v6i2.227

Highsmith, J. (2004). *Agile project management: Creating innovative product*. Addison-Wesley.

Honebein, P. C. (1996). Seven goals for the design of constructivist learning environments. Dans B. G. Wilson (dir.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design* (p. 11-24). Educational Technology Publications.

IDEO. (2012). *Design thinking for educators* (2e éd.). IDEO. https://www.ideo.com/post/design-thinking-for-educators

Johnson, S. D et Thomas, R. G. (1994). Implications of cognitive science for instructional design in technology education. *Journal of Technologies Studies, 20*(1), 33-45.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design and models. A new paradigm for instructional theory*. Erlbaum.

Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development, 48*(4), 63-85.

Jonassen, D. H. (2008). Instructional design as design problem solving: An iterative process. *Educational Technology 48*(3), 21-26.

Jones, M. K., Li, Z. et Merrill, M. D. (1992). Rapid prototyping in automated instructional design. *Educational Technology Research and Development, 40*(4), 95-100.

Jones, T. et Richey, R. (2000). Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. *Educational Technology Research and Development, 48*(2), 63-80. doi: 10.1007/bf02313401

JORF. (2019). Vocabulaire de l'éducation et de l'enseignement supérieur (liste de termes, expressions et définitions adoptés). *Journal officiel de la République française, 0157*(texte n° 98).

Kemp, J. E. (1971). *Instructional design: A plan for unit and course development.* Fearon.

Kessels, J. W. M. (1999). A relational approach to instructional design. Dans J. Van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen et T. Plomp (dir.), *Design approaches and tools in education and training* (p. 59-70). Kluwer Academic Publishers.

Larman, G. (2003). *Agile and iterative development: A manager's guide*. Addisson-Wesley.

Lawson, B. (1979). Cognitive strategies in architectural design. *Ergonomics, 22*(1), 59-68.

Lawson, B. et Dorst, K. (2009). *Design expertise*. Architectural Press.

Lebow, D. (1993). Constructivist values for instructional systems design: Five principles toward a new mindset. *Educational Technology Research and Development, 41*(3), 4-16.

Lowyck, J. et Elen, J. (1993). Transitions in the theoretical foundation of instructional design. Dans T. M. Duffy, J. Lowick, D. H. Jonassen et T. M. Welch (dir.), *Designing environments for constructive learning* (p. 213-229). Springer-Verlag.

Martin, R. L. (2009). *The design of business: Why design thinking is the next competitive advantage*. Harvard Business Press.

Masson, P. et Udas, K. (2009). An agile approach to managing open educational resources. *On the Horizon, 17*(3), 256-266.

Merrill, M. D. (1983). Component display theory. Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (p. 279-333). Erlbaum.

Merrill, M. D. (1997). Instructional transaction theory: An instructional design model based on knowledge objects. Dans R. D. Tennyson, F. Schott, N. Seels et S. Dijkstra (dir.), *Instructional design, international perspectives* (p. 381-394). Erlbaum.

Merrill, M. D., Jones, M. K. et Li, Z. (1992). Instructional transaction theory: Classes of transaction. *Educational Technology, 32*(6), 12-26.

Merrill, M. D., Li, Z. et Jones, M. K. (1990). Limitations of first generation instructional design. *Educational Technology, 30*(1), 7-11.

Minuto, B. (2005). Enabling stakeholders in user-centered design. Dans B. Hoffman (dir.), *Encyclopedia of educational technology.*

Mohan, P., Greer, J. et McCalla, G. (2003). *Instructional planning with learning objects* [communication]. Workshop on Knowledge Representation and Automated Reasoning for E-Learning Systems, Acapulco, Mexico.

Molenda, M. (2010). Origins and evolution of instructional systems design. Dans K. H. Silber et W. R. Foshay (dir.), *Handbook of improving performance in the workplace. Volume 1: Instructional design and training delivery* (p. 53-92). Pfeiffer.

Moonen, J. (1996). Prototyping as a design method. Dans T. Plomp et D. P. Ely (dir.), *International encyclopedia of educational technology* (p. 186-190). Pergamon.

Moonen, J. (1999). The design and prototyping of digital learning material: Some new perspectives. Dans J. Van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen et T. Plomp (dir.), *Design approaches and tools in education and training* (p. 95-112). Kluwer Academic Publishers.

Nelson, H. G. et Stolterman, E. (2003). Design judgment: Decision-making in the «real» world. *The Design Journal, 6*(1), 23-31.

Nelson, H. G. et Stolterman, E. (2012). *The design way: Intentional change in an unpredictable world*. MIT Press.

Nelson, W. A. et Orey, M. A. (1991). *Reconceptualizing the instructional process: Lessons learned from cognitive science* [communication]. Annual meeting of AERA, Chicago, IL. ERIC. Récupéré le 21 avril 2021 de https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED334268.pdf

Northrup, P. T. (1995). Concurrent formative evaluation: Guidelines and implications for multimedia designers. *Educational Technology*, 35(6), 24-31.

Norum, K. E. (2009). Appreciative instructional design (AID): A new model. Dans J. Willis (dir.), *Constructivist instructional design (C-ID): Foundations, models, and Examples* (p. 423-436). Information Age Publishing.

Office québécois de la langue française. (2020). Cours en ligne ouvert à tous. Dans *Le grand dictionnaire terminologique*. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26527143

Office québécois de la langue française. (2021). Conception créative. Dans *Le grand dictionnaire terminologique.* http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26543715

Osguthorpe, R. T. et Osguthorpe, R. D. (2007). Instructional design as a living practice: Toward a conscience of craft. *Educational Technology, 47*(4), 13-23.

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3), 45-55. HAL archives-ouvertes. Récupéré le 21 avril 2021 de https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001374/document

Parrish, P. (2006). Design as storytelling. *TechTrends, 5*(4), 72-82.

Parrish, P. (2014). Designing for the half-known world: Lessons for instructional designers from the craft of narrative fiction. Dans B. Hokanson et A. S. Gibbons (dir.), *Design in educational technology : Design thinking, design process, and the design studio* (p. 261-270). Springer.

Parrish, P. E. (2004). *Investigating the aesthetic decisions of teachers and instructional designers* [communication]. Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), San Diego, CA.

Parrish, P. E. (2016). Instructional design as design. Dans A. Carr-Chellman et G. Rowland (dir.), *Issues in technology, learning, and instructional design: Classic and contemporary dialogues* (vol. 1-7). Routledge.

Perkins, D. N. (1991). Technology meets constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology, 31*(5), 18-23.

Piskurich, G. M. (2015). *Rapid instructional design: Learning ID fast and right* (3e éd.). Pfeiffer.

Queiros, L. M., da Silveira, D. S., da Silva Correia-Neto, J. et Vilar, G. (2016). LODPRO: Learning objects development process. *Journal of Brazilian Computer Society, 22*(3), 1-9.

Rathbun, G. A., Saito, R. S. et Goodrum, D. A. (1997). Reconceiving ISD: Three perspectives on rapid prototyping as a paradigm shift. Dans O. Abel, N. J. Maushak, K. E. Wright (dir.), *Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 1997 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology* (p. 291-296). AECT. ERIC. Récupéré le 21 avril 2021 de https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED409862.pdf

Reigeluth, C. M. (1999). What is instructional-design theory and how is it changing? Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (vol. II, p. 5-29). Erlbaum.

Reigeluth, C. M. et Stein, F. S. (1983). The elaboration theory of instruction. Dans C. M. Reigeluth (dir.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (p. 335-381). Erlbaum.

Richey, R. C., Klein, J. D. et Tracey, M. W. (2011). *The instructional design knowledge base: Theory, research, and practice*. Routledge.

Ries, E. (2001). *The lean sartup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Publishing Group.

Rittel, H. et Webber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences, 4*(2), 155-169.

Roberts, S. M., Conn, C., Lohr, L., Hunt, E. et Duffy, A. (2003). Not another ID model. *Tech Trends, 47*(4), 15-20.

Rocha, R. V., Valle, P. H. D., Maldonado, J. C., Bittencourt, I. I. et Isotani, S. (2017). AIMED: Agile, integrative and open method for open educational resources development. Dans M. Chang, N. S. Chen, R. Huang, Kinshuk, D. G. Sampson et R. Vasiu (dir.), *The 17th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2017), Timisoara, Romania* (p. 163-167). IEEE Computer Society.

Rogers, P. L. et Mack, M. (1996). A constructivist design and learning model: Time for a graphic. Dans M. R. Simonson, M. Hays et S. Hall (dir.). *Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 1996 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology*. AECT. ERIC. Récupéré le 21 avril 2021 de https://eric.ed.gov/?id=ED397831

Roozenburg, N. F. M. (1993). On the pattern of reasoning in innovative design. *Design Studies, 14*(1), 4-18.

Ruark, B. E. (2008). The year 2013: ARDDIE is in, ADDIE is out. T+D. *Better Performance Through Workplace Learning, 62*(7), 44-49.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionnals think in action*. Basic Books.

Schwier, R., Campbell, K. et Kenny, R. (2007). Instructional designers' perceptions of their agency: Tales of change and community. Dans M. Keppell (dir.), *Instructional design case studies in communities of practice* (p. 1-18). Information Science Publishing.

Silber, K. H. (2007). A principle-based model of instructional design: A new way of thinking about and teaching ID. *Educational Technology, 47*(5), 5-19.

Silvern, L. C. (1964). *Designing instructional systems*. Education and Training Consultants.

Simon, H. A. (1981). *Sciences of the artificial* (2e éd.). The MIT Press.

Sims, R. (2009). From three-phase to proactive learning design: Creating effective online teaching and learning environments. Dans J. W. Willis (dir.), Co*nstructivist instructional design (C-ID): Foundations, models, and examples* (p. 379-391). Information Age Publishing (IAP).

Smith, K. et Boling, E. (2009). What do we make of design? Design as a concept in educational technology. *Educational Technology, 49*(4), 3-17.

Smith, P. L. et Ragan, T. J. (1993). *Instructional design*. Macmillan.

Sugar, W. (dir.). (2014). *Studies of ID practices: A review and synthesis of research on ID current practices.* Springer.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction, 4*, 295-312.

Sweller, J. (1999). *Instructional design*. ACER Press.

Tennyson, R. D. (1990). Integrated instructional design theory: Advancements from cognitive science and instructional technology. *Educational Technology, 30*(7), 9-15.

Tessmer, M. (1994). Formative evaluation alternatives. *Performance Improvement Quaterly, 7*(1), 3-18.

Tessmer, M. et Wedman, J. (1995). Context-sensitive instructional design models: A response to design research studies and criticism. *Performance Improvement Quaterly, 8*(3), 38-54.

Tessmer, M. et Wedman, J. F. (1990). A layers-of-necessity instructional development model. *Educational Technology Research and Development, 38*(2), 77-86.

Tessmer, M. et Wedman, J. F. (1992). Decision-making factors and principles for selecting a layer of instructional development activities. *Performance & Instruction, 38*(2), 77-85.

Torrance, M. (2019). *Agile for instructional designers: Iterative project management to achieve results*. Association for Talent Development

Tripp, S. D. et Bichelmeyer, B. (1990). Rapid prototyping: An alternative instructional design strategy. *Educational Technology Research and Development, 38*(1), 31-34.

van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training.* Educational Technology Publications.

Visscher-Voerman, I., Gustafson, K. et Plomp, T. (1999). Educational design and development: An overview of paradigms. Dans J. Van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen et T. Plomp (dir.), *Design approaches and tools in education and training* (p. 15-28). Kluwer Academic Publishers.

Wedman, J. F. et Tessmer, M. (1990). The «layers-of necessity» ID model. *Performance Improvement, 4*(2), 1-7.

Wiley, D. A. (dir.). (2002). *The instructional use of learning objects*. Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.

Willis, J. (1995). A recursive, reflective instructional design model based on constructivist-interpretivist theory. *Educational Technology, 35*(6), 5-23.

Willis, J. (2009a). Basic principles of a recursive, reflective instructional design model: R2D2. Dans J. Willis (dir.), *Constructivist instructional design (C-ID): Foundations, models, and examples* (p. 283-312). Information Age Publishing.

Willis, J. (2009b). A general set of procedures for C-ID: R2D2. Dans J. Willis (dir.), *Constructivist instructional design (C-ID): Foundations, models, and examples* (p. 313-355). Information Age Publishing.

Willis, J. (dir.). (2009c). *Constructivist instructional design* (C-ID). Information Age Publishing.

Wilson, B., Teslow, J. et Osman-Jouchoux, R. (1995). The impact of constructivism (and postmodernism) on ID fundamentals. Dans B. Seels (dir.), *Instructional design fundamentals: A reconsideration* (p. 137-157). Educational Technology Publications.

Wilson, B. G. (2005). Broadening our foundation for instructional design: Four pillars of practice. *Educational Technology, 45*(2), 10-15.

Wilson, B. G. (2013). A practice-centered approach to instructional design. Dans M. Spector, B. B. Locke, S. E. Smaldino et M. Herring (dir.), *Learning, problem solving, and mind tools: Essays in honor of David H. Jonassen* (p. 35-65). Routledge.

Winn, W. (1990). Some implications of cognitive theory for instructional design. *Instructional Science, 19*(1), 53-69.

Winn, W. (1991). The assumptions of constructivism and instructional design. *Educational Technology, 31*(9), 38-40.

Yanchar, S. C. et South, J. B. (2009). Beyond the theory-practice split in. instructional design: The current situation and future directions. Dans M. Orey (dir.), *Educational media and technology yearbook* (p. 81-100). Springer.

Zemke, R. et Rossett, A. (2002). A hard look at ISD. *Training, 39*(2), 27-35.

CHAPITRE 3

LES FONDEMENTS DE L'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Gilbert Paquette

RÉSUMÉ

L'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA) est une méthodologie d'ingénierie pédagogique visant la réalisation des environnements numériques d'apprentissage (ENA). Elle peut se concrétiser par différentes méthodes spécifiques[1] et se situe à l'intersection de trois domaines du savoir : le design pédagogique scientifique, l'ingénierie des systèmes d'information et l'ingénierie des connaissances. Par rapport aux théories sur l'apprentissage et l'enseignement, le design pédagogique peut être vu comme une forme d'ingénierie ayant pour but d'améliorer les pratiques éducatives. L'ingénierie des systèmes d'information examine pour sa part les ENA comme des systèmes particuliers de traitement de l'information. Quant à l'ingénierie des connaissances, elle vise la modélisation des connaissances qui constituent l'objet même de l'apprentissage. Ce chapitre définit ces trois domaines méthodologiques et présente leurs contributions à la définition d'une méthode d'ingénierie des ENA. En conclusion, on évoque la problématique que soulève l'implantation des pratiques de l'IENA dans les systèmes éducatifs.

MOTS-CLÉS

Design pédagogique; génie logiciel; génie cognitif; méthode systémique; science des systèmes.

1 Une méthodologie est vue ici comme une classe de méthodes, une sorte de boîte à outils où chaque outil est une méthode et où l'ensemble des outils appartient à la même catégorie.

Certaines méthodes d'ingénierie pédagogique sont présentées brièvement au chapitre 2 et le chapitre 4 est consacré à un exemple détaillé d'une méthode d'IENA, soit la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA).

Introduction

Ce chapitre présente un survol général des fondements méthodologiques de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA).

L'évolution rapide des moyens d'apprentissage sur Internet met en évidence la multiplicité des décisions à prendre au moment de la conception d'un environnement numérique d'apprentissage (ENA). Sur le plan pédagogique, les possibilités extrêmement variées rendues possibles par les technologies de l'information et de la communication constituent un premier argument pour une méthodologie adaptée à la conception des ENA.

Un deuxième argument justifie le recours à une telle méthodologie. Un ENA est un ensemble de logiciels plus ou moins interreliés, certains conçus spécifiquement pour l'apprentissage d'un domaine donné, d'autres réutilisant des logiciels à usage général, donnant accès à des documents numérisés et à des services de communication. Le développement de tels systèmes accessibles sur Internet ne peut plus être traité comme une œuvre artisanale, en marge des méthodes du génie logiciel et des sciences de l'information.

Enfin, troisième argument, il faut aussi mettre en évidence l'importance accrue de la gestion des connaissances. De plus en plus, on reconnaît les connaissances et l'expertise comme le capital le plus précieux d'un individu ou d'une organisation. Cette préoccupation a présidé, au cours des années 1970 et 1980, à l'essor des systèmes experts. Depuis, les techniques et les outils informatiques ont évolué, les systèmes à base de connaissances s'intégrant dans divers dispositifs techniques. Le Web, qui accueille maintenant la plupart des nouvelles formations, est devenu social et sémantique, facilitant les interactions des apprenants et des apprenantes dans leur traitement des connaissances et des compétences. Les méthodes d'extraction, de formalisation et de traitement des connaissances, autrement dit l'« ingénierie des connaissances » ou « génie cognitif », sont, par voie de conséquence, au cœur de la conception des environnements d'apprentissage dont le but est l'acquisition de connaissances et de compétences.

La première section de ce chapitre traite de la notion de « méthodologie systémique » qui caractérise cette méthodologie particulière qu'est l'IENA. Celle-ci hérite principalement des processus et des principes de trois domaines méthodologiques particuliers décrits dans les trois sections suivantes : le design pédagogique scientifique (section 2), l'ingénierie des systèmes d'information (section 3) et l'ingénierie des connaissances (section 4). La conclusion aborde brièvement la problématique d'implantation d'une méthode d'IENA.

1 Les méthodes systémiques

Située à l'intersection du design pédagogique, de l'ingénierie des systèmes d'information (ou génie logiciel) et de l'ingénierie des connaissances (ou génie cognitif) dont elle hérite ses principales propriétés (figure 3.1), l'IENA se présente comme une méthodologie systémique particulière, vouée à la résolution des problèmes de conception, de réalisation et de diffusion de systèmes, de dispositifs ou d'environnements numériques d'apprentissage, ceux-ci faisant majoritairement appel aux technologies numériques. Nous en décrivons dans cette section les particularités.

1.1 L'IENA comme méthodologie systémique

L'IENA se fonde sur la science des systèmes (Le Moigne, 1995; Simon, 1981) qui définit la notion de système comme un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but.

Comme cela a été souligné au chapitre 2, cette définition très large réfute l'accusation injustifiée que l'on fait parfois aux méthodes systémiques pour leur caractère soi-disant « mécaniste » qui nierait la possibilité d'environnements d'apprentissage ouverts misant sur l'autonomie et l'agentivité des apprenants et des apprenantes. S'il est vrai que les premiers systèmes d'apprentissage étaient fondés sur des approches d'enseignement programmé transmissif (Skinner, 1954), ce n'est plus le cas dans les ENA ouverts qui misent sur l'autonomie des participants et des participantes. Dans ces environnements, les éléments en interaction dynamique peuvent être une communauté d'acteurs et de ressources, spécifiés *a priori*, ou se constituant en tout ou en partie de façon dynamique en cours de diffusion, pour atteindre un but qui est l'acquisition de nouvelles connaissances et de compétences, autrement dit l'apprentissage.

Une méthode d'IENA propose un ensemble d'objets pédagogiques à construire, de tâches pour les réaliser et de principes d'opération à appliquer en soutien à la conception d'un ENA. Au moment de sa diffusion, ce type d'environnement prend la forme d'un système essentiellement numérique à l'usage des apprenants et apprenantes ainsi que des facilitateurs et facilitatrices (formateurs, formatrices, enseignants, enseignantes, personnes tutrices, etc.). En d'autres termes, l'IENA est un système méthodologique qui vise à développer d'autres systèmes que sont les ENA.

Plus précisément, l'IENA, en tant que méthodologie, doit fournir aux concepteurs et aux conceptrices qui l'utilisent une ou plusieurs « méthodes », celles-ci

étant définies comme des systèmes prescriptifs, plutôt que descriptifs, qui regroupent à la fois des processus, des systèmes conceptuels et surtout des principes méthodologiques (des stratégies) qui servent à guider l'activité humaine dans un domaine (Paquette, 2002).

Une méthode d'IENA se définit donc comme une méthode systémique soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des environnements numériques d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif.

1.2 L'IENA comme méthodologie systémique pour le design pédagogique

L'ingénierie pédagogique, en particulier l'IENA, doit d'abord et avant tout être abordée comme un processus complexe de résolution de problèmes, tel que défini dans les sciences cognitives (Newell et Simon, 1972) et souvent étudié comme tel en sciences de l'éducation (Romiszowski, 1981; Reigeluth, 1983, Tennyson, 1990; Merrill, 1994).

Abordé du point de vue des sciences cognitives, le modèle général de la résolution de problèmes invite à caractériser une méthode d'IENA comme un processus systémique comportant :

- un état final de la solution, soit l'ENA à définir;
- un état initial, soit une définition plus ou moins précise du problème de formation auquel l'ENA doit apporter une réponse;
- des opérateurs, ou des processus, qui permettront de transformer la définition initiale du problème de formation en des descriptions de plus en plus précises jusqu'à la définition concrète de l'ENA, à sa réalisation et à sa mise en opération.

La méthodologie systémique a été appliquée pour résoudre des problèmes dans des domaines aussi divers que l'économie, l'architecture, le design de produits et l'éducation. Elle se compose de cinq phases ou processus principaux guidés par des principes méthodologiques :

- *la définition du problème*, c'est-à-dire l'identification la plus précise possible des caractéristiques et des contraintes de la solution recherchée (l'état final), des données ou de la situation actuelle (l'état initial);
- *l'analyse du problème*, consistant à générer des choix possibles pour l'élaboration d'une solution;

– *l'élaboration d'un plan de solution*, soit l'identification des opérations, des étapes, des phases ou des moyens par lesquels on pourra transformer la situation actuelle pour atteindre la situation visée;
– *l'application ou l'implantation du plan de solution*, soit l'assemblage des éléments du plan pour produire des situations de plus en plus proches de la situation visée et l'implantation de celle-ci;
– *l'évaluation de la solution et la révision*, c'est-à-dire, d'une part, la vérification que la solution obtenue correspond bien à la solution recherchée et, d'autre part, l'examen de la solution obtenue aux fins de réutilisation dans la solution d'autres problèmes.

Polya (1957) a qualifié ce processus général de résolution de problèmes d'« heuristique », c'est-à-dire guidé par des principes méthodologiques qui ne garantissent pas le succès, mais qui offrent de « bonnes » chances de solution. L'application de tels principes peut se concrétiser par une suite de questions que l'on peut se poser à chacune des phases, telles que les suivantes :

– À la phase de la définition du problème : Quel est le but? Que cherche-t-on exactement? L'inconnue est-elle décomposable? Si oui, en quelles parties? Quelles sont les données du problème?
– À la phase de l'analyse du problème : Quelles sont les conditions ou les relations entre les données et l'inconnue qui permettraient de passer de l'une à l'autre? Quelles en seront les étapes?
– À la phase de l'élaboration d'un plan de solution : Le problème est-il décomposable en problèmes plus simples? Connaît-on la solution d'un problème analogue? Le plan doit-il procéder des données vers l'inconnue par approximations successives ou, au contraire, partir du but en utilisant un raisonnement régressif, en se demandant de proche en proche de quoi on a besoin, jusqu'à revenir aux données du problème?

Cette méthodologie générale de résolution de problèmes est utile pour guider le processus d'ingénierie pédagogique, en particulier celui de l'IENA, car elle invite à décomposer les problèmes de formation, qui sont rarement simples, en problèmes plus faciles d'accès, pour lesquels une solution pourra être élaborée plus rapidement et ensuite combinée avec d'autres solutions partielles. Cette méthodologie invite également à distinguer l'élaboration du plan (la conception d'un devis pédagogique ou d'un plan de cours) de sa mise en œuvre, à savoir la réalisation des différents éléments du matériel pédagogique, le choix des supports médiatiques ainsi que l'intégration d'outils et de moyens de communication. Elle invite enfin à prévoir une phase d'évaluation, qui peut engendrer un plan de révision, avant de passer à l'implantation définitive du système d'apprentissage.

1.3 L'analyse de la stratégie employée lors de la conception, un système à construire

Les problèmes de conception présentent des similitudes, que l'on travaille dans le domaine de l'architecture, de l'ingénierie d'un système physique, du logiciel ou de l'ingénierie pédagogique. Dans tous les cas, la solution a ceci de systémique qu'elle se présente comme un système à construire devant satisfaire certaines contraintes, très peu définies au départ, qui devront être spécifiées à la phase initiale, puis précisées tout au long du processus. En observant des concepteurs et des conceptrices à l'œuvre pour résoudre des problèmes de design de différents types, Goël et Pirolli (1989) ont identifié un certain nombre de connaissances stratégiques invariantes qu'ils utilisent au cours du processus de résolution et qui tiennent compte de la complexité de ce type de problèmes :

- Exercer une activité intense de structuration et de restructuration du problème.
- Développer plusieurs modèles possibles du système, se concrétisant dans des devis, des schémas fonctionnels, des prototypes.
- Comme il n'existe pas de « bonne » ou de « mauvaise » réponse, effectuer l'évaluation continue de la valeur d'une solution ou d'un élément de solution; cette évaluation est cyclique et s'effectue par approximations successives.
- Préciser progressivement les contours du système tout en essayant de conserver une certaine latitude.
- Décomposer le problème en modules ayant des intersections et des liens plus ou moins élaborés.
- Passer des buts abstraits initiaux aux spécifications concrètes finales par une série d'approximations de plus en plus précises jusqu'à produire le système qui constitue la solution au problème initial.
- Utiliser abondamment des systèmes symboliques ou graphiques pour décrire les résultats intermédiaires.

Ces principes s'appliquent également à la conception pédagogique à laquelle la méthodologie de l'IENA est destinée. Ils s'appliquent aussi aux trois méthodologies qui s'intègrent dans l'IENA (figure 3.1) : design pédagogique scientifique, ingénierie des systèmes d'information (ou génie logiciel) et ingénierie des connaissances (ou génie cognitif), que nous allons examiner dans les trois prochaines sections.

2 Le design pédagogique scientifique

On peut attribuer l'origine du design pédagogique en tant que domaine scientifique à John Dewey (1900) qui, au début du siècle dernier, réclamait le dévelo-

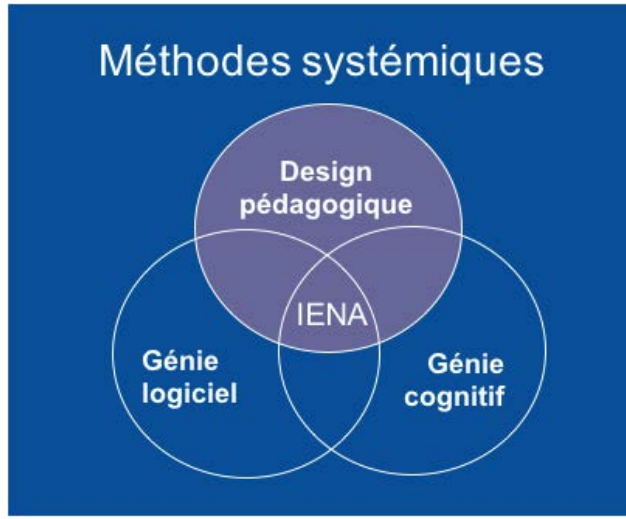


FIGURE 3.1 **L'IENA à l'intersection de trois méthodologies proposant des méthodes systémiques**

pement d'une « science charnière » entre les théories de l'apprentissage et les pratiques éducatives. Son appel fut largement entendu au début des années 1960, période qui marque l'émergence d'une nouvelle discipline appelée « technologie éducative », principalement sous l'influence des travaux de B. F. Skinner, Jerome Bruner et David Ausubel. Skinner (1954) a proposé une approche scientifique de la pédagogie en la distinguant des travaux sur l'apprentissage, tout en développant le premier modèle d'intervention pédagogique fondé sur le « conditionnement opérant ». Ce modèle validé sur une base empirique a donné lieu au milieu des années 1950 au développement de l'enseignement programmé. Contrairement à l'approche behavioriste de Skinner, Bruner (1966) a proposé une théorie fondée sur la pédagogie de la découverte et l'identification de stades de développement intellectuel. Par ailleurs, Ausubel (1968) a construit un modèle pédagogique qui a mené à des méthodes de présentation de contenus fondées sur les structures cognitives de l'apprenant.

Par la suite, les années 1970 et 1980 ont permis une floraison de travaux visant la construction de « théories de l'enseignement ». On assista alors au développement prolifique d'un appareil théorique et conceptuel incluant une approche cybernétique de l'enseignement (Landa, 1976), l'énoncé de conditions internes et externes d'apprentissage (Gagné, 1970), l'identification de stratégies pédagogiques fondées sur les théories structuralistes de l'apprentissage (Scandura, 1973), le développement d'une théorie cognitiviste de l'enseignement au moyen

d'activités de recherche (Collins et Stevens, 1983), l'élaboration d'une théorie de l'analyse des composantes des stratégies pédagogiques (Merrill, 1983) ainsi que des travaux sur une théorie de l'élaboration de l'enseignement pour l'analyse et le design des tâches de conception pédagogique (Reigeluth et Rodgers, 1983). Ces travaux et d'autres menés par la suite par une diversité de chercheurs et de chercheuses ont été publiés dans les quatre volumes de la série *Instructional-design theories and models* dirigée par Reigeluth (1983, 1999; Reigeluth et Carr-Chellman, 2009; Reigeluth *et al.*, 2017).

Sur la base de ces différents travaux qui ont fourni un solide socle de connaissances qui continue à s'étendre, le design pédagogique, que l'on pouvait désormais qualifier de *scientifique*, se présente aujourd'hui comme l'ensemble des connaissances permettant de comprendre, d'améliorer et d'appliquer des méthodes d'enseignement favorisant l'apprentissage. Par rapport aux théories développées en psychologie de l'apprentissage, le design pédagogique peut être vu comme une forme d'ingénierie visant à améliorer les pratiques éducatives et, ainsi, à optimiser l'apprentissage. Sa relation à la psychologie de l'apprentissage est analogue à celle des méthodes de l'ingénierie par rapport aux sciences physiques, ou à celle de la médecine par rapport aux sciences de la vie.

Comme on l'a indiqué au chapitre 1, les productions résultant de la pratique du design pédagogique se présentent sous la forme d'un ensemble de plans et de devis, à valeur de prescriptions favorisant l'apprentissage, plutôt que d'une description des processus d'apprentissage. Suivant l'ampleur du problème de formation traité, les plans et les devis regroupant ces prescriptions pourront se déployer sur plusieurs niveaux, par exemple : le plan de formation, le programme de formation, le cours, le module et l'activité d'apprentissage.

En tant que discipline faisant partie du domaine des sciences de l'éducation, et plus spécifiquement de celui de la technologie éducative[2], le design pédagogique scientifique vise à produire des connaissances favorisant une qualité optimale des plans et des devis de l'environnement d'apprentissage en résultant. En ce sens, toute méthode d'IENA se situe dans le cadre du design pédagogique scientifique qui offre de solides fondements reposant sur une somme impressionnante de travaux toujours en développement et méritant d'être pleinement exploités.

Aujourd'hui, il apparaît toutefois nécessaire de renouveler la méthodologie de design pédagogique. Le chapitre 2 a mis en évidence des critiques parfois justifiées formulées par de nombreux artisans du domaine à l'égard de certaines

2 Voir le chapitre 1.

méthodes de design pédagogique. Plus spécifiquement, le défi se situe tant dans la prise en compte des connaissances et des compétences nouvelles requises de la société du savoir, que dans l'opérationnalisation des éléments théoriques dans une méthode à la fois efficace et flexible, tirant parti des multiples possibilités d'apprentissage qu'offrent maintenant les technologies numériques.

3 L'ingénierie des systèmes d'information

L'IENA est une méthodologie qui a pour but de produire des ENA, qui sont des environnements (systèmes ou dispositifs) d'apprentissage faisant appel aux technologies numériques (ou technologies d'information) utilisées dans la majorité des ressources mises à la disposition des apprenants et des apprenantes, et possiblement par d'autres personnes ayant pour rôle de faciliter l'apprentissage. Un ENA est donc, en particulier, un système d'information.

L'ingénierie des systèmes d'information est une méthodologie systémique pour l'analyse, la conception, la réalisation et l'implantation des « systèmes d'information », lesquels intègrent en général plusieurs agents logiciels et agents humains en interaction. Le terme « génie logiciel », pris de façon stricte, correspond plutôt à la construction de ressources pédagogiques informatisées, bien qu'il ait fini par s'étendre à tous les types de systèmes d'information.

3.1 L'évolution des méthodes de conception des systèmes d'information

L'ingénierie des systèmes d'information a réussi à vaincre progressivement la tendance artisanale qui refuse l'usage de toute méthodologie. On reconnaîtra certainement l'analogie entre ce domaine et celui de l'IENA dans la citation suivante (non exempte d'humour) où le terme « génie logiciel » est remplacé par « ingénierie pédagogique », le terme « programmeurs » par « concepteurs » et le terme « code informatique » par « plans et devis des ENA ».

> Les premiers agents de résistance aux approches modernes d'**ingénierie pédagogique**, ce sont les **concepteurs** créatifs et solitaires. […] Ils sont plongés dans leur métier, mais trouvent difficile d'expliquer ce qu'ils font ou de documenter leur travail. […] Ils considèrent leur travail comme une expérience artistique stimulante. Ils font peu confiance à l'assistance d'autres **concepteurs** ou à de la documentation ou des pratiques qui ne concernent pas directement leurs travaux. Les **plans et devis des ENA** qu'ils élaborent sont uniques, élégants et généralement incompréhensibles à d'autres, ce qui explique pourquoi on les considère comme indispensables. (Firesmith, 1993, p. 1) [traduction et adaptation libres]

La programmation artisanale s'avérait inadéquate pour vaincre la complexité croissante des systèmes d'information, ce pour quoi elle a fait place aux méthodes de génie logiciel. Les systèmes d'information modernes exigent une analyse fine des besoins de qui en fera usage, une interopérabilité des logiciels et une maintenance étalée sur de longues périodes. De plus en plus, la taille, la complexité et le caractère vital des systèmes d'information dépassent tout simplement la capacité de compréhension d'un programmeur unique. Le but premier de l'ingénierie des systèmes d'information est donc de fournir des processus et des outils permettant de produire des systèmes corrects, efficaces, extensibles, flexibles, modifiables, portables, fiables, réutilisables, validables et compréhensibles.

Un système d'information (en particulier un ENA), est un objet artificiel (un artefact) construit en créant une représentation de ses « cas d'utilisation » par un ensemble de personnes et de ressources en interaction, permettant de capter, de mémoriser, de traiter et de rendre disponible en tout ou en partie cette activité sous une forme compréhensible finale. Comme le note un praticien du génie logiciel :

> L'une des difficultés majeures de l'ingénierie des systèmes d'information est que les dits systèmes sont des objets plus ou moins immatériels. Personne n'a jamais vu un système d'information et ce système n'est visible qu'à partir de ses représentations : documentation, modèles, etc. […] Il faut s'assurer que plusieurs interlocuteurs décrivant le même objet vont bien arriver à la même représentation formelle, ce qui pose le problème de la fidélité des techniques de modélisation. (Bouchy, 1994, p. 27)

L'ingénierie des systèmes d'information est une méthodologie qui modélise les interactions des personnes qui y jouent un rôle, leurs processus, leurs ressources et leurs produits de même que les principes d'opération de l'environnement où ces éléments interagissent. Elle est globale, constituant un langage commun à des utilisateurs et à des utilisatrices multiples et à des métiers divers. Elle est dynamique, s'intéressant à l'évolution des états des objets du système à travers divers processus. Elle définit clairement les biens livrables, les produits qui résultent de ces différents processus de conception. Elle repose sur un certain nombre de principes d'opération qui tiennent compte des caractéristiques des activités humaines de design, notamment des liens d'influence enchevêtrés plutôt que linéaires, impliquant de fréquents retours en arrière.

3.2 Les phases en ingénierie des systèmes d'information

Les méthodes d'ingénierie des systèmes d'information, telles que le génie logiciel orienté objet (*Object-Oriented Software Engineering* [OOSE]; Jacobson, 1992) et le

processus rationnel unifié (*Rational Unified Process* [RUP]; Quatrani, 2002), prévoient toutes un découpage méthodologique en modules, en phases ou en étapes de conception qui correspondent à des processus qui jalonnent les travaux dans le temps sans toutefois leur imposer une exécution linéaire. On y trouve notamment les processus suivants :

– *L'observation critique, l'état des lieux ou le diagnostic*. Ce processus doit conduire à des recommandations précises et bien étayées quant à la possibilité de construire ou de modifier un système numérique existant. Le produit principal est un diagnostic résultant d'une réflexion sur un nouveau système dont l'équivalent n'existe pas dans l'organisation, ou sur la réingénierie ou la validation d'un système existant en regard d'une nouvelle problématique qui se pose à l'organisation.
– *Les orientations générales, l'établissement des principes d'opération*. En partant d'un diagnostic préliminaire, on étudie les stratégies possibles et on propose un ou plusieurs scénarios généraux d'architecture du système. Ce processus permet notamment de définir des principes d'orientation décrivant le choix des types de ressources à intégrer, des activités et des personnes y jouant un rôle et que l'on doit soutenir, ainsi que des moyens à mettre à leur disposition.
– *La définition préliminaire et l'appel d'offres*. Dans ce processus, on définit, sur la base des orientations générales, une ou plusieurs solutions opérationnelles, tenant compte des offres de produits sur le marché. On y trouvera notamment une formalisation des orientations générales, une première modélisation de la situation cible, l'étude de scénarios contradictoires de mise en œuvre et leur évaluation menant à des recommandations pour la conception du système.
– *L'architecture du système d'information*. Sur la base de la solution retenue, on traitera les problèmes de composition, d'organisation, de structuration du système informatique, du choix des types de ressources et des caractéristiques de l'exploitation du futur système. Cette phase conduit naturellement à la production d'une maquette ou d'un prototype illustrant le mieux possible le fonctionnement général du futur système. Elle se termine dès que les utilisateurs et utilisatrices ainsi que les clients et clientes ont validé, à partir d'un prototype, les choix technologiques clés inclus dans le devis d'architecture.
– *La programmation du système*. La phase de programmation consiste à transformer les spécifications du logiciel provenant de la phase d'architecture, en produits matériels qui, une fois assemblés, deviennent une application informatique. Dans certains cas, l'emploi d'outils de génie logiciel de haut niveau, comme l'« architecture dirigée par les modèles » (*model driven architecture* [MDA]; Kleppe *et al.*, 2003), peut diminuer ou même supprimer la codification traditionnelle dans un langage de programmation. Dans tous les cas, contraire-

ment aux premiers développements de l'informatique, la programmation est un point de passage du développement. Lorsqu'elle est nécessaire, elle demande désormais un effort limité par rapport à l'ensemble des phases de développement du logiciel.

– *La simulation et la qualification du système*. La simulation ou la conception des jeux d'essai et de tests doit permettre de lancer la qualification du système, c'est-à-dire sa validation par la mise à l'essai. La qualification consiste à vérifier l'adéquation du logiciel réalisé aux spécifications du plan d'architecture et aux caractéristiques des services attendus par les personnes qui en feront usage.
– *L'implantation du système*. La phase d'implantation prépare la mise en place du système informatique dans son contexte d'utilisation. Il s'agit non seulement d'installer le nouveau système, mais aussi de préparer les structures d'accueil des logiciels, ainsi que des éléments du matériel soutenant les bases d'information et des procédures de gestion et d'exploitation qui assureront la qualité de son opération dans l'organisation.
– *L'exploitation du système*. Ce processus correspond à la finalité de l'ensemble de la démarche d'ingénierie d'un système d'information et constitue sa mise à l'épreuve dans la réalité. Il est guidé par un plan d'évolution prévoyant généralement une période de rodage à la suite de laquelle on doit s'attendre à une révision de certaines des fonctionnalités du système. Par la suite, on assurera de façon continue à la fois l'observation et la collecte de données sur le système en activité dans son environnement cible, l'analyse et la synthèse de ces observations et la gestion des changements à apporter pour assurer la maintenance du système.

3.3 Les méthodes agiles dans la réalisation des systèmes d'information

De plus en plus, les méthodes agiles, comme *extreme programming* (XP) ou celle qui est proposée par Larman et Basili (2003), se sont imposées en ingénierie des systèmes d'information en réaction aux projets informatiques qui appliquent à la lettre les phases et les étapes présentées plus haut, et dont les délais de réalisation s'avéraient parfois interminables. Tout en tempérant l'excès de méthodologie et la rigidité des planifications à long terme, les méthodes agiles ne proposent pas un retour à la programmation artisanale d'antan. Inspirées des valeurs fondamentales du *Manifeste pour le développement Agile de logiciels* (Beck et al., 2001), ces méthodes proposent notamment les principes suivants extraits du site de ce manifeste[3] :

3 http://agilemanifesto.org/iso/fr/principles.html

– Accueillez positivement les changements de besoins, même tard dans le projet.
– Livrez fréquemment un logiciel opérationnel avec des cycles de quelques semaines à quelques mois et une préférence pour les plus courts.
– Les utilisateurs ou leurs représentants et les développeurs doivent travailler ensemble quotidiennement tout au long du projet.
– Un logiciel opérationnel est la principale mesure d'avancement.
– Les meilleures architectures, spécifications et conceptions émergent d'équipes autoorganisées.
– À intervalles réguliers, l'équipe réfléchit aux moyens de devenir plus efficace, puis règle et modifie son comportement en conséquence.

3.4 Les contributions de l'ingénierie logicielle à l'IENA

Nous appliquons le terme « ingénierie », plutôt que « design », aux méthodes d'IENA lorsqu'elles s'inspirent des méthodes de conception des systèmes d'information, en les adaptant à la conception des environnements d'apprentissage.

Une méthode d'IENA prévoira une série de phases de développement inspirée à la fois du design pédagogique scientifique et de l'ingénierie des systèmes d'information :

– On appliquera des processus de conception s'exécutant largement en parallèle et par itérations successives appelées « livraisons ».
– La méthode décrira précisément les produits (« biens livrables ») de ces processus et leur contribution au devis général de l'ENA.
– Elle valorisera une élaboration progressive de l'architecture de l'ENA plutôt que le développement hâtif et artisanal des éléments du matériel pédagogique, tout en tenant compte des principes agiles de conception.
– Enfin, la méthode préparera soigneusement la mise en place ainsi que la diffusion des ENA et leur évaluation.

4 L'ingénierie des connaissances

L'IENA, en tant que méthodologie proposant des méthodes pour la réalisation des ENA, vise à soutenir l'apprentissage et donc l'acquisition de connaissances et de compétences chez les apprenants. En conséquence, il est capital qu'une méthode d'IENA intègre une méthode d'ingénierie des connaissances et offre aux concepteurs d'ENA des outils de modélisation des connaissances et des compétences.

L'ingénierie des connaissances, parfois qualifiée de « génie cognitif », est à la fois une discipline et une méthodologie; elle s'est développée dans la foulée de l'évolution des systèmes d'information de plus en plus capables d'effectuer un traitement des connaissances. À partir des grandes lignes de cette évolution, il importe d'établir les processus et les principes de l'ingénierie des connaissances, les outils numériques utiles pour réaliser la nécessaire modélisation des connaissances dont les usagers et les usagères doivent disposer et, finalement, les apports de cette discipline à l'ingénierie pédagogique des ENA.

4.1 L'évolution des systèmes à base des connaissances

L'ingénierie des connaissances s'est d'abord développée dans la foulée des applications des systèmes experts et de l'intelligence artificielle à partir des années 1960. Les premiers systèmes pouvant être qualifiés d'« experts » se sont attaqués à des domaines complexes de l'expertise humaine dans le but de créer des logiciels rendant cette expertise disponible à un plus grand nombre de personnes (Hayes-Roth *et al.*, 1983; Waterman, 1986). Le premier système expert, DENDRAL, faisait appel à une importante base de connaissances spécialisée dans l'analyse des données dans le domaine de la chimie. D'autres systèmes experts furent aussi développés dans des domaines comme le diagnostic médical (MYCIN), le calcul symbolique (MACSYMA) ou les relations entre dépôts de minéraux (PROSPECTOR).

Par la suite, les applications se sont davantage diversifiées en incluant la reconnaissance des textes et des images, la traduction automatique et la robotisation. Les systèmes experts ont aussi été utilisés dans des domaines moins spécialisés, s'intégrant de plus en plus aux autres systèmes d'information et leur apportant une intelligence par l'intégration d'expertises articulées autour d'une « base de connaissances ». On a préféré alors parler de systèmes à base de connaissances, d'agents conseillers ou d'agents intelligents (Paquette et Roy, 1990).

Les termes « données », « informations » et « connaissances » marquent trois stades de l'évolution des systèmes d'information. Au début, les grands systèmes informatisés de gestion des organisations permettaient le traitement de grandes quantités de données surtout numériques et parfois symboliques. Au siècle dernier, dès le début des années 1980, on prend conscience de plus en plus des interrelations entre les données et on commence à parler plutôt de traitement des informations à l'aide de grandes bases de données relationnelles construites sous la direction d'un ou d'une architecte informatique, à partir des informations fournies par un ou une spécialiste de contenu.

Le passage au traitement des connaissances a permis depuis de gérer, de façon intégrée, non seulement les connaissances factuelles (données et informations), mais aussi les connaissances plus abstraites décrivant les concepts, les procédures, les règles, les méthodes, les savoir-faire et les modèles intéressant une communauté de personnes ou une organisation. L'acquisition, la modélisation, le traitement et la communication des connaissances deviennent alors des processus essentiels pour constituer une mémoire des savoirs d'un domaine, développer des méthodes pour l'exploiter et rendre ainsi disponibles des moyens de perfectionner ses connaissances ou de les rendre disponibles à d'autres.

Cela a mené l'ingénierie des connaissances au cœur de l'évolution vers une nouvelle génération de l'Internet et vers le Web social sémantique, succédant aux premières phases de l'Internet qui ne diffusait alors que des pages d'information.

Internet, en devenant un immense réservoir de ressources d'information et de connaissances[4] avec ses milliards de pages, en relation avec plus de quatre milliards de personnes qui en font usage sur tous les continents, est désormais incontournable comme cadre d'apprentissage. Mais cet immense réservoir de ressources pose un défi énorme à ceux et à celles qui doivent trouver des ressources adaptées à leurs propres besoins d'apprentissage, comme formateurs ou formatrices ou encore pour leurs activités de conception d'un ENA. Malgré l'efficacité des moteurs de recherche sur le Web, les ressources qui s'y trouvent sont décrites essentiellement par des mots-clés, de sorte qu'il faut multiplier et raffiner les recherches pour obtenir quelques centaines, voire des milliers de ressources qu'il faudrait consulter une à une. Leur combinaison est alors laissée à la personne qui en fait usage, car on utilise une très faible partie des capacités d'un ordinateur, celui-ci servant essentiellement de présentateur de textes, de graphiques ou de fichiers audio ou vidéo.

Au début des années 2000, le fondateur du Web et actuel directeur du W3C, Tim Berners-Lee, et ses collègues James Hendler et Ora Lassila, (2001) ont proposé des moyens de représenter les connaissances traitées dans les pages et les documents du Web. En décrivant la sémantique des ressources Web au-delà de leur syntaxe, des agents informatiques allaient pouvoir traiter les informations

4 Cette base de connaissances que constitue Internet a connu une croissance extrêmement rapide. En décembre 2011, au cours de cette seule année, on recensait 555 millions de sites Web dont 300 millions nouveaux sites. En 2019, on en compte plus de 1,6 milliard dans le monde. En 2011, 800 millions de personnes utilisaient Facebook. On en trouve actuellement 2,3 milliards, soit le quart de la population mondiale! YouTube compte mensuellement 1,9 milliard d'utilisateurs et d'utilisatrices et Instagram, 1 milliard par mois en 2019. Toutes ces personnes contribuent à augmenter la quantité des informations disponibles sur le réseau des réseaux.

du Web au moyen de recherches plus intelligentes, en offrant des services plus ciblés qu'auparavant parce que basés sur le sens, sur les connaissances derrière les mots et les textes. Cette évolution du Web a été qualifiée de Web sémantique. Pour la réaliser, il aura fallu faire appel à l'ingénierie des connaissances.

Un concept central du Web sémantique est le « Web de données liées », dans lequel ce sont les schémas de données derrière les pages elles-mêmes qui sont mis en réseau, plutôt que simplement les pages par lien Internet. À titre d'exemple, l'entreprise française Antidot[5] a enrichi une base de connaissances de 43 720 monuments historiques de France au moyen de six autres sources d'information préexistantes ayant chacune été construite indépendamment : la liste des 3 065 gares ferroviaires, celle des 301 stations du métro parisien, les données du code officiel géographique de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), une banque de 122 828 photos de monuments, les descriptions des monuments dans Wikipédia et le service de géolocalisation PlaceFinder qui permet d'afficher les lieux sur une carte géographique. Toutes ces informations ont été reliées entre elles sur le plan des concepts pour former un énorme graphe de données liées. Elles peuvent être consultées de façon intégrée dans un portail Web extrêmement utile pour les touristes et les intervenants de l'industrie touristique.

Cet exemple illustre le principe essentiel du Web sémantique qui est de soutenir un Web intégré sur le plan des connaissances plutôt qu'un Web limité à la simple présentation des informations. La figure 3.2 illustre le concept des données liées à l'œuvre dans l'exemple des monuments historiques.

À gauche dans cette figure, plusieurs données sans lien entre elles sont présentées et correspondent à différentes bases de données mises en relation. Chaque donnée (par exemple, une photo, une gare ou un article Wikipédia) a un ou plusieurs auteurs ou auteures appartenant à une organisation et traite d'un ou de plusieurs sujets dans une hiérarchie de termes. Dans le Web non sémantique, ces données ne communiquent pas entre elles.

À droite de la flèche, on présente un graphe de connaissances les reliant par des liens. Ce graphe relie non seulement les documents, les connaissances qui s'y trouvent, mais aussi les personnes et les organisations. Tous ces types d'objets sont représentés sur le Web par leur adresse Internet. Chaque lien du graphe représente une propriété reliant un objet à d'autres objets ou à une valeur (un nombre, un sujet, une date, etc.) appartenant possiblement à une autre base de données alimentant d'autres pages Web.

---

5 Voir le site de l'entreprise à https://www.antidot.net

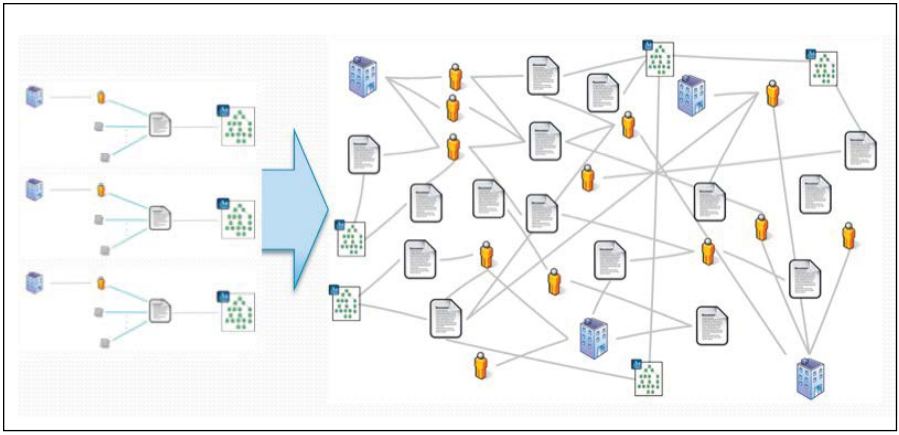


FIGURE 3.2 **Des données séparées extraites de trois sources aux données liées, base du Web sémantique**

Cette façon de faire permet de répondre à des requêtes intégrant des termes et des objets qui appartiennent à plusieurs sources de données, par exemple « je cherche une photo et un article sur une cathédrale qualifiée de monument historique, située en Alsace, à proximité de la gare de Strasbourg ».

Le Web sémantique opère dans un « monde ouvert ». Contrairement aux premiers systèmes d'intelligence artificielle (systèmes experts, traducteurs de textes, systèmes de reconnaissance de formes), les systèmes du Web sémantique ne sont pas fermés sur une spécialité restreinte utilisant un vocabulaire fixe. Le Web sémantique permet de traiter une variété de concepts et de terminologies qui évoluent régulièrement et séparément, alimentés par un nombre croissant d'intervenants et d'intervenantes sur le Web.

Le cœur du Web sémantique est constitué d'ontologies (Allemang et Hendler, 2011), un type de modèles des connaissances décrit selon une logique de description qui définit un schéma structurel aux données qui en sont des instances. Pour construire les ontologies du Web sémantique, il faut appliquer des méthodes d'ingénierie des connaissances[6].

6 Depuis quelques années, des ontologies pour la conception des environnements d'apprentissage ont été développées; certaines d'entre elles sont présentées au chapitre 7.

4.2 Les types de connaissances et de modèles

Au cours de cette évolution des systèmes d'information à base de connaissances, on a vu apparaître un nouveau métier, « ingénieur ou ingénieure de la connaissance », ainsi qu'une nouvelle méthodologie, l'ingénierie des connaissances (Vogel, 1988; Ermine, 1993), laquelle étudie les méthodes et les pratiques de développement des systèmes à base de connaissances (Hart, 1997; McGraw et Harbisson-Briggs, 1989).

La notion de représentation des connaissances occupe une place centrale en ingénierie des connaissances, qui a pour but la construction de modèles des connaissances, y compris les ontologies du Web sémantique. Pour échanger, transmettre, transformer ou acquérir des connaissances, il est nécessaire de pouvoir les représenter sur un support externe à notre cerveau, sous une forme transmissible et traitable. Pour cela, on se doit d'utiliser un langage de représentation. C'est ce que nous faisons lorsque nous écrivons et ce pour quoi les langues ont été créées par les différentes civilisations comme langage de représentation. Cependant, les langues naturelles sont parfois inadéquates pour décrire la réalité. Par exemple, la description d'une pièce musicale en langue française prendrait rapidement l'allure d'un roman-fleuve : « jouer la note do de la troisième octave pendant un demi-temps, puis la note ré dièse... ».

Divers types de langages visuels sont utilisés en ingénierie des connaissances. Cela est vrai des divers types de schémas, de diagrammes et de graphes utilisés dans la représentation des connaissances pour l'apprentissage. En voici quelques exemples :

– *Les arbres sémantiques* sont largement utilisés en éducation pour catégoriser des concepts et en fournir des exemples. Le format graphique met en évidence les liens hiérarchiques entre les concepts et leurs exemples, formant un modèle des connaissances.
– *Les cartes conceptuelles* prennent aussi la forme d'un graphe, mais qui n'est pas nécessairement de nature hiérarchique. Dans une carte conceptuelle, les nœuds du graphe représentent les concepts et les liens, la relation entre deux concepts. Cette fois, la nature de chaque lien est précisée par un mot inscrit sur le trait qui représente graphiquement le lien.
– *Les réseaux sémantiques* ou *graphes entités-associations* (Chen, 2002) sont utilisés pour représenter un ensemble de connaissances sous forme de propositions, comme dans l'exemple de la figure 3.3 où les entités (ici des personnes et des concepts comme sexe et âge) sont les nœuds du graphe et les liens, des relations entre ces entités.

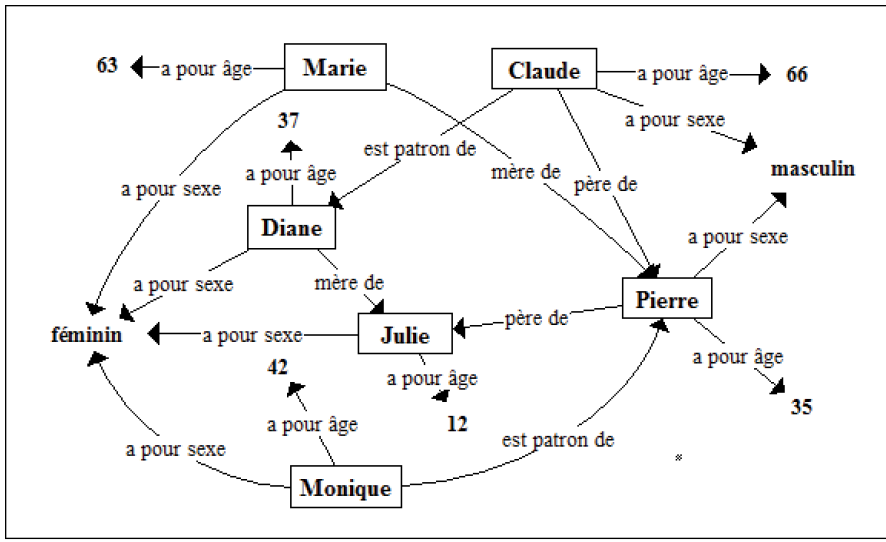


FIGURE 3.3 **Un exemple de graphe entité-association**

– *Les ordinogrammes* servent à représenter de façon graphique des algorithmes, soit une liste structurée d'actions. Contrairement aux représentations précédentes, qui mettent en évidence des systèmes conceptuels, ils décrivent des connaissances procédurales.
– *Les diagrammes causaux* servent à décrire des liens d'influence ou de cause à effet entre différents facteurs qui peuvent mener à prendre des décisions. Organisés sous forme d'arbres de décision, ils permettent d'établir un ensemble de règles de décision ou de principes stratégiques, lesquels sont à la base des systèmes experts.
– *Les modèles orientés objet* sont à la base de la représentation des systèmes informatiques, comme ceux qui sont développés en utilisant le langage UML (*Unified Modeling Language*) qui est devenu un standard en modélisation des logiciels orientés objet (Booch *et al.*, 2005).

Un langage de représentation des connaissances doit être suffisamment général pour exprimer les divers types de connaissances et de modèles des connaissances dans les différents domaines du savoir dont peut traiter un ENA. Depuis longtemps, les travaux en sciences de l'éducation distinguent des types de connaissances. L'intention derrière cette classification est d'associer des stratégies pédagogiques selon les types de connaissances visés par l'apprentissage.

Dans les travaux de Merrill (1994), Romiszowski (1981), Tennyson (1988) et West *et al.*, (1991) notamment, on distingue en général quatre types de connaissances[7] : les faits, les concepts, les procédures et les principes.

- Les *faits* sont des assertions qu'une association entre une date et un événement existe, ou qu'un attribut d'un objet a une certaine valeur.
- Les *concepts* sont des classes d'objets, d'événements ou de symboles partageant un certain nombre de caractéristiques communes.
- Les *procédures* sont des ensembles d'étapes permettant de conduire des actions.
- Les *principes* sont des liens de cause à effet dans un processus ou encore des savoirs sur quand et pourquoi utiliser les concepts, les règles et les principes d'un domaine.

Règle générale, dans un modèle des connaissances, on trouve plusieurs de ces types de connaissances, qui donnent lieu à une catégorisation des modèles selon le type de connaissances qui y domine. Le tableau 3.1 en présente des exemples.

4.3 L'ingénierie des connaissances : une nouvelle méthodologie

L'ingénierie des connaissances est une méthodologie regroupant des méthodes, chacune proposant un processus et des principes d'exécution regroupant des opérations comme l'identification des connaissances, leur explicitation, leur représentation et leur formalisation dans un langage symbolique ou graphique facilitant leur utilisation subséquente.

De façon typique, l'ingénieur ou l'ingénieure de la connaissance consulte la documentation du domaine pour identifier les connaissances. Il procède au moyen de discussions avec un ou plusieurs spécialistes du contenu qui détiennent l'expertise qu'il désire modéliser. À l'aide de méthodes d'interview systématique ayant pour but l'acquisition des connaissances, il raffine de plus en plus sa représentation du domaine par étapes successives jusqu'à la capture dans un langage visuel qui sera par la suite intégré, par exemple dans un ENA.

---

7 Romiszowski (1981) mentionne que ce sont là les quatre catégories d'information utilisées par Williams (1977) pour étendre les taxonomies de Bloom (1956) et de Gagné (1970) et qu'elles ressemblent également aux catégories d'information utilisées auparavant par Horn (1969) comme base de ce que ce dernier nomme « cartographie de l'information » (*information mapping*).

TABLEAU 3.1 **Les types de connaissances et de modèles**

Modèles de connaissances	Type de connaissances	Exemples
Modèles factuels	La majorité des connaissances sont des faits	Un tableau des marques d'ordinateurs avec leurs propriétés. Les traces d'exécution d'une procédure de traitement d'un formulaire. Un réseau de liens de parenté entre des personnes.
Modèles conceptuels	La majorité des connaissances sont des concepts	Une automobile, ses sous-systèmes et leurs composantes. La taxonomie du règne animal de Linné. Un ensemble de figures géométriques classifiées par types avec leurs composantes.
Modèles procéduraux	La majorité des connaissances sont des procédures	Le déroulement d'une réunion indiqué dans l'ordre du jour avec ses points de discussion et ses sous-points. Une procédure de calcul de l'impôt sur le revenu. Un plan de réalisation d'un projet en équipe. Une boucle de rétroaction dans le fonctionnement d'un thermostat.
Modèles prescriptifs	La majorité des connaissances sont des principes	Une liste de vérification de règles permettant de choisir une maison en fonction de ses besoins. Les lois de la gravitation. La théorie de l'évolution des espèces. Les principes qui régissent le diagnostic médical.
Modèles méthodologiques	Aucun type de connaissances n'est majoritaire. Il s'agit d'un modèle procédural, traitant de concepts comme intrants ou produits, régis par des principes et des personnes.	Un processus ou une méthode de gestion de projets. Un processus de diagnostic du mauvais fonctionnement d'une automobile. Une méthode de conception et de réalisation d'un logiciel. Une méthode d'ingénierie pédagogique. Un processus de rédaction d'un ouvrage en équipe précisant les rôles et les productions de chacun.

La technique de modélisation visant la représentation des connaissances à acquérir dans un environnement d'apprentissage, présentée à la figure 3.4, se compose (liens C) de cinq sous-processus, chacun ayant ses intrants et ses produits (liens IP). Elle est régie (lien R) par des principes généraux de progression qui

déterminent quand mettre en œuvre tel ou tel processus. Au départ, un problème de représentation des connaissances est fourni à la personne ou à l'équipe qui conçoit le modèle. Le but, les données et les contraintes de ce problème guideront le développement du modèle. Le résultat final est un modèle des connaissances qui apporte une solution au problème initial, respectant le but de la modélisation et ses contraintes.

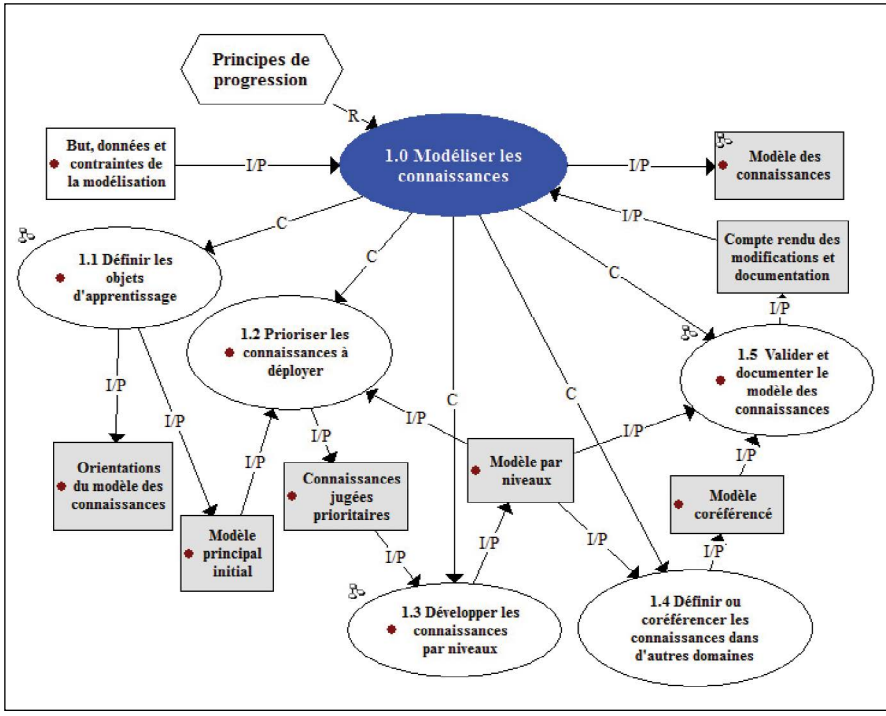


FIGURE 3.4 **La technique de modélisation des connaissances visées dans un ENA**

La technique *Modéliser les connaissances* se compose (lien C) des cinq sous-processus[8] suivants :

– Le premier sous-processus vise à identifier les objets d'apprentissage. Pour ce faire, on définit les orientations du modèle des connaissances (types de connaissances à privilégier, ampleur et type du modèle à élaborer (factuel, conceptuel, procédural, prescriptif ou méthodologique), sources des connais-

8 Ces sous-processus sont décrits de façon plus détaillée dans Paquette (2002) aux pages 129 à 166.

sances à utiliser), ces éléments étant eux-mêmes sélectionnés en fonction du but de la représentation des connaissances et de l'usage futur du modèle. Sur cette base, on développe un modèle initial des connaissances en identifiant un petit nombre de connaissances et de liens.

- Le deuxième sous-processus consiste à orienter le développement du modèle en donnant un ordre de priorités à certaines connaissances qualifiées de prioritaires. Ce sont les connaissances pour lesquelles les publics cibles auxquels le modèle est destiné ont un besoin d'apprentissage. Ces connaissances seront explicitées dans le sous-processus suivant.
- Le troisième sous-processus vise à déployer le modèle initial en associant un modèle plus détaillé à chaque connaissance prioritaire, obtenant ainsi des sous-modèles de niveau 2. Puis, on fera appel de nouveau au deuxième sous-processus pour déterminer les connaissances principales de ces sous-modèles. Celles-ci seront à leur tour développées en leur associant des modèles descendants, donc de niveau 3. On procédera ainsi jusqu'à ce que le domaine de connaissances soit jugé suffisamment élaboré et précis en regard du but et des contraintes initiales du projet de modélisation.
- Le quatrième sous-processus vise à utiliser le modèle en cours de développement pour décrire les connaissances d'un autre domaine appelé « codomaine » qui est représenté dans un autre modèle que celui des connaissances. En contexte d'apprentissage, un codomaine pourrait être, par exemple, le matériel pédagogique fourni dans l'ENA. Un autre codomaine pourrait être le scénario pédagogique. Il s'agit ici d'associer, à certains objets du modèle des connaissances, des codomaines (par exemple, les chapitres d'un livre, les modules d'un système logiciel ou les unités d'apprentissage d'un cours), un sous-ensemble des connaissances du modèle qui en définit le contenu.
- Le cinquième et dernier sous-processus consiste à mettre à l'essai le modèle auprès de personnes représentatives de celles auxquelles il est destiné. Cette validation portera à la fois sur l'exactitude, la cohérence et la complétude du modèle en regard du but et des contraintes initiales. Elle permettra à la fois de réviser le modèle, ses sous-modèles et ses comodèles (représentant les codomaines y étant associés), de produire un compte rendu des modifications apportées et de documenter le modèle par une note qui en décrira le contenu et les articulations.

Les *principes de progression* représentés à la figure 3.4 constituent la structure de contrôle de la méthode de modélisation. Ces principes généraux sont complétés par des principes spécifiques pour chacun des sous-processus qui ne sont pas présentés ici. On distingue trois groupes de principes généraux de progression :

– *Les principes de parallélisme et d'itération*. Une fois le premier sous-processus (1.1) terminé, on avance en parallèle dans les trois sous-processus suivants. On priorise des connaissances du modèle principal (1.2), puis on développe les modèles descendants qui correspondent aux connaissances principales (1.3), et enfin on coréférence les objets d'un ou de plusieurs autres domaines (1.4) à l'aide du modèle par niveaux. On répète ensuite le développement en parallèle de ces trois sous-processus jusqu'à un nombre de niveaux jugé satisfaisant. C'est alors que l'on exécute le dernier sous-processus de validation et de documentation du modèle (1.5); la documentation peut également être développée à l'intérieur du cycle de modélisation par niveaux.
– *Les principes de non-engagement et de retour en arrière*. La progression dans un processus n'implique pas un engagement définitif. On se réserve le droit de revenir modifier le modèle à quelque niveau que ce soit. Dans certains cas, il faudra toutefois aller plus loin et revenir effectuer des changements de structure. Par exemple, le développement par niveaux du modèle peut remettre en question le type de modèle sélectionné au début et conduire à reconstruire le modèle sur une nouvelle base.
– *Les principes de transition et d'arrêt*. Chaque sous-processus n'est pas une condition préalable au suivant au sens strict. Il doit cependant être suffisamment avancé pour que le sous-processus suivant puisse s'amorcer raisonnablement. Ce degré d'avancement suffisant est défini par les principes de transition et d'arrêt suivants, lesquels visent à établir quand on doit quitter un sous-processus pour en entreprendre un autre ou terminer le processus de modélisation :
    - On démarre le sous-processus « identifier les objets d'apprentissage » lorsque le problème de représentation a été suffisamment défini, c'est-à-dire lorsque l'on connaît le but de la modélisation, les données qui nous sont accessibles et les contraintes des publics cibles, l'ampleur prévue du modèle et le type de connaissances et de liens à représenter.
    - On passe aux trois sous-processus suivants lorsque les connaissances les plus essentielles ou utiles ont été déterminées, que le type du modèle principal a été défini et qu'un modèle principal initial a été construit.
    - On passe au dernier sous-processus, « valider et documenter le modèle », lorsque le modèle par niveaux et son association aux codomaines semblent satisfaire le but et les contraintes initiales.
    - On termine la modélisation lorsque le modèle et ses sous-modèles ont été validés, révisés et documentés.

4.4 Les langages et les outils de modélisation des connaissances

Une méthode d'ingénierie des connaissances utilise un langage et des outils de modélisation des connaissances. Il est possible de réaliser des cartes conceptuelles ou des modèles des connaissances sans recourir à des outils informatisés, en les traçant directement sur une feuille de papier. On peut aussi les construire avec des logiciels comme Visio et PowerPoint ou des logiciels de dessin. Cependant, les logiciels de modélisation visuels offrent des avantages évidents : facilité de création et de modification du modèle, possibilité de stockage, modes variés de visualisation de la carte, fonctions de recherche, possibilité de création de sous-cartes, rattachement de textes, d'images ou de clips vidéo aux nœuds et aux liens, construction collaborative d'un modèle à distance, évaluation automatisée des modèles, conversion des cartes en liste textuelle, en tableau ou dans un format informatique comme XML (*Extensible Markup Language*) pour l'intégration du modèle dans un ENA.

Le nombre de logiciels de construction de modèles ou de cartes de connaissances de toutes sortes est en progression constante (Basque et al., 2004[9]). En voici quelques exemples :

– *Belvedere*. Outil développé par l'équipe d'Alain Lesgold et Dan Suthers (Learning and Resource Development Center, University of Pittsburgh). Il propose une typologie de trois liens et une typologie de trois objets et permet d'élaborer, en plus de cartes de connaissances en réseaux, des cartes argumentatives ou causales soutenant une démarche d'expérimentation scientifique (*scientific inquiry*).
– *Cmap Tools*. Outil développé à l'Institute for Human & Machine Cognition ([IHMC], University of West Florida) (Windows et Mac). Il permet la création de cartes de connaissances structurées en réseau, sans proposer de typologies de liens et de connaissances. Il permet d'attacher des documents de différents formats (vidéo, texte, image, etc.) aux connaissances.
– *Inspiration*. Développé par Inspiration Software (Oregon) (Windows et Mac). Ce logiciel permet de construire des représentations graphiques en réseau et en arbre, en utilisant des connaissances et des liens non typés. On peut choisir, dans une « librairie », des icônes pour symboliser les connaissances et modifier leurs attributs graphiques. Il peut aussi intégrer dans la carte des documents de différents formats (vidéo, texte, image, etc.).
– *Model-It*. Outil développé au Center for Highly Interactive Computing in Education (University of Michigan). Il permet de construire une carte représentant des

9 Voir également le site www.mind-mapping.org

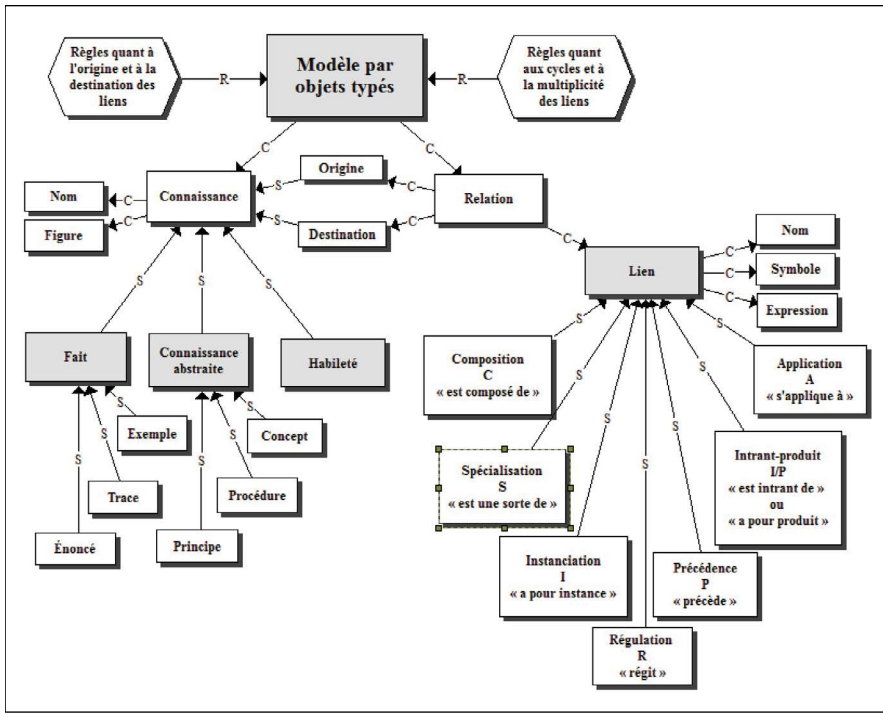
objets (connaissances) sous forme d'icônes ou d'images qu'on peut choisir à son gré. On définit ensuite des variables pour chaque connaissance représentée et les relations causales entre les connaissances. On peut par la suite simuler le comportement dynamique du système selon les variables et les paramètres de la relation causale qu'on aura définis (fonction Play).

– *MOT, MOTplus* et *GMOT*. Trois générations d'outils développés par l'équipe de Gilbert Paquette à l'Institut LICEF (Université TÉLUQ) (Windows et Mac) (Paquette, 2002, 2010). MOT est l'acronyme de « modélisation par objets typés ». Ce logiciel offre un ensemble de formes graphiques pour distinguer les types de connaissances (concept, processus, principe et fait) et de liens (composition, spécialisation, précédence, intrant/produit, régulation et instanciation, application). Les outils MOT permettent également d'attacher divers fichiers médias aux nœuds de la carte et d'exporter la carte dans un autre fichier, dans une base de données ou dans un fichier XML.

Le schéma de la figure 3.5 utilise le langage MOT pour représenter de façon synthétique les composantes d'un modèle par objets typés. On peut y lire les informations suivantes :

– Un modèle par objets typés est composé uniquement de connaissances et de relations où chacune des relations se compose d'une connaissance appelée « origine », d'un lien et d'une connaissance appelée « destination ».
– Il y a six sortes de connaissances : trois sont des sortes de faits (exemple, trace, énoncé) et trois sont des sortes de connaissances abstraites (concept, procédure, principe).
– Les habiletés servant à définir les compétences sont des sortes connaissances, celles-ci s'appliquant sur d'autres connaissances.
– Chaque connaissance est identifiée par son nom et une figure géométrique.
– Il y a sept sortes de liens : C (est composé de), S (est une sorte de), I (a pour instance), R (régit), P (précède), I/P (est intrant de/a pour produit) et A (s'applique à).
– Chaque lien est identifié par un nom, un symbole et une expression qui le désigne uniquement.

On distingue aussi sur le graphe deux groupes de principes ou de règles de grammaire. Un premier groupe inclut les règles quant à l'origine et à la destination des liens qui déterminent les liens possibles entre deux connaissances données selon leur type. Le second groupe inclut les règles qui présentent les propriétés des relations quant aux cycles et à la multiplicité des liens dans un graphe.



Légende : Lien C (se compose de); lien S (est une sorte de); lien R (régit).

FIGURE 3.5 **Un modèle MOT de la notion de modèle par objets typés**

Le langage MOT a évolué à travers trois générations d'outils de modélisation. Le plus récent, le multi-éditeur GMOT, a été créé entre 2008 à 2012. Cet outil polyvalent regroupe les principales fonctionnalités de l'éditeur graphique précédent MOTplus et est construit sur des bases technologiques plus récentes.

Comme l'indique la figure 3.6, le multi-éditeur GMOT offre cinq éditeurs de modèles :

- L'*éditeur de diagrammes* informels permet de créer des cartes de connaissances dont les entités et les liens sont non typés.
- L'*éditeur de modèles MOT* permet de construire des modèles semi-formels comme celui de la figure 3.3, qui respectent la syntaxe et la sémantique du langage MOT.
- L'*éditeur de scénarios* permet de créer des modèles de processus multi-acteurs, exécutables dans l'interface Web d'un ENA, où les personnes interagissent entre elles, réalisent les tâches dont elles sont responsables en utilisant des ressources (intrants) de ces tâches pour produire des ressources prévues dans le scénario.

– L'*éditeur de graphes RDF/RDFS* est fondé sur les langages correspondants élaborés par le W3C et qui sont à la base du Web sémantique ou Web de données liées.
– L'*éditeur d'ontologies* peut être vu comme une extension du vocabulaire RDFS; les ontologies ainsi construites respectent la grammaire du langage d'ontologies OWL-DL (*Ontology Web Language Description Logic*).

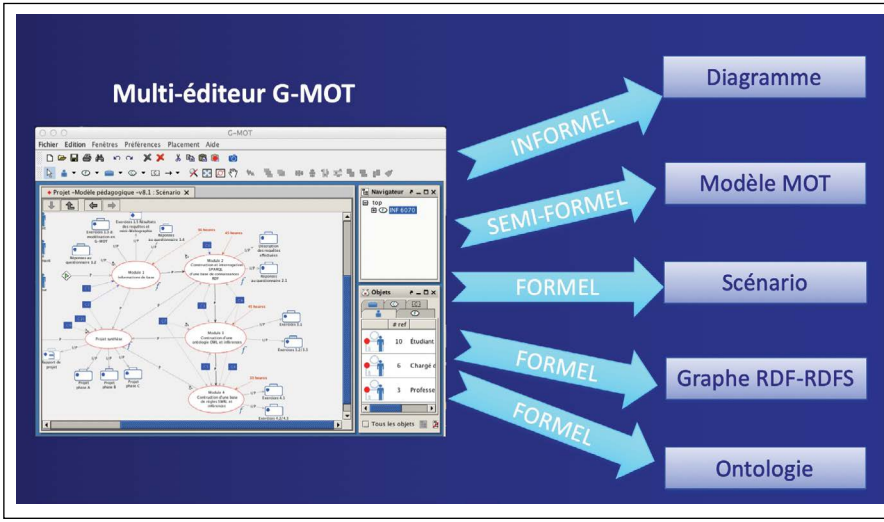


FIGURE 3.6 **Les cinq éditeurs du multi-éditeur GMOT**

Le langage et les outils de modélisation MOT, MOTplus et GMOT offrent la possibilité d'intégrer dans un même modèle des points de vue différents (déclaratif, procédural, stratégique), ainsi que les principales méthodes de représentation (cartes conceptuelles, algorithmes, arbres de décision, systèmes de règles). Cette généralité permet de construire une variété de modèles à partir d'un petit nombre de types de connaissances et de liens. Ces modèles peuvent être informels (cartes conceptuelles), semi-formels (en modélisation typée) ou formels (langages RDFS, OWL, scénarios).

4.5 Les contributions de l'ingénierie des connaissances à l'IENA

On peut voir un apprentissage comme un processus par lequel on passe d'un modèle de ses connaissances internes à un moment donné à un modèle plus évolué de celles-ci à la fin d'un apprentissage.

La représentation des connaissances joue donc un rôle central dans les ENA. Elle peut servir entre autres à diagnostiquer ou à évaluer l'état des connaissances d'un apprenant ou d'une apprenante à tout moment de sa démarche d'apprentissage, à lui communiquer des informations structurées utiles pour son apprentissage; elle peut aussi servir de base à des stratégies d'apprentissage utilisées par la personne elle-même pour améliorer son modèle des connaissances. Cela conduit à plus de stratégies d'utilisation de la modélisation des connaissances, dont les suivantes :

– *Diagnostiquer ou évaluer les connaissances d'une personne*. Ce processus se réalise en trois étapes : 1) identifier les compétences de la personne sur un sujet au moyen de diverses techniques d'évaluation ou d'autoévaluation, 2) les représenter structurellement, puis 3) comparer cette représentation avec un modèle idéal, par exemple celui qui est fourni par des experts du domaine (Jonassen *et al.*, 1993).
– *Structurer le contenu de l'apprentissage*. Le but ici est de fournir une représentation structurée du contenu dans un site Web et/ou de rassembler les éléments du matériel pédagogique en fonction de cette structure. On pourra utiliser diverses méthodes de représentation du contenu sous forme de représentations graphiques, telles que les cartes conceptuelles, les réseaux sémantiques, les cartes causes-effets, les modèles MOT, etc., dans le but d'offrir une vue synthétique de la matière.
– *Apprendre en représentant des connaissances*. Il s'agit d'une stratégie d'apprentissage utilisée par la personne elle-même, seule ou en équipe, dans la découverte d'un domaine (Basque, 2012; Basque et Pudelko, 2010). Typiquement, l'apprenant ou l'apprenante explore le domaine en consultant diverses ressources sur le Web et construit son propre modèle des connaissances qu'il peut ensuite comparer avec ceux d'autres apprenants et apprenantes ou faire valider par une personne connaissant bien le domaine.

L'ingénierie des connaissances permet à la personne qui conçoit un ENA de construire une vue explicite et structurée des connaissances visées qui peut guider la sélection et la structuration du contenu, des activités d'apprentissage et des ressources mis à la disposition des usagers et des usagères de l'ENA. C'est de cette façon que l'on peut intégrer l'ingénierie des connaissances à une méthode d'IENA. L'ingénierie des connaissances est au cœur de plusieurs processus de la méthode où elle sert notamment à :

– construire un modèle des connaissances et des compétences visées dans l'ENA;
– élaborer les scénarios pédagogiques décrivant les activités proposées ainsi que les ressources utilisées et produites dans ces activités;

– définir les modèles médiatiques des ressources Web nécessaires à l'apprentissage;
– spécifier les processus logistiques de diffusion des ENA lorsqu'ils seront mis en œuvre.

Sur un autre plan, l'ingénierie des connaissances nous aidera à définir la méthode d'IENA elle-même. En appliquant une forme d'ingénierie des connaissances à l'activité de conception pédagogique, elle permettra d'identifier les concepts, les processus et les principes constitutifs de la méthode qui seront utiles. Les sources d'expertise seront puisées à la fois dans les théories et les méthodes de design pédagogique en sciences de l'éducation, ainsi que dans les concepts, les processus et les principes du génie logiciel et du génie cognitif.

Conclusion

Ce chapitre a situé l'IENA au confluent du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie des connaissances. Ces trois méthodologies ont été intégrées jusqu'à un certain point dans la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA[10]) développée par l'Institut LICEF. Il y aura lieu d'assurer une plus forte intégration, notamment de certains aspects plus récents du design pédagogique scientifique et du génie logiciel fondé sur la science des données. C'est d'ailleurs encore plus vrai pour la plupart des méthodes d'ingénierie pédagogique qui parfois se concentrent uniquement sur une ou deux de ces trois méthodologies.

Par ailleurs, l'IENA doit intégrer les quatre phases principales du cycle de vie d'un ENA présenté à la figure 3.7 avec les personnes qui y jouent un rôle, les processus qui s'enchaînent et dont celles-ci sont responsables. Le concepteur ou la conceptrice pédagogique produit les plans et les devis de l'ENA qui servent d'intrant à sa réalisation par un ou une spécialiste en médiatisation. L'ENA est ensuite mis en diffusion et utilisé par les apprenants et les apprenantes et souvent par un ou plusieurs facilitateurs et facilitatrices. Un ou une gestionnaire de l'ENA s'assure de la maintenance de la qualité de l'ENA en recueillant et évaluant des données d'utilisation, en produisant des demandes pour sa révision au besoin. Ces demandes de révision sont communiquées au concepteur ou à la conceptrice, ce qui amorce un autre cycle conception/réalisation/utilisation/évaluation.

10 Voir la discussion du chapitre 4 sur la MISA.

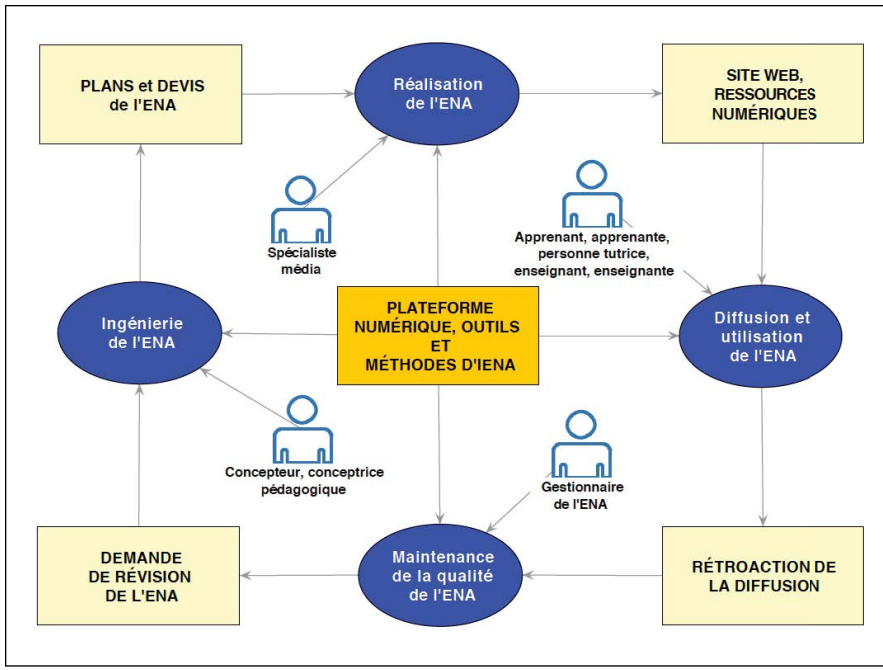


FIGURE 3.7 **Le cycle de vie d'un ENA (Paquette, 2014)**

La problématique que soulève l'implantation des pratiques de l'IENA dans les systèmes éducatifs a été trop brièvement évoquée à ce jour. Il importe de souligner ici l'énorme défi que représente l'implantation de l'IENA, un défi majeur trop souvent occulté, qui implique d'importantes transformations dans la pratique des établissements d'enseignement et également dans les modes d'apprentissage et d'enseignement.

Pour les établissements, la pratique de l'IENA implique notamment la mise en place d'une infrastructure technologique adéquate, le recrutement et l'intégration d'équipes de spécialistes, la modification des processus de travail institutionnel pour soutenir une éducation de qualité. L'ampleur de ces transformations explique le retard à tirer pleinement parti des énormes possibilités offertes par les technologies numériques, limitant souvent leur usage à l'imitation de présentations en classe, plus faciles à mettre en œuvre.

Par ailleurs, les personnes enseignantes doivent transformer en profondeur leurs pratiques pédagogiques et se voient forcées de ne plus envisager leur tâche en solo. On ne peut demander à une personne enseignante seule d'intégrer à la fois des compétences en design pédagogique, des compétences informatiques

et médiatiques et des compétences en ingénierie des connaissances. Le travail collaboratif d'ingénierie des ENA devient incontournable.

Pour les apprenants et les apprenantes surtout, l'usage des ENA est beaucoup moins confortable que l'écoute de présentations en classe, mais il est potentiellement plus fécond. L'apprentissage requiert davantage d'autonomie et de participation interactive, sans compter les nouvelles compétences informationnelles et techniques requises[11]. L'IENA doit tenir compte de nouveaux objectifs et de nouvelles conditions d'apprentissage, indispensables dans une société numérique de plus en plus axée sur les connaissances et les compétences.

11 Voir le chapitre 12 à ce sujet.

Références

Allemang, D. et Hendler, J. (2011). *Semantic Web for the working ontologist: Effective modeling in RDFS and OWL*. Morgan-Kaufmann/Elsevier.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Rhinehart & Winston.

Basque, J. (2012). Apprendre en construisant des cartes de connaissances à l'aide d'un outil logiciel : oui, mais selon quelle technique? Dans *Actes du XIIIe colloque pédagogique de l'Alliance française de São Paulo*. Alliance française de São Paulo. https://r-libre.teluq.ca/372/

Basque, J. et Pudelko, B. (2010). Modeling for learning. Dans G. Paquette (dir.), *Visual knowledge modeling for semantic web technologies: Models and ontologies* (p. 325-343). IGI Global. https://r-libre.teluq.ca/433/

Basque, J., Rogozan, D. et Pudelko, B. (2004). *Les outils informatisés de construction de cartes de connaissances : des outils pour l'apprenant, le concepteur et le formateur en contexte de téléapprentissage* [communication]. Congrès de l'ACFAS, 4e colloque annuel du CIRTA, Montréal, 10-12 mai 2004. https://r-libre.teluq.ca/2214/

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W. et al. (2001). *Manifeste pour le développement Agile de logiciels*. Site du Manifeste. http://agilemanifesto.org/iso/fr/manifesto.html

Berners-Lee, T., Hendler, J. et Lassila, O. (2001, mai). The semantic Web. *Scientific American*, *284*(5), 34-43.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Book I. Cognitive domain*. Longman.

Booch, G., Rumbauch, J. et Jacobson, I. (2005). *The unified modeling language user guide* (2e éd.). Addison-Wesley.

Bouchy, S. (1994). *L'ingénierie des systèmes d'information évolutifs*. Eyrolles.

Bruner, J. S. (1966). *Towards a theory of instruction*. Harvard University Press.

Chen, P. (2002). Entity-relationship modeling: Historical events, future trends, and lessons learned. *Software pioneers: contributions to software engineerin*g. Springer.

Collins, A. et Stevens, A. L. (1983). A cognitive theory of inquiry teaching. Dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models* (p. 247-278). Lawrence Earlbaum.

Dewey, J. (1900). Psychology and social practice. *The Psychological Review*, 7, 105-124.

Ermine, J. L. (1993). *Génie logiciel et génie cognitif pour les systèmes à base de connaissances. Volume 1. Aspects méthodologiques*. Lavoisier Tec & Doc.

Firesmith, D. G. (1993). *Object-oriented requirements analysis and logical design*. Wiley.

Gagné, R. M. (1970). *The conditions of learning* (2e éd.). Holt, Rhinehart & Winston.

Goel, V. et Pirolli, P. (1989, printemps). Design within information-processing theory: The design problem space, *AI Magazine*, *10*(1), 19-36.

Hart, A. (1997). *Acquisition du savoir pour les systèmes experts.* Dunod.

Hayes-Roth, F., Waterman, D. A. et Lenat, D. B. (1983). *Building expert systems*. Addison-Wesley.

Horn, R. E. (1969). *Information mapping for learning and reference*. Information Resources Inc.

Jacobson, I. (1992). *Object-oriented software engineering: A use case driven approach*. ACM Press.

Jonassen, D. H., Beissner, K. et Yacci, M. (1993). *Structural knowledge: Techniques for representing, conveying and acquiring structural knowledge*. Laurence Earlbaum Associates.

Kleppe, A. G., Warmer, J. B. et Bast, W. (2003). *MDA explained. The model driven architecture: practice and promise*. Addison-Wesley.

Landa, L. (1976). *Instructional regulation and control: Cybernetics, algorithmization, and heuristics in education*. Educational Technology Publications.

Larman, C. et Basili, V. R. (2003, juin). Iterative an incremental development: A brief history, agile methods. *Computer Journal, IEEE Computer Society*.

Le Moigne, J. L. (1995). *Les épistémologies constructivistes*. Presses Universitaires de France.

McGraw, K. L. et Harbisson-Briggs, K. (1989). *Knowledge acquisition*. Prentice-Hall.

Merrill, M. D. (1983). Component display theory. Dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models* (p. 279-333). Lawrence Earlbaum.

Merrill, M. D. (1994). *Principles of instructional design*. Educational Technology Publications.

Newell, A. et Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall.

Paquette, G. et Roy, L. (1990). *Systèmes à base de connaissances*. Télé-université du Québec.

Paquette, G. (2002). *La modélisation des connaissances et des compétences, un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2010). Ontology-based educational modelling: Making IMS-LD visual. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, *7*(3-4), 263-296.

Paquette, G. (2014). Technology-based instructional design: Evolution and major trends. Dans M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen J. et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 661-671).

Polya, G. (1957). *Comment poser et résoudre un problème?* Dunod.

Quatrani, T. (2002). *Visual modeling with rational rose 2002 and UML*. Addison-Wesley Object Technology Serie.

Reigeluth, C. M. (dir.). (1983). *Instructional-design theories and models: Vol. I. An overview of their current status*. Erlbaum.

Reigeluth, C. M. (dir.). (1999). *Instructional-design theories and models: Vol. II. A new paradigm of instructional theory*. Erlbaum.

Reigeluth, C. M., Beatty, B. J. et Myers, R. D. (dir.). (2017). *Instructional-design theories and models: Vol. IV. The learner-centered paradigm of education*. Routledge.

Reigeluth, C. M. et Carr-Chellman, A. A. (dir.). (2009). *Instructional-design theories and models: Vol. III. Building a common knowledge base*. Routledge.

Reigeluth, C. M. et Rodgers, C. A. (1980). *The elaboration theory of instruction: Prescriptions for task analysis and design. NSPI Journal*, *19*(1), 16-26.

Romiszowski, A. J. (1981). *Designing instructional systems*. Kogan Page London/ Nichols Publising.

Scandura, J. M. (1973). *Structural learning I: Theory and research*. Gordon & Breach science Publishers.

Simon, H. A. (1981). *The sciences of the artificial*. The MIT Press. [Traduction française de J.-L. Le Moigne (1990), *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*, Dunod.]

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, *24*(2), 86-97.

Tennyson, R. D. (1990). Cognitive learning theory linked to instructional theory. *Journal of Structured Learning*, *10*(3), 249-258.

Vogel, C. (1988). *Génie cognitif*. Masson.

Waterman, D. A. (1986). *A guide to expert systems*. Addison-Wesley.

West, C. K., Farmer, J. A. et Wolff, P. M. (1991). *Instructional design, implications from cognitive science*. Allyn and Bacon.

Williams, R. G. (1977). A behavioural typology of educational objectives for the cognitive domain. *Educational Technology*, *17*(6).

CHAPITRE 4

APPORTS DE LA MÉTHODE D'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES D'APPRENTISSAGE (MISA) À L'INGÉNIERIE DES ENA

Gilbert Paquette

RÉSUMÉ

Ce chapitre présente une méthode générale d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, de l'ingénierie des systèmes d'information et de l'ingénierie des connaissances. La MISA résulte de recherches effectuées à l'Institut LICEF sur une période d'une vingtaine d'années ainsi que de l'expérience acquise dans la réalisation de nombreux projets où elle a été appliquée tant au Québec qu'à l'étranger. Ce chapitre précise d'abord la notion de « système d'apprentissage », puis présente la MISA selon ses points de vue conceptuel, procédural et stratégique. La théorie qui caractérise cette méthode sera comparée à d'autres théories de l'apprentissage et d'enseignement. Un survol des critiques parfois formulées à l'égard des méthodes d'ingénierie pédagogique permettra de dégager des orientations pour une nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA).

MOTS-CLÉS

Méthode d'ingénierie pédagogique; apprentissage; environnements numériques d'apprentissage; système d'apprentissage; design pédagogique scientifique; modélisation des connaissances, modélisation des compétences.

Introduction

Les chapitres précédents ont permis d'identifier les bases de l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage[1] et de définir les notions de système, de dispositif et d'environnement d'apprentissage, de même que la notion d'environnement numérique d'apprentissage (ENA[2]). Le présent chapitre traite d'une méthode spécifique d'ingénierie pédagogique développée à l'Institut LICEF, appelée la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA[3]).

Le tableau 4.1 résume les principales phases de développement ayant mené à la version actuelle de cette méthode ainsi qu'à des outils et à des systèmes qui instrumentent son utilisation.

Comme on peut le constater, la conception de la MISA a été entreprise au moment où l'Internet prenait son essor et s'est poursuivie jusqu'à tout récemment[4]. L'ouvrage principal qui présente cette méthode (Paquette, 2002a) a été traduit en partie en anglais (Paquette, 2004). Une version des guides de la méthode a également été traduite en espagnol et en mandarin et a été utilisée dans plusieurs pays.

La MISA est une méthode générale qui permet de concevoir une grande variété d'environnements numériques d'apprentissage (ENA). Elle a pour principaux objectifs de :

- prendre en compte les exigences de la conception de formations utilisant les technologies numériques;
- intégrer la modélisation de connaissances et de compétences dans ses processus, ses produits et ses principes d'opération;
- rendre la démarche d'ingénierie pédagogique visible par des modèles visuels et de la structurer de manière à permettre un contrôle de qualité tant sur les processus que sur les produits qui en résultent;

1 Voir le chapitre 3.

2 Voir le chapitre 1.

3 Ce chapitre est en partie une adaptation du chapitre 4 du livre *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau* (Paquette, 2002a). Il intègre aussi des éléments du document *MISA 4.1 – Présentation de la méthode, version 1.2* (mars 2011) d'un cours de la professeure Josianne Basque à l'Université TÉLUQ.

4 Cette première version a été publiée dans la revue américaine *Educational Technology* (Paquette *et al.*, 1994).

TABLEAU 4.1 **Les principales étapes de développement de la MISA**

Période	Projets et activités	Résultat
1992-1994	Conception d'un cours de design pédagogique à l'Université TÉLUQ, intégrant la modélisation des connaissances. Développement d'un atelier de génie didactique (AGD) informatisé incluant une première version de la MISA[5].	MISA 1.0 AGD
1995-1996	Mise à l'essai et validation de la MISA 1.0 par une dizaine d'organismes et d'entreprises. Révision de la méthode. Conception du logiciel MOT (modélisation par objets typés[6]) pour la représentation des connaissances; logiciel expérimenté avec l'AGD.	MISA 2.0 MOT 1.0
1996-1997	Mise à l'essai de la MISA 2.0 auprès de six équipes pédagogiques de l'Université TÉLUQ. Réalisation de la MISA 3.0 intégrant dix-sept typologies d'objets pédagogiques.	MISA 3.0 MOT 2.3
1998-2000	Production de la MISA 4.0. Travail accompli en parallèle avec le développement du logiciel MOTplus (anciennement AGDI). Réalisation d'un nouvel atelier distribué d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (ADISA).	MISA 4.0 MOTplus ADISA
2000-2010	Application ou spécialisation de la méthode dans plusieurs projets d'organisations partenaires du LICEF ou de cours de la TÉLUQ, traduction en langue espagnole, versions spécialisées de la méthode. Adaptation à la norme IMS-LD et spécialisation du logiciel MOT à MOT+LD; adaptation au langage du Web sémantique MOT+OWL.	MISA 4.1 GMOT
2010-2011	Révision de la méthode pour un cours de la TELUQ sur la MISA. Développement d'une nouvelle version du logiciel MOT, le multi-éditeur GMOT.	MISA 4.1 GMOT
Depuis 2012	Développement du système TELOS (*technology-enhanced learning operating system*) et de modèles graphiques de la MISA intégrés dans TELOS. Multiples projets d'application au Québec et à l'étranger.	MISA 4.0 et GMOT dans TELOS

5 La modélisation par objets typés (MOT) (Paquette, 1996, 2002b) est un langage visuel de représentation des connaissances à la base des outils logiciels MOT, MOTplus et GMOT, qui servent entre autres à créer des composantes centrales de la MISA. Ceux-ci ont été intimement intégrés dans les ateliers de soutien à l'ingénierie pédagogique AGD, ADISA et du système TELOS.

6 La nécessité d'une méthode d'ingénierie pédagogique est apparue lorsque, dans le projet AGD, l'équipe du LICEF a analysé certains cours de l'entreprise d'informatique DMR, pour laquelle l'AGD était développé, constatant que les objectifs des cours ne concordaient pas avec les activités et les éléments du matériel qui étaient proposés.

La MISA est une méthode générale qui permet de concevoir une grande variété d'environnements numériques d'apprentissage (ENA). Elle a pour principaux objectifs de :

- prendre en compte les exigences de la conception de formations utilisant les technologies numériques;
- intégrer la modélisation de connaissances et de compétences dans ses processus, ses produits et ses principes d'opération;
- rendre la démarche d'ingénierie pédagogique visible par des modèles visuels et de la structurer de manière à permettre un contrôle de qualité tant sur les processus que sur les produits qui en résultent;
- faciliter la communication et l'atteinte de consensus entre les diverses personnes impliquées dans la conception d'ENA, grâce à l'intégration de principes d'opération inspirés de ceux du génie logiciel;
- organiser la démarche d'ingénierie sans restreindre la créativité essentielle à l'élaboration de stratégies pédagogiques et médiatiques innovatrices;
- faciliter la production d'ENA offrant des itinéraires d'apprentissage variés et adaptables par les apprenants et les apprenantes, les formateurs et les formatrices ainsi que par les gestionnaires de la formation;
- soutenir la réutilisation des devis des ENA et de leurs composantes d'un projet de formation à l'autre;
- maintenir la cohérence d'ensemble du système d'apprentissage[7], tant en ce qui a trait au contenu (connaissances et compétences) qu'en ce qui concerne les autres dimensions et les différents devis entre eux.

La section 1 de ce chapitre précise les composantes du système d'apprentissage et des ENA que la méthode a pour but de définir. La section 2 présente la méthode elle-même dans ses trois dimensions : conceptuelle, procédurale et stratégique. La théorie d'enseignement sur laquelle se fonde la MISA est présentée dans la section 3. Cette théorie est comparée en section 4 avec certaines des principales théories de l'apprentissage et d'enseignement proposées dans le domaine de la technologie éducative. La section 5 propose quant à elle un survol des critiques générales qui ont été formulées à l'égard des méthodes d'ingénierie pédagogique pour évaluer comment la MISA y répond. De ces analyses sont dé-

7 Dans ce chapitre, le terme « système d'apprentissage » sera utilisé lorsqu'on veut mettre l'accent sur l'ensemble des produits résultant de l'utilisation de la méthode, à savoir les plans et les devis d'un ou de plusieurs ENA, ainsi que l'ENA mis en diffusion. Le terme « environnement d'apprentissage » est réservé aux interfaces numériques interreliées des personnes jouant un rôle dans un ENA qui regroupe les ressources d'apprentissage ou d'enseignement mises à leur disposition.

gagées, en conclusion, certaines orientations pour l'élaboration d'une prochaine version de la méthode centrée sur l'ingénierie des ENA (IENA).

1 Le système d'apprentissage dans la MISA et les ENA

Il importe d'abord de préciser le concept de système d'apprentissage, qui regroupe les éléments construits à l'aide de la MISA.

Lorsqu'on aborde la question de l'apprentissage en ligne sur les réseaux, on peut difficilement se limiter au concept de cours numérisé tel qu'il est défini implicitement dans la majorité des applications actuelles, soit un ensemble de pages Web présentant des informations, des exercices et des tests, reliées par des hyperliens, auxquelles on ajoute certains outils de communication. Le concept de système d'apprentissage présenté ici est plus large. Il renvoie aussi bien au développement d'événements d'apprentissage unitaires comme un cours, un module ou une activité, qu'au développement d'un ensemble d'environnements soutenant les interactions dans une communauté de pratique, ou encore un ensemble intégré de cours, d'activités de formation et d'environnements de soutien au travail.

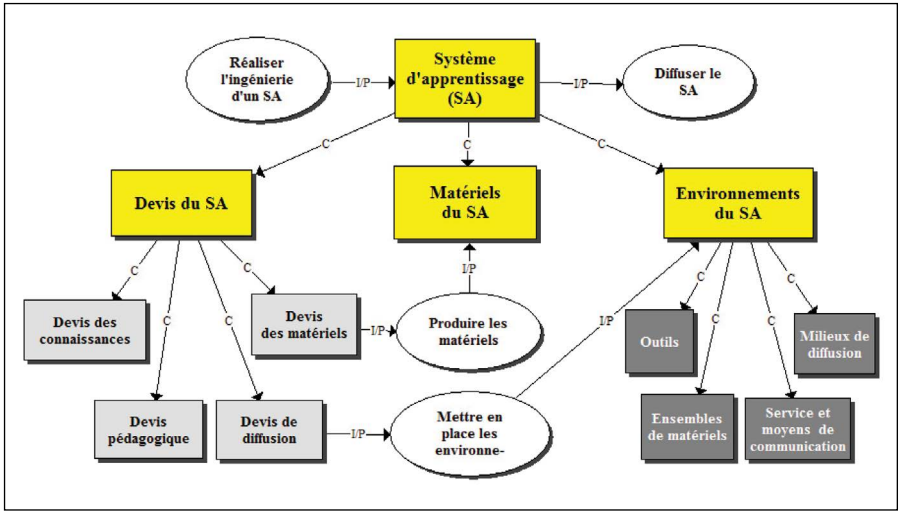
Comme l'indique la figure 4.1, un système d'apprentissage (SA) produit à l'aide de la MISA comporte trois composantes principales, décrites dans les pages qui suivent :

- le *devis général du système d'apprentissage*, qui regroupe quatre devis spécialisés, soit le devis des connaissances et des compétences, le devis pédagogique, le devis des matériels (pédagogiques ou organisationnels) ainsi que le devis de diffusion du SA;
- les *matériels* du système d'apprentissage, produits sur la base du devis des matériels, réutilisés ou adaptés à partir de ressources Web existantes;
- les *environnements*[8] propres aux personnes participant à la diffusion de l'ENA et qui intègrent certains de ces matériels à l'intention des apprenants et des apprenantes et des autres personnes intervenant au moment de la diffusion du SA, ainsi que des outils, des moyens de communication, des services en ligne et des lieux de diffusion.

8 La notion d'environnement est dans la MISA volontairement plus large que celle de l'ENA puisqu'elle inclut des composantes non numérisées, comme une salle de classe ou des équipements de laboratoire.

1.1 Le devis général du système d'apprentissage

Il est important qu'un système d'apprentissage contienne son propre devis, un peu comme si les plans et la documentation de l'architecture d'une maison faisaient partie intégrante de celle-ci. Ce devis doit également inclure chaque devis du ou des ENA faisant partie du SA. Cette idée est inspirée d'une tendance lourde en ingénierie logicielle selon laquelle la documentation technique d'un logiciel et même le modèle de celui-ci doivent en faire partie intégrante. Cette approche est d'autant plus nécessaire ici puisque, sans la description du devis, l'ENA ne pourra fonctionner efficacement dès lors qu'il met en jeu plusieurs acteurs : apprenants et apprenantes, formateurs et formatrices, spécialistes de contenu, gestionnaires,personnel de soutien technique. Toutes ces personnes doivent en effet être informées de leurs rôles respectifs dans les divers processus. Par ailleurs, toute personne pouvant être remplacée, les technologies et les médias évoluant constamment, la consultation du devis permettra plus facilement de modifier celui-ci ou de faire varier certaines de ses composantes sans tout reconstruire.



Légende : Lien C (se compose de); lien I/P (est intrant de/a pour produit).

FIGURE 4.1 **Le concept de système d'apprentissage**

Le devis général du système d'apprentissage comporte quatre composantes spécifiques qui sont développées au cours des diverses phases de conception, décrivant chacune une dimension importante des ENA :

– *Le devis des connaissances et des compétences* définit les connaissances du système d'apprentissage et leurs interrelations, ainsi que les compétences que les apprenants et les apprenantes devront être capables d'exercer relativement à ces connaissances[9]. Ce devis est un modèle graphique subdivisé en sous-modèles, lesquels seront ensuite associés aux unités d'apprentissage pour en décrire le contenu, ainsi qu'aux ressources et aux instruments utilisés dans les unités et les activités d'apprentissage.
– Le *devis pédagogique* décrit le « réseau des événements d'apprentissage » (REA) ou, si l'on préfère, la structure de la formation subdivisée en événements et en unités d'apprentissage. Il définit la composition des unités d'apprentissage sous la forme d'un ou de plusieurs scénarios pédagogiques décrivant les activités d'apprentissage, les ressources qui y sont utilisées et les productions à réaliser. Selon les choix de conception, le devis pourra aussi décrire les activités des formateurs et des formatrices, du personnel enseignant, des personnes tutrices, des outils-conseils numérisés, etc., qui interviendront dans les activités en soutien aux apprenants et aux apprenantes.
– Le *devis des matériels* ou *devis médiatique* définit la composition des matériels pédagogiques utilisant divers médias : site Web, disque optique, cassettes analogiques, imprimés ou PDF, matériel 3D. Il décrit sa structure à l'aide d'un modèle graphique ou d'un scénario-maquette (storyboard) détaillé. Il identifie les éléments médiatiques de base (texte, image fixe, son, image animée, etc.) et les liens de transition permettant de passer d'un élément médiatique à un autre, ou d'une composante numérisée de l'ENA à une autre.
– Le *devis de diffusion* ou *devis logistique* définit les rôles des personnes qui interviennent lors de la diffusion de l'ENA, soit en l'utilisant, soit en fournissant des ressources. Il décrit les principales ressources qui devront être disponibles dans l'environnement de chacune d'elles : matériels, outils, moyens de communication, services et milieux de diffusion. Il permet de planifier la mise en place des infrastructures technologiques et organisationnelles et de concevoir les processus de diffusion et de maintenance de la qualité du ou des ENA.

1.2 Les matériels du système d'apprentissage

Sur la base principalement du devis médiatique, une équipe de développement réutilisera des matériels existants ou définira un ou plusieurs matériels pédagogiques (en général numérisés) concrétisant les approches pédagogiques et le contenu spécifiés dans les autres devis. Les matériels constituent la partie « artefact »

9 Voir à cet effet le chapitre 8.

d'un ENA, celle avec laquelle les divers acteurs vont interagir au moment de sa diffusion.

Le concept d'ENA admet plusieurs types d'agencement des matériels pédagogiques, selon les publics cibles et selon les types de médias et de supports. Dans ce type d'environnements, les ressources sont en général intégrées à un site Web en mode multimédia. Les divers matériels, quel que soit le média utilisé (texte, son, image fixe ou dynamique), sont tous numérisés et intégrés sur un support médiatique unique destiné à être diffusé directement sur Internet à partir du serveur multimédia sur lequel le matériel a été préalablement transféré. Le matériel de diffusion multimédia intègre, dans un réseau d'hyperliens, de plus petites composantes médiatiques portant chacune une part du contenu de la formation, y compris la description des activités proposées à l'apprenant et à l'apprenante et des productions qu'il aura à réaliser.

Un autre type de devis médiatique possible est le « modèle plurimédia » où tous les matériels numérisés qui sont stockés sur des serveurs informatiques sont diffusés sur différents supports en fonction des exigences des infrastructures technologiques disponibles aux usagers et usagères et de la nature des matériels. Certains textes pourront être imprimés et expédiés par la poste, gravés sur disque ou diffusés sous forme de fichiers numérisés sur Internet. Les matériels audiovisuels seront téléversés d'un serveur sur un poste de travail. D'autres techniques comme la vidéo en continu (*video streaming*) ou la baladodiffusion (*podcasting*) assureront la diffusion des matériels audiovisuels en temps réel.

1.3 Les environnements propres aux personnes participant à la diffusion de l'ENA

La troisième et dernière composante d'un système d'apprentissage construit à l'aide de la MISA regroupe les environnements rendus disponibles aux différentes personnes qui participent à la diffusion de l'ENA : apprenants et apprenantes, formateurs et formatrices, gestionnaires, spécialistes de contenu, conseillers et conseillères techniques, etc. On y trouve un ensemble de documents, d'outils, de moyens de communication et de services identifiés dans le devis de diffusion et choisis en fonction des besoins de chaque acteur. Ces ressources sont souvent génériques, en ce sens qu'une ressource, comme un questionnaire de rétroaction, un service de soutien technique, un courriel ou un forum, pourra être utilisée dans plusieurs ENA et pour différentes personnes.

En plus du site Web propre à l'environnement de chaque personne participant à la diffusion de l'ENA, il faut prévoir regrouper à l'extérieur du site de l'ENA, dans un centre virtuel de ressources ou un campus virtuel, la bibliothèque, les

moyens de communication, les services ou les règlements de diffusion qui sont génériques. De cette façon, il devient possible de confier à la personne utilisatrice elle-même, en plus ou moins grande partie, la construction de son environnement, qu'elle pourra personnaliser à partir d'une banque de ressources.

2 Les trois dimensions de la méthode

La MISA a été construite au moyen d'une démarche d'ingénierie des connaissances analysant le travail de conception des ENA à l'aide de la technique de modélisation des connaissances par objets typés (MOT) (Paquette, 2002b).

Elle regroupe trois dimensions : *conceptuelle* (ce qui est produit par l'équipe de conception), *procédurale* (les tâches organisées en processus que l'équipe de conception réalise) et *stratégique* (les principes d'adaptation et d'exécution des tâches du processus et les contraintes à respecter quant aux produits qui composent un ENA).

2.1 La dimension conceptuelle : les devis et les éléments de documentation

Le concept principal de la méthode est celui du devis général d'un système d'apprentissage (SA) qui servira ensuite à produire des matériels et à mettre en place le ou les environnements d'apprentissage. Le devis du SA regroupe un sous-ensemble choisi parmi les trente-cinq « éléments de documentation » (ED) proposés dans la méthode et qui sont énumérés au tableau 4.2. L'équipe de conception sélectionne les ED qui feront partie du devis en fonction du problème de formation et du contexte du projet : contraintes, attentes, ampleur visée du SA, etc. qui sont décrites dans les ED 100, 102, 104, 106 et 108.

Le devis peut être structuré en dossiers regroupant les ED par phases, par axes ou selon d'autres critères, par exemple les différents rôles dans la réalisation de l'ENA : gestion du projet, médiatisation, création de contenu, diffusion, etc.

Concept inspiré des méthodes de génie logiciel, les ED constituent les principaux produits de la MISA. Le tableau 4.2 présente les trente-cinq ED proposés par la MISA, regroupés par phases et par axes. Chaque ED est identifié par un code composé de trois chiffres, qui indique sa position relative dans la démarche de conception :

– le premier chiffre de l'ED indique l'une des six phases dans laquelle il sera produit;

TABLEAU 4.2 *Les trente-cinq éléments de documentation (ED) proposés dans la MISA, distribués par phases et par axes*[10]

Phase 1- Définition	100 Contexte de la formation 106 Ressources et contraintes	102 Objectifs d'apprentissage 108 Documents de référence	104 Public cible	
	Axe des connaissances	**Axe pédagogique**	**Axe médiatique**	**Axe logistique**
Phase 2 – Analyse préliminaire	210 Orientation du modèle **212 Modèles des connaissances** 214 Compétences	220 Principes pédagogiques **222 Réseau des événements** 224 Propriétés des UA	230 Principes médiatiques	240 Principes de diffusion 242 Analyse coût-bénéfices
Phase 3 – Architecture	***310*** **Connaissances par unités d'apprentissage**	**320 Scénarios** 322 Propriétés des activités	330 Infrastructure de développement	340 Planification de la diffusion
Phase 4 –Devis détaillé	***410*** **Connaissances des ressources pédagogiques**	420 Propriétés des ressources	430 Liste des ressources **432 Modèles médiatiques** 434 Éléments médias 436 Documents sources	**440 Modèles de diffusion** 442 Ressources des acteurs 444 Outils et télécom 446 Services de diffusion
Phase 5 – Validation	540 Planification des mises à l'essai	542 Registre des révisions		
Phase 6 – Plan de diffusion	610 Gestion des connaissances et des compétences	620 Gestion des acteurs et des groupes	630 Gestion des ressources	640 Maintenance/ Gestion de la qualité

– le deuxième chiffre correspond à l'axe auquel l'ED se rattache : 1 pour le devis des connaissances; 2 pour le devis pédagogique; 3 pour le devis médiatique et 4 pour le devis de diffusion (0 pour les ED de la phase 1);
– le troisième chiffre permet de distinguer les ED appartenant à la même phase et au même axe.

Certains ED (en caractère gras dans le tableau 4.2) sont des modèles visuels réalisés lors de la conception à l'aide d'un logiciel de modélisation comme MOT-plus ou GMOT[11]. Par exemple, l'ED 212 présentera une structure de haut niveau du domaine de connaissances, qui servira de base pour y ancrer les compétences visées (ED 214). L'ED 222 établira la structure pédagogique de haut niveau, subdivisant l'ENA en modules ou événements d'apprentissage. Par la suite, le modèle des connaissances et des compétences sera distribué dans ces modules (ED 310) et, au besoin, également dans les modèles médiatiques de certaines ressources

10 Dans certains textes, l'axe des connaissances est parfois nommé « axe des connaissances et des compétences » et l'axe logistique, « axe de diffusion ».

11 Voir http://lice.licef.ca/index.php/gmot-motplus-et-mot/

(ED 410). Dans l'axe pédagogique, les unités d'apprentissage ou les modules seront décrits par un scénario d'apprentissage (ED 320) décrivant les personnes y jouant un rôle, les activités qu'elles réalisent, ainsi que les ressources utilisées et produites dans chaque activité de l'unité d'apprentissage. Dans les deux autres axes, les modèles médiatiques (ED 432) et les modèles de diffusion (ED 440) complètent la description graphique de l'ENA.

Les autres ED prennent la forme de fiches ou de tableaux décrivant les propriétés d'une des composantes du SA. Les propriétés de plusieurs de ces composantes reposent sur dix-sept typologies[12] qui sont intégrées dans les fiches ou les tableaux, offrant des choix lors de la conception. Par exemple, la fiche de l'ED 220 présente des choix d'orientation pédagogique pour faciliter l'élaboration subséquente des activités d'apprentissage. On demande d'abord de choisir un type de réseau d'événements d'apprentissage (modulaire, linéaire, ramifié, hiérarchique ou en toile). On demandera ensuite : quels types d'événements d'apprentissage seront privilégiés (scénarios de type réception d'informations, exercices d'application, études de cas, découverte guidée, résolution de problèmes, réalisation de projets); quel type de collaboration on prévoit entre les apprenants et apprenantes; quelles formes d'évaluation des apprentissages seront retenues; quels types de ressources et quels degrés de personnalisation seront possibles et par qui celle-ci sera réalisée (formateur, formatrice, apprenant, apprenante, etc.).

2.2 La dimension procédurale : les tâches et les processus de la méthode

Chacun des ED de la méthode se situe à l'intersection d'une phase et d'un axe (sauf les cinq éléments de la phase 1). À chaque ED correspond une tâche, un processus local qui décrit les intrants et les produits de la tâche. Ce processus est une composante à la fois du processus plus global exécuté dans la phase et de celui qui est réalisé dans son axe. Par exemple, les ED 222 et 224 sont tous deux des composantes du processus « proposer une solution initiale » de la phase 2 et du processus « concevoir le devis pédagogique » de l'axe pédagogique (tableau 4.2).

La figure 4.2 présente, sous forme d'un modèle graphique, la tâche qui consiste à définir l'ED 224, soit les propriétés des unités d'apprentissage de l'ENA. L'ingénierie pédagogique dans la MISA n'est pas un processus séquentiel, mais en spirale. Chacune des tâches, comme la figure 4.2 le montre, est définie dans un premier temps par les ED intrants qui influencent son exécution, soit les ED 102, 104, 212,214, 220 et 222, et qui doivent être pris en compte pour une première définition des propriétés des unités d'apprentissage.

---

12 Ces typologies sont présentées dans le chapitre 8.

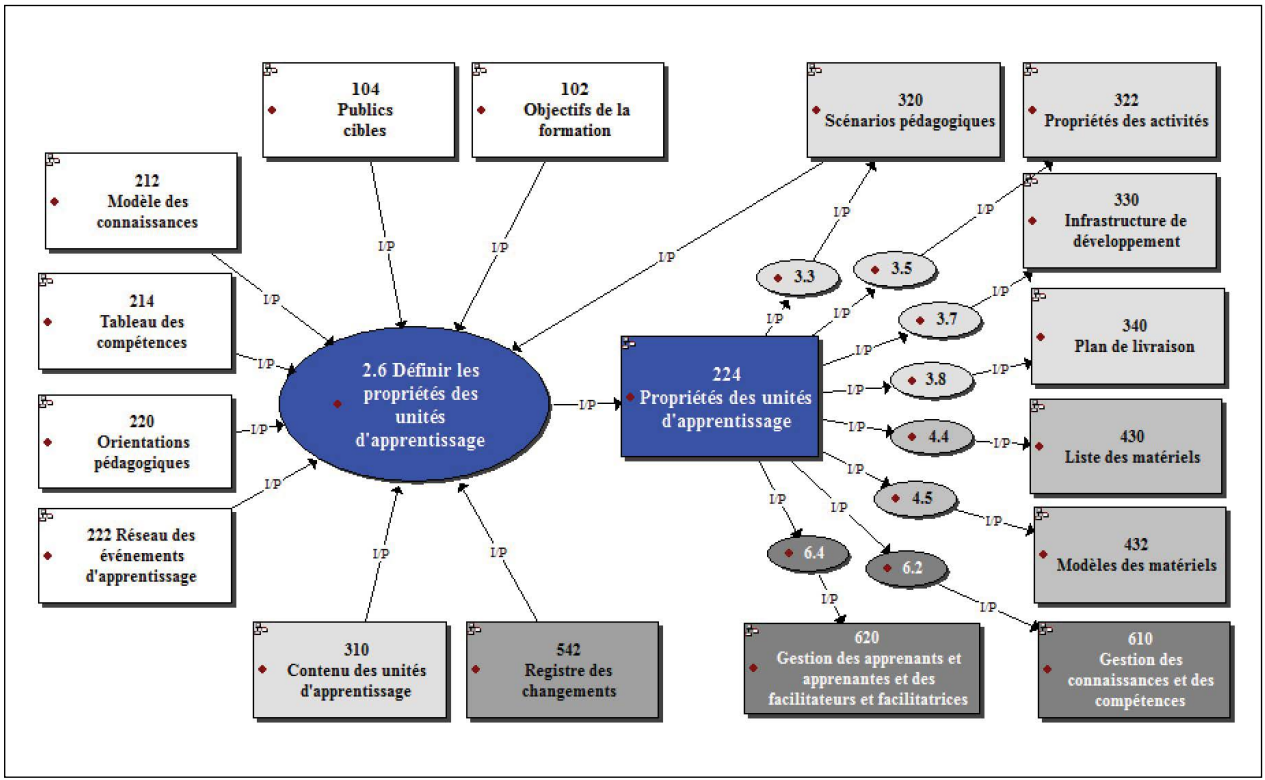


FIGURE 4.2 *Le processus « définir les propriétés des unités d'apprentissage »*

Une fois défini, l'ED 224 influence à son tour d'autres tâches, comme celles qui sont liées aux ED 320, 322, etc. situés à la droite de la figure 4.2.

Le devis pédagogique de l'ENA ne se réalise pas de façon séquentielle, mais en spirale, avec de fréquents retours en arrière prévus dans le modèle. Ainsi, en phase 3, lorsqu'on aura associé aux unités d'apprentissage un contenu (310) et un scénario pédagogique[13] (320), on reviendra à la phase 2 effectuer la tâche 2.6, pour une version révisée de l'ED 224, avec cette fois ces deux ED 310 et 320 comme intrants. Ces versions successives de l'ED 224 seront par la suite utilisées dans les tâches indiquées à la figure 4.2, y compris la tâche 3.3 où l'on révisera les scénarios pédagogiques des unités d'apprentissage, lesquels pourront amener d'autres précisions aux propriétés des unités d'apprentissage.

Toutes les tâches sont définies de cette façon dans la méthode pour chacun des trente-cinq ED.

2.3 La dimension stratégique : les principes d'adaptation, de progression et de coordination

La structure de la méthode en processus, tâches et activités fait en sorte qu'elle peut être utilisée selon une démarche par phases, par axes ou en travaillant directement avec les ED. Il y a donc plusieurs démarches possibles qui peuvent être guidées par des principes d'adaptation, de progression et de coordination.

2.3.1 Les principes d'adaptation

La MISA permet de traiter une grande diversité de projets, d'où la nécessité d'élaborer un choix préalable des ED et de leur contenu, à la suite de la première phase de définition du projet, afin de déterminer lesquels seront requis et quel niveau de détail est souhaitable. Les principes d'adaptation permettent ainsi au concepteur ou à la conceptrice de se définir un cheminement qui lui est personnel dans les activités de la méthode selon la nature de son projet. En voici quelques exemples :

– Le choix d'un mode de diffusion est critique pour adapter la méthode. Un mode de livraison en classe, même constructiviste, dispensera de définir la plupart des éléments du devis concernant le choix des médias, des outils ou

13 Par « scénario pédagogique », on entend ici le scénario d'apprentissage regroupant les activités réalisées par la personne apprenante et le scénario d'enseignement par lequel les facilitateurs (enseignants, enseignantes, personnes tutrices, conseillers, conseillères) soutiennent celle-ci.

des moyens de communication. Un apprentissage à distance ou en autoformation à l'aide majoritairement d'outils informatisés nécessitera au contraire une grande attention à ces questions.

– Le choix d'une formation individuelle plutôt qu'en collaboration réduira considérablement le travail de définition des moyens de communication et de certains aspects des scénarios d'apprentissage, par exemple lors de la rédaction des consignes des activités d'apprentissage.
– On utilisera la méthode différemment selon l'envergure ou la complexité du projet. Ainsi, le développement d'un curriculum comportant plusieurs cours exigera un modèle des connaissances assez vaste. Le devis sera limité aux phases 2 (analyse préliminaire) et 3 (architecture), puis la démarche reprendra la MISA pour chacun des cours et on révisera le devis du programme en fonction du devis des cours. À l'opposé, une unité d'apprentissage de quelques heures permettra de passer rapidement à travers ces deux phases.

2.3.2 Les principes de progression dans les phases

La démarche d'ingénierie qui procède par phases, présentée à la figure 4.3, n'est pas pour autant une démarche dont les activités se suivent en une séquence linéaire. Comme indiqué précédemment, le processus de conception procède plutôt en spirale, par itérations successives.

La démarche d'ingénierie pédagogique procède de l'abstrait vers le concret. En phase 2, elle se base sur les demandes du SA définies en phase 1 pour énoncer les principes d'orientation pour chacun des quatre axes et ceux d'un modèle initial de connaissances et de la structure pédagogique. Au cours des phases 3 et 4, le système prend forme définitivement par la production des éléments principaux des devis. La phase 5 consiste à s'assurer que les matériels produits correspondent bien aux devis de la phase 4. Finalement, la phase 6 est centrée sur la préparation d'un plan de diffusion du SA et de ses ENA.

La définition des principes d'orientation de chacun des quatre devis assure la cohérence du système d'apprentissage. Ces principes sont particulièrement utiles non seulement pour assurer la qualité du produit, mais aussi pour ordonner le travail lorsque le développement s'étale sur plusieurs livraisons et implique la participation de plusieurs types de spécialistes et d'équipes multidisciplinaires. En général, l'usage de ces principes réduit le temps de transmission des informations d'une équipe à une autre, en plus de faciliter les communications entre les équipes.

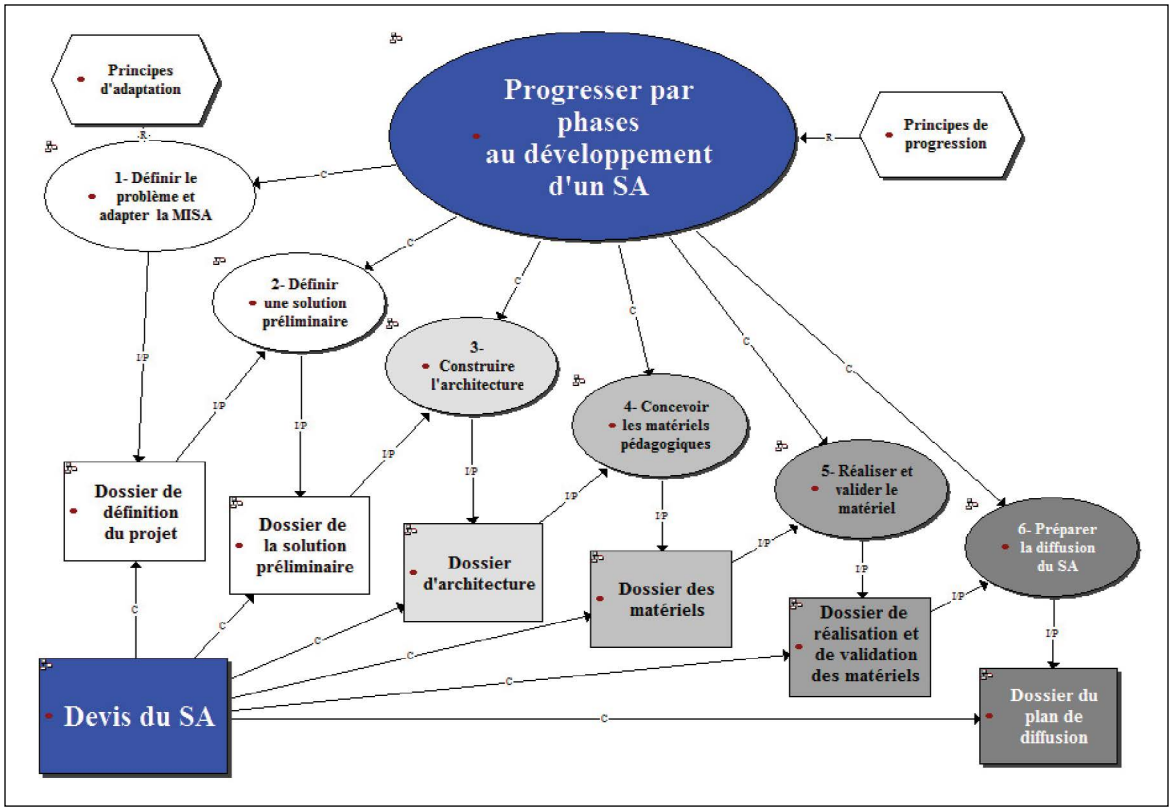


FIGURE 4.3 La démarche par phases de la MISA

La MISA ne couvre pas tous les aspects de la réalisation d'un système d'apprentissage. Comme le montre la figure 4.4, le processus global « faire l'ingénierie d'un système d'apprentissage », détaillé à la figure 4.3, est lié aux trois processus qui lui sont extérieurs :

– *Gérer un projet d'ingénierie pédagogique*. La MISA n'est pas une méthode de gestion de projet, mais elle fournit au gestionnaire d'un projet d'ingénierie pédagogique les données nécessaires à la gestion d'une équipe engagée dans la réalisation d'un système d'apprentissage au moyen des ED 108, 242, 330, 340, 540 et 542.
– *Produire les matériels*. La MISA fournit aux équipes de conception graphique, de programmation et de réalisation les devis des matériels à réaliser ou à adapter (ED 430, 432, 434 et 436). Lorsque les matériels sont réalisés, la MISA permet ensuite de préparer leur mise à l'essai et, au besoin, leur révision (ED 540 et 542). Ces deux ED de la MISA sont fournis au gestionnaire du projet d'ingénierie qui fera appel à l'équipe de production des matériels pour réviser ces derniers au besoin.

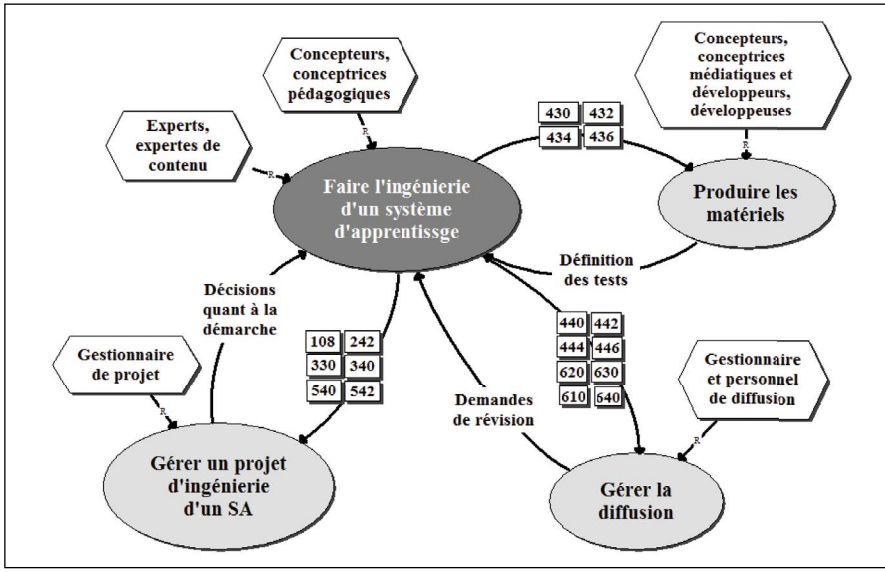


FIGURE 4.4 **Les processus internes et externes de la MISA**

La MISA ne couvre pas tous les aspects de la réalisation d'un système d'apprentissage. Comme le montre la figure 4.4, le processus global « faire l'ingénierie d'un système d'apprentissage », détaillé à la figure 4.3, est lié aux trois processus qui lui sont extérieurs :

– *Gérer un projet d'ingénierie pédagogique*. La MISA n'est pas une méthode de gestion de projet, mais elle fournit au gestionnaire d'un projet d'ingénierie pédagogique les données nécessaires à la gestion d'une équipe engagée dans la réalisation d'un système d'apprentissage au moyen des ED 108, 242, 330, 340, 540 et 542.
– *Produire les matériels*. La MISA fournit aux équipes de conception graphique, de programmation et de réalisation les devis des matériels à réaliser ou à adapter (ED 430, 432, 434 et 436). Lorsque les matériels sont réalisés, la MISA permet ensuite de préparer leur mise à l'essai et, au besoin, leur révision (ED 540 et 542). Ces deux ED de la MISA sont fournis au gestionnaire du projet d'ingénierie qui fera appel à l'équipe de production des matériels pour réviser ces derniers au besoin.
– *Gérer la diffusion*. La MISA s'arrête là où la diffusion du SA commence, notamment la diffusion des environnements qui prennent la forme d'un ENA. Toutefois, l'une des tâches les plus importantes de la MISA consiste à effectuer la planification de la diffusion du SA, à laquelle la phase 6 (ED 610, 620, 630 et 640) est entièrement consacrée. Le devis de diffusion (ED 440, 442, 444 et 446) élaboré à la phase 4 a préparé cette planification par une description du ou des modèles de diffusion (formation à distance, formation en classe, autoformation, etc.) et de leurs principaux éléments, dont les rôles des acteurs et leur usage des ensembles matériels, des outils, des services de communication ainsi que des milieux soutenant leur travail au moment de la diffusion.

La MISA ne décrit pas comment procéder pour réaliser ces processus externes, mais elle permet de les alimenter en leur fournissant des données produites dans ses ED et en étant elle-même alimentée par ceux-ci, comme indiqué dans cette figure.

2.3.3 Les principes de coordination des axes

La démarche par axes de la MISA peut débuter une fois que la phase 1 d'analyse préliminaire a permis de produire le dossier de définition du projet d'ingénierie d'un SA. Chaque processus correspondant aux axes de la méthode se concentre sur la définition d'un des quatre devis du système d'apprentissage. Le modèle procédural de la figure 4.5 souligne que ces processus sont indépendants, mais coordonnés par des principes de coordination des axes.

Le processus « modéliser les connaissances et les compétences du SA » consiste à définir le *devis des connaissances et des compétences* visées dans l'ENA, c'est-à-dire les faits, les concepts, les procédures, les principes et les habiletés qui composent le contenu et feront l'objet des apprentissages. Cette

modélisation sert à déterminer les objectifs d'apprentissage ainsi que la matière qui sera abordée dans l'ENA. Il importe de conserver l'indépendance du rôle du modèle des connaissances et des compétences en évitant d'y faire intervenir des considérations pédagogiques, médiatiques ou de diffusion.

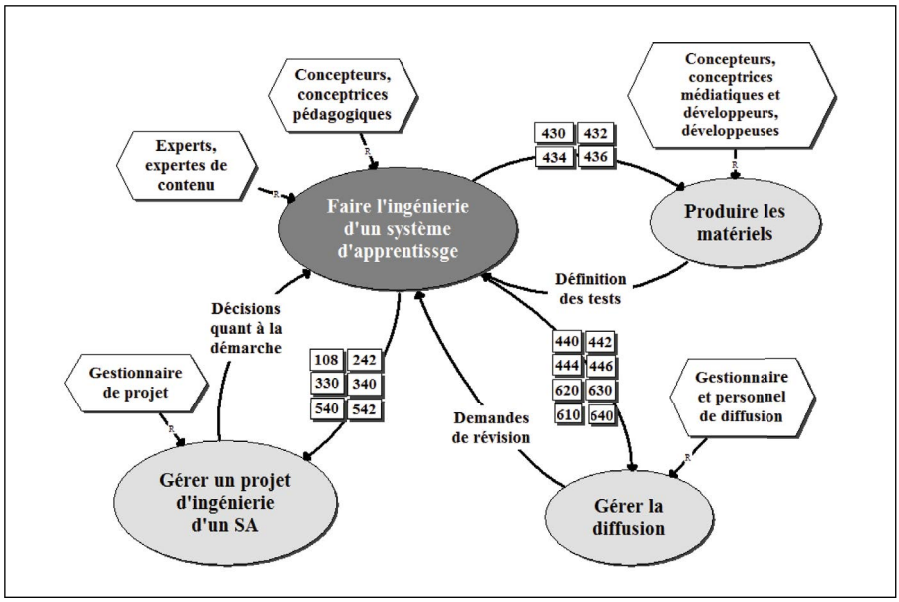


FIGURE 4.4 **Les processus internes et externes de la MISA**

Sur la base de ce contenu, le processus « effectuer la conception pédagogique » permettra de décrire les événements d'apprentissage et le cheminement par lequel l'apprenant ou l'apprenante acquerra les connaissances et les compétences visées. Ce *devis pédagogique* est indépendant du choix des types de médias et de supports aux matériels pédagogiques à l'aide desquels s'effectueront les apprentissages. Par exemple, un scénario d'apprentissage peut prévoir, commeressource d'une activité d'apprentissage, un logiciel de simulation d'un phénomène à manipuler par l'apprenant ou l'apprenante. Les décisions à savoir si cette simulation se fera par un jeu de rôle, en laboratoire, ou par simulation informatisée ne seront prises que dans le devis médiatique de l'axe 3.

Le processus « effectuer la conception médiatique des matériels » conduit au *devis médiatique* qui décrit les propriétés et la structure interne de chacun ainsi que le contenu (connaissances et compétences) qu'il véhiculera. Les modèles des matériels pédagogiques doivent tenir compte des devis des axes 1 et 2 qui

leur fournissent le contenu à médiatiser et certaines contraintes pédagogiques de réalisation. Mais c'est ici que, en définitive, l'ENA prendra sa forme concrète en faisant appel éventuellement à une variété de médias.

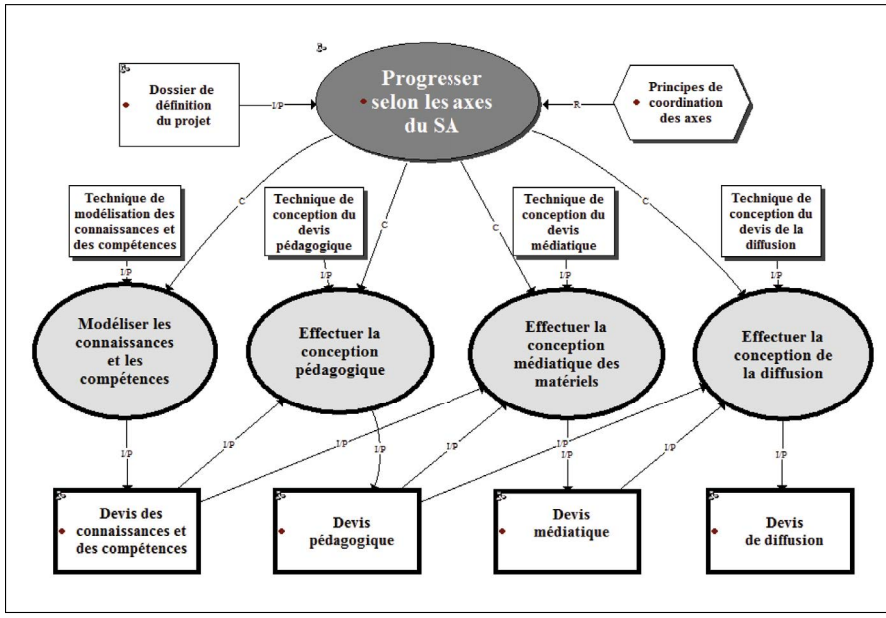


FIGURE 4.5 **La démarche par axes de la MISA**

Finalement, le processus « effectuer la conception de la diffusion » mène à l'élaboration du *devis de diffusion*, qui permettra de décider comment les matériels et les autres ressources (outils, moyens de communication, services et milieux de diffusion) seront rendus disponibles lors de la diffusion. Encore là, on assiste à une indépendance par rapport aux autres devis. Par exemple, selon la qualité des dispositifs technologiques disponibles aux usagers et aux usagères, un matériel pédagogique numérisé pourra être consulté directement par diffusion sur Internet ou téléversé à partir d'un serveur de contenu multimédia ou parfois encore distribué sur disque.

Bien qu'indépendants et jouant des rôles différents dans un système d'apprentissage, connaissances, pédagogie, média et support de diffusion doivent être solidement coordonnés en vue d'obtenir un ENA qui atteint ses objectifs. Le modèle des connaissances joue un rôle unificateur important à cet égard. Un sous-modèle est associé à chaque unité d'apprentissage, définissant ainsi le contenu sur lequel

vont porter les scénarios d'apprentissage. Celui-ci est ensuite distribué entre les ressources d'apprentissage utilisées dans les divers scénarios d'apprentissage.

Le devis pédagogique est également coordonné avec le devis médiatique par l'intermédiaire des scénarios d'apprentissage où les instruments à médiatiser, généralement sous la forme de ressources numériques, sont associés aux activités d'apprentissage. Il fournit au devis d'un matériel une définition de chaque instrument qui le compose, ainsi que son contexte d'utilisation. Les matériels pédagogiques obtiennent ainsi, par l'intermédiaire des instruments, une définition précise du contenu à médiatiser.

La synchronisation dans le développement des quatre devis est très importante. Elle est assurée par l'approche de développement progressif adoptée par la méthode à chacune des phases. La phase 2 visant à élaborer une solution préliminaire est surtout consacrée au développement du modèle des connaissances et des compétences et la définition d'un premier réseau des événements d'apprentissage, mais les orientations des deux autres devis qui suivent doivent déjà prendre en compte ces premiers modèles. La phase 3 d'architecture du SA se concentre davantage sur le devis pédagogique, mais elle permet de faire progresser les trois autres devis, notamment par des révisions de leurs principes d'orientation. La phase 4 portant sur les devis détaillés se concentre principalement sur le devis médiatique et le devis de diffusion, mais elle permet aussi de réviser les deux autres devis.

3 La théorie d'enseignement de la MISA

Cette section décrit les principales prescriptions des actions à prévoir par l'équipe de conception pour soutenir l'apprentissage, c'est-à-dire la théorie d'enseignement[14] sur laquelle se fonde la MISA. Voici d'abord les grandes lignes de la démarche centrale de conception pédagogique :

1. L'environnement d'apprentissage est d'abord décomposé en unités d'apprentissage auxquelles on associe un sous-modèle des connaissances et des compétences visées, ainsi qu'un scénario pédagogique composé d'activités d'apprentissage individuelles ou collaboratives (gérées par l'apprenant ou l'apprenante) et d'activités d'assistance pédagogique ou d'enseignement (gérées par un facilitateur ou une facilitatrice).

14 Voir le chapitre 1 pour la notion de théorie d'enseignement.

2. Le sous-modèle des connaissances et des compétences d'une unité d'apprentissage contient une connaissance principale et des connaissances qui lui sont associées par différents types de liens. Par rapport à ces connaissances, l'apprenant ou l'apprenante doit pouvoir exercer les habiletés et les compétences visées. On peut décrire ces habiletés par un processus générique qui formera la base des activités du scénario pédagogique. En d'autres mots, si la compétence consiste, par exemple, à classifier des objets d'étude (animaux, pays, logiciels, etc.), on élaborera un scénario pédagogique qui proposera des activités de classification.
3. Le scénario pédagogique d'une unité d'apprentissage regroupe des activités d'apprentissage et d'enseignement, chacune décrite par ses intrants et ses produits. Les intrants sont les consignes, les matériels et les ressources utilisés ou proposés pour réaliser l'activité. Les produits sont le ou les résultats de l'activité. Des principes peuvent être ajoutés à l'activité, par exemple qu'elle doit se réaliser de manière collaborative par un travail en équipe.
4. Les principes qui régissent ces procédures forment la base des activités de soutien à l'apprentissage qui seront fournies à l'apprenant ou à l'apprenante par une ou plusieurs personnes facilitatrices (enseignant, enseignante, personne tutrice, animateur animatrice, etc.) ou au moyen de guides, de fichiers d'aide contextuelle, ou d'un système conseiller intelligent qui seront intégrés dans l'ENA.

Le tableau 4.3 présente vingt principes généraux d'ingénierie pédagogique qui se dégagent de cette démarche. Ces principes sont regroupés en fonction des types d'interactions entre apprenant ou apprenante, personnes facilitatrices et ressources. Ces principes forment une théorie prescriptive de l'ingénierie pédagogique dans la MISA, laquelle soutient quatre types d'interactions :

– les interactions d'*autogestion*, qui concernent la façon dont l'apprenant ou l'apprenante gère sa démarche d'apprentissage, réalise ses activités et utilise l'environnement à sa disposition;
– les interactions de *traitement de l'information*, qui sont celles où l'apprenant ou l'apprenante consulte les informations fournies, leur applique un certain traitement dans le cadre de ses activités d'apprentissage et produit de nouvelles informations, acquérant ce faisant de nouvelles connaissances;
– les interactions de *collaboration*, qui concernent la réalisation d'activités en équipe ou en groupe, entre pairs apprenants;

TABLEAU 4.3 **La théorie d'enseignement soutenant la MISA (adapté de Paquette, 2002a, p. 398[15])**

Autogestion et métacognition	Traitement de l'information
1. Les connaissances d'une unité d'apprentissage doivent être de granularité moyenne ou large et structurées par des liens précis. 2. Les connaissances d'une unité d'apprentissage doivent être reliées à des habiletés intellectuelles et à des compétences. 3. Le scénario d'apprentissage doit être fondé sur un processus de traitement de l'information, correspondant aux habiletés à exercer. 4. Le scénario doit être ouvert, permettant des cheminements multiples. 5. Le scénario doit être adaptable par l'apprenant ou l'apprenante et/ou par un formateur ou une formatrice. 6. Le devis pédagogique doit intégrer explicitement des activités et des outils de soutien à l'autogestion et à la métacognition.	7. Les scénarios d'apprentissage doivent proposer ou référencer des ressources d'information riches et diversifiées. 8. Suffisamment de ressources d'information doivent présenter des fonctionnalités de communication bidirectionnelle et soutenir l'apprentissage collaboratif. 9. Les activités d'apprentissage doivent proposer des objectifs bien définis et des produits (outcomes) à réaliser par l'apprenant ou l'apprenante. 10. L'environnement d'apprentissage doit offrir des outils de recherche, d'annotation et de structuration des informations. 11. L'environnement d'apprentissage doit offrir des outils de production de l'information bien adaptés aux tâches de chaque activité.
Collaboration	**Assistance**
12. Dans un scénario d'apprentissage, les activités collaboratives doivent soutenir et prolonger les activités individuelles et vice versa. 13. Le modèle de collaboration doit être adapté au processus de traitement de l'information caractérisant un scénario d'apprentissage. 14. Le modèle de collaboration doit faire alterner activités synchrones et activités asynchrones, en privilégiant les interactions asynchrones plus souples. 15. Le modèle de collaboration doit prévoir des activités et des outils spécifiques d'organisation et d'autogestion des équipes.	16. Les interactions d'assistance doivent correspondre aux principes régissant le processus de traitement de l'information proposé par le scénario d'apprentissage. 17. Les scénarios d'assistance doivent prévoir des facilitateurs multiples en distinguant les rôles de présentation, de tutorat et d'animation. 18. L'assistance devrait être offerte de façon parcimonieuse, surtout à l'initiative de l'apprenant ou de l'apprenante. 19. Le type de guidage offert par l'environnement d'apprentissage devrait être surtout de nature heuristique (méthodologique).
Alignement des dimensions	
20. Le système d'apprentissage doit assurer une cohérence entre, d'une part, les connaissances et les compétences visées et, d'autre part, les devis pédagogiques, médiatiques et de diffusion qui visent à en assurer l'acquisition par les apprenants et les apprenantes[16].	

15 Nous utilisons le terme « théorie d'enseignement » dans le sens défini au chapitre 1.

16 Le principe 20 rejoint le principe d'« alignement pédagogique » souligné notamment par Biggs (2003) et Martin (2011).

– les interactions d'*assistance*, qui regroupent les diverses formes d'aide apportées à l'apprenant ou à l'apprenante dans la réalisation de sa démarche d'apprentissage, dans ses activités de traitement de l'information et de collaboration et dans l'utilisation qu'il fait des ressources de l'ENA.

4 La MISA et les théories de l'apprentissage et d'enseignement

Une distinction importante doit être faite entre les théories de l'apprentissage et les théories d'enseignement ou d'ingénierie pédagogique. Ces dernières sont en général des théories prescriptives, car elles s'intéressent à des principes d'intervention destinés à favoriser l'apprentissage. Au contraire, les théories de l'apprentissage sont en général descriptives, car elles visent à décrire les phénomènes psychologiques et sociologiques à l'œuvre dans les processus d'apprentissage. La MISA a été élaborée à la fin des années 1990 alors que le domaine de la technologie éducative se structurait et proposait diverses théories prescriptives d'enseignement[17].

Cette section précise la situation de la théorie d'enseignement de la MISA en regard des principales théories de l'apprentissage et d'enseignement ayant influencé le design pédagogique. Avant d'aborder ce sujet, il convient de souligner la différence fondamentale entre une théorie et une méthode. Une méthode regroupe un ensemble de processus, chacun se composant de procédures qui se décomposent en d'autres procédures jusqu'à des procédures dites terminales. Chaque procédure est accompagnée de ses intrants et de ses produits, ainsi que de principes d'opération en régissant l'exécution. Ces principes énoncent les situations où telle procédure sera exécutée plutôt que telle autre.

Une théorie regroupe un ensemble de concepts et de principes régissant ces concepts. Les principes se partagent en deux groupes : ceux qui définissent les propriétés des concepts, et ceux qui énoncent des prescriptions, c'est-à-dire des principes relationnels entre des concepts A et B affirmant que si A se produit, il est probable ou souhaitable que B se produise.

4.1 La MISA et les théories de l'apprentissage

La MISA favorise-t-elle l'application d'une théorie de l'apprentissage plutôt qu'une autre? Et du point de vue de l'équipe de conception d'un ENA, cette méthode est-elle socioconstructiviste, constructiviste, cognitiviste ou béhavioriste? Une réponse à ces questions est fournie dans ce qui suit.

17 Voir les chapitres 1 et 2.

Bien que les théories de l'apprentissage soient des théories descriptives de l'apprentissage, elles doivent aussi être à la base de prescriptions pour favoriser l'apprentissage. Par exemple, le principe suivant, « pour augmenter la rétention à long terme, il faut faire en sorte que les connaissances soient reliées à d'autres connaissances », est prescriptif, car il propose une intervention de nature à favoriser un certain résultat, la rétention à long terme. Toutefois, le principe ne dit pas comment arriver à ce résultat, ce qui le distingue d'une méthode, c'est-à-dire d'un principe prescriptif d'enseignement ou d'ingénierie pédagogique.

Une méthode peut difficilement favoriser en soi l'application d'une théorie de l'apprentissage; elle peut simplement la permettre jusqu'à un certain point ou la décourager. C'est ainsi que beaucoup de méthodes anciennes de design pédagogique et, plus récemment, des « méthodes » sommaires intégrées dans des systèmes auteurs d'« e-learning » proposent des démarches de conception se situant plutôt à l'opposé des principes de la MISA qui déconseillent un découpage hiérarchique de la matière aboutissant en une liste de sujets restreints sans liens explicites, l'énoncé d'objectifs terminaux précis servant à tester de petites granules de connaissance, le séquencement linéaire des activités ainsi que les scénarios pédagogiques de type présentation-exercices-test. Ces principes relèvent davantage d'une approche béhavioriste que d'une approche inspirée des théories de l'apprentissage cognitivistes ou constructivistes. Par ailleurs, on peut tout aussi bien, même si ce n'était pas l'intention des auteurs de la MISA, utiliser une méthode d'ingénierie pédagogique comme la MISA pour construire des ENA utilisant une méthode d'enseignement transmissive. Mais on peut surtout utiliser la MISA pour construire des ENA satisfaisant toute la gamme des principes cognitivistes, incluant ceux du constructivisme et du socioconstructivisme.

En fait, dans presque chaque tâche de la MISA, l'équipe de conception est placée devant une variété de choix : diversité des types de modèles de connaissances, diversité des niveaux d'habiletés pouvant être visés dans l'ENA, diversité des types de scénarios pédagogiques et d'activités d'apprentissage. La variété des types de modèles de diffusion soutenus par la méthode favorise la construction de systèmes d'apprentissage d'inspiration constructiviste ou socioconstructiviste dans lesquels l'émergence des scénarios, des objectifs et des compétences devient la responsabilité première des personnes en apprentissage. En ce sens, la MISA est l'une des rares méthodes complètes et opérationnelles qui favorisent des solutions basées sur des principes cognitivistes ou constructivistes.

Du point de vue de l'équipe de conception également, si on la compare à d'autres méthodes, la MISA adopte une approche organique plutôt que mécaniste : variété et adaptabilité des cheminements, scénarios de conception qui peuvent

être adaptés par l'équipe de conception elle-même, travail en équipe permettant de répartir les rôles de modélisation cognitive, de scénarisation pédagogique, de médiatisation des ressources, d'organisation logistique de la diffusion, préférence accordée à une évaluation continue de l'ENA intégrée aux phases de la méthode, possibilité de construction et de reconstruction des modèles, assistance à la cohérence des composantes des devis.

4.2 La MISA et les théories d'enseignement

Un bref historique de l'évolution des théories d'enseignement[18] depuis les années 1960 est présenté au chapitre 2. Influencées au début par les théories béhavioristes de l'apprentissage, elles sont maintenant dominées par les théories cognitivistes, constructivistes et socioconstructivistes de l'apprentissage. L'étude de ces théories et leur réinterprétation dans le cadre de l'ingénierie des ENA peuvent être très utiles pour guider les différents choix à effectuer lors de la construction des plans et des devis d'un système d'apprentissage. C'est d'ailleurs en examinant plusieurs de ces théories que de nombreux aspects de la MISA ont été élaborés.

Quelques-unes de ces théories sont présentées brièvement dans cette section. Elles sont extraites de l'ouvrage synthèse de Reigeluth (1983[19]), auxquelles s'ajoutent les principes andragogiques de Knowles *et al.* (1984). Certaines de ces théories sont présentées et comparées dans Romiszowski (1981). L'espace restreint de ce chapitre limite toutefois à de simples résumés qui ne rendent pas justice aux théories présentées ici. On trouvera pour chacune un commentaire permettant de relier certains de leurs principes à la théorie de la MISA présentée plus haut.

– La *théorie d'enseignement de Gagné-Briggs* a beaucoup contribué au développement du domaine. Elle repose sur trois grandes composantes (Gagné 1985; Gagné *et al.*, 2004) : les « capacités apprises » (*learned capabilities*) des apprenants et apprenantes dont il faut tenir compte, les événements d'enseignement qu'il faut créer et une méthode de séquencement de ceux-ci. La théorie identifie neuf catégories d'événements d'enseignement ou d'interventions dans le processus d'apprentissage : 1) attirer l'attention, 2) informer l'étudiant ou l'étudiante de l'objectif de la session, 3) stimuler le rappel des apprentissages antérieurs, 4) présenter le matériel servant de stimulus, 5) fournir un guidage à l'apprentissage, 6) mettre en évidence la performance de la personne ap-

18 Pour plus de détails sur cette question, voir Paquette (2002a), p. 397-421.

19 Dans des ouvrages plus récents, l'éditeur inclut de nouvelles théories, comme cela a été souligné dans le chapitre 2.

prenante, 7) fournir à la personne apprenante une rétroaction (*feedback*) informative, 8) évaluer la performance et 9) améliorer la rétention et le transfert d'apprentissage. Pour chaque capacité visée et pour chaque événement d'enseignement, la théorie présente une ou plusieurs techniques d'enseignement appropriées. La planification d'une unité d'apprentissage revient à un séquencement d'événements d'enseignement choisis dans cette liste et utilisant des techniques sélectionnées en fonction du type de capacités recherchées pour l'étudiant ou l'étudiante.

Dans la MISA, les capacités apprises et visées correspondent aux compétences actuelles des apprenants et des apprenantes; les événements d'enseignement correspondent aux activités d'apprentissage et d'assistance. Le séquencement des événements et les techniques d'enseignement qui y sont associées offrent une façon particulière de construire un scénario pédagogique. Le séquencement proposé par Gagné-Briggs est centré sur la personne enseignante et est structuré linéairement, mais les événements pourraient aussi être vus comme une façon pour l'apprenant ou l'apprenante d'autogérer sa démarche d'apprentissage. Quant aux techniques proposées par Gagné, il faut les adapter au contexte des ENA et à l'utilisation des technologies numériques.

– La *théorie de la présentation des composantes* (*Component Display Theory*) (Merrill, 1994, 1996) s'intéresse aux apprentissages du domaine cognitif à un niveau plus micro de la stratégie pédagogique que celle de Gagné-Briggs. Pour cela, elle offre des moyens plus concrets à l'équipe de conception pédagogique pour élaborer un ENA, car elle tient davantage compte du contexte numérique[20] des ENA. Les performances recherchées par l'étudiant ou l'étudiante (objectifs ou compétences) sont classées selon trois niveaux : se rappeler, utiliser et créer; les types de connaissances sont au nombre de cinq : faits, concepts, procédures, principes et processus. À chacun des 15 couples performance-connaissance, on associe un type d'activités d'apprentissage et d'enseignement qui se distinguent selon deux modes d'intervention : présentation (*expository*) ou recherche (*inquisitory*), selon que la stratégie est centrée soit sur la personne qui enseigne ou présente, soit sur l'activité de la personne apprenante.

  Dans la MISA, les trois niveaux de performances recherchés correspondent à certaines des habiletés et des compétences visées, alors que les types de connaissances sont presque les mêmes que ceux qui sont intégrés dans l'édi-

20 L'équipe de David Merrill a d'ailleurs construit plusieurs outils de conception de matériels interactifs numériques (instructional transaction shells) (Li et Merrill, 1990) qui produisent automatiquement, après paramétrage, des environnements numériques d'apprentissage.

teur visuel MOT[21]. On trouve également ici un principe à la base de la MISA, à savoir celui de l'indépendance entre le devis des connaissances et celui de la scénarisation pédagogique, principe poussé plus loin dans la MISA en établissant l'indépendance entre les quatre axes de la méthode.

– La *théorie de l'élaboration* (Reigeluth et Rodgers, 1980) renvoie à un processus qui guide la sélection et l'organisation du contenu de l'apprentissage. Schématiquement, le processus d'élaboration se présente ainsi : 1) établir d'abord l'objectif du cours ou du matériel pédagogique; 2) décider quelle structure d'élaboration est appropriée pour décrire le contenu : conceptuelle, procédurale ou théorique (principes); 3) organiser les connaissances en fonction de cette structure d'élaboration à l'aide d'outils graphiques : arbres ou réseaux sémantiques pour les concepts, ordinogrammes ou arbres de décision pour les procédures, cartes d'interaction cause et effets pour des contenus théoriques; 4) identifier la connaissance principale (l'épitomé), puis les connaissances qui lui sont immédiatement reliées, définissant ainsi la leçon principale; 5) identifier les autres leçons aux différents niveaux d'élaboration de la structure des connaissances; 6) décrire les informations pertinentes pour chacune des leçons et les segmenter en fonction des besoins d'apprentissage; 7) écrire les leçons en organisant l'information et le contenu abordé, ainsi que les résumés et les informations de synthèse; 8) décider d'un ordonnancement des leçons en déterminant si le séquencement sera fixe ou variable.

  On aura reconnu dans cette démarche de grandes similitudes avec celles que nous avons présentées pour la modélisation des connaissances au chapitre 3. La principale différence peut être observée sur le plan de la technique de représentation MOT qui fournit un langage unifié pour traiter les différents types de connaissances et de modèles de connaissances. La démarche d'élaboration est aussi l'une des façons d'organiser la structure pédagogique, les leçons correspondant au concept d'unité d'apprentissage et le séquencement des leçons aux règles de démarche et d'adaptation des activités d'un scénario pédagogique.

– La *théorie de l'apprentissage structurel* (Scandura, 1973) propose une démarche d'ingénierie pédagogique qui se caractérise par une approche centrée sur la résolution de problèmes et l'importance accordée aux règles de solution de plus haut niveau. Cette démarche se déroule comme suit : 1) choisir un échantillon de problèmes représentatif du domaine à traiter; 2) établir une *règle de solution* pour résoudre chacun des problèmes, à partir de la façon dont des membres du public cible les résoudraient avec succès; 3) déterminer des *règles de plus haut niveau*, qui concernent des aspects communs aux règles de solution établies

21 Voir le chapitre 3, section 4.

pour chaque problème de la phase 2; 4) *éliminer* les règles de plus bas niveau qui peuvent être remplacées par les règles de plus haut niveau; 5) *valider et raffiner* l'ensemble de règles qui en résulte en les appliquant à de nouveaux problèmes du domaine; 6) *étendre* si nécessaire l'ensemble des règles pour qu'elles s'appliquent à de nouveaux types de problèmes du domaine. Selon Scandura, les règles de haut niveau sont centrales pour développer le potentiel créatif, car elles fournissent une façon opérationnelle de vérifier par des tests quels aspects des règles n'ont pas encore été acquis chez une personne apprenante.

Par rapport à l'approche fondée sur les compétences de la MISA, on trouve dans l'analyse structurelle proposée par Scandura une méthode de modélisation des connaissances visant la généralisation des règles de solution des problèmes d'un domaine complexe et de représentation des habiletés nécessaires à leur résolution, donc des compétences de résolution de problèmes. Les solutions de problèmes se présentent comme une librairie de processus génériques à divers niveaux d'abstraction. La pratique de ces processus génériques est centrale dans l'approche de scénarisation pédagogique de la MISA. Par exemple, un processus générique de diagnostic permettra de définir un scénario d'activités où la personne apprenante doit réaliser divers diagnostics.

– La *théorie de l'apprentissage par investigation* (Collins et Stevens, 1983) vise à faciliter la compréhension et la pensée critique chez l'étudiant ou l'étudiante. Cette théorie s'inspire directement du cadre des sciences cognitives défini par Newell et Simon (1972) pour décrire le processus de résolution de problèmes par les humains. Elle se distingue des autres théories en mettant l'accent sur deux types de stratégies cognitives : celles qui favorisent la découverte par l'apprenant ou l'apprenante de règles spécifiques et celles qui permettent au formateur ou à la formatrice d'enseigner de telles stratégies cognitives. La théorie identifie dix principes ou éléments de stratégies destinés au formateur ou à la formatrice : 1) choisir des exemples positifs et négatifs; 2) varier systématiquement les exemples; 3) sélectionner des contre-exemples; 4) générer des cas d'hypothèses; 5) former des hypothèses; 6) valider les hypothèses; 7) examiner des prédictions alternatives; 8) provoquer des impasses (*entrapping students*); 9) présenter les conséquences d'une contradiction; 10) remettre en question les hypothèses d'autorité.

  Par rapport à la MISA, cette théorie se présente comme une approche systématique pour définir des scénarios par études de cas, par analogie ou par induction et découverte guidée. Les principes de la théorie constituent, sur ce plan, un approfondissement permettant de définir un scénario d'assistance à l'intention des formateurs et des formatrices.

– Les *principes andragogiques* (Knowles *et al.*, 1984) ont été développés originellement pour tenir compte des caractéristiques de l'apprentissage chez les

adultes. On reconnaît aujourd'hui qu'ils s'appliquent largement à tous les types de personnes apprenantes. Il en découle plusieurs principes de design pédagogique, dont les suivants :

- Le climat psychologique de formation doit être fait de respect, de soutien et de liberté d'expression.
- Le rôle du formateur ou de la formatrice est de fournir aux adultes les moyens de diagnostiquer leurs besoins, de s'autoévaluer; l'évaluation doit être vue comme un diagnostic itératif des besoins de formation.
- La formation doit faire appel à l'expérience des adultes; les méthodes appropriées sont les discussions de groupe, les études de cas, les simulations, les exercices de résolution de problèmes et les expériences sur le terrain.
- Le principe d'organisation du contenu de formation doit être un espace de problèmes à résoudre plutôt qu'une matière transmise systématiquement; les tâches ou les problèmes sont proposés à partir du diagnostic des besoins de formation.

L'andragogie a joué un rôle précurseur dans l'adoption des théories cognitivistes et constructivistes de l'enseignement. Dans la MISA, des principes andragogiques peuvent être formulés lors de l'établissement des orientations pédagogiques, notamment quant à l'autoévaluation par les apprenants et les apprenantes et quant au choix des types d'activités et d'instruments dans les scénarios d'apprentissage par études de cas, par découverte guidée, par la résolution de problèmes ou par la réalisation de projets.

La comparaison entre certaines théories d'enseignement et les prescriptions de la MISA présentées dans les paragraphes qui précèdent situe celle-ci en tant que métaméthode ou méthode cadre, puisque les six théories d'enseignement présentées plus haut peuvent servir à la spécialiser et à l'adapter en fonction du contexte et des objectifs poursuivis dans la conception d'un ENA. Une comparaison plus fine permettrait d'intégrer à la méthode et de proposer à l'équipe de conception de la MISA des options de méthodes spécialisées quant à l'ordonnancement des activités de la méthode et aux choix pédagogiques qui peuvent y être faits, principalement lors de la construction des scénarios d'un ENA.

On trouve aussi dans les publications en ingénierie pédagogique le concept de « modèle pédagogique » dans un sens un peu différent de celui qui est attribué aux théories d'enseignement. Il s'agit en général d'un ensemble de méthodes opérationnelles plus spécifiques que les théories d'enseignement, mais qui ont trait principalement à la définition des unités d'apprentissage d'un ENA. L'ouvrage synthèse de Joyce et Weil (1986), largement utilisé par les personnes œuvrant en formation, part de l'hypothèse qu'aucun modèle pédagogique ne peut concerner

tous les contextes. On y présente un répertoire de vingt-cinq modèles (par exemple, formation par investigation, enseignement non directif, jeu de rôle, etc.) qui permettrait de raffiner la typologie des scénarios d'apprentissage présentée dans la MISA.

5 La MISA face aux critiques à l'égard des méthodes d'ingénierie pédagogique

Cette section se veut un tour d'horizon des principales critiques formulées à l'endroit des méthodes d'ingénierie pédagogique (IP). Elle propose un examen de la manière dont la MISA y répond et les améliorations qu'il faudrait y apporter. Basque (2017) rapporte douze critiques couramment émises par des chercheurs et chercheuses ainsi que par d'autres personnes œuvrant dans le domaine du design pédagogique, en les répartissant en trois catégories selon qu'elles concernent les fondements, le processus ou le contenu des méthodes (tableau 4.4). Au résumé de cette analyse s'ajoutent également des commentaires sur la situation de la MISA par rapport à ces critiques.

Conclusion

Ce chapitre a présenté un survol de la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA[22]). L'ingénierie pédagogique est un processus méconnu, exigeant et relativement complexe. Il est méconnu parce que la majorité des équipes de conception de cours ou de programmes de formation sont le plus souvent composées de spécialistes de leur domaine ayant consacré l'essentiel de leur formation, de leurs réflexions et de leurs énergies à maîtriser le contenu de leur discipline. Ces personnes ont aussi une longue expérience de formation dans un mode transmissif, qu'elles ont tendance à reproduire.

On accepte volontiers que la construction d'un pont, que l'établissement d'un diagnostic médical ou que le développement d'un système informatique puissent mobiliser des processus complexes qui nécessitent une méthode élaborée. Par ailleurs, on est généralement surpris de la multiplicité des démarches nécessaires à la construction d'un ENA. L'ingénierie d'un tel système d'apprentissage est un processus exigeant. Voilà qui peut surprendre beaucoup de formateurs et formatrices en entreprise, de professeurs et professeures ou de gestionnaires de

22 Pour approfondir ses connaissances de la MISA, voir la documentation de la version 4.0 de la méthode, sur le site du LICÉ (Laboratoire en ingénierie cognitive et éducative) : http://lice.licef.ca/index.php/misa-adisa/

la formation. En effet, cette entreprise est rendue plus difficile en raison des nombreuses contraintes dans lesquelles la conception doit s'opérer : contraintes de temps, de budget, de disponibilité des sources d'information et de décalage entre le moment de la conception et l'utilisation de l'ENA.

Le renouvellement d'une ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA) auquel cet ouvrage est consacré invite à prendre en compte la diversité des situations, notamment par l'adaptation d'un tronc commun de la méthode plus léger, complété par le choix d'une ou de plusieurs variantes, à améliorer l'assistance fournie aux équipes de conception en améliorant l'instrumentation de la méthode et, finalement, à soutenir les praticiens et les praticiennes dans l'implantation d'une méthode d'ingénierie pédagogique dans leur milieu de pratique. Plus spécifiquement, cinq pistes de travail sont proposées :

– Un premier développement consisterait à *développer davantage les principes d'adaptation* de la méthode. À la fin de la première phase, une fois défini le problème de formation, l'équipe de conception peut répondre à un certain nombre de questions sur les caractéristiques de son projet de système d'apprentissage. Un atelier informatisé ou un guide de conception pourrait alors lui suggérer un cheminement dans la méthode : prioriser telle phase, telles tâches ou tel ED dans la méthode. Les choix d'adaptation pourraient dépendre des types d'ENA, des contraintes du projet ou de l'expertise des concepteurs et des conceptrices.
– Une autre possibilité serait d'organiser l'architecture de la méthode en couches d'*approfondissement* auxquelles pourraient référer les principes d'adaptation. On pourrait aussi prévoir des options facilitant des modifications aux différentes composantes des phases ou des ED. Il s'agirait par ces moyens d'implanter dans une future méthode des principes de prototypage rapide et de méthodes agiles.
– Une autre piste déjà amorcée consiste à *développer des librairies de modèles* qui peuvent être utilisés comme composantes des devis : des modèles de connaissances, des descriptions d'habiletés sous forme de processus génériques, des scénarios d'apprentissage ou d'assistance pédagogique et des modèles de diffusion. On pourrait aller plus loin à ce chapitre, notamment en modélisant sous forme de scénarios pédagogiques plusieurs stratégies pédagogiques issues des différentes théories d'enseignement.
– Une autre approche consisterait à *intégrer davantage les processus de conception et de diffusion des ENA* en facilitant l'utilisation de la méthode en cours de diffusion de l'ENA, de façon à ce que le devis tienne de mieux en mieux compte des actions des personnes apprenantes. La collecte de données en cours de diffusion d'un ENA alimenterait un effort de conception postdiffusion ou en cours de diffusion. Une forme de conception émergente et participative de la part des personnes apprenantes elles-mêmes devrait être facilitée en cours de diffusion.

TABLEAU 4.4 **Réponses fournies dans la MISA aux critiques des méthodes d'ingénierie pédagogique (IP)**

	Critiques des méthodes d'IP recensées par Basque (2017)	Réponses dans la MISA
Fondements	1. L'IP serait profondément ancrée dans la psychologie béhavioriste, ne se préoccupant que de comportements observables.	Les méthodes d'IP sont au contraire fondées sur la science cognitive. C'est le cas de la MISA qui est fondée sur des principes cognitivistes et constructivistes proposés à une équipe de conception d'un ENA.
	2. Les fondements de l'IP seraient éclectiques, sans références communes.	Les fondements de l'IP sont nécessairement interdisciplinaires, mais reposent sur un ensemble théorique intégré impressionnant. Pour les fondements théoriques de la MISA, voir le chapitre
	3. L'IP serait insuffisamment fondée sur la recherche.	L'IP est un domaine de recherche actif depuis plus de soixante ans. On y dénombre plusieurs ouvrages et plus de cinquante revues spécialisées dans ce domaine, sans compter les colloques scientifiques tenus chaque année. La MISA a été développée en une vingtaine d'années à travers plusieurs projets de recherche et de nombreuses expérimentations réalisées sur une diversité de terrains, comme cela est mentionné dans l'introduction.
Processus	4. Le processus est linéaire et rigide; chaque phase doit être complétée avant de passer à la suivante.	Cette critique concerne davantage le modèle ADDIE qui n'est pas une méthode, mais un modèle générique d'une démarche d'IP en cinq phases pouvant être réalisées en parallèle et en spirale. La MISA est une méthode en spirale, les axes se poursuivent en parallèle; à la fin d'une phase, on revient modifier les ED élaborés lors des phases précédentes.
	5. Le processus d'IP est surprocéduralisé, trop complexe, trop long et trop onéreux.	Il est exact que les premières méthodes associées au modèle ADDIE original étaient trop procédurales; des méthodes adaptables, agiles ou plus rapides ont été proposées depuis[23]. La MISA identifie au total trente-cinq tâches; elle peut être très complexe, car la conception pédagogique est un processus complexe, mais elle est adaptable. Les principes d'adaptation permettent de choisir les tâches à réaliser en fonction du contexte du projet d'IP. Souvent aussi peu que sept tâches suffisent.

23. Voir le chapitre 2.

Processus	6. La rigidité des méthodes et les multiples validations et justifications qu'elles exigent au cours de la démarche d'IP empêchent les concepteurs et les conceptrices de déployer leur potentiel créatif.	Certaines méthodes d'IP proposent d'intégrer des cycles créatifs dans chaque processus, évitant ainsi de revenir aux méthodes artisanales. Les principes de la MISA permettent de stimuler la créativité, mais ils devraient être davantage développés.
	7. Une grande part des modèles théoriques d'IP est dissociée de la pratique en conception pédagogique.	Basque et al. (2014) ont recensé plus d'une cinquantaine de recherches menées depuis 2000 sur les pratiques en conception pédagogique[24]. La MISA a été construite par une ingénierie des connaissances fondée sur l'analyse du travail de conception et validée par des implantations sur le terrain.
	8. La démarche d'IP décrite dans les méthodes est descendante (*top-down*). Elle est dirigée par une équipe de conception professionnelle ou par des spécialistes de contenu plutôt que selon une approche collaborative avec les personnes enseignantes et les personnes apprenantes.	Plusieurs méthodes proposent aujourd'hui une démarche de conception participative centrée sur la personne utilisatrice. La MISA propose une conception collaborative et est ouverte à toutes les approches de conception centrées sur la personne apprenante, même si elle peut donner lieu aussi à des ENA transmissifs, selon les usages qu'on en fait.
	9. Les méthodes ne fournissent pas suffisamment de détails; certains voudraient des prescriptions plus détaillées.	On trouve des prescriptions précises dans les théories d'enseignement, les publications en IP et dans des banques de scénarios pédagogiques. La MISA ne doit pas se complexifier, mais proposer à l'équipe de conception des options offrant des variantes spécialisées où plus de détails peuvent être donnés.
Contenu	10. On reproche aux méthodes de conduire à la réalisation de produits de faible qualité et inefficaces sur le plan pédagogique.	On ne peut reprocher à une méthode d'IP de mauvaises utilisations mécaniques et répétitives qui peuvent en être faites par certains. La MISA doit élaborer davantage ses principes pour éviter ce genre d'utilisation.
	11. On peut très bien créer des formations de qualité sans utiliser une méthode d'IP.	Bien sûr, mais l'IP vise à augmenter la qualité moyenne des formations. La MISA vise à corriger les principales lacunes de conception.
	12. L'usage des méthodes d'IP conduit à la création d'environnements d'apprentissage « fermés », que l'on ne peut modifier, adapter ou personnaliser.	C'est une façon parfois utile, parfois néfaste d'utiliser une méthode d'IP. La MISA repose sur des principes favorisant l'autogestion des activités par la personne apprenante ou la personnalisation des ENA.

24. Voir le chapitre 5.

– Comme souligné plus haut, l'utilisation d'une méthode d'ingénierie pédagogique est exigeante pour l'équipe de conception, compte tenu du grand nombre de facteurs dont elle doit tenir compte et des contraintes dans lesquelles elle doit opérer. Au-delà des améliorations que nous venons d'évoquer, il importe d'intégrer divers moyens d'assistance en ligne : guide, aide contextuelle, système conseiller ou de tutorat à l'usage de la méthode.

Toute méthode, quelle qu'elle soit, peut apparaître, à tort, comme une contrainte à la créativité, une entrave à la liberté. Voilà pourquoi un champ de recherche très important pour l'adoption de l'ingénierie pédagogique consisterait à développer une métaméthode d'implantation de la méthode d'ingénierie pédagogique en fonction du contexte individuel ou organisationnel où elle sera utilisée.

Références

Basque, J. (2017, mai). *Quelques critiques adressées aux méthodes classiques de design pédagogique et implications pour une nouvelle ingénierie pédagogique* [communication]. Colloque Vers une nouvelle ingénierie pédagogique pour les environnements numériques d'apprentissage (ENA), congrès de l'ACFAS 2017, Montréal, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1719/

Basque, J., Zakorovotnaya, M. et Bourcier, N. (2014, octobre). *Où en est la recherche menée auprès de concepteurs pédagogiques?* [communication]. Colloque 2014 de la CIRT@, Sherbrooke, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1718/

Biggs, J. (2003). *Aligning teaching and assessment to curriculum objectives*. Imaginative Curriculum Project, LTSN Generic Centre.

Collins, A. et Stevens, A. L. (1983). A cognitive theory of inquiry teaching. Dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models* (p. 247-278). Lawrence Earlbaum.

Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. Wadsworth Publishing.

Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. et Keller, J. M. (2004). *Principles of instructional design* (5e éd.). Wadsworth Publishing.

Joyce, B. et Weil, M. (1986). *Models of teaching* (3e éd.). Prentice-Hall.

Knowles, M. S. et associés (1984). *Andragogy in action. Applying modern principles of adult learning*. Jossey-Bass Publishers.

Li, Z. et Merrill, D. (1990). Transaction shells: A new approach to courseware authoring. *Journal of Research on Computing in Education*, *23*(1), 72-86.

Martin, F. (2011). Instructional design and the importance of instructional alignment. *Community College Journal of Research and Practice*, *35*, 955-972. https://dlms.kau.edu.sa/edcsu/pdf/library/09.pdf

Merrill, D. (1994). *Instructional design theory*. Educational Technology Publications.

Merrill, D. (1996). Instructional transaction theory: Instructional design based on knowledge objects. *Educational Technology*, *36*(3), 30-37.

Newell, A. et Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall.

Paquette, G. (1996). La modélisation par objets typés : une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche. *Sciences et techniques éducatives*, *3*(1), 9-42.

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec. ISBN 2-7605-1162-4.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences, pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec. ISBN 2-7605-1163-4.

Paquette, G. (2004). *Instructional engineering for network-based learning*. Pfeiffer/ Wiley Publishing Co. ISBN : 0-7879-6466-2.

Paquette G., Crevier, F., Aubin, C. (1994, novembre). An intelligent support system for course design. *Educational Technology*, *34*(9), 50-57.

Reigeluth, C. M. (1983). *Instructional-design theories and models: Vol. I. An overview of their current status*. Erlbaum.

Reigeluth, C. M. et Rodgers, C. A. (1980). The elaboration theory of instruction: Prescriptions for task analysis and design. *NSPI Journal*, *19*(1), 16-26.

Romiszowski, A. J. (1981). *Designing instructional systems*. Nichols Publishing.

Scandura, J. M. (1973). *Structural learning I: Theory and research*. Gordon & Breach science Publishers.

DEUXIÈME PARTIE

ACTUALISATION DES APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES ET TECHNOPÉDAGOGIQUES

Les quatre chapitres de la deuxième partie de cet ouvrage visent à actualiser les approches technopédagogiques afin de les mettre en phase avec l'évolution rapide des technologies numériques. De plus en plus, surtout en ces temps où l'apprentissage en mode virtuel devient une nécessité, la formation, même en classe, se fait à l'aide d'environnements numériques d'apprentissage (ENA) accessibles sur un ordinateur ou un appareil mobile, à l'aide des technologies de l'Internet. De plus en plus de personnes se voient confier la tâche de concevoir, de développer et de diffuser différents types d'ENA sans avoir l'expertise ni le soutien nécessaires.

La conception d'un ENA diffusé sur le Web se réalise dans un contexte très différent de la préparation d'un cours en classe. Les concepteurs et les conceptrices d'ENA ont à portée de clics une très grande quantité de ressources numériques disponibles dans Internet et qui, dans la même foulée, pourront être sélectionnées, adaptées, intégrées. Les phases de conception, de réalisation et de diffusion sont davantage intégrées et parfois réalisées de manière simultanée. Par la suite, les ENA peuvent être révisés plus souvent et plus rapidement que les documents imprimés ou audiovisuels analogiques des environnements d'apprentissage du passé. Dans ce nouveau contexte, les équipes de conception ont également accès aux ressources du Web social et sémantique qui offre une très grande variété d'outils de communication et de collaboration se mariant au traitement des connaissances. Ce contexte inédit est mis en évidence dans les quatre chapitres de cette deuxième partie qui invite à renouveler les méthodes d'ingénierie pédagogique en les axant sur la réalité actuelle des nouveaux contextes d'apprentissage et d'ingénierie des ENA.

Le **chapitre 5** donne la parole aux praticiens et aux praticiennes de l'ingénierie pédagogique, confrontés à l'évolution des technologies numériques qui leur offrent de nouvelles possibilités pédagogiques, inexistantes auparavant. Cette évolution rapide présente de nouveaux défis pour lesquels les méthodes traditionnelles d'ingénierie pédagogique ne sont pas toujours adéquates. Les auteures font

une synthèse des recommandations formulées par soixante-quatorze praticiens et praticiennes, qui proposent de nombreuses améliorations au processus d'ingénierie pédagogique et à son instrumentation, à la gestion de ce type de projet et au soutien qui devrait être offert aux acteurs qui y participent.

Le **chapitre 6** analyse une tendance technologique actuelle propulsée par l'essor de la science des données et celui de la nouvelle intelligence artificielle qui révolutionnent les systèmes d'information. Cette évolution rend possible l'usage des données massives pour l'analytique de l'apprentissage. Il s'agit d'une nouvelle technique qui consiste en la collecte, la mesure, l'analyse et la communication des données sur les personnes apprenantes et leurs contextes, à des fins de compréhension et d'optimisation de l'apprentissage par l'usage des environnements numériques. Les principales applications de l'analytique de l'apprentissage incluent le suivi de la progression de l'apprentissage, l'intervention et la recommandation d'activités et de ressources, l'évaluation des compétences ainsi que la personnalisation et l'adaptation des ENA. Ces applications nécessitent le pilotage du processus d'ingénierie pédagogique par les données extraites des traces de l'activité des personnes apprenantes.

Le **chapitre 7** analyse l'évolution récente du Web sémantique qui détermine de nouveaux modes de représentation des connaissances dans les ENA, passant des typologies aux ontologies. Une méthode d'ingénierie pédagogique fait un large usage de typologies d'objets pédagogiques pour offrir des choix aux personnes qui conçoivent ces environnements quant aux types de composantes à y intégrer. Le mode de représentation par ontologies permet un traitement des connaissances plus « intelligent » que par de simples typologies. L'évolution du Web sémantique change à la fois le contenu et la forme de ces typologies. Le contenu est appelé à changer parce que de nouveaux objets d'apprentissage apparaissent dans les ontologies pendant que d'autres tombent en désuétude. La forme se voit modifiée parce que les ontologies du Web sémantique offrent une description plus approfondie des domaines de connaissances au moyen de relations ou de propriétés entre les classes d'objets. En conclusion, l'auteur présente une nouvelle ontologie pour la scénarisation pédagogique.

Le **chapitre 8**, en continuité avec le précédent chapitre, offre une ontologie de la notion centrale de compétence, dont l'objectif est de soutenir une nouvelle ingénierie des ENA fondée sur les compétences. Pour soutenir cette ingénierie, un profil des compétences à développer par les personnes apprenantes permet de guider la modélisation des connaissances visées par l'apprentissage, de choisir les activités et les ressources à inclure dans le scénario pédagogique, puis de guider les interventions des facilitateurs (professeurs, professeures, personnes tutrices,

animateurs, animatrices). Ce processus permet finalement de personnaliser les activités d'apprentissage selon les compétences des personnes apprenantes, tout en facilitant l'analyse des failles d'un ENA concernant les compétences initiales et finales des apprenants et des apprenantes. Ce chapitre fournit aussi des exemples d'utilisation des compétences dans des projets d'ingénierie pédagogique et examine divers modèles visuels des notions de compétence et de profil de compétences ainsi que les modes d'évaluation des compétences comme base de l'évaluation des apprentissages dans les ENA.

CHAPITRE 5

AMÉLIORER L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE : POINTS DE VUE DE PRATICIENS ET DE PRATICIENNES

Josianne Basque • Isabelle Savard

RÉSUMÉ

Ce chapitre rapporte les recommandations pour améliorer l'ingénierie pédagogique, formulées par soixante-quatorze personnes ayant participé au Canada et en France, à divers titres et dans divers milieux, à des projets de développement de différents types de formations (à distance, en présence et hybrides) ou d'environnements numériques d'apprentissage. Ces recommandations portent sur les approches méthodologiques et le processus d'ingénierie pédagogique, la gestion des projets de conception de formations et le soutien offert aux personnes engagées dans de tels projets.

MOTS-CLÉS

Pratique d'ingénierie pédagogique; méthodes d'ingénierie pédagogique; processus d'ingénierie pédagogique; gestion de projets d'ingénierie pédagogique; soutien de la pratique de l'ingénierie pédagogique.

Introduction

Avec le développement des technologies numériques, la formation en ligne s'est répandue de façon marquée au cours des dernières années dans les milieux éducatifs, les milieux de travail et les démarches personnelles d'apprentissage tout au long de la vie. La pandémie provoquée par la COVID-19, du fait qu'elle a imposé un confinement à domicile, en a propulsé encore davantage l'utilisation, de sorte que de plus en plus de personnes se voient confier la tâche complexe de concevoir,

de développer et de diffuser différents types d'environnements numériques d'apprentissage (ENA[1]). Les projets qui ont une certaine ampleur peuvent mobiliser des équipes de travail composées de plusieurs personnes ayant des expertises et des fonctions variées : concepteurs et conceptrices pédagogiques, conseillers et conseillères pédagogiques, spécialistes de la matière[2] (personnel enseignant, formateurs, formatrices, etc.), gestionnaires de projets, analystes informatiques, intégrateurs et intégratrices Web, infographistes, etc. On assiste ainsi à un accroissement et à une diversification de la pratique de la conception pédagogique et, plus généralement, de l'ingénierie pédagogique[3].

La pratique de l'ingénierie pédagogique constitue un objet de recherche croissant depuis quelques années (Basque *et al.*, 2014; Sugar, 2014). À ce jour, les recherches se sont surtout intéressées aux pratiques de celles et de ceux qui occupent la fonction de concepteur pédagogique (*instructional designer*) à titre professionnel. Elles ont porté notamment sur :

- les tâches qui occupent une partie importante de leur temps de travail;
- l'écart qui existe entre les tâches qu'ils mènent et celles qui sont prescrites dans les méthodes d'ingénierie pédagogique;
- les facteurs et les théories qui guident leurs décisions;
- le processus de design pédagogique mis en œuvre par des conceptrices et des concepteurs experts et novices;
- les compétences requises pour exercer le métier, de même que celles qu'ils développent dans la pratique;
- les rôles qui leur sont attribués;
- leurs pratiques de collaboration.

Très peu d'études ont été menées dans la francophonie et aucune n'a sondé le point de vue des concepteurs et des conceptrices pédagogiques sur ce qui

---

1 Comme on le mentionne au chapitre 1, un ENA est un « environnement (ou système) d'apprentissage faisant appel aux technologies numériques […] dans la majorité des composantes utilisées par les apprenants et les apprenantes, où les technologies servent à appuyer et à enrichir des aspects significatifs de l'apprentissage compte tenu des objectifs et du contexte d'apprentissage ». Ce concept est distinct de celui de système de gestion de l'apprentissage (*learning management system* [LMS]), qui renvoie aux plateformes de diffusion de formations en ligne (par exemple, Moodle, Open edX).

2 Appelés aussi « experts ou expertes de contenu » (*subject-matter experts* [SME]).

3 Dans ce chapitre, on parle d'« ingénierie pédagogique » pour désigner l'ensemble du processus d'élaboration d'environnements d'apprentissage de tout type, incluant des activités d'analyse, de conception pédagogique et médiatique, de développement, d'implantation, d'évaluation et de gestion. Pour une présentation des différentes significations attribuées à ce vocable et à celui de design pédagogique, voir le chapitre 1.

pourrait être fait pour améliorer les pratiques d'ingénierie pédagogique. Face à ce constat, une étude exploratoire a été menée auprès de concepteurs et de conceptrices pédagogiques, mais également de personnes ayant participé, à divers autres titres et dans divers milieux, à des projets de conception de différents types de formations (à distance, en présence et hybrides) ou d'ENA afin de recueillir leurs recommandations en cette matière.

Une première série de recommandations a été colligée lors d'un panel tenu dans le cadre d'un colloque organisé par le Laboratoire en ingénierie cognitive et éducative (LICÉ[4]) au Congrès de l'ACFAS 2017[5] et auquel ont participé cinq praticiennes et praticiens experts. Le panel incluait deux conseillers pédagogiques, l'un en milieu universitaire, l'autre possédant une firme spécialisée en conception de formations, un professeur d'université accompagnant des collègues professeurs dans la conception de formations à distance (FAD), un haut gestionnaire d'une firme spécialisée en conception d'ENA et un coordonnateur d'un organisme à but non lucratif voué à la diffusion d'informations, au soutien à l'innovation et au partage de ressources d'enseignement et d'apprentissage dans le domaine des technologies numériques à des fins d'apprentissage. Les discussions avec l'auditoire ont également alimenté cette première collecte de recommandations.

Une seconde série de recommandations a été obtenue au moyen d'un sondage en ligne diffusé dans divers groupes LinkedIn spécialisés en ingénierie pédagogique ou transmis par courriel à des communautés de praticiens et de praticiennes dans le domaine. Au total, soixante-neuf personnes, de langue française et possédant en moyenne dix-huit ans d'expérience de travail dans ce domaine, ont répondu à ce sondage. Seulement sept d'entre elles ont déclaré avoir moins de cinq années d'expérience. À une question ouverte portant sur le titre de leur dernier emploi ou de leur emploi actuel, leurs réponses ont été regroupées en cinq catégories : 34 % ont mentionné un titre de la catégorie « conseiller », 30 % de la catégorie « concepteur », 16 % de la catégorie « gestionnaire », 13 % de la catégorie « enseignant » et moins de 1 % de la catégorie « autres » (par exemple, mentor, technicien). Ces personnes ont œuvré en milieu scolaire et universitaire (94 %), dans des entreprises spécialisées en formation (57 %), dans des entreprises privées non spécialisées en formation (46 %), dans des ministères et des organismes publics (46 %), dans des organismes communautaires (33 %), dans des associations professionnelles (36 %) ou dans leur propre entreprise de consultation (43 %). À une question à réponses multiples sur leur domaine d'études, 48 % ont mentionné les sciences

4 http://lice.licef.ca/

5 https://ipdesena-acfas2017.teluq.ca/

de l'éducation, 48 % la technologie éducative, 31 % la FAD, 13 % la technologie ou l'informatique, 10 % l'administration et 46 % d'autres domaines n'ayant pas de lien avec la conception pédagogique (par exemple, finances, sciences infirmières, langue). Enfin, près des trois quarts (73 %) ont mentionné avoir suivi une formation continue dans le domaine de la technologie éducative, 42 % dans celui de la conception pédagogique, 33 % dans celui du conseil pédagogique et 23 % dans d'autres domaines (gestion de projets de formation, apprentissage par le jeu, gestion du changement, programmation et design d'interfaces, etc.).

Dans ce chapitre, l'ensemble des recommandations formulées par les personnes qui ont participé au panel et au sondage sont rapportées selon qu'elles visent à améliorer : 1) les approches méthodologiques de l'ingénierie pédagogique; 2) le processus d'ingénierie pédagogique; 3) la gestion des projets d'ingénierie pédagogique; 4) le soutien offert aux praticiens et aux praticiennes.

1 Améliorer les approches méthodologiques de l'ingénierie pédagogique

Plusieurs participants et participantes ont suggéré des approches générales ou des principes à privilégier pour améliorer les méthodes d'ingénierie pédagogique. Nous les rapportons dans cette section[6].

1.1 L'approche de la conception centrée sur l'utilisateur

L'absence de la personne apprenante au moment de la conception pédagogique d'une formation fait en sorte qu'« *on ne sait pas trop ce qu'elle veut* »[7]. Il est difficile d'imaginer ses objectifs personnels ainsi que ses compétences et ses connaissances à l'entrée dans la formation. Dans cette perspective, plusieurs participants et participantes estiment qu'au cours d'une démarche d'ingénierie pédagogique, les personnes apprenantes doivent être plus « *écoutées* », « *questionnées* » et « *observées sur le terrain* ». Pour l'un d'entre eux, il s'agit de prendre en compte « *l'expérience de l'utilisateur, à la fois dans la façon dont il utilise et vit la formation en tant qu'individu avec des émotions et dans la dimension UX design*[8] *du dispositif en ligne et de son interface* ». Ces deux propositions font référence

6 Pour plus de détails sur les approches et les méthodes mentionnées dans cette section, voir le chapitre 2.

7 Dans ce chapitre, les passages à la fois en italique et encadrés de guillemets sont des extraits de propos tenus par des participants ou des participantes.

8 *User experience design*.

à l'approche centrée sur l'utilisateur qui place ce dernier au cœur du processus décisionnel, et ce, depuis la planification de la formation jusqu'à sa réalisation et à sa validation, voire tout au long du cycle de vie de la formation (Baek *et al.*, 2007). Parmi les commentaires recueillis, certains laissent penser que cette approche serait rarement adoptée.

D'autres vont plus loin en recommandant de concevoir « avec » plutôt que « pour » les personnes apprenantes en intégrant activement des personnes les représentant dans le processus de conception d'une formation. On suggère que cette intégration soit faite dès les premières étapes du projet et tout au long du cycle de vie de la formation. Ces recommandations, qui prônent un engagement actif de personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices dans le processus de conception d'un système ou d'un produit visant leurs besoins spécifiques, s'inscrivent dans l'approche de la conception participative (Baek *et al.*, 2007). D'autres auteurs étendent la définition de cette approche à l'ensemble des acteurs et des parties prenantes d'un projet d'ingénierie pédagogique, comme indiqué dans les paragraphes qui suivent.

1.2 L'approche participative

Certains participants et participantes recommandent que non seulement les équipes de conception pédagogique, les spécialistes de contenu et les personnes représentant les apprenants et les apprenantes participent au processus d'ingénierie pédagogique dès la conception de la formation, mais également des représentants de toute autre partie prenante. Ceci inclut notamment « *ceux qui vont gérer le quotidien de la formation* » une fois celle-ci en diffusion (personnel enseignant, personnes tutrices, gestionnaires, spécialistes de la médiatisation, personnel des services techniques, etc.).

L'adoption d'une approche participative présente des exigences. Elle implique, entre autres, que les acteurs apprennent à travailler de manière collaborative. Or, il se dégage des commentaires recueillis que le travail collaboratif au sein des équipes de projet ne serait pas une pratique courante. On en serait même « *à des années-lumière* », a commenté un participant.

1.3 L'approche du *design thinking*

L'approche du *design thinking*, appelée aussi « conception créative » (Office québécois de la langue française [OQLF], 2021), « démarche design » (JORF, 2019) ou « pensée design » (Gamba, 2017), est évoquée à plusieurs reprises dans les recommandations des participants et des participantes. Brown et Green (2018) en résument la philosophie en mentionnant qu'elle est à la fois centrée sur l'humain,

collaborative, itérative et axée sur le design de plusieurs solutions. Les méthodes inspirées de cette approche se veulent fluides et organiques. Parmi les plus populaires, on trouve la méthode de *design thinking* développée à l'École de design de l'Université Stanford, qui inclut cinq phases : compatir, définir, proposer des idées, prototyper, tester *(empathize, define, ideate, prototype, test)* (Brown et Green, 2018).

Cette approche aurait la cote actuellement dans les milieux de conception de formations, du moins dans le discours. Plusieurs participants et participantes la recommandent parce qu'elle met l'accent sur l'empathie, le travail d'équipe, la collaboration et la créativité. Elle permettrait de rompre avec le processus d'ingénierie pédagogique « *à la chaîne* » qui serait en cours dans plusieurs entreprises de e-learning notamment.

1.4 L'approche agile et l'approche par prototypage

Estimant trop linéaires et trop limitatives les méthodes classiques qui adoptent le modèle ADDIE (analyse, design, développement, implantation, évaluation) (Branch, 2009), certains participants et participantes ont préconisé une ingénierie pédagogique « *plus agile* ». Cet objectif pourrait aussi améliorer la MISA (méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage[9]) (Paquette, 2002a). L'un des participants a toutefois mentionné que l'adoption d'une méthode agile peut poser des difficultés dans la gestion des projets de conception d'ENA. Les multiples changements qui peuvent être demandés par les divers intervenants et intervenantes en cours de conception risquent de conduire à une augmentation des coûts, à de nombreuses itérations et à une relation tendue avec l'organisme qui demande la conception de la formation et qui ne comprend pas toujours pourquoi le changement souhaité représente un surcoût au contrat initial. La pratique du prototypage est toutefois à retenir, car ces personnes ont besoin de « *visualiser le produit* », et ce, le plus tôt possible dans la démarche d'ingénierie pédagogique, de sorte qu'une fois le prototype approuvé, les demandes de changements pourront être considérées comme hors contrat.

L'approche par prototypage semble, selon les commentaires recueillis, s'intégrer progressivement dans la pratique, du moins dans certains milieux. À titre d'exemple, un participant œuvrant dans une firme de conception de formations rapporte le cas d'un projet où le produit visé impliquait une haute interactivité et où le client exigeait la présentation d'un prototype dans l'appel d'offres, mettant ainsi en compétition les soumissionnaires avant même le démarrage du projet.

---

9 Voir le chapitre 4 pour plus de détails sur cette méthode.

Bien qu'il soit coûteux, le développement d'un prototype permet de valider les orientations du projet dès le départ, ce qui facilite le travail de l'équipe de conception par la suite et permet ainsi d'économiser du temps.

Un autre participant souligne que la présentation de prototypes à l'organisme demandeur de la formation dès l'analyse préliminaire, sous forme de maquettes par exemple, a également l'avantage d'affiner chez ce dernier la compréhension des orientations pédagogiques et médiatiques du projet. Cette présentation a également pour effet de favoriser son engagement dans le projet en établissant dès le départ une relation de collaboration avec l'équipe de conception pédagogique et en offrant une base pour guider les discussions.

1.5 L'approche de l'adaptation aux acteurs et au contexte des projets

Plusieurs participants et participantes préconisent non pas une méthode unique d'ingénierie pédagogique pouvant convenir à toutes les situations, mais plutôt une ou plusieurs méthodes pouvant s'adapter aux acteurs dont les compétences en conception pédagogique sont variables, ou encore à l'envergure ou à la complexité des projets.

1.5.1 Des méthodes adaptées aux acteurs

Les acteurs appelés à œuvrer à la conception de cours en ligne et qui ne sont pas formés à l'ingénierie pédagogique peuvent éprouver des difficultés à participer au processus qui leur est proposé par les équipes de conception pédagogique, surtout s'ils ont peu de temps et de disponibilité à y consacrer, comme c'est souvent le cas du personnel enseignant. Ces difficultés peuvent mener à leur désengagement, voire à des conflits au sein des équipes de projet (Bourcier et Basque, 2020). On préconise alors comme solution de proposer à ces acteurs des méthodes « *simples au point de départ de manière à partir de ce qu'ils peuvent comprendre* ». Ainsi, une approche par couches permettrait de décomposer une méthode en divers niveaux de complexité de façon à en proposer diverses versions correspondant à différents profils d'acteurs.

En milieu universitaire, la démarche du *scholarship of teaching and learning* (SoTL[10]) serait une autre piste à privilégier pour favoriser l'adaptation des

10 Comme le soulignent Rege Colet *et al.* (2011), ce terme pose des problèmes de traduction en français. Ces auteures proposent « expertise dans l'enseignement » pour le traduire. Le terme *scholar* signifiant « expert », cela implique « de considérer que les enseignants universitaires peuvent être des experts de l'enseignement de la même manière qu'ils sont reconnus comme des experts de la recherche » (p. 93).

méthodes aux pratiques des professeures et des professeurs, qui seraient alors invités à s'engager dans une démarche de développement de leur expertise en design pédagogique incluant six étapes : 1) l'analyse de la pratique, 2) l'appropriation de connaissances, 3) la conception du changement, 4) l'implantation du changement, 5) l'évaluation du changement et 6) la communication du changement (Bélisle *et al.*, 2016). Cette démarche leur permettrait de passer graduellement du statut de « praticien » (mode éveil), à celui de « praticien réflexif » (mode acquisition), puis de « praticien chercheur » (mode de partage d'expertise) et enfin de « chercheur en pédagogie » (mode production de savoirs formels) (Bédard, 2014).

Il a été souligné que la démarche du SoTL se rapproche de celle de la méthodologie de « recherche basée sur le design » (*design-based research* [DBR]), définie de la manière suivante :

> […] une méthodologie de recherche systématique mais souple visant à améliorer les pratiques éducatives à travers une démarche itérative d'analyse, conception, développement et implantation, réalisée par des chercheurs et des praticiens en étroite collaboration et en contexte réel, et conduisant à l'élaboration de principes et de théories de design pédagogique sensibles au contexte. (Wang et Hannafin, 2005, p. 6) [traduction libre]

Les résultats de projets de recherche basée sur le design menés conjointement par des équipes de recherche et des praticiennes et des praticiens engagés dans une démarche d'ingénierie pédagogique permettraient ainsi de faire évoluer de manière continue les connaissances sur les méthodes et les principes d'ingénierie pédagogique.

1.5.2 Des méthodes adaptées au contexte des projets

S'adapter aux projets suppose de s'adapter au contexte dans lequel ils se déroulent, comme le souligne un participant qui propose de « *promouvoir des pratiques de design pédagogique réalistes et pragmatiques qui s'arriment mieux aux enjeux concrets et actuels vécus par les équipes* ». Sans cela, le design pédagogique est perçu comme étant trop théorique, lourd, long et complexe.

Aussi, pour des projets de grande complexité, a-t-il été suggéré d'opter pour des méthodes plus souples que les méthodes linéaires inspirées du modèle classique ADDIE, comme la méthode SAM (*successive approximation model*) (Allen et Sites, 2012), qui propose deux versions, l'une pour des projets plus simples, l'autre pour des projets de plus grande envergure[11]. La catégorisation des méthodes selon

11 Voir le chapitre 2 pour plus de détails sur cette méthode.

leur taille et leur complexité, effectuée dans l'approche « Crystal[12] » en ingénierie logicielle proposée par Coffin et Lane (2006), pourrait aussi servir d'inspiration. Les méthodes pourraient ainsi évoluer en leur rajoutant des couches selon l'ampleur et la complexité des projets.

2 Améliorer le processus d'ingénierie pédagogique

Cette section rapporte les recommandations des participants et des participantes concernant les différentes activités réalisées au cours du processus d'ingénierie pédagogique.

2.1 Les analyses

Il faut accorder une plus grande attention et donner une plus large place aux analyses préalables dans les projets d'ingénierie pédagogique, qu'il s'agisse de l'analyse du besoin de formation, du contexte dans lequel prendra place la formation, du profil des personnes apprenantes cibles, de l'offre des compétiteurs, des modalités de diffusion des ressources disponibles pour réaliser le projet et des contraintes dont il faut tenir compte dans la réalisation du projet. Cependant, les contraintes budgétaires et temporelles des projets font en sorte qu'en général, les équipes de conception pédagogique manquent de temps pour se consacrer de manière satisfaisante à ces analyses.

On doit toutefois noter que les organismes qui demandent de concevoir des formations ne sont souvent pas convaincus de l'importance des activités d'analyse dans la démarche d'ingénierie pédagogique. Certains les réalisent eux-mêmes, laissant par la suite peu de flexibilité à l'équipe de design pédagogique dans la réalisation du projet d'ingénierie pédagogique. Il est donc recommandé de leur « *expliquer l'impact d'une bonne analyse* » menée par des professionnels et des professionnelles du design pédagogique.

2.2 La spécification des connaissances et des compétences ciblées

La spécification des connaissances et des compétences que les personnes apprenantes seront appelées à développer au cours de la formation est une tâche

12 Crystal est une famille de méthodologies agiles en ingénierie logicielle, qui varient selon la taille et la complexité du projet. Celles-ci adoptent les principes généraux suivants : des livraisons fréquentes, la rétroaction continue, la communication constante, la prudence, la focalisation sur les priorités, l'accès aux utilisateurs et aux utilisatrices, les tests automatisés et l'intégration fréquente des composantes du système (Coffin et Lane, 2006) : https://www.devx.com/architect/Article/32836/0/page/2

fondamentale à laquelle il faut consacrer davantage d'attention et de temps que dans les pratiques actuelles. Les concepteurs et les conceptrices pédagogiques peuvent apporter une expertise unique à cet effet, en utilisant des techniques et des outils appropriés lors de leurs interactions avec les spécialistes de contenu. L'équipe de conception doit être bien outillée pour ce faire. À cet effet, la technique de modélisation par objets typés (MOT) (Paquette, 2002b) et le logiciel MOT[13] développés à l'Institut LICEF de l'Université TÉLUQ ont été cités en exemple.

2.3 La conception pédagogique

En matière de conception pédagogique, les recommandations des participants et des participantes ont porté sur cinq thèmes : les principes généraux de la conception pédagogique, la scénarisation pédagogique, les stratégies pédagogiques, l'évaluation de l'apprentissage et l'encadrement des personnes apprenantes.

2.3.1 Les principes généraux de la conception pédagogique

La formule « *la pédagogie avant la technologie* » constitue un principe général de la conception pédagogique à appliquer dans tout projet d'ingénierie pédagogique. Or, selon les propos rapportés, la détermination du contenu et du scénario pédagogique passe souvent au second plan, les organismes demandeurs de la formation ayant déjà décidé du format médiatique et des outils technologiques à privilégier avant de commencer le projet. Dans ce cas, le gestionnaire du projet doit les sensibiliser à l'importance de prioriser les décisions de nature pédagogique, qui devraient être prises par les acteurs responsables de la conception pédagogique. La technologie doit être utilisée au service de la pédagogie, et non l'inverse.

Il a également été mentionné que certains organismes demandeurs de formations et certains spécialistes de la matière à qui l'on confie la tâche de concevoir une formation sont trop centrés sur le contenu dans la formation et ne se soucient pas suffisamment des objectifs d'apprentissage visés. L'une des recommandations émises est donc de s'assurer que, dans tout projet d'ingénierie pédagogique, un travail d'alignement soit réalisé tout au long du projet entre les connaissances et compétences visées, le scénario pédagogique de la formation, son format médiatique ainsi que l'organisation de sa diffusion. Les équipes de conception pédagogique détiennent l'expertise pour ce faire.

13 Pour plus de détails sur cet outil disponible en trois versions, voir http://gmot.teluq.ca

L'application de principes de « conception universelle de l'apprentissage » (CUA[14]) dans le processus d'ingénierie pédagogique a également été suggérée. Selon la définition retenue par le CAST (Center for Applied Special Technology[15]) et proposée par Rose et Meyer (2002), la CUA fait référence à :

> […] un ensemble de principes liés au développement du curriculum qui favorise les possibilités d'apprentissage égales pour tous les individus. La pédagogie universelle offre un canevas pour la création de buts, de méthodes, d'évaluations et de matériel éducatif qui fonctionnent pour tous les individus. Il ne s'agit pas d'un modèle unique qui s'applique à tous, mais plutôt d'une approche flexible qui peut être faite sur mesure ou ajustée pour les besoins de l'individu. (traduction de Bergeron *et al.*, 2011, p. 91-92)

Un participant œuvrant comme concepteur pédagogique en milieu universitaire abonde dans ce sens en recommandant d'opter pour une pédagogie inclusive de manière à répondre aux besoins des étudiants et des étudiantes d'origine diversifiée et de ceux en situation de handicap qui sont de plus en plus nombreux dans les universités. Ce principe implique, précise-t-il en faisant référence aux travaux du CAST, d'offrir aux personnes apprenantes « *plusieurs moyens de représentation, plusieurs moyens d'action et d'expression et plusieurs moyens d'engagement* », bref de leur donner « *plus de choix* ». Il faut développer, ajoute-t-il, des scénarios d'apprentissage multiples et ouverts ainsi que des environnements d'apprentissage riches et utiliser des mégadonnées d'apprentissage[16] pour offrir aux étudiants et aux étudiantes des parcours personnalisés au cours de leur cheminement d'apprentissage.

2.3.2 La scénarisation pédagogique

On recommande aussi de personnaliser les parcours d'apprentissage en ajoutant des « *activités conditionnelles* » au scénario d'apprentissage (par exemple, en restreignant l'accès à une activité en fonction de l'achèvement d'une autre ou d'une note obtenue), ainsi que de prendre en compte les environnements personnels d'apprentissage (EPA[17]) des personnes apprenantes lors de la conception

---

14 Universal design for learning (UDL).

15 http://www.cast.org/

16 Voir le chapitre 6.

17 Un EPA inclut à la fois des méthodes, des outils, des communautés et des services qui constituent des infrastructures ou des écosystèmes d'apprentissage individuels que les personnes apprenantes utilisent pour diriger leur propre apprentissage et poursuivre leurs objectifs éducatifs (PLE Conference, 2013, cité dans Henri, 2014, p. 144).

des formations. Comme le souligne Henri (2014), les EPA ne sont pas que des objets technologiques; ils font plus largement référence à une approche visant l'autonomisation et la responsabilisation de la personne apprenante dans son apprentissage tout au long de sa vie[18].

D'autres participants et participantes suggèrent de « *décloisonner* » et d'« *ouvrir* » les parcours d'apprentissage en y intégrant des activités appelant à l'usage, par les personnes apprenantes, de ressources externes à l'ENA. Certains vont même jusqu'à suggérer de considérer l'« *apprentissage émergent* », lequel se produit dans des espaces numériques autoorganisés d'interactions entre des personnes et des ressources, ce qui suggère que le design doit également être émergent (Williams et al., 2011).

Enfin, certains estiment qu'il faut « *aller au-delà de la formation en ligne dans les milieux de travail* » et offrir aux travailleurs et aux travailleuses, comme le suggère l'approche du Center of Modern Workplace Learning[19], non seulement des formations sur demande, mais également des ressources d'apprentissage soutenant la productivité et la performance au travail, de même que des occasions d'apprentissage par le partage d'expériences et de savoirs au sein d'activités de travail en équipe et par le réseautage professionnel sur le Web.

2.3.3 Les stratégies pédagogiques

Certains participants et participantes rapportent que l'enseignement transmissif est encore trop répandu actuellement dans les pratiques de design de formation. Le mythe du « *moi j'enseigne, donc ils apprennent* » est encore prégnant aujourd'hui. D'autres déplorent en particulier la surutilisation de vidéos non interactives, qui constituent souvent la seule stratégie pédagogique proposée dans les CLOM (cours en ligne ouverts massivement, traduction de *massive open online courses* [MOOC[20]]). Aussi est-il recommandé de varier les stratégies pédagogiques et d'opter pour des activités d'apprentissage stimulantes et engageantes dans lesquelles la personne apprenante est active et contribue à son propre apprentissage. Les exemples suivants ont été cités :

---

18 Pour des recommandations visant l'autonomisation des personnes apprenantes dans leur apprentissage, voir le chapitre 12.

19 https://modernworkplacelearning.com/

20 Voir le chapitre 11 pour des détails sur ce type de cours.

– des activités d'apprentissage collectif et en réseau, telles que la réalisation de travaux en collaboration (par exemple, un marathon de programmation [*hackathon*] en équipes);
– des activités intégrant la ludification (en anglais, *gamification*) de l'apprentissage de manière à rendre le processus d'apprentissage « *plus attractif* », en prenant soin toutefois de ne pas « *tomber dans le travers que cela ne ressemble plus qu'à un jeu* » sans intérêt pour l'apprentissage;
– des activités intégrant la réalité augmentée, l'apprentissage immersif et des « *simulations authentiques* »;
– la réalisation de projets;
– des activités intégrant « *l'analyse d'activités (type vidéoscopie)* »;
– des activités d'apprentissage expérientiel.

2.3.4 L'évaluation de l'apprentissage

L'évaluation sommative de l'apprentissage au moyen de quiz semble une pratique encore répandue. Il est suggéré d'adopter d'autres modalités d'évaluation de l'apprentissage, par exemple des études de cas et des exercices de résolution de problèmes « *progressifs* ». Il y a lieu également de « *valoriser les compétences développées en décernant des badges et d'autres formes de marqueurs de passage ou de récompenses permettant à l'apprenant de justifier ses apprentissages et sa pratique* ».

Pour améliorer l'évaluation formative de l'apprentissage, l'analytique de l'apprentissage[21] est préconisée pour effectuer l'analyse prédictive de réussite et le dépistage hâtif de difficultés éprouvées par les personnes apprenantes.

L'évaluation par les pairs réalisée dans une plateforme technologique appropriée à ce type d'activité constitue une autre recommandation pouvant servir tant pour l'évaluation formative que pour l'évaluation sommative de l'apprentissage.

2.3.5 L'encadrement des personnes apprenantes

Une seule recommandation a porté sur l'encadrement des personnes apprenantes, à savoir qu'il est important de leur en offrir sous différentes formes dans les ENA, mais « *seulement lorsque nécessaire* ».

---

21 Voir le chapitre 6.

2.4 La conception médiatique

Il est suggéré de varier davantage les médias dans les ENA, d'y intégrer les « *nouveaux médias* » et d'y introduire davantage d'interactivité. Il faudrait mieux tenir compte des nouvelles générations de personnes apprenantes, qui utilisent une variété de plateformes (tablette, cellulaire, ordinateur, etc.). Il y a lieu également de moderniser les interfaces graphiques pour éviter les fossés entre les sites Web contemporains et les interfaces des plateformes et des chaînes éditoriales à l'allure vieillotte encore utilisées dans certains milieux de formation. Les jeunes se moqueraient régulièrement des outils utilisés en formation, notamment en milieu universitaire qui dispose de ressources insuffisantes pour suivre le rythme de l'évolution technologique.

Par ailleurs, certains ont rappelé qu'il faut s'assurer que les environnements technologiques utilisés soient stables, ergonomiques et fonctionnels, laissant entendre que cela n'est pas encore toujours le cas. On a également souligné que les plateformes utilisées dans certains milieux ne seraient pas adaptées à l'apprentissage collaboratif.

Une autre proposition a été faite quant à l'utilisation des logiciels libres et au développement des ENA selon les normes et les standards en vigueur dans le domaine de la formation en ligne. Cette solution permettrait non seulement de favoriser le partage de ressources entre les milieux de formation, mais aussi de faire des économies qui pourraient alors être dédiées, par exemple, à l'embauche de spécialistes en ingénierie pédagogique.

2.5 L'évaluation de la démarche et du produit de la démarche d'ingénierie pédagogique

L'évaluation du produit de la démarche d'ingénierie pédagogique est un maillon important qui manque toutefois dans les pratiques. Les organismes qui demandent la conception de formations ne seraient pas enclins à prévoir du budget pour cette activité.

Par exemple, on signale qu'il serait utile que les ENA fassent l'objet de mises à l'essai avant leur mise en diffusion afin de vérifier s'ils permettent d'atteindre les cibles d'apprentissage visées.

Pour sa part, un participant a fourni des détails sur la manière dont, selon lui, l'évaluation du développement des compétences chez les personnes apprenantes devrait être faite à la fin d'une formation, soit « *de trois à neuf mois après celle-ci, en autoévaluation et/ou en observation par le superviseur et/ou les pairs* ». Il préconise également d'évaluer dans quelle mesure les compétences ont été

transférées dans la pratique, par exemple en milieu de travail. Ces remarques font référence aux niveaux 2 et 3 du modèle à quatre niveaux de l'évaluation des formations proposée par Kirkpatrick et Kirkpatrick (2006), à savoir l'évaluation de l'apprentissage (l'atteinte des objectifs d'apprentissage chez les personnes apprenantes) (niveau 2) et celle du comportement (le transfert d'apprentissage en situation) (niveau 3), le niveau 1 étant celui de la réaction des personnes apprenantes (leur satisfaction[22]). Un autre participant estime qu'il serait important d'évaluer également le niveau 4, à savoir celui des résultats (les retombées sur l'organisation dans laquelle s'inscrit la formation).

Enfin, une recommandation concerne la réalisation d'une évaluation de la démarche mise en œuvre dans les projets d'ingénierie pédagogique dans le but d'améliorer les pratiques en ce domaine et de permettre aux équipes de projet « *d'apprendre de leurs erreurs* ». Cette évaluation peut se faire lors d'une rencontre à la fin du projet ou de certaines étapes.

3 Améliorer la gestion des projets d'ingénierie pédagogique

De nombreux participants et participantes ont proposé des améliorations à apporter à la gestion des projets d'ingénierie pédagogique, que ce soit en matière de gestion des ressources temporelles, des ressources humaines dédiées à ces projets ou encore dans la gestion des projets à l'échelle de l'organisation dans laquelle ils s'inscrivent.

3.1 La gestion des ressources temporelles

Des remarques sur le manque de temps dédié aux projets de conception de formations en ligne reviennent dans les propos des participants et des participantes. Les organismes demandeurs de formations auraient des attentes démesurées et semblent penser que « *le passage d'un cours en classe à un cours en ligne va se faire d'un coup de baguette* ». Il y aurait donc lieu d'effectuer « *des estimations plus réalistes des efforts à consacrer par chacun des acteurs et des échéances* » dans les projets. Cela serait d'autant plus nécessaire lorsque les acteurs qui y participent connaissent peu le processus d'ingénierie pédagogique, comme c'est souvent le cas chez le personnel enseignant qui ne possède généralement pas de formation en ce domaine et se trouve donc en situation de développement de ses

22 Notons que Phillips (2011) propose d'ajouter un cinquième niveau à ce modèle, celui du « retour sur l'investissement », mais aucun participant ou participante à notre étude n'y a fait référence.

compétences en cette matière. Le fait de disposer de plus de temps pour réaliser les projets laisserait davantage de place à la réflexion et permettrait d'adopter un cycle itératif d'ajustements en cours de projet.

L'information relative aux échéances doit également être fournie à l'ensemble des acteurs œuvrant au projet, d'autant plus que certaines de ces personnes peuvent collaborer à plusieurs projets simultanément.

3.2 La gestion des ressources humaines

Des améliorations devraient être apportées à la composition des équipes dédiées aux projets ainsi qu'à la distribution des rôles entre leurs membres.

D'abord, il est recommandé de bien distinguer les différents rôles et responsabilités des acteurs participant à des projets d'ingénierie pédagogique, même lorsque certains rôles sont joués par la même personne, puisque cela permet de « *distinguer clairement leurs actions et leurs finalités* ».

Toute équipe devrait inclure au moins un spécialiste de l'ingénierie pédagogique ainsi qu'un ou plusieurs spécialistes de la matière. Or, il a été rapporté qu'il n'y a pas suffisamment de concepteurs et de conceptrices de même que de conseillers et de conseillères pédagogiques pour combler les besoins dans plusieurs universités, de sorte que « *la plupart du temps, l'enseignant est seul* ». Le manque de ressources financières explique sans doute cette situation, mais il semble également que l'expertise des spécialistes de l'ingénierie pédagogique n'est pas reconnue comme indispensable dans certains établissements. Ceci fait en sorte que les tâches de conception pédagogique sont confiées à des personnes qui ne détiennent pas toute l'expertise requise. Et lorsqu'un conseiller ou un concepteur pédagogique fait partie des équipes, son leadership et sa marge décisionnelle peuvent s'avérer limités, de sorte que son champ réel d'influence demeure faible. Son rôle-conseil se limite parfois à « *exécuter les commandes d'un enseignant qui n'a possiblement pas* […] *de bagage technopédagogique* ». Une réflexion sur la vision de leur rôle dans les établissements est donc souhaitable pour optimiser l'apport de leur expertise.

On ne souhaite pas que le concepteur ou la conceptrice pédagogique et le ou la spécialiste de la matière aient « *des statuts dominants* », car cette situation pourrait facilement « *engendrer des conflits ou des résistances importantes* ». Un « *statut égalitaire* » attribué à l'ensemble des acteurs intervenant dans les projets favoriserait la collaboration entre les divers pôles d'expertise (conception pédagogique, domaine de formation ciblé, gestionnaire et équipe technique). Le rôle de gestionnaire (ou de chargé) de projet est important pour susciter et mainte-

nir la collaboration au sein des équipes et mettre en œuvre un véritable « *travail d'équipe* ». Pour ce faire, cette personne devrait détenir des compétences lui permettant d'« *éviter de faire des compromis sur la qualité du matériel livré et sa pertinence* ». Elle doit également être consciente de la complexité du processus d'ingénierie pédagogique et de l'ensemble des décisions à y prendre, afin de « *ne pas surcharger les différents acteurs de toute cette complexité* ». Les compétences de collaboration interprofessionnelle deviennent essentielles et il importe de planifier leur développement. Savard *et al*. (sous presse) ont fait des propositions à cet effet dans le domaine de la santé, mais qui peuvent s'appliquer dans d'autres domaines, dont celui de l'ingénierie pédagogique.

Enfin, plusieurs participants et participantes ont mentionné que les établissements d'enseignement offrant de la formation à distance gagnent à élaborer une politique relative à la formation à distance qui spécifie notamment les rôles et les responsabilités des divers acteurs dans les projets.

3.3 La gestion des projets à l'échelle organisationnelle

Des projets de formations à distance et d'ENA sont mis en œuvre dans diverses organisations (écoles et universités, entreprises, organisations sociocommunautaires, fonction publique, etc.). Les recommandations sur leur gestion à l'échelle organisationnelle ont été formulées uniquement par des participants et des participantes du milieu universitaire.

L'une de ces personnes recommande qu'il y ait davantage de communication et de collaboration entre les spécialistes de la conception et de la conseillance pédagogiques et les responsables des départements, car les premiers « *interagissent uniquement avec les enseignants; pourtant des décisions avec de lourds impacts pédagogiques sont prises régulièrement par les responsables de départements* ».

Une autre souligne qu'il y aurait lieu d'améliorer les évaluations des initiatives ou des projets de formation proposés dans les universités afin de donner priorité à l'amélioration de l'apprentissage chez les étudiants et les étudiantes plutôt qu'à la rentabilité. Des pratiques évaluatives adoptées dans le domaine de l'administration pourraient peut-être aider à convaincre les administrateurs et les administratrices de même que les gestionnaires de miser sur la qualité des apprentissages.

Concernant l'évaluation des initiatives de formations, il est également suggéré de la réaliser « *du point de vue de l'apprenant et de celui du mandataire du projet* ».

4 Améliorer le soutien offert aux praticiens et aux praticiennes

Le besoin de soutenir les praticiens et les praticiennes dans leur travail de conception de formations est criant, comme le résume ce commentaire : « *les gens […] ont plein de bonne volonté, plein d'énergie et plein de vouloir, mais ils n'ont pas les formations, ni les outils, ni les ressources pour quitter l'univers dans lequel ils ont été formés* ». Ce constat est confirmé par les nombreuses recommandations émises pour combler ce besoin. Elles ont été regroupées en quatre catégories selon qu'elles préconisent : 1) la formation en ingénierie pédagogique, 2) le partage d'expertises et d'expériences, 3) la mise à disposition d'outils de conception et d'aide à la décision ou 4) la valorisation et la reconnaissance du travail des acteurs de l'ingénierie pédagogique.

4.1 La formation en ingénierie pédagogique

Plusieurs participants et participantes ont fait état du besoin de permettre aux spécialistes de la conception pédagogique de développer leurs connaissances et leurs compétences de manière continue en matière d'ingénierie pédagogique. Ce besoin s'étend également aux autres acteurs intervenant dans les projets de conception de formations.

4.1.1 La formation des spécialistes de la conception pédagogique

Il y a d'abord une formation de base en conception pédagogique à exiger des personnes qui œuvrent à titre professionnel dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, ce qui ne serait pas le cas de la majorité des personnes présentement en fonction. Cette situation peut avoir plusieurs implications, dont « *le manque de confiance de l'expert de contenu [envers le concepteur ou la conceptrice pédagogique], une mauvaise analyse initiale du projet, une incohérence dans les stratégies pédagogiques choisies, un mauvais alignement pédagogique, etc.* ».

Une autre indication du manque de formation chez ces spécialistes est fournie par le constat d'un participant œuvrant en milieu universitaire et qui allègue que des méthodes d'ingénierie pédagogique « *dignes de ce nom* » ne semblent pas toujours être utilisées. Cet indicateur peut démontrer des lacunes dans les formations, mais peut également signaler le besoin de réviser les méthodes.

La formation donnée aux spécialistes de la conception pédagogique devrait être « *ancrée dans les résultats de recherche* (*evidence-based*) » et favoriser le développement d'une expertise en pédagogie, en éducation, en psychologie cognitive, en gestion de projets technopédagogiques et en gestion d'équipes technopé-

dagogiques. Les concepteurs et les conceptrices pédagogiques devraient également acquérir une connaissance des diverses approches et méthodes d'ingénierie pédagogique et développer des compétences dans l'application de quelques-unes d'entre elles. Ceci leur permettrait de s'adapter à celles qui sont utilisées dans les milieux de travail et de contribuer à les faire évoluer.

4.1.2 La formation du personnel enseignant

Même lorsque les enseignants et les enseignantes ont une expertise en pédagogie, la majorité n'a pas été formée aux théories, aux approches, aux méthodes et aux principes de l'ingénierie pédagogique.

Parmi les participants et les participantes ayant indiqué exercer la fonction de formateur, d'enseignant ou de personne tutrice, plusieurs reconnaissent leur manque de formation en ce domaine. Cette lacune peut les amener à éprouver le sentiment d'être démunis devant les choix technopédagogiques à faire et de fonctionner « *à l'instinct* ».

Plusieurs estiment qu'il faut leur offrir une formation, mais que celle-ci doit être pensée à la mesure de leurs besoins. Il serait irréaliste de s'attendre à ce que les spécialistes de contenu deviennent tous des spécialistes de la conception pédagogique. Les compétences en ce domaine sont développées dans des programmes universitaires de deuxième cycle. On ne les acquiert pas en suivant une formation de quelques heures, qui ne permet que de se familiariser avec le domaine. On suggère de viser plutôt à former les enseignants et les enseignantes de manière à ce qu'ils soient en mesure : 1) d'exprimer leurs besoins et leurs idées au cours du déroulement d'un projet d'ingénierie pédagogique; 2) de se familiariser avec le langage et les principes de base du domaine (comme celui de l'alignement pédagogique [Biggs, 2003; Martin, 2011]), la démarche d'ingénierie pédagogique dans laquelle ils sont engagés et les différents modèles médiatiques et de diffusion des FAD; 3) de distinguer les rôles des divers acteurs y œuvrant. En somme, on doit leur donner suffisamment d'outils pour leur permettre d'établir une relation de collaboration fructueuse avec les spécialistes de la conception pédagogique et avec les autres acteurs intervenant dans la démarche.

Ces formations devraient être offertes principalement en ligne afin de permettre au personnel enseignant de les suivre selon ses disponibilités. Il a également été suggéré d'« *intégrer certains aspects de l'ingénierie pédagogique et de l'ingénierie de formation dans les cursus de formation initiale des futurs enseignants du primaire et du secondaire* ».

En fait, a résumé un participant, il s'agit de convier les enseignants et les enseignantes à adopter une culture de l'ingénierie pédagogique : « *il faut aller les*

chercher là où ils sont et essayer de trouver par quel angle les intéresser et les amener à s'aventurer dans de nouvelles pratiques ». Il faut provoquer un certain changement de culture et penser la formation comme un processus d'« acculturation ».

4.1.3 La formation des autres acteurs intervenant dans les projets d'ingénierie pédagogique

Des participants et des participantes ont fait état du besoin d'offrir également une formation à d'autres acteurs intervenant dans les projets de conception pédagogique. Les administrateurs et les administratrices ainsi que les gestionnaires de projets d'ingénierie pédagogique, notamment, devraient être davantage informés de l'ampleur du travail que représente le développement de formations en ligne.

Il a également été souligné que les dirigeants et les dirigeantes universitaires devraient avoir accès à un programme de formation continue qui leur permettrait de se familiariser avec l'« *écosystème (macro, méso, micro et intra-individuel)* » dans lequel s'inscrivent les formations à distance développées, ce qui inclut de prêter attention notamment à l'accompagnement offert aux étudiants et aux étudiantes, aux modalités d'évaluation de leur apprentissage, à la gestion des parcours individualisés, etc. Ils devraient également être sensibilisés « *aux enjeux d'alignement stratégique, économique, politique, financier avec les modus operandi de conception de formations* ».

Les personnes affectées à la médiatisation des FAD devraient également recevoir une formation afin qu'elles se familiarisent avec les principes de conception médiatique[23] lorsqu'il s'agit d'une FAD. Sinon, elles ne feront que de la mise en forme d'un point de vue purement technique ou esthétique, sans se préoccuper de la dimension pédagogique de l'environnement d'apprentissage.

4.2 Le partage d'expertises et d'expériences

Le partage d'expertises et d'expériences constitue une autre piste majeure à privilégier pour améliorer les pratiques de conception de formations, tant celles des spécialistes du design pédagogique que celles des spécialistes de contenu. Ce partage peut prendre diverses formes : le réseautage, les communautés de pra-

23 On peut citer en exemple les principes énoncés par Clark et Mayer (2011) pour le multimédia éducatif et le e-learning sur la base des résultats de plusieurs recherches qu'ils ont menées.

tique, les groupes de codéveloppement professionnel[24], les études collectives de leçons[25], les espaces en ligne d'échange et de partage d'expériences, la diffusion de résultats d'études sur les pratiques exemplaires, le développement d'une plateforme qui rend disponibles des connaissances et des outils, la fréquentation de médias sociaux où l'on trouve des groupes spécialisés dans le domaine ou encore l'adhésion à des associations professionnelles.

4.3 La mise à disposition d'outils de conception et d'aide à la décision

Il existe un véritable besoin de mettre à la disposition des praticiens et des praticiennes des outils numériques de soutien au travail d'ingénierie pédagogique allant d'une simple « *boîte à outils* » accessible en ligne à des outils d'aide à la décision. En voici des exemples qui ont été mentionnés par les participants et les participantes :

- un *vade-mecum* construit en séquences qui récapitulent les points à surveiller à chaque étape, les personnes à impliquer, les données de pilotage à considérer, etc.;
- une plateforme répertoriant des connaissances liées à la FAD et des outils pouvant être utilisés en FAD et développés dans différents milieux;
- des outils d'aide à la décision (tableau d'analyse des stratégies, des séquences et du contenu, tableau d'aide à la sélection des stratégies pédagogiques);
- des outils incitant les acteurs à se poser les bonnes questions aux bons moments.

Des initiatives sont en cours dans certaines universités pour mettre à la disposition des professeurs et des professeures des outils de soutien à la conception

---

24 Un groupe de codéveloppement professionnel est « une approche de développement pour des personnes qui croient pouvoir apprendre les unes des autres afin d'améliorer leur pratique. La réflexion effectuée, individuellement et en groupe, est favorisée par un exercice structuré de consultation qui porte sur des problématiques vécues actuellement par les participants » (Payette et Champagne, 1997, p. 16).

25 Une étude collective de leçon (*lesson study*) est « un dispositif de recherche-formation qui fait travailler un groupe d'enseignants autour de la construction d'une leçon. Ces enseignants identifient un objet d'apprentissage qui leur pose problème et au sujet duquel ils souhaitent construire une leçon. Les enseignants analysent l'apprentissage visé et planifient ensemble une leçon. Cette leçon est mise en œuvre dans la classe d'un des membres du groupe. Les autres enseignants observent la leçon en direct et analysent son impact sur les apprentissages des élèves. Le groupe peut décider de planifier une version améliorée de la leçon qui sera donnée dans la classe d'un autre enseignant et la boucle recommence. Le résultat du travail est diffusé, à la fois sous la forme d'un plan de leçon détaillé utilisable par d'autres enseignants et d'articles dans des revues professionnelles » (Clivaz, 2015, p. 101).

de cours en ligne. Une plateforme de cours en ligne intégrant un gabarit de plan de cours à remplir directement dans l'environnement d'apprentissage à concevoir a été mentionnée à titre d'exemple. Ainsi, les plateformes de e-learning deviennent non seulement « *des environnements de diffusion mais aussi de conception de formations* ». Il faut cependant aller plus loin, de sorte que les outils proposés dans les plateformes soient beaucoup mieux intégrés à la démarche d'ingénierie pédagogique. On souhaite notamment ajouter minimalement de l'aide menant à des tutoriels. Il serait aussi utile d'y intégrer des agents intelligents d'aide à la conception pour soutenir, par exemple, la formulation d'objectifs d'apprentissage, la recherche dans des banques de ressources d'enseignement et d'apprentissage, la scénarisation pédagogique, ainsi que la sélection des activités d'enseignement et d'apprentissage et des activités d'évaluation de l'apprentissage.

Un participant a toutefois signalé que d'imposer des outils tels que des gabarits de conception peut avoir pour effet de réduire « *l'éventail de possibilités envisageables* » dans les démarches de conception de cours en ligne. Certaines universités optent plutôt pour une approche d'accompagnement des professeurs et des professeures par des spécialistes de l'ingénierie pédagogique. En plus de les assister dans leur projet de conception de cours, ils leur offrent souvent de la formation en ce domaine. Selon plusieurs participants et participantes, un tel accompagnement est primordial, même si des outils sont mis à la disposition du personnel enseignant.

Certains préconisent un accompagnement qui amène les professeurs et les professeures à s'engager dans une démarche de type SoTL. Un outil d'aide à la conception pourrait être greffé à un environnement de conception intégrant des principes de SoTL.

4.4 La valorisation et la reconnaissance du travail des acteurs de l'ingénierie pédagogique

Pour un bon nombre de participants et de participantes, le travail de conception pédagogique demeure peu valorisé chez le personnel enseignant et celui de l'administration. En milieu universitaire, il y aurait lieu, d'une part, de décharger les professeurs « *de certaines obligations dans leur emploi du temps afin d'accorder le temps nécessaire à l'amélioration ou la modification de leurs pratiques de formation* » et, d'autre part, d'inclure la qualité de leurs pratiques d'enseignement parmi les critères de promotion dans la carrière universitaire. Sans ces conditions, il est fort probable qu'ils ne s'y consacreront pleinement que « *s'ils en ont le temps* ».

Le travail des spécialistes de l'ingénierie pédagogique demande également à être davantage reconnu et valorisé. Pour cela, il faut « *familiariser les milieux de*

pratique (en premier lieu les gestionnaires) avec l'importance et l'impact positif des pratiques de design pédagogique pour le développement de formations et de matériels de formation ». Le métier de concepteur pédagogique est si peu connu dans les milieux de formation, qu'il a été proposé que leur formation inclue des contenus sur « *la mise en marché de leur spécialité* ».

Une personne œuvrant en design pédagogique a mentionné que les organismes qui demandent la conception des formations et le personnel enseignant « *ne savent même pas ce qu'on peut faire pour les aider. C'est évident qu'ils ont besoin de nous… Mais ils ne savent pas qu'ils ont besoin de nous parce qu'ils ne savent pas* [ce qu'on peut leur offrir] ». Les embauches dans le champ de l'ingénierie pédagogique souffrent de ce manque de reconnaissance puisque l'expertise spécifique de celles et de ceux qui ont une formation dans le domaine demeure floue aux yeux de plusieurs. Certaines personnes semblent penser que le concepteur pédagogique est « *celui qui va faire de la technique* ». L'exigence de posséder des compétences technologiques domine d'ailleurs souvent dans les offres d'emploi. De plus, des offres d'emploi où l'« *on cherche trois personnes en une* [seule] *sont monnaie courante* ». Cela signifie que ce métier est méconnu et sous-valorisé. Les personnes qui l'exercent sont perçues comme pouvant à la fois gérer les projets, effectuer le travail de conception pédagogique, médiatiser la formation, organiser la diffusion de la formation, développer des plateformes, etc. Il y aurait donc une certaine éducation à faire auprès des employeurs quant au métier de concepteur ou de conceptrice pédagogique.

Conclusion

Les pistes de renouvellement et d'amélioration de l'ingénierie pédagogique proposées par les praticiens et les praticiennes révèlent qu'à leurs yeux, tout comme à ceux de plusieurs chercheurs et chercheuses dans ce domaine[26], les méthodes classiques fondées sur une application strictement linéaire du modèle ADDIE s'avèrent trop limitées pour relever l'ensemble des défis pédagogiques, technologiques et organisationnels posés dans un monde où les technologies numériques ouvrent la voie à de nouvelles façons d'apprendre, d'enseigner et de former.

Les résultats de notre étude mettent également en lumière que les nouvelles approches et méthodes proposées par la recherche depuis un certain temps déjà, comme l'approche de la conception centrée sur l'utilisateur (*user-centered de-*

26 Voir le chapitre 2.

sign) ou réalisée avec lui (*user-design*), les approches agiles et participatives, les approches « par couches » ou celles qui s'inspirent du *design thinking*, ne sont pas encore entrées dans les pratiques. Pourtant, elles visent toutes à accroître la souplesse et l'adaptabilité du processus d'ingénierie pédagogique, de même que la collaboration entre les acteurs.

De fait, l'ensemble des recommandations donne l'impression, comme l'ont exprimé certains participants et participantes, que la culture de l'ingénierie pédagogique n'existe tout simplement pas dans certains milieux et que, loin d'en être au stade de renouveler les pratiques en ce domaine, on en serait à celui de les créer puisqu'elles n'existeraient pas encore dans les faits. Dans d'autres milieux, ces pratiques seraient en développement, mais ne prendraient pas nécessairement les orientations les plus susceptibles d'optimiser la qualité des ENA et de favoriser l'innovation dans ce domaine. Ainsi, comme l'ont souligné certains, les préoccupations d'ordre technologique continueraient de primer sur celles d'ordre pédagogique dans les démarches d'ingénierie pédagogique. Les principes de base de ce domaine, tels ceux qui requièrent un alignement harmonieux entre les différents axes de tout système d'apprentissage, à savoir l'axe des connaissances et des compétences visées, l'axe pédagogique, l'axe médiatique et l'axe logistique, demeureraient méconnus de plusieurs acteurs impliqués dans les projets d'ingénierie pédagogique.

Parmi les facteurs relevés pour expliquer cette situation, citons : 1) le manque d'une formation en ingénierie pédagogique adaptée aux différents acteurs qui conçoivent et développent des ENA ainsi qu'aux personnes appelées à gérer de tels projets; 2) le manque d'outils d'aide à la décision et de soutien à la conception; 3) l'absence de plateformes intégrant des principes d'ingénierie pédagogique pour soutenir le travail de ces acteurs; 4) une incompréhension des nouveaux rôles attribués aux acteurs de la formation et de l'éducation et des nouveaux métiers émergeant de la mouvance numérique, source d'incompréhension et de tension au sein des équipes qui regroupent des personnes aux expertises et aux fonctions variées; 5) le peu d'intérêt manifesté à ce jour à développer de bonnes pratiques de collaboration interprofessionnelle dans ce contexte.

Les recommandations qui émanent de notre étude invitent donc non seulement à renouveler les méthodes d'ingénierie pédagogique, mais également à améliorer les conditions de travail des différents acteurs de ce domaine. Ceci peut être fait : 1) en comblant les besoins de formation, 2) en fournissant des outils qui soutiennent une prise de décision éclairée et la collaboration interprofessionnelle, 3) en reconnaissant et valorisant les expertises de chacun des acteurs et 4) en fournissant aux acteurs des moyens qui leur permettent de partager leurs expertises

respectives et leurs expériences. Pour y arriver, on doit poursuivre la recherche sur les pratiques de l'ingénierie pédagogique, et ce, non seulement en sondant les praticiens et les praticiennes et en observant leur travail, mais également en les invitant à collaborer activement au processus de recherche, notamment dans le cadre de projets qui utilisent la méthodologie de la recherche basée sur le design[27].

27 Voir, par exemple, le modèle méthodologique développé par Basque (2015) dans le cadre d'un projet de conception d'un programme d'études universitaires, ainsi que celui de Savard (2014) dans le cadre d'une recherche sur la modélisation des connaissances pour un design pédagogique intégrant les variables culturelles.

Références

Allen, M. et Sites, R. (2012). *Leaving ADDIE for SAM: An agile model for developing the best learning experiences*. ASTD.

Baek, E., Cagiltay, K., Boling, E. et Frick, T. (2007). User-centered design and development. Dans M. Spector, D. Merrill et J. J. G. Van Merriënboer (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 659-670). Erlbaum.

Basque, J. (2015, octobre). Un modèle méthodologique de recherche-design (design-based research) pour favoriser l'innovation pédagogique en enseignement supérieur. *Actes du colloque CIRT@ 2015*. Université de Sherbrooke, CIRT@ (Communauté pour l'innovation et la recherche sur les technologies dans l'enseignement/apprentissage). https://r-libre.teluq.ca/737/

Basque, J., Zakorovotnaya, M. et Bourcier, N. (2014, octobre). *Où en est la recherche menée auprès de concepteurs pédagogiques?* [communication]. Colloque 2014 de la CIRT@, Sherbrooke, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1718/

Bédard, D. (2014). Être enseignant ou devenir enseignant dans le supérieur : telle est la question... de posture! Dans G. Lameul et C. Loisy (dir.), *La pédagogie universitaire à l'heure du numérique* (p. 97-110). De Boeck.

Bélisle, M., Lison, C. et Bédard, D. (2016). Accompagner le *scholarship of teaching and learning*. Dans A. Daele et E. Sylvestre (dir.), *Comment développer le conseil pédagogique dans l'enseignement supérieur?* (p. 75-90). De Boeck Supérieur.

Bergeron, L., Rousseau, N. et Leclerc, M. (2011). La pédagogie universelle : au coeur de la planification de l'inclusion scolaire. *Éducation et francophonie, 39*(2), 87-104. https://www.erudit.org/fr/revues/ef/2011-v39-n2-ef05/1007729ar.pdf

Biggs, J. (2003, avril). *Aligning teaching and assessing to course objectives* [communication]. Teaching and learning in higher education: New trends and innovations, Université d'Aveiro, Portugal. https://www.researchgate.net/publication/241251310_Aligning_teaching_and_assessing_to_course_objectives

Bourcier, N. et Basque, J. (2020). Les projets de formation à distance : vecteurs de conflits en milieu de travail? *Médiations & médiatisations, 4*, 9-26. https://r-libre.teluq.ca/2237/

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.

Brown, A. H. et Green, T. D. (2018). Beyond teaching instructional design models: Exploring the design process to advance professional development and expertise. *Journal of Computing in Higher Education, 30*, 176-186.

Clark, R. C. et Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction* (3e éd.). Pfeiffer.

Clivaz, S. (2015). Les *lesson study*: des situations scolaires aux situations d'apprentissage profesionnel pour les enseignants. *Formation et pratiques d'enseignement en question, 19*, 99-105.

Coffin, R. et Lane, D. (2006). *A practical guide to seven agile methodologies*. DevX.com. Récupéré le 15 avril 2021 de http://www.devx.com/architect/Article/32836

Gamba, T. (2017). D'où vient la « pensée design »? I2D – *Information, données et documents, 54*(1), 30-32.

Henri, F. (2014). Les environnements personnels d'apprentissage, étude d'une thématique de recherche en émergence. *STICEF, 21*, 121-147. https://r-libre.teluq.ca/472/

JORF. (2019). Vocabulaire de l'éducation et de l'enseignement supérieur (liste de termes, expressions et définitions adoptés). J*ournal officiel de la République française, 0157* (texte n° 98).

Kirkpatrick, D. L. et Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating training programs* (3e éd.). Berrett-Koehler Publishers.

Martin, F. (2011). Instructional design and the importance of instructional alignment. *Community College Journal of Research and Practive, 35*(12), 955-972.

Office québécois de la langue française. (2021). Conception créative. *Dans Le grand dictionnaire terminologique.* https://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26543715

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Presses de l'Université du Québec.

Payette, A. et Champagne, C. (1997). *Le groupe de codéveloppement professionnel*. Presses de l'Université du Québec.

Phillips, J. J. (2011). *Return on investment in training and performance improvement programs* (2e éd.). Routledge.

Rege Colet, N., McAlpine, L., Fanghanel, J. et Weston, C. (2011). Le concept de *scholarship of teaching and learning. Recherche & Formation, 67*, 91-104.

Rose, D. H. et Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Savard, I. (2014). *Modélisation des connaissances pour un design pédagogique intégrant les variables culturelles* [thèse de doctorat en informatique cognitive, Université TÉLUQ, Québec, Canada]. R-libre. https://r-libre.teluq.ca/362/

Savard, I., Richard, A., Careau, E., Perreault, K. et Pinard, A.-M. (sous presse). Démarche de design pédagogique pour outiller l'évaluation, l'enseignement et l'apprentissage de la collaboration interprofessionnelle en situation authen-

tique. Dans É. Dionne, J.-S. Renaud et N. Loy (dir.), *Les environnements d'apprentissage et d'évaluation en éducation médicale*. Presses de l'Université du Québec. R-libre. Récupéré le 15 avril 2021 de https://r-libre.teluq.ca/2201/

Sugar, W. (dir.). (2014). *Studies of ID practices: A review and synthesis of research on ID current practices*. Springer.

Wang, F. et Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development, 53*(4), 5-23.

Williams, R., Karousou, R. et Mackness, J. (2011). Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 39-59.

CHAPITRE 6

VERS UNE INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE PILOTÉE PAR LES DONNÉES

Claude Coulombe • Valéry Psyché

RÉSUMÉ

Ce chapitre survole l'exploitation pédagogique des données et des techniques d'exploration de données, ainsi que les concepts et les techniques d'analytique de l'apprentissage en vue d'une ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (ENA) pilotée par les données. L'analytique est utilisée dans beaucoup de domaines et l'éducation n'y échappe pas. Après une brève introduction du domaine de l'analytique de l'apprentissage, quelques applications de l'analyse des données éducatives seront abordées. Des exemples issus de la conception de CLOM viendront ensuite illustrer la présentation du domaine. Finalement, ce chapitre traitera de l'influence de l'analytique de l'apprentissage sur l'enseignement adaptatif et l'ingénierie pédagogique, puis se conclura en traitant de certaines préoccupations que soulève ce domaine.

MOTS-CLÉS

Données massives en éducation; analytique de l'apprentissage; exploration de données; fouille de données; ingénierie pédagogique; environnements numériques d'apprentissage.

Introduction

Depuis le début des années 2010, on note un intérêt croissant pour l'exploitation « intelligente » des données en éducation, notamment des traces laissées par les personnes apprenantes dans les plateformes d'ENA. Cette évolution, ou cette révolution, s'appuie sur l'informatisation croissante des activités humaines, conséquence du développement de la Toile, de l'abondance des données, de l'augmentation des capacités de calcul et de l'émergence de la science des données, de l'apprentissage automatique (*machine learning*) et de l'intelligence artificielle (IA). Ainsi, à l'instar de nombreuses organisations, le monde de l'éducation s'inscrit dans un courant de société plus global qui vise à prendre de meilleures décisions par l'exploitation des données. Comme le souligne Humby (2006) de manière imagée, « les données sont le nouveau pétrole ».

Prendre des décisions à partir de données probantes améliore la production et la productivité des organisations. Les entreprises, plus particulièrement les géants de la Toile, les Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft (GAFAM), ont été les premières à prendre le virage des données massives (*big data*), avec les avantages et les inconvénients que cela peut représenter.

Jusqu'à tout récemment, les données n'étaient pas utilisées dans le monde de l'éducation et pour cause, elles manquaient cruellement. Les données étaient récoltées passivement sans qu'elles soient vraiment analysées, si ce n'est qu'après de longs délais (Siemens et Long, 2011). De plus, en éducation, il était difficile de faire des analyses statistiquement valides à cause de la faible taille des échantillons de l'ordre de quelques dizaines d'apprenants et d'apprenantes; or, la taille des échantillons est critique pour établir des statistiques qui soient fiables.

La situation a toutefois rapidement changé avec l'émergence des environnements numériques d'apprentissage (ENA) et des cours en ligne ouverts aux masses (CLOM; en anglais, *massive open online courses* [MOOC]). Depuis 2012, on assiste à une vague déferlante de CLOM, comme le montre la figure 6.1. Avec des milliers de personnes apprenantes par cours, les CLOM offrent la possibilité de recueillir de grandes quantités de données et de réaliser des analyses statistiques approfondies et statistiquement valides. Selon Class Central[1], site de référence en matière de CLOM, il y avait en 2020, excluant la Chine, plus de 180 millions d'apprenantes et d'apprenants, inscrits à plus de 16000 CLOM offerts par près de 1000 universités.

1 https://www.classcentral.com/

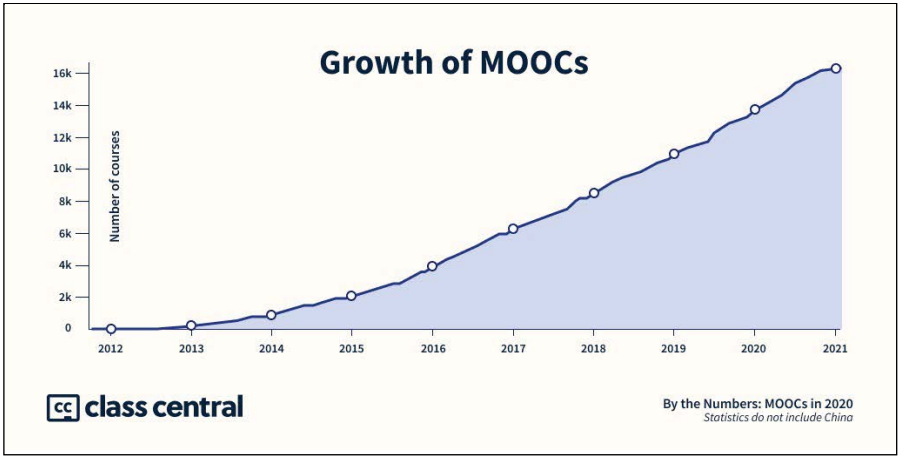


FIGURE 6.1 **Croissance du nombre de CLOM de 2012 à 2020 (tiré de Shah, 2020)**

La partie invisible d'un CLOM est la collecte massive de données sur le comportement des personnes apprenantes. On parle ici d'« analytique de l'apprentissage » (*learning analytics*) et de « traitement de données massives » (*big data*), dont les résultats sont précieux pour améliorer la qualité du CLOM. Ce chapitre traite d'abord de l'utilisation des données en éducation en débutant par un survol des différentes formes d'analytique, puis en décrivant plus en détail l'analytique de l'apprentissage qui en constitue le cœur (section 1). Il poursuit de manière plus technique avec les données éducatives et l'intégration de l'analytique de l'apprentissage dans les ENA (section 2), pour enchaîner avec quelques exemples concrets tirés d'expériences de conception de CLOM (section 3). Ce chapitre se termine en traitant de l'enseignement adaptatif (section 4), puis conclut brièvement en abordant les perspectives du domaine et les risques potentiels qui lui sont liés.

1 L'analytique de l'apprentissage

Selon la SoLAR (Society for Learning Analytics Research[2]), l'analytique de l'apprentissage est une technique qui consiste en la collecte, la mesure, l'analyse et la communication des données sur les personnes apprenantes et leurs contextes, à des fins de compréhension et d'optimisation de l'apprentissage et des environnements dans lesquels il se réalise. On parle également de forage des données

2 https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/

éducatives (*educational data mining*), qui est l'application de techniques statistiques et d'intelligence artificielle (IA) pour identifier et extraire des informations utiles (par exemple, des connaissances, des relations, des régularités statistiques) à partir de données éducatives (Baker et Yacef, 2009). L'analytique de l'apprentissage combine les techniques de la science des données, des statistiques et de l'apprentissage automatique.

On distingue quatre niveaux d'analytique de l'apprentissage :

- l'analytique institutionnelle (par exemple, des statistiques sur l'obtention de diplômes), qui vise à prendre des décisions éclairées par les données provenant de l'établissement d'enseignement. Associée à l'informatique décisionnelle (*business intelligence*) appliquée à l'éducation, l'analytique institutionnelle fournit des outils au personnel dirigeant des écoles, des collèges et des universités pour améliorer non seulement l'enseignement, l'efficacité organisationnelle et l'acquisition de compétences par les personnes apprenantes, mais aussi les comparaisons entre établissements et la prise de décision (Siemens et Long, 2011). Elle produit des rapports et des tableaux de bord « maison[3] » pour aider des utilisatrices et des utilisateurs professionnels à trouver, à analyser et à partager les informations dont ils ont besoin pour améliorer leur prise de décision.
- l'analytique de programmes d'études (par exemple, des statistiques sur la couverture des compétences dans les programmes, la détection des contenus de cours redondants ou qui ne se situent pas dans la bonne séquence), qui a pour objectif d'améliorer les programmes de formation. Elle sert à harmoniser les cours en fonction d'un référentiel de compétences par programme, c'est-à-dire à agencer leurs contenus, qu'ils soient prérequis ou corequis, en fonction des compétences visées dans chaque cours. Elle sert aussi à vérifier que les niveaux de compétences pourront être atteints par les personnes apprenantes. Ultimement, elle vise à développer un cursus intelligent (Siemens et Long, 2011).
- l'analytique de cours (par exemple, des statistiques sur la réussite du cours, le résultat de l'évaluation en fonction des compétences à acquérir), qui se concentre sur l'amélioration de chacun des cours. Elle vise à améliorer les ressources pédagogiques du cours (textes, vidéos, exercices, etc.), à expérimenter des approches pédagogiques et à faciliter l'acquisition de compétences chez les personnes apprenantes.
- l'analytique de l'apprentissage proprement dite (par exemple, des statistiques sur le profil ou le cheminement de la personne apprenante dans le cadre du

3 Allant du simple tableur jusqu'au logiciel intégré de gestion. Les outils centrés sur les cours ne fournissent pas ce genre de fonctionnalité.

cours, la détection des difficultés pour une apprenante ou un apprenant donné dans un cours), qui se concentre spécifiquement sur le processus d'apprentissage (la progression, le temps passé à réaliser un exercice, le nombre d'exercices réussis, etc.). Elle vise à améliorer l'apprentissage, que ce soit à l'intérieur d'un groupe ou individuellement. L'analyse des données permet d'identifier les personnes apprenantes qui risquent de décrocher, c'est-à-dire celles qui ont besoin d'aide afin de les amener à développer la confiance dans leur capacité d'apprendre, de se motiver et d'amorcer une réflexion sur leur apprentissage (Siemens et Long, 2011). L'analytique de l'apprentissage a comme fonction importante de permettre à un apprenant ou à une apprenante de mesurer l'atteinte de ses buts et de se comparer aux autres personnes apprenantes. Elle permet également d'adapter, voire de personnaliser l'enseignement.

1.1 Les applications de l'analytique de l'apprentissage

Selon Chatti *et al.* (2013), l'analytique de l'apprentissage présente beaucoup d'avantages pour le monde de l'éducation. Ses principales applications concernent : l'amélioration des contenus et de l'expérience d'apprentissage; le suivi et la surveillance de la progression des apprentissages; la prédiction et la détection des problèmes; l'intervention et la recommandation; l'évaluation des compétences et la rétroaction; l'adaptation et la personnalisation. Ces avantages sont détaillés ci-dessous.

1.1.1 L'amélioration des contenus et de l'expérience d'apprentissage

Un des objectifs de l'analytique de l'apprentissage est l'amélioration des contenus pédagogiques, incluant les activités d'apprentissage et les ressources pédagogiques. Pour cela, on utilise le test A/B, une méthode statistique permettant de comparer des expériences afin de choisir celle qui donne de meilleurs résultats sur une base statistiquement valide, en considérant un grand nombre d'expériences. Initialement, le test A/B n'a pas été conçu pour l'éducation, mais plutôt pour mesurer l'impact des changements apportés à un site de commerce électronique. Le mécanisme des tests A/B, qui a été intégré à certaines plateformes comme Open edX, fonctionne de la manière suivante. Par tirage aléatoire, on crée un groupe contrôle de personnes apprenantes associé au site du cours dans sa version originale (version A), et un autre groupe associé au site du cours modifié (version B). En fonction d'une mesure (moyenne à un test, nombre de clics, etc.) et de la distribution statistique présumée (normale, binomiale, etc.), on appliquera un test statistique pour déterminer si la différence mesurée entre les groupes A et B est statistiquement significative ou le fruit du hasard.

Voici un exemple concret d'application du test A/B[4]. Un cours est suivi par 200 personnes dont la moitié est aléatoirement exposée au contenu A et l'autre moitié au contenu B. On fait passer le même test à l'ensemble des apprenants et des apprenantes pour mesurer leur performance après l'exposition au contenu A ou B. La moyenne des résultats pour le groupe A est de 75 alors que la moyenne du groupe B est de 80; les écarts-types respectifs sont de 30 et 40. La question est de savoir si l'exposition au contenu B a significativement amélioré les résultats. Pour cela, la moyenne des résultats de l'expérience de contrôle A est comparée avec celle des résultats de l'expérience B. Le but est de déterminer si la différence observée est statistiquement significative. Ici, le calcul du test t de Welch[5] montre que la différence n'est pas statistiquement significative. Par contre, la signification statistique aurait été obtenue avec des groupes plus nombreux, par exemple des groupes de 500 personnes apprenantes. Ceci démontre l'importance de mobiliser un grand nombre d'apprenants et d'apprenantes, d'où l'intérêt des CLOM pour une utilisation efficace de l'analytique de l'apprentissage.

Dans la pratique, les tests A/B sont peu utilisés, bien qu'ils soient fort utiles pour analyser, à plusieurs niveaux de granularité, la façon dont un cours est donné, typiquement pour les contenus. Deux raisons expliquent le peu d'usage des tests A/B à ce jour. Premièrement, le nombre de personnes apprenantes n'est pas suffisant pour obtenir des données statistiquement significatives. Deuxièmement, les concepteurs et les conceptrices pédagogiques ne maîtrisent pas suffisamment l'innovation que représente l'analytique de l'apprentissage.

1.1.2 Le suivi et la surveillance de la progression des apprentissages

Mis à part l'usage des tests A/B, il est possible, avec l'analytique de l'apprentissage, de faire des suivis et de surveiller la progression des apprentissages de chaque apprenant ou apprenante et de comparer sa situation à celle des autres personnes apprenantes. Pour cela, on visualise les données de l'apprentissage (score aux exercices, durée d'interaction, etc.) au moyen de graphiques ou de tableaux de bord. La surveillance de la progression permet de détecter une situation de blocage lorsque l'apprenant ou l'apprenante n'arrive plus à progresser. Le cas est patent lorsque la personne apprenante ne termine pas les activités et les exercices proposés. La surveillance permet aussi de détecter la personne qui est en perte de vitesse, c'est-à-dire celle qui met de plus en plus de temps à

4 Pour les détails techniques de cet exemple de test A/B, on peut télécharger le code du carnet IPython « AA-Signification_statistique-Test_AB.ipynb » fourni en licence libre et accessible sur le site GitHub compagnon

5 https://en.wikipedia.org/wiki/Welch's_t-test

réaliser les activités. Cette surveillance est généralement assurée par une personne enseignante qui recueille des informations de façon manuelle, ou encore automatiquement en consultant un tableau de bord qui fournit des alertes préprogrammées informant l'enseignant ou l'enseignante de situations problématiques pour un groupe ou un individu.

1.1.3 La prédiction et la détection des problèmes

La prédiction est un objectif important de l'analytique. Par exemple, grâce à l'analytique de l'apprentissage, il est possible de prédire qu'une personne est sur le point de décrocher ou d'abandonner un cours à partir de l'analyse de son comportement. L'évaluation automatique d'une réponse écrite en langue naturelle en utilisant un modèle prédictif entraîné selon une approche d'apprentissage supervisé est une autre application de l'analytique de l'apprentissage. Concrètement, cela consiste à entraîner un modèle à partir de données annotées, puis d'être capable de prédire le comportement à partir de données non annotées et jamais traitées auparavant. Ainsi, on associe à des données sur le comportement de la personne apprenante l'annotation « décrocheur » ou « non-décrocheur ». Puis, après entraînement, le modèle sera capable de prédire l'étiquette « décrocheur » ou « non-décrocheur » sur la base des données du comportement sans annotation.

Un autre objectif important de l'analytique de l'apprentissage est la détection des problèmes, où l'on cherche à identifier de façon automatique le comportement d'un apprenant ou d'une apprenante (par exemple, une personne qui risque d'abandonner un cours). Ici, on a recours à un modèle prédictif entraîné avec des données, qui pourra prévenir directement la personne apprenante ou un enseignant lorsqu'un comportement à risque est identifié. La détection peut se faire sur une base supervisée (après entraînement d'un modèle avec un jeu de données annotées) ou non supervisée par la détection de cas hors norme ou d'anomalies (typiquement par groupage [*clustering*]). Dans ce dernier cas, on détectera qu'un comportement appartient à un groupe prédéfini ou se retrouve à l'extérieur des groupes. On parlera alors d'une exception ou d'un « comportement aberrant » (*outlier*).

1.1.4 L'intervention et la recommandation

Une fois un problème détecté (par exemple, un risque de décrochage) par le modèle prédictif de l'analytique implanté dans l'ENA, l'intervention peut prendre trois formes : 1) une intervention automatique du logiciel; 2) un avertissement à un humain (l'enseignant ou l'enseignante) ou 3) une combinaison des deux. Lorsque l'intervention est automatisée, elle se fait par le tableau de bord de l'enseignant

ou de l'enseignante ou par l'interface de l'ENA de la personne apprenante. Le plus souvent, il s'agira d'une recommandation simple et générique, comme « relire la page x » ou « refaire l'exercice précédent ». Lorsque l'intervention est faite par la personne enseignante, le modèle lui fournit des recommandations pour l'aider à formuler sa rétroaction à la personne apprenante.

Un système (ou moteur) de recommandations (*recommender system*) sophistiqué peut présenter des contenus pédagogiques complémentaires sous diverses formes (vidéos, textes, exercices, références, etc.) susceptibles d'intéresser la personne apprenante. Il se base sur des algorithmes d'apprentissage prédictifs qui exploitent la similarité entre les profils des personnes apprenantes, la similarité entre les éléments de contenu ou encore une combinaison des deux (système hybride) (Ekstrand *et al.*, 2011). Par exemple, le filtrage collaboratif (*collaborative filtering*[6]), dont se servent largement les sites de commerce électronique pour faire des recommandations aux clients (Amazon pour des achats, Netflix pour des films, YouTube pour des vidéos, Spotify pour la musique, etc.), utilise les données sur les préférences de clients intéressés par les mêmes produits. Les préférences sont annotées par les clients sur la base d'une note sur une échelle de 1 à 5 ou à l'aide d'étoiles (Schafer *et al.*, 2007). Les moteurs de recommandations se sont beaucoup démocratisés et il existe maintenant des outils en code source libre comme Surprise[7], LightFM[8] et CaseRecommender[9]. Le principal problème des moteurs de recommandations est le « démarrage à froid », c'est-à-dire quand on a peu ou pas de données. La façon de pallier ce problème est de proposer les contenus les plus populaires ou de constituer un embryon de profil à partir d'un questionnaire d'autodiagnostic. On utilise fréquemment en éducation la proposition de ressources pédagogiques complémentaires ciblées plutôt qu'une longue liste d'hyperliens. Pour une recommandation plus approfondie se basant sur un plan d'intervention composé de plusieurs actions coordonnées, on fera appel aux techniques de tutorat intelligent.

1.1.5 L'évaluation des compétences et la rétroaction

Un des atouts de l'analytique de l'apprentissage est de faciliter l'évaluation des compétences. Cela requiert l'intégration d'un référentiel de compétences et d'un portfolio numérique dans l'ENA. Le portfolio numérique vient en soutien pour démontrer par des artefacts les réalisations et l'atteinte des compétences. Un profil

---

6 https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8074993

7 https://github.com/NicolasHug/Surprise

8 https://github.com/lyst/lightfm

9 https://github.com/caserec/CaseRecommender

de l'apprenant ou de l'apprenante recueille le résultat des activités d'évaluation ainsi que les informations sur les exercices réussis, les travaux pratiques, le degré d'atteinte des compétences, etc. S'ensuit une analyse statistique des preuves déposées par les personnes apprenantes dans leur portfolio numérique. Le résultat de cette analyse sert à fournir diverses formes de rétroactions à la personne apprenante.

Autre avantage, l'analytique de l'apprentissage facilite l'automatisation de l'évaluation, c'est-à-dire celle de la correction des exercices et des tests dans l'ENA. Disponibles dans toutes les plateformes d'ENA, ces fonctionnalités ont été longtemps limitées à des questions fermées (choix multiples), à des questions semi-ouvertes, c'est-à-dire à valeurs numériques, ou encore à des textes limités à quelques mots ou structurés comme des formules ou du code informatique. L'analytique de l'apprentissage permet d'élargir les types d'évaluation : le forage de texte (*text mining*) rend possible l'évaluation de textes de type essai en entier; le traitement de l'image permet d'évaluer la précision d'un mouvement corporel ou la qualité de l'écriture; l'analyse du raisonnement permet de suivre les réponses à des questions à développement telles que la résolution d'équations complexes. En outre, ces méthodes permettent de générer automatiquement un grand nombre d'exercices à partir d'un modèle de base. Enfin, elles permettent d'affiner la rétroaction fournie aux personnes apprenantes et de varier le niveau d'aide fournie par le système.

1.1.6 L'adaptation et la personnalisation

Le but de l'enseignement adaptatif (*adaptive learning*) est d'assigner à chaque personne apprenante un tuteur personnel. Comme il est difficile pour les enseignants et les enseignantes de personnaliser leurs cours pour chaque apprenant ou apprenante, l'idée est de déléguer cette tâche à l'ENA. La capacité d'adapter les cours aux besoins individuels est un impératif. L'époque des pratiques basées sur le principe de la « taille unique » (*one size fits all*) est révolue; une tendance grandissante est maintenant au développement d'ENA adaptés à des personnes apprenantes ayant le même profil, qui fournissent des parcours d'apprentissage et d'évaluation sur mesure.

Certains ENA dotés de fonctionnalités intelligentes, comme les tuteurs intelligents ou systèmes tutoriels intelligents (*intelligent tutoring systems*), sont capables d'adapter leur enseignement à chaque personne apprenante dans le but d'optimiser les apprentissages. L'analyse des réponses et des séquences de réponses permet d'adapter les parcours d'apprentissage aux besoins individuels plutôt que d'imposer le même traitement à toutes les personnes apprenantes. Le

tuteur intelligent peut adapter le rythme des activités, leur nombre, leur niveau de difficulté et leur contenu. Typiquement, il peut tenir compte du fait qu'une personne apprenante devra consacrer plus de temps à consolider une compétence alors qu'une autre passera rapidement à la suivante. Le tuteur intelligent peut aussi adapter sa stratégie pédagogique, par exemple augmenter ou diminuer le niveau de guidage de la personne apprenante. Ces possibilités existent dans la plupart des plateformes d'ENA actuelles, mais ce sont les progrès de l'IA qui permettent d'affiner les critères d'adaptation. En outre, au fur et à mesure, le tuteur intelligent peut améliorer ses capacités d'adaptation par une analyse de son historique fondée sur des méthodes d'apprentissage automatique, par exemple par une analyse des résultats des activités d'évaluation afin de déterminer celles qui se sont avérées plus efficaces pour un profil donné d'apprenant ou d'apprenante. En résumé, l'analytique de l'apprentissage jumelée à des techniques d'IA aide à affiner le processus d'adaptation aux besoins de la personne apprenante[10].

1.2 Le cycle de l'analytique de l'apprentissage

L'analytique de l'apprentissage permet de trouver et de décrire des structures dans les données, afin d'expliquer les données et de faire des prédictions. Le cycle ou la chaîne de traitement de l'analytique de l'apprentissage comporte plusieurs étapes, dont les trois principales identifiées par Chatti *et al.* (2013) (figure 6.2).

1.2.1 La collecte des données et le prétraitement

Tout commence par la collecte des données dans l'ENA, que ce soit une plateforme de diffusion de cours en ligne ou un système de gestion des ressources d'apprentissage. Les données sont d'abord collectées, puis font l'objet de divers prétraitements pour être finalement stockées en formats faciles à traiter. Les prétraitements (ou préparation des données) se résument le plus souvent par la formule ETC (extraction, transformation, chargement en mémoire) (en anglais, ETL [*extract, transform, load*]). Ils comportent diverses opérations visant à nettoyer, à réduire (les données trop volumineuses), à filtrer (par exemple, retirer des attributs non pertinents), à formater (transformer en un format plus approprié), à normaliser et à discrétiser les données brutes pour permettre leur analyse ultérieure. On recommande d'explorer et de visualiser directement les données brutes, avant même l'étape de prétraitement, pour ajuster les prétraitements aux caractéristiques des données brutes. Les jeux de données contiennent souvent des exemples pour lesquels les valeurs de certains attributs sont absentes ou inconnues. Il faut alors

10 Ce processus d'adaptation est détaillé au chapitre 8.

mettre une valeur de remplacement, ou une valeur par défaut. Par exemple, on remplacera une valeur numérique manquante par la valeur moyenne ou par la valeur médiane.

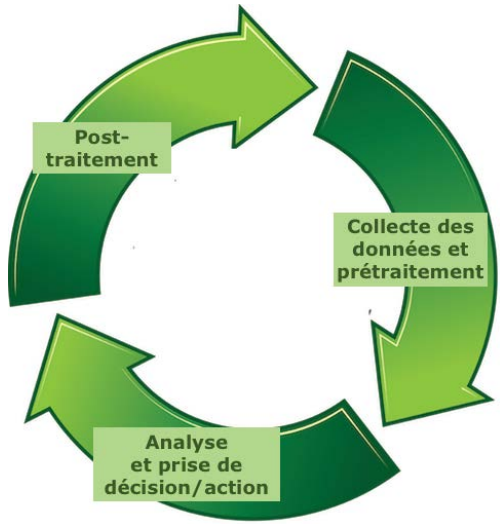


FIGURE 6.2 **Les trois principales étapes de la chaîne de traitement de l'analytique de l'apprentissage (adapté de Chatti et al., 2013)**

1.2.2 L'analyse et la prise de décision/action

L'analyse des données consiste à explorer et à visualiser les données afin de prendre des décisions et de mettre en œuvre les actions appropriées. Elle a pour but de se familiariser avec ces données et de mieux les comprendre, et aussi de détecter des anomalies ou des données aberrantes (*data outliers*). Puis, on examine chaque attribut (ou caractéristique) pour en connaître la distribution statistique, l'étendue (valeur minimale, valeur maximale), la moyenne et la variance.

L'analytique de l'apprentissage cherche des corrélations, des tendances, des relations, des formes, des structures et des comportements. Parfois, le résultat émergera de lui-même. Par exemple, il sera facile de constater que la presque totalité des personnes apprenantes a échoué à un exercice. On pourra se rendre compte que la question était mal formulée ou que le niveau de difficulté n'était pas approprié. Souvent, la démarche d'analyse consistera plutôt à émettre une hypothèse, puis à chercher à la valider à partir des données. Ainsi, on peut vouloir établir une corrélation entre le nombre d'exercices réussis et le résultat à une

évaluation ultérieure. Il faut quand même exercer une certaine prudence dans l'interprétation, car la découverte d'une corrélation ne signifie pas nécessairement qu'il existe un lien de cause à effet.

L'évaluation du modèle prédictif prendra la forme de prédictions par rapport à de nouveaux exemples de données pour lesquels le modèle n'a pas été entraîné (par exemple, prédire qu'un apprenant est sur le point de décrocher ou encore proposer un exercice dans une situation d'apprentissage précise).

L'étape finale de l'analyse est la prise de décision sous la forme d'un diagnostic, d'un signal de surveillance, d'une prédiction, d'une intervention, d'une évaluation, d'une adaptation ou d'une personnalisation du contenu, d'une recommandation ou d'une réflexion (Chatti *et al.*, 2013).

1.2.3 Le post-traitement

L'étape de post-traitement du cycle de l'analytique de l'apprentissage sert à l'amélioration continue de l'ingénierie pédagogique et des processus éducatifs inhérents. Il peut s'agir de collecter de nouvelles données, d'améliorer le prétraitement, d'identifier de nouveaux attributs ou indicateurs, de modifier les méthodes d'analyse, etc.

Typiquement, 80 % de la tâche d'analytique de l'apprentissage s'applique à l'accès, à la collecte, à l'extraction et à la transformation des données et 20 % aux tâches d'exploration, de visualisation, de reconnaissance de formes, de recherche de comportements, d'extraction de relations, de prédiction et de rétroaction. Cela dit, avec l'amélioration des outils de prétraitement des données, le temps dévolu aux tâches plus nobles devrait augmenter.

2 Les données éducatives

Les données sont à la base de tout travail d'analyse statistique, et l'analytique de l'apprentissage n'y échappe pas. Les données éducatives permettent de décrire les différents objets de nature éducative présents dans les ENA. Ces objets renvoient à des données sur les personnes apprenantes, sur les ressources pédagogiques, sur le processus d'enseignement et sur les résultats des apprenants et des apprenantes. Ainsi, les données éducatives regroupent un ensemble d'exemples, tels que des informations sur des personnes qui suivent un cours spécifique, ou des informations sur des situations d'apprentissage dans lesquelles certains types d'exercices peuvent être prescrits. Il existe des événements traçables

pour presque tout type d'activités réalisées dans les ENA. Chaque clic, chaque page consultée, chaque vidéo visionnée, chaque exercice fait l'objet d'une trace. Dans certaines situations expérimentales, on peut ajouter des données comme la géolocalisation, la photo de l'apprenant ou de l'apprenante, sa voix captée par un microphone, la direction du regard par oculométrie, le rythme cardiaque, la respiration, la température cutanée, l'activité du cerveau par électroencéphalogramme (EEG) ou par neuro-imagerie, etc. Le tableau 6.1 présente une liste des données éducatives typiques qu'on peut recueillir dans les ENA.

Les données éducatives traçables ouvrent la voie à de nouvelles possibilités pour améliorer la formation en ligne. Il devient possible, par exemple, de prédire le comportement de la personne apprenante ou de faire un diagnostic cognitif sur l'état de ses connaissances en vue d'adapter l'enseignement en fonction de son profil spécifique.

2.1 Les attributs des données éducatives

Avant d'entreprendre l'analytique de l'apprentissage, il est important de comprendre non seulement les types de données, mais aussi les attributs des données sur lesquels on travaille.

Il est utile de distinguer les attributs numériques des attributs catégoriels. Les attributs numériques sont des valeurs entières (par exemple, 1, -5 ou 200) ou des valeurs décimales (par exemple, -1,2, 5,9 ou 200,05). Ainsi, le poids ou la taille d'une personne sont généralement exprimés par des attributs numériques comportant des décimales[11]. Les attributs catégoriels ont des valeurs appartenant à un ensemble fini de nombres ou de lettres, comme une valeur booléenne (vrai ou faux), le genre d'une personne (femme, homme, autre), la couleur d'une voiture (noir, blanc, etc.). De plus, un texte peut être représenté par l'ensemble des mots qu'il contient[12]. Les quelques exemples d'attributs catégoriels suivants peuvent être utilisés en éducation : les différentes réponses à une question à choix multiples,le niveau de scolarité représenté par une valeur parmi l'ensemble de valeurs possibles (primaire, secondaire, collégial, baccalauréat, maîtrise, doctorat), le niveau de compétence décrit par une valeur appartenant à l'ensemble (novice, débutant,intermédiaire, avancé, expert).

---

11 Pour les besoins des algorithmes d'apprentissage automatique, les attributs numériques continus sont généralement convertis et normalisés en un nombre flottant entre 0,0 et 1,0.

12 Les différentes valeurs discrètes seront alors converties en une série d'attributs binaires (0, 1) ou bits, à raison d'un bit par mot différent.

TABLEAU 6.1 **Les données éducatives typiques recueillies dans les ENA**

Données initiales

- Sur les apprenants et les apprenantes
  - Caractéristiques sociodémographiques
  - Performances scolaires antérieures, comportement, assiduité
  - Diplômes, certifications, examens nationaux
  - Études ou emplois ultérieurs
  - Préférences, champs d'intérêt personnels
- Sur les ressources pédagogiques dont on peut extraire des données
  - Contenu de cours
  - Plans de cours
  - Objectifs d'apprentissage visés
  - Scénarios pédagogiques
  - Activités de formation
  - Compétences visées

Données sur le processus d'apprentissage et d'évaluation

- Nombre, fréquence, date et durée des sessions de travail
- Ressources consultées
  - Pages lues
  - Vidéos vues : visualisation passive, pauses, reprises
- Interactions sociales et comportements
  - Nombre, longueur, fréquence de lecture ou d'écriture de billets (forum ou blogue)
  - Analyse du contenu des billets lus ou écrits par les personnes apprenantes (par exemple, analyse de sentiments positifs ou négatifs, analyse des thèmes abordés dans le contenu)
  - Analyse du réseau des interactions
- Résultats des exercices et des évaluations
  - Tests, jeux-questionnaires et exercices
  - Évaluations formatives et sommatives
  - Dépôt électronique des travaux et des projets
- Traces brutes des activités de formation
- Commentaires dans le forum
  - Profil cognitif de la personne apprenante (état dynamique des connaissances et des compétences)

Les notes et les résultats d'évaluation des apprentissages peuvent être traités comme des attributs catégoriels (une liste de lettres) ou comme des attributs numériques (des nombres entiers ou décimaux).

Typiquement, les données décrivent l'état d'objets éducatifs à partir de leurs attributs. Par exemple, chacune des personnes apprenantes sera décrite par les attributs : nom, prénom, identifiant unique, adresse courriel, niveau de scolarité, etc. Certains de ces attributs ont des formats normalisés comme les dates ou les adresses courriel. Les différents attributs utilisés pourront varier en fonction des besoins, de la culture et des politiques de protection de la vie privée.

En général, les exemples[13] de jeu de données sont caractérisés par les attributs[14] qui mesurent différents aspects d'un objet éducatif, comme une personne apprenante ou un exercice. Un ensemble de données est représenté par un tableau (tableau 6.2) dont les colonnes spécifient les attributs (ou quantités mesurées) et chaque ligne correspond à un exemple (ou point de données).

La première colonne identifie les personnes inscrites à un cours tandis que chaque ligne correspond au jeu d'attributs propre à chacune d'elles. Dans notre exemple, chaque personne apprenante est décrite par huit attributs. On parle ici de données ou de points dans un espace à huit dimensions. La dimension d'une donnée correspond donc à son nombre d'attributs.

2.2 La structure des données éducatives

Sur le plan informatique, il existe plusieurs types de données éducatives. Il est donc utile d'en connaître la structure :

– Les données structurées peuvent être, par exemple, des tables relationnelles (comme celle du tableau 6.2) présentées dans une base de données relationnelle dite SQL (*Structured Query Language*). Les bases de données relationnelles exploitent les relations entre les données exprimées à l'aide d'un langage de requête structuré SQL qui permet d'organiser les informations, de les interroger et de les manipuler (c'est-à-dire de les modifier, de les ajouter ou de les supprimer).

13 Dans le langage de la science des données, on parle d'« exemples de données », alors qu'en statistique et en mathématique on parle d'« observations ».

14 Dans le langage de la science des données, un attribut (ou caractéristique) est une grandeur qui varie, alors qu'en statistique et en mathématique on parle de « variable ».

TABLEAU 6.2 **Exemple de jeu de données éducatives traçables**

Identifiant	Niveau de scolarité	Résultats d'évaluation	Niveau de compétence atteint	Heures travaillées	Nombre de billets	Souscripteur	Succès
étud_1	Maîtrise	90,50	Expert	8	4	Oui	Oui
étud_2	Secondaire	55,00	Débutant	1	1	Non	Non
étud_3	Primaire	80,00	Intermédiaire	10	2	Oui	Oui
étud_4	Collégial	75,75	Avancé	5	4	Non	Oui
étud_5	Baccalauréat	66,25	Intermédiaire	7	1	Oui	Oui
étud_6	Baccalauréat	73,50	Avancé	14	2	Non	Oui

– Les données semi-structurées peuvent être une table associative clé/valeur dans une base de données non relationnelle NoSQL (*Not only SQL*) selon des modèles de données souples comme le JSON (*JavaScript Object Notation*) ou XML (*Extensible Markup Language*).
– Quant aux données non structurées, elles sont stockées sous la forme de fichiers dans des répertoires organisés hiérarchiquement et gérés par le système d'exploitation.

Généralement, un ENA comprend une base de données relationnelle (comme MySQL) contenant de l'information structurée interrogeable en SQL, une base de données non relationnelle NoSQL (comme MongoDB) (MongoDB, 2014), et quelques répertoires pour contenir les données non structurées comme de longs textes, les traces d'activités des personnes apprenantes, des ressources documentaires et des commentaires dans un forum, ou des grands objets binaires (BLOB, pour *binary large object*) comme des images, des sons ou des séquences vidéo. De plus, dans beaucoup d'ENA, les commentaires des forums, plus rarement les textes, sont indexés par un moteur de recherche, ce qui en facilite l'analyse.

2.3 L'accès aux données et la collecte de données éducatives interopérables

Les ENA fournissent des rapports générés automatiquement, des tableaux de bord et des interfaces de programmation d'applications (IPA) (*application programming interface* [API]) pour interroger les données qu'ils contiennent. Rappelons que dans toute base de données, les identifiants uniques jouent un rôle majeur. On associe généralement un identifiant unique à chaque personne apprenante, à chaque cours, à chaque compétence, à chaque exercice, à chaque évaluation, etc.

Des efforts de normalisation ont été entrepris autour de la définition d'une IPA normalisée et interopérable pour accéder aux données d'un ENA. Une telle normalisation sera surtout utile lorsque les données proviennent de plusieurs plateformes. On parle ici de favoriser l'interopérabilité. Deux normes se distinguent ici sans qu'aucune ne s'impose :

– xAPI[15] (*Experience API*), autrefois le projet Tin Can, aussi connu comme le nouveau SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*[16]), a pour objectif de collecter et de partager les données d'activités de formation en ligne sur différentes plateformes. Cette norme repose sur la définition d'un format de données d'apprentissage, appelé *learning record*, sous la forme classique d'un triplet (acteur, verbe, objet), et d'un outil de stockage, le LRS (*Learning Record Store*). Jusqu'à présent, l'adoption de xAPI, tout comme le format SCORM, semble limitée au secteur de la défense des États-Unis.
– Caliper[17], une autre norme émergente, est prônée par l'IMS Global Learning Consortium qui en définit les spécifications.

Pour le moment, ces normes ne sont que partiellement intégrées aux ENA, généralement sous la forme d'extensions (*plug-ins*) qui sont mal supportées.

En attendant que ces initiatives de normalisation se répandent, l'accès aux données contenues dans un ENA exige une bonne connaissance à la fois des IPA spécifiques à chaque ENA, du langage SQL, du langage de la base de données NoSQL utilisée par l'ENA et des expressions régulières pour extraire les informations pertinentes. En d'autres mots, il faut avoir des compétences en programmation, mais aussi en analyse de données et en ingénierie pédagogique. Ainsi, une équipe d'analytique de l'apprentissage devra comprendre des spécialistes en programmation, en science des données et en conception pédagogique.

---

15 https://xapi.com/overview/

16 https://en.wikipedia.org/wiki/Sharable_Content_Object_Reference_Model

17 https://www.imsglobal.org/activity/caliper

2.4 L'intégration de l'analytique de l'apprentissage au processus d'ingénierie pédagogique

Bien qu'il soit toujours possible de l'ajouter après coup, l'analytique de l'apprentissage doit être mobilisée dès l'étape de la conception du cours. Elle devrait donc être intrinsèquement liée au processus d'ingénierie pédagogique. Dans la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) (Paquette, 2002, 2014), elle s'intègre essentiellement dans les phases 2, « proposer une solution préliminaire au problème de formation », 3, « concevoir l'architecture pédagogique », et 4, « concevoir les matériels et leur diffusion ».

Concernant l'infrastructure technologique dont l'équipe de conception doit disposer pour mettre en œuvre une ingénierie pédagogique pilotée par les données, des plateformes de diffusion de cours, telles que Open edX, incorporent des éléments d'analytique. Pour la plupart des plateformes, il est nécessaire de programmer soi-même des modules d'analytique tout en acceptant de réduire ses attentes ou de s'orienter vers des plateformes propriétaires avec licences payantes, telles que Knewton[18], Tactileo[19] ou encore Aleks[20], qui offrent des solutions clés en main. Certaines plateformes et certains logiciels de gestion de ressources d'apprentissage, comme Moodle, supportent des extensions d'analytique, mais ils sont peu utilisés par manque de documentation, de formation et d'efforts de développement. Par exemple, l'extension Google Analytics est très primaire et plus dédiée à la publicité qu'à l'enseignement. Avec le langage de programmation JavaScript, on peut générer des traces pour les activités d'apprentissage (comme les exercices) ou les actions des personnes apprenantes (comme le visionnement de vidéos). En complément, on peut verser les notes obtenues pour la réalisation des exercices dans une base de données SQL et calculer des statistiques.

Un des objectifs de l'analytique de l'apprentissage dans la conception de cours est de mesurer si la personne apprenante a bien appris. L'intégration de l'analytique dans le processus d'ingénierie pédagogique dépend de l'approche pédagogique adoptée, selon qu'elle est centrée sur la transmission de connaissances ou sur le développement de compétences. Cette dernière doit être préconisée, bien que l'ingénierie pédagogique ne se résume pas à mesurer l'acquisition de compétences. Le projet mené à la Khan Academy[21] constitue un bon exemple d'intégration de l'analytique d'apprentissage à une ingénierie pédagogique selon une

18 https://www.knewton.com/

19 https://www.tactileo.com/

20 https://www.aleks.com/about_aleks

21 https://fr.khanacademy.org/

approche par compétences. On commence par définir un objectif de performance à long terme pour une personne apprenante. Par exemple, on fixe un objectif d'au moins 90 % en algèbre I. Basé sur un référentiel de compétences, le système de la Khan Academy soutient la progression de la personne apprenante vers l'atteinte de cet objectif de performance et, entre autres, lui fournit une rétroaction instantanée, l'encourage à pratiquer plusieurs fois ses compétences, formule des recommandations personnalisées, et ce pour un cours complet jusqu'à l'atteinte de la pleine maîtrise des compétences.

L'analytique de l'apprentissage selon une approche par compétences (Paquette, 2007) exige de bien réfléchir aux compétences ciblées par l'apprentissage, car ces dernières servent d'ancrages pour déterminer les données éducatives susceptibles de bien mesurer le degré d'acquisition des compétences par les personnes apprenantes. Pour y arriver, un référentiel de compétences doit être créé manuellement ou à l'aide d'outils comme Karuta (Raynauld, 2016; Roy et Raynauld, 2018; Smith, 2017) ou Mahara[22]. Ces outils permettent la création et la gestion de portfolios numériques associés à un référentiel de compétences qui intègre parfois un modèle des connaissances, le plus souvent sous la forme d'une ontologie.

Un des aspects importants de la conception pédagogique axée sur l'acquisition de compétences est d'établir un état des connaissances et des compétences de chaque personne apprenante au début et tout au long du cours, jusqu'à sa fin. L'idée est d'établir un point de comparaison afin de voir les progrès de chaque personne apprenante. Cela implique des prétests et/ou des exercices de réchauffement obligatoires, mais non notés, au début du cours ou de chaque section du cours, afin d'établir les compétences initiales de l'apprenant ou de l'apprenante. L'intérêt de l'analytique pour l'équipe de conception pédagogique ainsi que pour le formateur ou la formatrice est décrit à la section 4.

La plus grande partie de la modélisation des données éducatives se fait pendant la conception pédagogique. Il ne s'agit pas ici de modéliser des connaissances (selon GMOT), mais bien de modéliser des données d'un point de vue informatique. La modélisation des données comprend les données atomiques, mais aussi les données structurées telles que la représentation d'exercices en format XML ou JSON. Elle consiste à représenter le processus de suivi et de guidage du comportement des personnes apprenantes dans le cadre de différentes activités d'apprentissage de façon à ce que des traces soient laissées. L'idée est d'enregistrer des données utiles sur leur comportement. En effet, avec suffisamment de données utiles, les chiffres devraient parler d'eux-mêmes. Par exemple, il peut s'agir de traces brutes

22 https://mahara.org/

qui résument chaque action de l'apprenant ou de l'apprenante, comme ses clics, ses réponses, les résultats qu'il a obtenus, ou encore la durée, la fréquence et le type de ses actions. Chaque action sera associée à un identifiant unique pour chaque personne apprenante, horodatée à l'aide d'une estampille temporelle (*timestamp*) et parfois géoréférencée.

L'objectif final de cette modélisation est de produire des données sous la forme de tableaux où chaque ligne représente un exemplaire des données associées à une entité du modèle de données éducatives, par exemple une personne apprenante, une activité, une évaluation, une compétence, un cours, etc.

3. Des exemples concrets d'analytique de l'apprentissage

Les exemples qui suivent sont tirés de l'analyse des données de deux CLOM (Coulombe, 2015, 2017) réalisés à l'Université TÉLUQ, l'un intitulé *Introduction à l'histoire politique du Québec* (IHPQ) (Bédard, 2016), l'autre *Conciliation travail-famille : défis et solutions* (CTF) (Tremblay, 2016). Un questionnaire en ligne intégré à un module de préparation au cours permettait de recueillir des données sociodémographiques sur les personnes inscrites à ces CLOM. Des quiz interactifs servaient aussi de prétests pour évaluer les connaissances initiales.

Ces exemples sont antérieurs à la mise au point de l'API edX Insights et font donc appel à des accès directs à la base de données SQL et aux données générées par les utilisateurs et les utilisatrices. Ils illustrent les pratiques usuelles suivantes de l'analytique de l'apprentissage : 1) les statistiques descriptives et la visualisation, 2) les prédictions et autres applications de l'apprentissage automatique (classification et régression), 3) le groupage (*clustering*), 4) l'extraction de relations ou de motifs (association, corrélation, information mutuelle, séquences et relations de cause à effet), 5) le forage textuel et l'analyse du discours et 6) l'analyse des traces de l'activité[23].

3.1 Les statistiques descriptives et la visualisation

La première étape de l'analytique de l'apprentissage consiste en l'application de techniques de la statistique descriptive pour décrire globalement des données.

23 Pour les détails techniques liés à ces exemples, on peut télécharger les codes fournis en licence libre sous la forme de carnets iPython sur le site GitHub compagnon de ce chapitre : https://github.com/ClaudeCoulombe/Analytique_Apprentissage

Sur le plan pratique, on distingue des phénomènes qui impliquent un seul attribut (ou dimension) et d'autres qui en impliquent plusieurs.

3.1.1 Visualisation de la répartition géographique des personnes apprenantes

L'un des attributs intéressants à observer est la provenance géographique des personnes apprenantes, que l'on peut visualiser sur une mappemonde. Il s'agit ici d'un attribut catégoriel ayant plus d'une centaine de valeurs possibles, correspondant aux noms des différents pays de notre planète. Pour l'analytique, la première opération est la collecte des données, soit les réponses à la question « Dans quel pays habitez-vous? » du formulaire sociodémographique. Dans les exemples cités, la personne apprenante choisissait sa réponse dans un menu déroulant et celle-ci était mémorisée dans la base de données. Dans le contexte d'une application mobile, il aurait été possible d'obtenir l'information sur le pays directement à partir d'une IPA de géolocalisation.

La *collecte des données*. La première étape du travail d'analytique est la collecte des données. Pour nos exemples, une requête SQL a été utilisée afin de collecter les réponses brutes à la question sur le pays des personnes apprenantes. Puis, les réponses ont été sauvegardées dans un fichier nommé « IHPQ_Profil_Q3_brut.csv ». Le format CSV (*comma-separated value*) qui a été choisi, un format commun pour les tableaux de données, est très pratique, car compatible avec la plupart des outils de l'écosystème Python. Dans nos exemples, l'utilisation du SQL a été délibérément limitée à la collecte des données brutes et à leur sauvegarde dans des fichiers tabulaires.

Le prétraitement des données. Le prétraitement des données exige la connaissance d'un langage d'analyse des données comme R ou Python et de bibliothèques d'extension de ces langages comme Pandas pour le traitement des données tabulaires. La maîtrise du système d'exploitation et des expressions régulières (*regular expressions*) est conseillée pour le traitement des données textuelles[24]. Rappelons qu'une expression régulière décrit la forme générale d'une chaîne de caractères. On peut utiliser une expression régulière pour rechercher des chaînes de caractères d'une certaine forme dans un texte. Une fois les chaînes trouvées, on peut leur appliquer un traitement, comme un ajout, une modification ou une suppression. Pour les prétraitements, le langage de programmation Python a été choisi en raison de la grande souplesse de ses outils et de la richesse de son écosystème. Ces traitements impliquent la manipulation de tableaux de données, en utilisant

24 https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Expression_r%C3%A9guli%C3%A8re&oldid=176746539

les outils de la bibliothèque Pandas (McKinney, 2010). Les données du fichier des données brutes « IHPQ_Profil_Q3_Brut.csv » ont d'abord été chargées dans un tableau de données Pandas (DataFrame) « IHPQ_Profil_Q3_DF » avec l'instruction « pd.read _csv […] », ce qui a permis de recueillir la ligne du tableau 6.3.

TABLEAU 6.3 **Une ligne du tableau de données Pandas quant à la répartition géographique des personnes apprenantes**

student _id	module_id	pays
4818	i4x://TELUQ/TUL2/problem/0704643ff2e-943dbae4bffcae0bb7d82	{«correct_map»: {}, «seed»: 1, «done»: null, «student_answers»: {«i4x-TELUQ-TUL2-problem-0704643ff2e-943dbae4bffcae0bb7d82_2_1»: «Ha\u00efti»}, «input_state»: {«i4x-TELUQ-TUL2-problem-0704643ff2e-943dbae4bffcae0bb7d82_2_1»: {}}}

Dans cette ligne, il y a un problème d'encodage. Par exemple, « Haïti » est encodé « Ha\u00efti », ce qui est facilement corrigé en appliquant une fonction de correction à chaque cellule de la colonne « state » du tableau. L'étape suivante est l'extraction du nom du pays de la chaîne de caractères contenue dans la colonne « state » du tableau de données au moyen d'une expression régulière. Le résultat de l'extraction des différentes valeurs est affecté dans la nouvelle colonne « pays » du tableau de données « IHPQ_Profil_Q3_DF ». Cette colonne du tableau de données représente désormais les différentes valeurs de l'attribut « pays » (tableau 6.4).

TABLEAU 6.4 **Une ligne du tableau de données Pandas, une fois transformée**

student _id	module_id	pays
4818	i4x://TELUQ/TUL2/problem/0704643ff2e-943dbae4bffcae0bb7d82	Haïti

L'analyse quantitative débute par le comptage des différentes valeurs de l'attribut « pays ». Pour cela, l'instruction « groupby » de Pandas a été utilisée. Le tableau 6.5 montre un extrait du tableau obtenu.

TABLEAU 6.5 **Résultat de l'utilisation de l'instruction « groupby »**

Algérie	6
Belgique	16
Canada	1299
France	108

La visualisation graphique des données. Pour l'affichage de la mappemonde (figure 6.3), un composant de la bibliothèque Python Pygal a été utilisé. Ce composant, « pygal.maps.world.World() », a besoin qu'on lui fournisse un code de pays normalisé. Pour cela, un petit dictionnaire Python a été créé pour associer le nom d'un pays à son code de pays et un bout de code HTML a été produit pour recevoir le composant graphique Pygal.

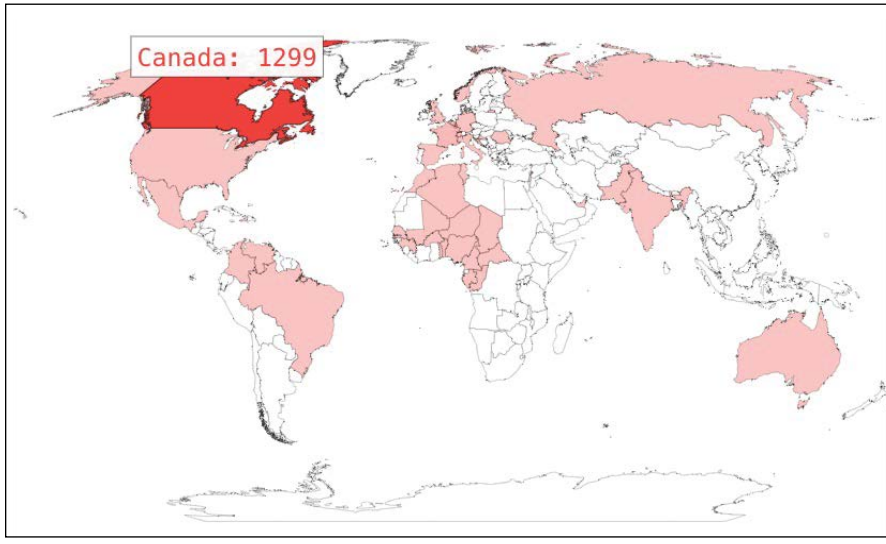


FIGURE 6.3 **La répartition géographique des personnes apprenantes du CLOM IHPQ**

3.1.2 Visualisation de la distribution de l'âge des personnes apprenantes

Il peut être intéressant de comparer la distribution de l'âge des personnes apprenantes inscrites aux cours CTF et IHPQ.

La collecte des données. La collecte des données brutes dans l'ENA Open edX se fait à l'aide d'une requête SQL similaire à celle qui a été vue précédemment, mais cette fois pour la question « Quelle est l'année de votre naissance? ». Les données brutes seront mémorisées dans le fichier « CTF_profil_Q2_Brut.csv ».

Le prétraitement des données. Les données brutes du fichier « CTF_profil_Q2_Brut.csv » sont chargées dans un tableau de données Pandas (DataFrame) « CTF_Profil_Q2_DF » (tableau 6.6).

L'extraction des valeurs d'un attribut. L'année de naissance « 1983 » figure dans la colonne « state » (tableau 6.6) qui est extraite au moyen d'une expression régulière. Il reste à soustraire la valeur de l'année de naissance de l'année courante pour obtenir l'âge de la personne apprenante.

TABLEAU 6.6 **Une ligne du tableau de données Pandas quant à la distribution de l'âge des personnes apprenantes**

student _id	module_id	state
4585	i4x://TELUQ/TUL1/problem/c94805eb35f44a1da6ac872a65183ecb	{"correct_map": {}, "seed": 1, "done": null, "input_state": {"i4x-TELUQ-TUL1-problem-c94805eb35f44a1da6ac872a65183ecb_2_1": {}}, "student_answers": {"i4x-TELUQ-TUL1-problem-c94805eb35f44a1da6ac872a65183ecb_2_1": "1983"}}

Les statistiques descriptives usuelles. Cette étape consiste en quelques calculs statistiques usuels, comme le calcul de l'âge avec « CTF_Profil_Q2_DF[¢âge¢].mean() » qui donne un âge moyen de 37,83. Puis l'âge médian est calculé, c'est-à-dire l'âge qui divise les données en deux groupes égaux (50 % des personnes apprenantes sont plus âgées que l'âge médian et 50 % sont plus jeunes que l'âge médian). L'instruction Pandas, « CTF_Profil_Q2_DF[¢âge¢].median() » lui attribue la valeur 36. Pour la dispersion des données, le calcul de l'écart-type et de la variance (le carré de l'écart-type), « CTF_Profil_Q2_DF[¢âge¢].std() » donne 9,74 et 94,87.

La visualisation graphique des données. Pour visualiser la distribution de l'âge des personnes apprenantes, un histogramme ou graphique à barres de la bibliothèque matplotlib (Hunter, 2007) a été utilisé. Ce graphique permet de visualiser la répartition de l'âge par tranches qui correspondent à des barres sur le graphique (figure 6.4).

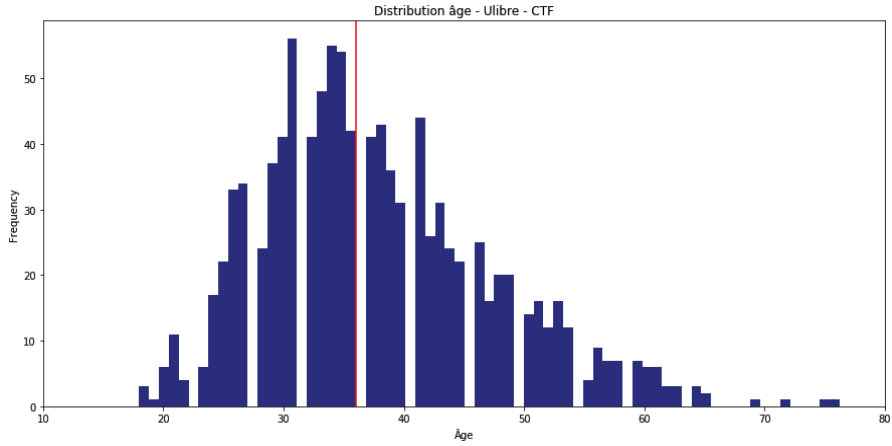


FIGURE 6.4 **La distribution de l'âge des personnes apprenantes dans le CLOM CTF**

La distribution de l'âge des personnes apprenantes du CLOM CTF est typique d'une clientèle d'éducation permanente avec une moyenne d'âge de 38 ans et une médiane de 36 ans. On note les faibles effectifs dans la tranche 18-24 ans (étudiants et étudiantes universitaires).

De son côté, la distribution de l'âge des personnes apprenantes dans le CLOM IHPQ, avec un âge moyen et médian de 46 ans, montre le chevauchement de deux populations. On distingue une population ayant une moyenne autour de 63 ans et une population plus jeune ayant une moyenne autour de 35 ans qui rappelle celle du CLOM CTF. L'examen de la situation professionnelle des personnes apprenantes qui faisait l'objet de la question « Quelle affirmation décrit le mieux votre situation actuelle? » a permis d'observer que la population plus âgée était en majorité composée de personnes retraitées, comme le corrobore le questionnaire sociodémographique. Cette découverte aurait été beaucoup plus difficile à faire sans un outil de visualisation des données.

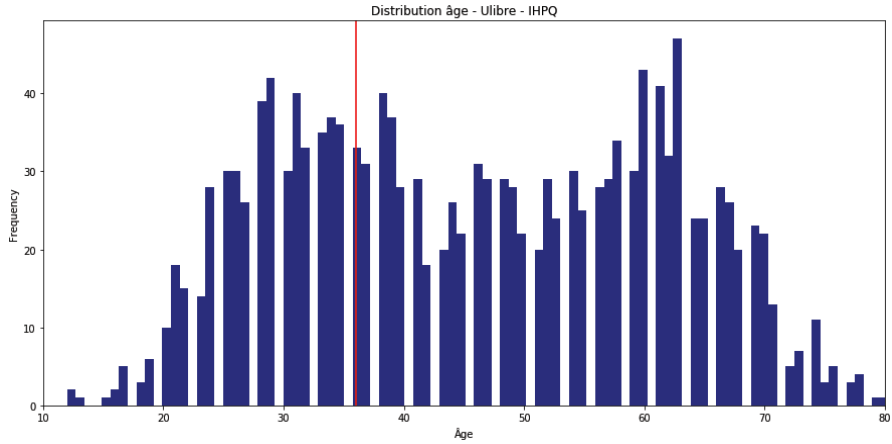


FIGURE 6.5 **La distribution de l'âge des personnes apprenantes dans le CLOM IHPQ**

3.1.3 Visualisation de l'évolution de la participation des personnes apprenantes

Un autre type d'analyse porte sur l'évolution au fil du temps de la participation active des personnes apprenantes au CLOM IHPQ[25]. Aux fins de cette analyse, la réponse au questionnaire sociodémographique est l'indicateur utilisé pour considérer qu'une personne apprenante est active. Des indicateurs alternatifs ou combinés seraient également possibles, comme la connexion à l'aide de son mot de passe, la réalisation d'au moins une activité ou un exercice, le visionnement d'une vidéo ou l'obtention d'une note supérieure à zéro. En fonction des indicateurs choisis, les taux d'apprenantes et d'apprenants actifs pourraient varier.

Comme le montre la figure 6.6, une courbe en S inversé (courbe sigmoïde inversée) révèle une baisse de participation lente au début, puis un décrochage accéléré jusqu'à un point d'inflexion après la deuxième semaine du cours. Puis, un ralentissement progressif du taux d'abandon est observé jusqu'à la fin du CLOM. Ce même genre de courbe en S inversé se retrouve également dans l'évolution de l'activité des personnes abonnées à un centre d'entraînement physique. En d'autres mots, au début du cours, 1840 personnes apprenantes ont répondu au questionnaire sociodémographique. Par la suite, ce groupe s'est réduit graduellement, pour terminer à 800 personnes apprenantes « actives ». Pour être considéré comme toujours actif, un apprenant ou une apprenante devait avoir laissé une trace quelconque dans l'ENA.

25 Cet exemple ne se trouve pas dans les carnets IPython.

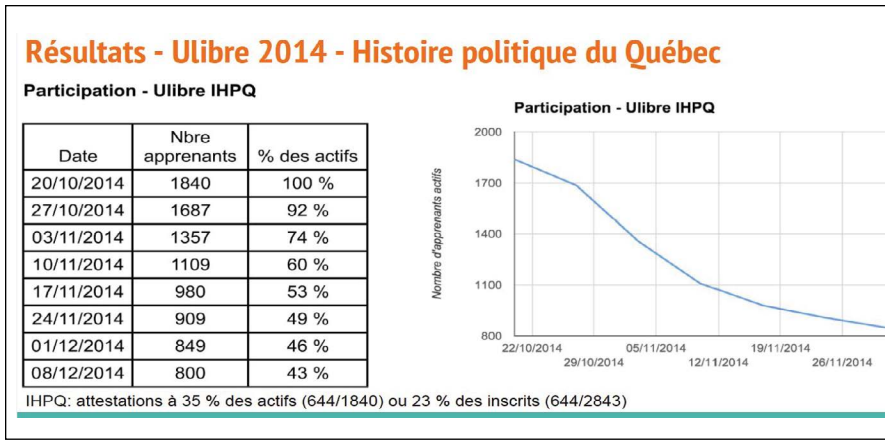


FIGURE 6.6 **Les taux d'apprenantes et d'apprenants actifs dans le CLOM IHPQ (tiré de Coulombe et al., 2016, p. 239)**

3.2 Les prédictions et autres applications de l'apprentissage automatique

Lorsque la qualité et la quantité des données le permettent, l'analytique peut passer aux applications de l'apprentissage automatique. Il s'agit de créer des modèles statistiques capables de faire des prédictions, de regrouper les personnes apprenantes selon leurs comportements (*clustering)*, d'identifier des comportements hors normes (*outliers detection*), de révéler des tendances de même que de trouver des associations par la reconnaissance de formes (*pattern recognition*) ou par le calcul de corrélations ou de l'information mutuelle. On y trouve aussi des modèles prédictifs capables d'anticiper le comportement des personnes apprenantes et de poser des diagnostics.

Pour l'apprentissage automatique, on a utilisé la bibliothèque spécialisée Scikit-Learn (Pedregosa *et al.*, 2011). Les modèles prédictifs basés sur l'apprentissage supervisé constituent un raffinement de l'usage des statistiques en analytique de l'apprentissage. L'apprentissage du modèle statistique est dit supervisé quand les exemples (ou données d'entraînement) sont accompagnés de la réponse ou de l'étiquette cible. Le modèle cherche à prédire l'étiquette cible (ou classe cible) à partir des valeurs des attributs contenus dans les exemples de données qui servent à entraîner le modèle. En IA, l'apprentissage supervisé se déroule en trois phases : lors de la première phase, dite phase d'étiquetage (ou d'annotation), les classes sont prédéterminées et les données d'entraînement (ou exemples) sont préalablement étiquetées selon leur classe cible, le plus souvent par une experte ou un expert humain. Lors de la deuxième phase, dite phase d'apprentissage,

l'algorithme entraîne un modèle à partir des données étiquetées. À cette étape, l'algorithme cherche à minimiser le coût des erreurs entre la prédiction de classe par le modèle et la vraie classe (c'est-à-dire la classe étiquetée) pour chaque donnée d'entraînement. Dans la troisième phase, dite de prédiction, l'algorithme prédit la classe d'une nouvelle donnée, mais cette fois non étiquetée, en utilisant le modèle appris à la phase précédente. Le résultat est l'appartenance à une classe ou une probabilité d'appartenance à chacune des classes prédéterminées.

La classification des courriels entre pourriels (*spams*) et bons courriels sur la base des mots contenus dans les textes est un exemple qui illustre bien l'apprentissage supervisé en IA. La mise au point d'un modèle capable de prédire le décrochage des personnes apprenantes dans un cours en ligne constitue pour sa part un exemple de modèle prédictif, cette fois en éducation. Kloft *et al.* (2014) l'ont fait en analysant les clics des personnes apprenantes. La participation aux forums, qui traduit un investissement dans une communauté, est un très bon prédicteur unique du décrochage. Si elle vient à décliner, cela indique un éventuel décrochage (Xing *et al.*, 2016). Des variables telles que le nombre de sessions de travail et leur durée, le nombre de jours actifs, le nombre de requêtes, le nombre de pages ou de vidéos consultées et le nombre d'exercices tentés et surtout complétés constituent d'autres attributs à considérer dans un modèle prédictif du décrochage. La relation entre le nombre d'heures par semaine consacrées au cours et l'obtention d'un certificat de réussite du cours en est un autre exemple. Sans trop de surprise, un simple modèle de régression logistique (ou classification logistique) a été capable de prédire à 66 % l'obtention du certificat sur la base du nombre d'heures travaillées. La régression logistique[26] est un algorithme largement utilisé en apprentissage automatique dans un grand nombre de domaines. Il est à la base du neurone artificiel.

3.3 Le groupage

Le groupage (*clustering*) fait appel à l'apprentissage non supervisé où l'algorithme doit découvrir par lui-même la structure des données. L'algorithme se base sur les données (exemples) d'entraînement pour les classer en groupes homogènes correspondant à une classe selon une mesure de similarité qui calcule la distance entre paires d'exemples. Le résultat est l'appartenance à un groupe (ou classe) ou une probabilité d'appartenance à chacun des groupes (ou classes) formés par l'algorithme. Un exemple typique d'apprentissage non supervisé en marketing est

26 https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_logistique

le regroupement des clients en différentes catégories émergentes en fonction de leurs comportements d'achat.

En analysant les activités des apprenants et des apprenantes à l'aide d'un algorithme de groupage, Hill (2013) a observé l'existence de cinq groupes différents de personnes apprenantes dans un CLOM. Il a pu en déterminer les caractéristiques et les nommer : les inscrits-absents (*no-shows*), les observateurs (*observers/lurkers*), les picoreurs (*drop-ins*), les apprenants inactifs (*passive participants*) et les apprenants actifs (*active participants*). L'expérience de Hill a inspiré le présent travail, mais à partir de catégorisations différentes. Pour les données, certaines réponses au questionnaire sociodémographique ont été utilisées pour caractériser les personnes apprenantes, ainsi que le nombre d'heures consacrées au CLOM, les résultats aux exercices et l'obtention du certificat. Concernant les catégories, la définition d'apprenant actif choisie est différente de celle de Hill. Il s'agit d'un individu qui a rempli le questionnaire sociodémographique. Après différents traitements et manipulations et en utilisant l'algorithme de groupage des k-moyennes[27], quatre sous-groupes d'actifs ont été identifiés. L'algorithme de groupage des k-moyennes se base sur la similarité entre les personnes apprenantes pour constituer les groupes. À partir de leurs comportements, des étiquettes leur ont été assignées : les décrocheurs (*drop-outs*), les observateurs (*lurkers/observers*), les picoreurs (*drop-ins*) et les perfectionnistes (*dedicated*) (figure 6.7).

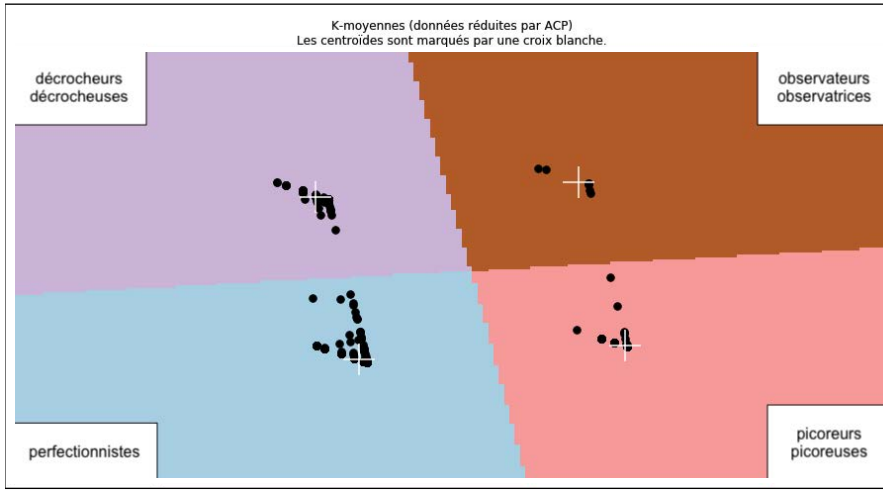


FIGURE 6.7 **Le groupage des catégories dans un CLOM de l'Université TÉLUQ**

27 https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=K-moyennes&oldid=174559088

Si l'apprenante ou l'apprenant actif termine le CLOM et qu'il fait l'évaluation finale, on considère qu'il est perfectionniste. Autrement, il tombe dans l'une ou l'autre des catégories et devient soit le décrocheur ou la décrocheuse (*drop-out*), qui s'arrête abruptement pendant le cours et ne le termine jamais, soit l'observateur ou l'observatrice (*observer/lurker*), qui regarde les vidéos, lit les contenus, mais fait très peu d'exercices, soit le picoreur ou la picoreuse (*drop-in*), qui choisit les contenus et réalise les exercices selon ses besoins et préférences. Évidemment, cette catégorisation comporte une part de subjectivité dans l'assignation des étiquettes.

3.4 L'extraction de relations ou de motifs

L'analytique de l'apprentissage consiste souvent en la vérification d'hypothèses. Des données sont requises pour valider des hypothèses, mais ces dernières émergent également en observant des données, en réfléchissant et en

discutant avec des collègues. Par exemple, on peut vouloir vérifier si la fréquence et la durée des sessions de travail sont reliées (c'est-à-dire en corrélation[28]) à la réussite ou au décrochage. On peut aussi vérifier l'information mutuelle[29]. Par la suite, ce simple indicateur pourrait servir à prévenir le décrochage, en signalant un problème au professeur ou à la professeure. Dans le cas des deux CLOM de l'Université TÉLUQ, la vérification d'hypothèses a consisté à vérifier s'il y avait une relation (une corrélation) entre l'organisation du temps d'étude et l'obtention de l'attestation.

Comme le montrent le tableau de la corrélation entre la note obtenue et le type d'horaire de travail (tableau 6.7) et celui du coefficient de l'information mutuelle entre les méthodes de travail et la certification (tableau 6.8), on observe une faible corrélation à 0,11 entre l'obtention d'une attestation et un horaire de travail flexible comportant des plages horaires réservées et quelques exceptions (flex). Par contre, on observe un léger effet négatif (corrélation négative à -0,11) pour un horaire strict (fixe) et un effet presque nul (-0,06) si l'horaire est très variable (+var).

L'information mutuelle révèle une plus forte association (0,005712) entre l'obtention d'une attestation et un horaire de travail flexible avec des plages horaires réservées et quelques exceptions. L'association est moindre (0,003653) si l'horaire est très variable (+var). L'association la plus faible (0,001885) est celle qui comporte un horaire strict (fixe).

---

28 https://fr.wikipedia.org/wiki/Corr%C3%A9lation_(statistiques)

29 https://fr.wikipedia.org/wiki/Information_mutuelle

TABLEAU 6.7 **La corrélation entre la note obtenue et le type d'horaire de travail**

	note	+var	flex	fixe
note	1,000000	-0,044652	0,156732	-0,140671
+var	-0,044652	1,000000	-0281411	-0,166993
flex	0,156732	-0281411	1,000000	-0,899074
fixe	-0,140671	-0,166993	-0,899074	1,000000

TABLEAU 6.8 **Le coefficient de l'information mutuelle entre les méthodes de travail et la certification**

	attestation	+var	flex	fixe
attestation	0,159159	0,003653	0,005712	0,001885
+var	0,003653	0,197600	0,047828	0,021927
flex	0,005712	0,047828	0,671991	0,496319
fixe	0,001885	0,021927	0,496319	0,646091

3.5 Le forage textuel et l'analyse du discours

Le forage textuel et l'analyse du discours constituent d'autres exemples d'application des techniques d'IA en éducation. Par exemple, on peut procéder à l'analyse des sentiments, également appelée analyse des émotions, à partir de textes écrits par la personne apprenante. Dans sa forme la plus simple, la tâche d'analyse des sentiments consiste en la prédiction de la polarité, positive ou négative, liée à une opinion. Il s'agit d'une tâche d'apprentissage supervisé où le jeu de données d'entraînement a été préalablement étiqueté.

À un niveau plus avancé, on peut envisager d'automatiser la correction de courts essais ou des réponses à des questions ouvertes en faisant appel à l'apprentissage supervisé à partir d'exemples notés (ou étiquetés) afin de prédire une note pour de nouveaux exemples non corrigés. L'idée est d'entraîner un modèle statistique à partir d'un faible nombre de réponses corrigées par un professeur ou un tuteur humain (typiquement de l'ordre d'une centaine) pour alimenter un correcteur automatique capable d'évaluer des milliers d'autres copies. En 2012,

la correction de questions ouvertes et d'essais en utilisant l'apprentissage automatique a fait l'objet d'une compétition, l'*Automated Scoring Assessment Prize*, financée par la Hewlett Foundation en collaboration avec Kaggle[30]. Les résultats de cette compétition et la comparaison faite avec des systèmes commerciaux ont fait l'objet d'une étude (Shermis et Hamner, 2012). On parle ici surtout d'outils d'évaluation formative, de diagnostic des difficultés de la personne apprenante et d'assistance à la correction humaine.

3.6 L'analyse des traces de l'activité

Pour une large part, le forage des données éducatives se base sur l'analyse des traces (*logs*) laissées par les personnes apprenantes dans un ENA.

On commencera généralement l'analyse avec des outils de manipulation de données comme Pandas, qui donnent des informations sur les valeurs des données et les statistiques descriptives (moyenne, médiane, valeur maximale, valeur minimum, écart-type). Pour aller un cran plus loin, on utilisera des outils de visualisation de données pour tracer des graphiques et afficher des tableaux. Des décisions seront prises à la suite de l'examen des valeurs des données, des statistiques et des graphiques.

Les actions (un clic, un commentaire dans le forum, la réponse à un exercice, la consultation d'une page, le visionnement d'une vidéo, etc.) laissent des traces qui peuvent ensuite être utilisées pour constituer un profil de l'apprenant ou de l'apprenante. Quand la personne apprenante a un profil suffisamment étoffé, l'analyse prédictive peut être utilisée pour lui offrir des ressources ou du soutien. Dans plusieurs plateformes d'ENA, les traces sont automatiquement générées par l'activité de la personne apprenante. Par exemple, on conservera, en l'associant à un identifiant, une marque temporelle pour chacune des requêtes HTTP effectuées dans la plateforme : l'ouverture d'une page Web, un clic pour répondre à un exercice, le visionnement d'une capsule vidéo, une éventuelle pause ou une reprise de la vidéo, etc. Ces traces sont mémorisées dans un fichier ou une base de données.

30 https://www.kaggle.com/c/asap-sas

L'analyse des traces peut se faire en temps réel au fur et à mesure de l'activité de la personne apprenante ou en temps différé afin d'analyser les performances à des moments choisis ou carrément après le cours pour en analyser le déroulement. Évidemment, les contraintes pédagogiques et techniques ne sont pas les mêmes dans ces deux cas. Une première phase d'analyse se limitera à générer des statistiques de base sur les comportements des apprenants et des apprenantes, comme l'illustre la figure 6.8. Au besoin, ces statistiques se retrouveront dans un tableau de bord.

Bases de données

Scripts d'extraction et transformation

Requêtes SQL et NoSQL

Identifiant	Nombre de requêtes	Nombre de pages	Nombre de vidéos	Nombre d'exercices	...
975	16508	863	67	12	...
155	7689	276	18	6	...
1850	21546	1021	43	15	...
1601	789	31	2	0	...
2	13222	411	20	6	...
5954	65	18	0	0	...

FIGURE 6.8 **Représentation d'une extraction de traces et d'un premier niveau d'analyse statistique**

Une deuxième phase ira davantage en profondeur et cherchera à reconnaître des comportements, à faire des prédictions. C'est ici que l'apprentissage automatique entrera en jeu. Par exemple, on pourra constituer des groupes de personnes apprenantes par apprentissage non supervisé ou reconnaître des comportements typiques sur la base de modèles entraînés par apprentissage supervisé.

L'analyse de traces a plusieurs fonctions. Par exemple, dans le cas d'une analyse en temps réel, une alerte dans l'ENA peut être déclenchée lorsque certaines conditions sont réunies. Dans le cas d'une analyse en temps différé, les facteurs de réussite d'un cours peuvent être identifiés.

4 L'enseignement adaptatif et l'ingénierie pédagogique

Le vocable « apprentissage adaptatif » est une traduction littérale d'*adaptive learning*, qui s'interprète mieux comme « enseignement adaptatif » puisque c'est l'ENA qui s'adapte à la personne apprenante et non l'inverse (Psyché et Ruer, 2019).

L'ENA s'adapte à la personne apprenante pour l'aider à apprendre puisque ni le corps enseignant ni l'ENA n'ont de contrôle sur la façon dont la personne apprend. Dans ce qui suit, c'est donc « enseignement adaptatif », plutôt que « apprentissage adaptatif », qui est utilisé.

L'enseignement adaptatif est une approche pédagogique où l'ENA intelligent s'ajuste aux besoins de la personne apprenante grâce à des algorithmes. Cette adaptation nécessite que l'équipe de conception de l'ENA construise d'abord un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante dotant l'ENA de connaissances sur ses objectifs, ses préférences et ses connaissances. Ce modèle est ensuite utilisé par le système tout au long de l'interaction avec la personne apprenante pour adapter l'ENA à ses besoins (Brusilovsky et Peylo, 2003). Le fait que les contenus, la présentation et la navigation soient adaptés à chaque personne apprenante maximise ses chances de succès à chaque étape de l'apprentissage (assimilation, renforcement et application).

Les systèmes tentent également d'être plus intelligents en incorporant et en exécutant certaines activités traditionnellement réalisées par un humain, comme l'encadrement des apprenants et des apprenantes, le diagnostic de leurs perceptions erronées ou les diagnostics cognitifs. Plus la machine simule le comportement d'un tuteur humain, plus elle est dite « intelligente ». On parle alors de tuteur intelligent et d'enseignement adaptatif intelligent.

On peut résumer les raisons d'adopter l'enseignement adaptatif en six points :

- l'amélioration des résultats d'apprentissage de la personne apprenante grâce à un enseignement guidé et maîtrisé (Bloom, 1984);
- l'augmentation de la motivation et de l'autonomie de la personne apprenante;
- l'optimisation du rythme d'apprentissage, la personne apprenante ne perdant pas son temps sur des notions déjà acquises, mais au contraire, l'utilisant pour acquérir de nouvelles connaissances;
- le réglage fin du degré de difficulté des parcours d'apprentissage personnalisés (Csikszentmihalyi, 2014);
- l'exploration par l'enseignant ou l'enseignante d'une approche pédagogique personnalisée répondant aux besoins d'apprentissage de chacune des personnes apprenantes;
- la compréhension par l'enseignant ou l'enseignante de ce que chaque personne apprenante ne comprend pas grâce à l'identification de ses faiblesses, mais aussi de ses forces.

L'enseignement adaptatif préconise que la personne apprenante doit s'engager

pleinement pour apprendre. L'idée de concevoir un enseignement adaptatif est de mettre en place les conditions optimales de personnalisation des activités d'apprentissage de façon à amener l'apprenant ou l'apprenante à atteindre un état de « flux » (*flow*) (Csikszentmihalyi, 2014) afin de lui fournir des activités ni trop faciles ni trop difficiles, juste à son niveau. En ce sens, l'ENA doit s'adapter de façon à toujours rechercher l'optimisation de ces conditions pour la personne apprenante. Pour ce faire, l'analytique de l'apprentissage aide à prédire ces conditions optimales en fonction de données individuelles ou de groupe associées à la personne apprenante (profil).

L'enseignement adaptatif doit s'accompagner d'un parcours d'apprentissage personnalisé selon le profil de l'apprenant ou de l'apprenante et d'un soutien pédagogique à l'aide de rétroactions formatives itératives. Ainsi, la démarche d'apprentissage est axée sur un soutien adaptatif à l'apprentissage dans la progression des tâches à accomplir pour réaliser les activités proposées en début de parcours. Le soutien adaptatif se concrétise sous plusieurs formes :

- l'identification du profil de l'apprenant ou de l'apprenante par autodiagnostic programmé dans l'environnement du cours;
- la suggestion programmée du parcours d'apprentissage en fonction du profil de la personne apprenante et l'adaptation (programmée ou non) de la présentation et des contenus du parcours;
- l'affinement des connaissances et des compétences de la personne apprenante par des autoévaluations progressives récurrentes et l'adaptation (ou non) d'un modèle informatique de l'apprenant ou de l'apprenante en temps réel;
- la prise de conscience par la personne apprenante des connaissances et des compétences acquises lors d'activités de partage de savoirs avec d'autres apprenants et apprenantes dans l'ENA.

Lors du démarrage d'un cours en ligne en mode d'enseignement adaptatif, un test d'autodiagnostic de ses compétences et de ses champs d'intérêt dans le domaine du cours est présenté à la personne apprenante, ce qui permet au système de constituer un profil. Chaque profil menant à un parcours personnalisé suggérera un séquencement des activités pédagogiques et proposera des ressources pédagogiques en fonction des besoins d'apprentissage et des champs d'intérêt identifiés lors du test d'autodiagnostic. Chaque profil ou modèle issu de l'analytique des données associé à un parcours personnalisé pourrait mener à une présentation différente des activités et des ressources pédagogiques, c'est-à-dire à une interface système adaptable en temps réel ou en différé, selon le degré de programmation implanté dans l'ENA.

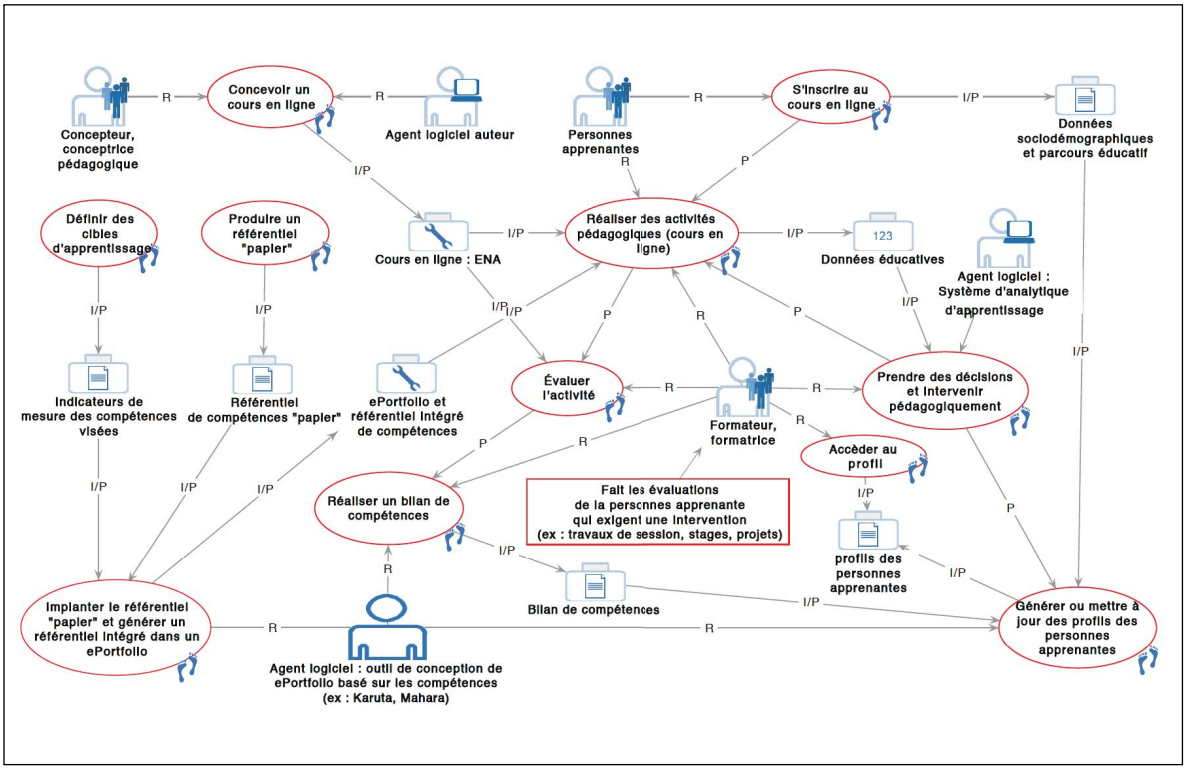


FIGURE 6.9 **Modèle de la démarche d'ingénierie pédagogique à mettre en œuvre pour intégrer l'analytique de l'apprentissage dans un ENA**

L'enseignement adaptatif est soutenu par la collecte, la mesure, la combinaison et l'analyse des données provenant de différentes sources, dont les données générées par les personnes apprenantes pendant le processus d'apprentissage en ligne. Comme le montre la figure 6.9, cela implique entre autres de : 1) définir des mesures et des indicateurs, 2) générer et mettre à jour les profils des personnes apprenantes et 3) prendre des décisions et intervenir d'un point de vue pédagogique.

L'impact de l'analytique sur l'adaptation de l'apprentissage est important. Avec l'inclusion de l'analytique de l'apprentissage dans le processus d'ingénierie des ENA, on passe d'un processus intuitif, voire artisanal, laissant une part à la subjectivité inhérente aux approches empiriques et qualitatives, à un processus d'ingénierie plus rigoureux, basé sur des approches statistiques et quantitatives. En effet, la mesure quantitative des résultats et de l'atteinte des objectifs est caractéristique d'une activité d'ingénierie à proprement parler. L'usage de l'analytique de l'apprentissage est donc une étape importante vers le passage d'un processus intuitif d'ingénierie pédagogique (basé sur des informations empiriques fondées sur l'expérience et l'observation), à une ingénierie pédagogique basée sur la collecte de données probantes. De plus, l'analytique de l'apprentissage permet d'envisager une démarche d'ingénierie pédagogique « continue », fondée sur des décisions prises par l'équipe de conception en cours de diffusion de l'ENA sur la base des données probantes fournies par le système. Celles-ci servent aussi à améliorer l'ENA à chaque diffusion. Il s'agit là d'un changement de paradigme en ingénierie pédagogique.

Conclusion

Le domaine de l'analytique de l'apprentissage soulève aujourd'hui des préoccupations théoriques, méthodologiques, empiriques et techniques issues tant de la recherche que de la pratique. La société Learning Analytic and Knowledge (LAK) anime ce domaine. Son récent colloque international, le colloque LAK 2020[31], a dressé un inventaire significatif des préoccupations actuelles à partir desquelles des travaux pourront être menés.

Plusieurs de ces préoccupations ressortent de l'utilisation de l'analytique de l'apprentissage, notamment la confidentialité, l'établissement de profils, le partage d'informations et la gestion des données. Bien qu'elle soit souhaitable, l'in-

31 https://lak20.solaresearch.org/

tégration des réseaux sociaux dans les plateformes d'ENA pour favoriser l'engagement des personnes apprenantes est problématique à cause de l'utilisation de ces données par les propriétaires privés des réseaux sociaux.

Un autre problème soulevé est celui des biais pouvant être amenés par le simplisme et la transparence des algorithmes. Les sources des données utilisées par les algorithmes d'intelligence artificielle sont ethniquement et culturellement très homogènes. La plupart des données proviennent des États-Unis et ne sont représentatives que d'une partie de la population, où l'on note une tendance à exclure les femmes, les minorités visibles et les populations issues de cultures non américaines. Ce problème a donné lieu à des biais d'interprétation qui rappellent l'importance de tenir compte de l'éthique, de l'équité et de l'inclusion dans tout processus reposant sur l'analytique de l'apprentissage. Tout ceci a des répercussions sur les questions de propriété intellectuelle, de protection de la vie personnelle, de confidentialité des données, de biais de toutes sortes, de productivisme, de déshumanisation et de tyrannie des chiffres.

Ce chapitre a proposé des pistes d'amélioration de l'enseignement grâce à un enseignement adaptatif qui découlerait d'une ingénierie pédagogique pilotée par les données éducatives volumineuses, selon une approche par compétences. Il a aussi montré les retombées de cette approche pour un apprentissage plus personnalisé et inclusif prenant en compte les profils des personnes apprenantes. L'engagement ultime est d'offrir des ENA intelligents, c'est-à-dire qui seraient capables de s'adapter à chaque personne apprenante en lui proposant un parcours d'apprentissage optimal grâce à l'analytique de l'apprentissage. Pour finir, ce chapitre a également évoqué les perspectives et les enjeux du domaine.

Références

Baker, R. S. et Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *Journal of Educational Data Mining*, *1*(1), 3-17.

Bédard, É. (2016). *Introduction à l'histoire politique du Québec* [archive ouverte]. Ulibre. https://www.ulibre.ca/courses/TELUQ/TUL2_H16/Hiver2016/about

Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational researcher*, *13*(6), 4-16.

Brusilovsky, P. et Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *13*, 159-172.

Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U. et Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *4*(5-6), 318-331.

Coulombe, C. (2015, novembre). *Sémantron : évaluation de compétences par des questions ouvertes dans un CLOM* [données et analyses]. Séminaire du département de génie informatique et génie logiciel Polytechnique, Polytechnique, Montréal. https://fr.slideshare.net/HommeDeJava/seminaire-polytechnique-12nov15

Coulombe, C. (2017, mai). *Vers une pédagogie pilotée par les données* [communication]. ACFAS, Colloque 619 – Vers une nouvelle ingénierie pédagogique pour les environnements numériques d'apprentissage, Montréal, Canada. http://lice.licef.ca/wp-content/uploads/2017/05/4-CCoulombre-Vers-une-p%C3%A9dagogie-pilot%C3%A9e-par-les-donn%C3%A9es.pdf

Coulombe, C., Paquette, G. et Mezghani, N. (2016). *Improving MOOCs' perseverance and completion rates using best practice design principles*. http://www.iiis.org/CDs2016/CD2016Summer/papers/EA251SA.pdf

Csikszentmihalyi, M. (2014). *Applications of flow in human development and education: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi*. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9094-9

Ekstrand, M. D., Riedl, J. T. et Konstan, J. A. (2011). Collaborative filtering recommender systems. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 4(2), 81-173. https://doi.org/10.1561/1100000009

Hill, P. (2013). Emerging student patterns in MOOCs: A (revised) graphical view. *WordPress, e-Literate, 10*.

Humby, C. (2006). Data is the new oil. *Proceedings of ANA Sr. Marketer's Summit*. Evanston, USA.

Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science Engineering*, *9*(3), 90-95. https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55

Kloft, M., Stiehler, F., Zheng, Z. et Pinkwart, N. (2014). *Predicting MOOC dropout over weeks using machine learning methods* (p. 60-65).

McKinney, W. (2010). *Data structures for statistical computing in python*. *445*, 51-56.

MongoDB. (2014). *MongoDB vs SQL: Day 14 – Queries*. MongoDB Blog.

Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique : pour construire un apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2007). An ontology and a software framework for competency modeling and management. *Journal of Educational Technology & Society*, *10*(3), 1-21.

Paquette, G. (2014). Technology-based instructional design: Evolution and major trends. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 661-671). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_53

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A. et Cournapeau, D. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, *12*, 2825-2830.

Psyché, V. et Ruer, P. (2019). L'apprentissage adaptatif intelligent. *Le Tableau*. https://pedagogie.uquebec.ca/le-tableau/lapprentissage-adaptatif-intelligent

Raynauld, J. (2016, 17 mars). *Karuta : les fonctions essentielles d'un portfolio électronique libre*. https://fr.slideshare.net/jacquesr54/karuta-les-fonctions-esentielles-dun-portfolio-lectronique-libre

Roy, I. et Raynauld, J. (2018). *Créer un référentiel de compétences avec Karuta*. https://drive.google.com/drive/folders/1CyqE9YVfrPLN2E9cq9HuilUpjO6tNe2y

Schafer, J. B., Frankowski, D., Herlocker, J. et Sen, S. (2007). Collaborative filtering recommender systems. Dans P. Brusilovsky, A. Kobsa et W. Nejdl (dir.), *The adaptive Web: Methods and strategies of Web personalization* (p. 291-324). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_9

Shah, D. (2020). By the numbers: MOOCs in 2020. *The report*. https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020/

Shermis, M. D. et Hamner, B. (2012). Contrasting state-of-the-art automated scoring of essays: *Analysis. Annual national council on measurement in education meeting* (14-16).

Siemens, G. et Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE review*, *46*(5), 30.

Smith, J. A. (2017, 14 novembre). *Configuring an ePortfolio for your institution using Karuta*. https://www.youtube.com/watch?v=FT5Mf2KiPuE&index=23&list=PLlwxoUJvHUhXCEy9iIER4dpdeeG3VRqlF

Tremblay, D.-G. (2016). *Conciliation travail-famille : défis et solutions* [archive ouverte]. Ulibre. https://www.ulibre.ca/courses/TELUQ/TUL1_H16/Hiver2016/about

Xing, W., Chen, X., Stein, J. et Marcinkowski, M. (2016). Temporal predication of dropouts in MOOCs: Reaching the low hanging fruit through stacking generalization. *Computers in Human Behavior*, *58*, 119-129.

CHAPITRE 7

TYPOLOGIES ET ONTOLOGIES POUR L'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Gilbert Paquette

RÉSUMÉ

Une méthode d'ingénierie pédagogique doit faire un large usage de classifications, de taxonomies ou de typologies pour offrir des choix aux équipes de conception d'environnements numériques d'apprentissage (ENA) et leur offrir des recommandations quant aux types de composantes à y intégrer. La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA[1]) est fondée sur seize typologies réparties selon les quatre axes de la méthode : l'axe des connaissances et des compétences visées, l'axe pédagogique, l'axe médiatique et l'axe de diffusion (ou axe logistique). Pour renouveler cette méthode et la centrer davantage sur les ENA, il faut prendre en compte l'évolution récente de l'Internet. Ces dernières années, l'essor du Web de données ouvertes et liées, ou Web sémantique, a apporté un ensemble croissant de modèles sous la forme d'ontologies pouvant être utilisées comme composantes d'une méthode d'ingénierie des ENA. Ce chapitre propose, sur cette base et à titre d'exemple, une nouvelle ontologie pour la scénarisation pédagogique. La conclusion indique certains travaux nécessaires pour définir une nouvelle méthode adaptée à l'évolution récente des technologies d'apprentissage.

MOTS-CLÉS

Ingénierie des ENA; environnements numériques d'apprentissage; typologies; ontologies; Web sémantique.

1 La MISA (Paquette, 2002a) fait l'objet du chapitre 4.

Introduction

L'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA) est une méthode d'ingénierie pédagogique (IP) qui se concentre sur la conception des environnements numériques d'apprentissage (ENA). Elle décrit les processus par lesquels des équipes de conception construisent les composantes d'un ENA en appliquant des principes issus des théories d'enseignement[2].

Une méthode comme la MISA a été définie par une ingénierie des connaissances du domaine de la pédagogie. Les concepts définissant les composantes d'un système d'apprentissage ont d'abord été identifiés. Par la suite, les activités de conception ont été décrites, permettant de définir chaque composante. Les activités de conception des principes pouvant guider leur réalisation y ont alors été associées.

Les typologies et les ontologies d'objets produits par l'ingénierie pédagogique des ENA (IENA) sont d'une grande importance pour une méthode d'IP. Dans la MISA, seize typologies d'objets pédagogiques ont été définies, notamment pour décrire des types d'habiletés, de scénarios pédagogiques, d'activités d'apprentissage, de ressources ou de modèles de diffusion. Dans les documents décrivant la méthode, ces typologies sont intégrées dans la description des éléments de documentation (ED), chacun étant le produit de l'une des trente-cinq tâches de la méthode. Ces ED offrent des choix aux équipes de conception quant aux types d'objets à intégrer à un ED. Dans les ateliers informatisés[3] construits pour soutenir la méthode ou dans les outils numériques d'aide à la conception, les typologies prennent la forme de menus de l'interface, permettant aux concepteurs et aux conceptrices d'effectuer leurs propres choix parmi ceux identifiés dans la typologie.

Le terme « typologie » est apparu au XIX^{e} siècle[4] et renvoie au regroupement dans des classes, ou *types*, des exemples d'une connaissance abstraite appelée *objet de la typologie*. Il est défini comme une liste de types propres à un domaine

2 Voir le chapitre 2.

3 Trois ateliers informatisés ont été construits par l'équipe de Gilbert Paquette à l'Institut LICEF, grâce auxquels l'ingénieur pédagogique peut définir un ENA en appliquant la MISA : l'atelier de génie didactique (AGD), l'atelier distribué d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (ADISA) et l'atelier TELOS (*technology-enhanced learning operating system*).

4 *Encyclopædia Universalis* : https://www.universalis.fr/encyclopedie/typologie-sociologie/#i_0

d'étude, équivalant à une classification des objets d'étude en une hiérarchie de *classes* distinctes sur un seul niveau ou sur plusieurs niveaux où les classes sont de plus en plus spécialisées.

Dans les sciences de l'information, une *ontologie* est un ensemble structuré de concepts (ou classes) d'un domaine et de relations entre ces concepts. Dans une ontologie, les classes regroupent des individus (les objets de base à décrire) en divers *types*, mais elles établissent de plus des relations plus ou moins élaborées entre elles ou décrivent leurs attributs appelés *propriétés*. Le terme « ontologie » correspond au concept philosophique d'ontologie défini comme l'étude des propriétés générales de ce qui existe.

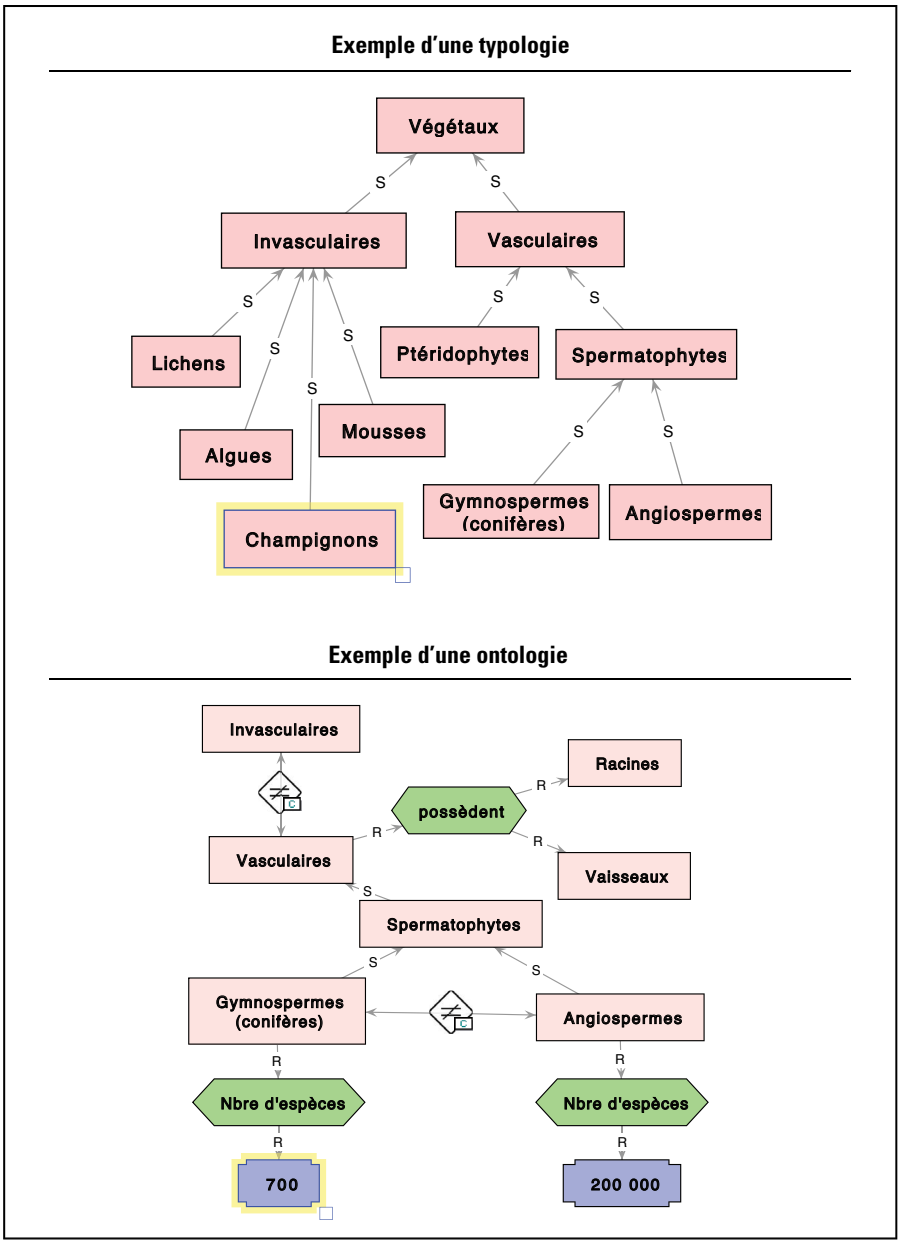
La figure 7.1 illustre deux modèles[5] représentant une partie de la *Flore laurentienne*, célèbre ouvrage de Marie-Victorin (1964, p. 79). Le modèle de gauche montre la partie supérieure de la typologie des végétaux du Québec. Le modèle de droite présente une partie d'une ontologie sur le même sujet en y ajoutant une définition des végétaux vasculaires.

En examinant les deux modèles, on remarquera qu'une typologie ne définit qu'indirectement le sens des termes désignant les classes de la typologie. Le fait que les lichens, les algues, les mousses et les champignons soient des catégories de plantes invasculaires donne un certain sens à ce dernier terme. Toutefois, pour le définir précisément, il faut faire appel à l'ontologie présentée dans le modèle de droite de la figure. On y apprend que les végétaux vasculaires sont ceux qui possèdent des racines et des vaisseaux, les végétaux invasculaires étant les plantes qui n'en ont pas puisque les deux classes sont définies comme étant disjointes (≠), c'est-à-dire n'ayant aucun individu en commun. Dans ce même modèle, on a ajouté une propriété qui fournit le nombre d'espèces de deux des sous-classes des plantes vasculaires. On apprend aussi qu'il y a 700 espèces différentes de conifères. Beaucoup d'autres propriétés de la flore laurentienne pourraient être ajoutées à ce noyau d'ontologie.

Cet exemple montre que l'on peut mieux définir le sens des concepts avec une ontologie qu'avec une typologie, bien que cette dernière fournisse une vue d'ensemble du domaine. C'est pourquoi les ontologies, qui intègrent d'ailleurs les typologies, sont à la base de la nouvelle génération de l'Internet, à savoir le Web sémantique, qui associe aux pages Web une représentation du sens des termes qui y figurent.

---

5 Ces modèles ont été réalisés en utilisant GMOT (Paquette, 2008), un multi-éditeur de graphes permettant de construire des modèles d'ontologies selon l'OWL (*Ontology Web Language*).



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); R (lien entre un domaine et une propriété ou entre une propriété et son codomaine ou sa valeur); ≠ (lien entre classes disjointes); les classes de la typologie ou de l'ontologie sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.1 **Exemples d'une typologie et d'une ontologie**

L'évolution récente de l'Internet, dans lequel évoluent les ENA et les ressources dont ils se composent, est marquée par l'essor du Web sémantique. Le Web de données ouvertes et liées (Web DOL) a apporté un ensemble croissant de modèles sous forme d'ontologies pour décrire les connaissances d'un domaine ou celles qui peuvent être utilisées comme composantes d'une méthode d'IENA. Dans ce contexte, pour définir une nouvelle méthode d'IENA, la modélisation sous forme d'ontologies des concepts de la méthode apparaît incontournable.

La section 1 de ce chapitre fait un survol des typologies intégrées à la MISA et précise l'usage qui en est fait dans la méthode ou dans les ateliers numériques de soutien à la méthode. La section 2 est consacrée à l'évolution de l'Internet vers le Web sémantique et à la notion centrale d'ontologie. La présentation de quelques ontologies du Web sémantique, utiles à l'ingénierie pédagogique, fait l'objet de la section 3. La section 4 fournit un exemple détaillé d'une ontologie définissant le concept de scénario pédagogique d'un ENA. En conclusion, nous évoquons certains travaux à entreprendre pour construire une nouvelle méthode d'IENA fondée sur les ontologies.

1 Les typologies intégrées dans la MISA

Cette section fait un survol des typologies actuellement intégrées dans la MISA, en indiquant auparavant la démarche suivie pour les élaborer. Elle présente ensuite plus en détail certaines d'entre elles. Dans chaque cas, on souligne comment une typologie a été intégrée soit dans un ED de la MISA, soit dans l'interface d'un outil numérique de soutien à la méthode.

1.1 L'élaboration des typologies dans la méthode

L'élaboration des typologies pour la MISA a nécessité une recherche documentaire exhaustive dans les publications scientifiques en sciences de l'éducation, et plus particulièrement dans le domaine de la technologie éducative. L'équipe de l'Institut LICEF[6] (Paquette *et al.*, 1998) a repéré les documents qui traitent de chaque objet d'étude pour lequel on désirait définir une typologie, par exemple les habiletés, les modèles des connaissances, les activités pédagogiques, les matériels pédagogiques, etc.

6 Cette équipe était composée, outre l'auteur de ce chapitre, de Claire Aubin, Ileana De la Teja, Karen Lundgren-Cayrol et Clara Navas.

Ce travail a permis de trouver des exemples variés de l'objet d'étude de la typologie, lesquels ont été répartis en un certain nombre de classes ou de types. Les sous-classes d'un même niveau sont normalement disjointes l'une de l'autre. On doit en délimiter les frontières le plus précisément possible, chaque sous-classe d'une typologie étant définie par les valeurs que prennent les attributs de l'objet de la typologie. Ensemble, les classes d'un même niveau couvrent tous les exemples possibles de l'objet d'étude. On peut toujours contourner cette règle en créant une classe « autre » contenant tous les exemples qui ne sont pas dans les autres classes.

La démarche suivante a été adoptée pour élaborer chacune des typologies :

1. Repérer dans la MISA et dans la littérature en sciences de l'éducation, les documents qui traitent de l'objet pour lequel on désire définir une typologie; il peut s'agir d'un concept, d'une procédure ou d'un principe. Ce repérage ne consiste pas en une revue de la littérature. Il a pour but, d'une part, de rassembler des exemples variés de l'objet de la typologie et, d'autre part, d'identifier les propriétés de cet objet pouvant servir à classifier ses exemples.
2. Faire la liste des attributs possibles de l'objet en ne retenant que des attributs indépendants (orthogonaux), c'est-à-dire ceux pour lesquels il existe des exemples des différentes combinaisons de valeurs deux à deux. Par exemple, dans le cas d'une typologie des vertébrés, la température du sang et l'enveloppe ne sont pas des attributs indépendants, puisqu'aucun vertébré à poils ou à plumes n'a le sang froid et qu'aucun vertébré à écailles ou à enveloppe lisse n'a le sang chaud. Autrement dit, la température du sang peut être déduite du genre d'enveloppe; voilà pourquoi cet attribut n'apporte aucune valeur additionnelle de discrimination entre les exemples pour établir les classes de la typologie.
3. Pour chaque attribut retenu, établir la liste des valeurs possibles. Si les valeurs sont déjà déterminées (par exemple, pour l'enveloppe des vertébrés : poils, plumes, écailles ou enveloppe lisse), on doit s'assurer qu'elles sont bien définies et qu'elles couvrent bien tous les cas. S'il s'agit de valeurs numériques, on peut se reporter au cas précédent en définissant des intervalles de valeurs des attributs. Si les valeurs ne sont pas encore définies, il faut construire une typologie pour l'attribut en le prenant comme objet et en appliquant la présente démarche (étapes 1 à 7) jusqu'à ce que ses valeurs soient définies de façon satisfaisante.
4. Générer une série d'exemples très variés de l'objet de la typologie, puis construire un tableau donnant, en regard de chaque exemple, les valeurs des attributs retenus.
5. Créer des regroupements d'exemples selon les valeurs des attributs et vérifier que les exemples « méritent » d'être mis dans la même classe. Lorsque le résul-

tat semble satisfaisant, donner des noms aux classes, en ajoutant une colonne au tableau.

6. Si nécessaire, créer un deuxième niveau en subdivisant chacune des classes du premier niveau de la même manière (étapes 1 à 5).
7. Valider la typologie en vérifiant que les classes de même niveau sont disjointes deux à deux et qu'elles couvrent tous les cas; vérifier que chaque classe regroupe des exemples semblables, en fonction du but (de l'usage attendu) de la typologie.

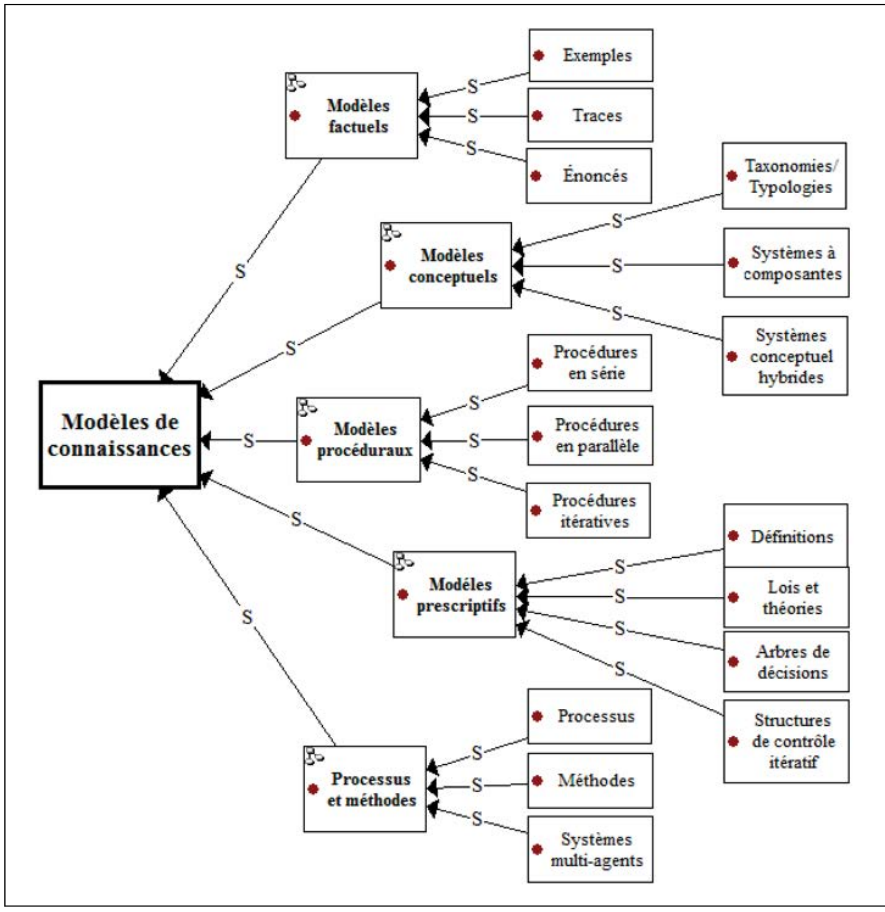
La MISA se déploie sur quatre axes ou modèles : l'axe des connaissances et des compétences (cognitif), l'axe pédagogique, l'axe médiatique et l'axe de diffusion. Les objets des typologies ont été répartis selon ces axes, comme l'indique le tableau 7.1.

TABLEAU 7.1 **Les typologies dans la méthode MISA**

Axe de la MISA	Objet	Contenu
Cognitif	Modèles des connaissances	Types de modèles
	Habiletés	Taxonomie des habiletés génériques
Pédagogique	Réseau d'événements	Type de structure de haut niveau
	Scénarios	Types de scénarios (modèle pédagogique)
	Activités d'apprentissage	Types d'activités d'apprentissage
	Ressources	Types de ressources et d'instruments
	Collaboration	Principes, règles, consignes de collaboration
	Évaluation	Principes et règles d'évaluation
Médiatique	Matériels pédagogiques	Principes de regroupement des composantes médias
	Composantes médiatiques	Regroupements d'éléments médiatiques
	Éléments médiatiques	Fonction médiatique
	Supports médiatiques	Types de supports de l'information
De diffusion	Modèles de diffusion	Composantes et types de modèles de diffusion
	Outils des acteurs	Types d'outils des apprenants et apprenantes et des facilitateurs et facilitatrices
	Téléservices	Types de services de communication
	Infrastructure technologique	Type de réseau et de méthode de diffusion

1.2 Les typologies de l'axe cognitif

Dans son premier axe, la démarche d'ingénierie pédagogique propre à la MISA invite d'abord à définir les connaissances ainsi que les compétences qui feront l'objet des activités d'apprentissage dans l'ENA. Dans cette perspective, deux typologies ont été élaborées : la typologie des modèles des connaissances et la typologie des habiletés définissant les compétences.



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); les classes sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.2 **La typologie des modèles des connaissances**[7]

La *typologie des modèles des connaissances* (figure 7.2) se déploie sur deux niveaux. Elle a pour but d'aider l'équipe de conception à démarrer la construction du modèle initial des connaissances traitées dans l'ENA. Cette typologie présente des types de modèles parmi lesquels le concepteur ou la conceptrice pourra choisir en fonction des objectifs d'apprentissage visés. Le type du modèle retenu servira à guider la construction d'un modèle initial des connaissances, lequel

7 Chacune des classes des typologies de ce chapitre est définie dans Paquette (2002b).

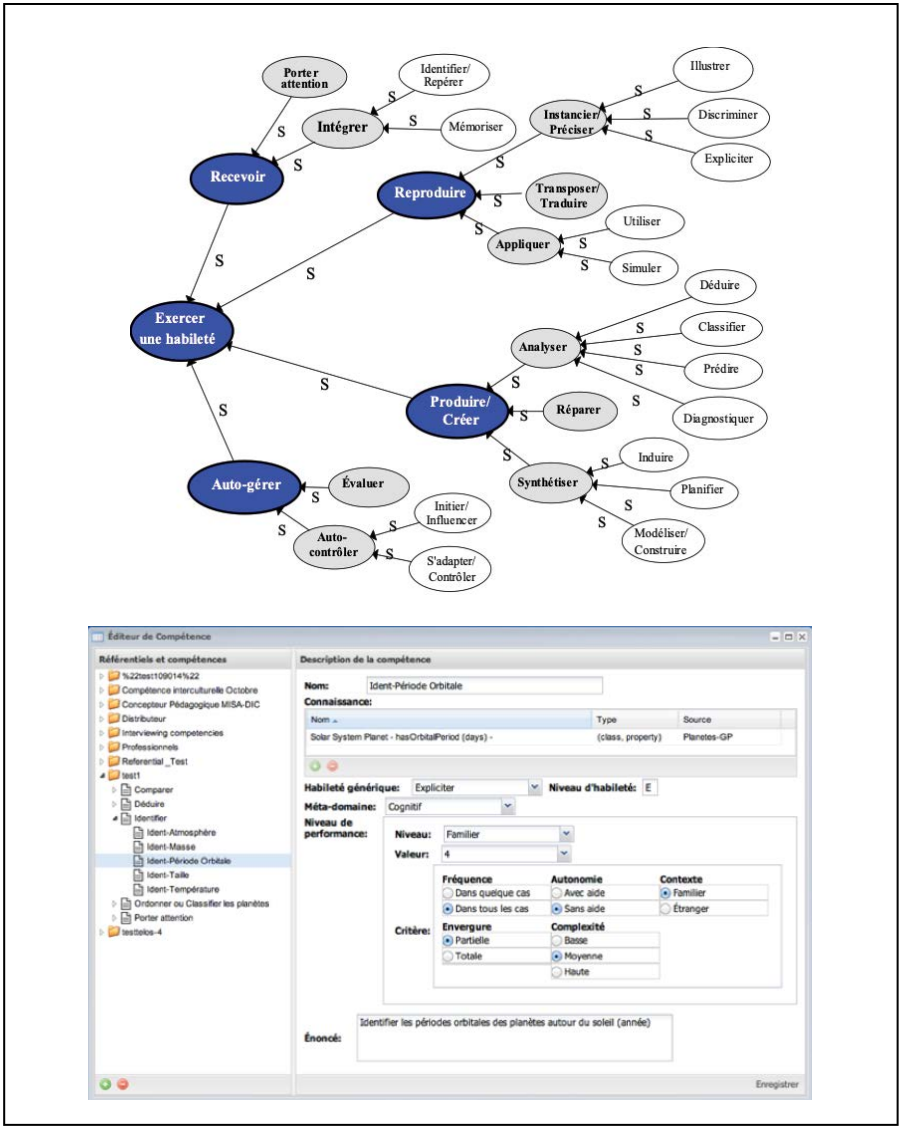
sera par la suite subdivisé en une suite de sous-modèles définissant les connaissances abordées dans les unités d'apprentissage (UA). Les connaissances attribuées à une UA pourront aussi être attribuées aux ressources (instruments, outils, documents, etc.) offertes à l'apprenant ou à l'apprenante dans cette UA.

Les modèles des connaissances servent à identifier les connaissances abordées dans l'ENA, indépendamment du traitement pédagogique et médiatique qui s'ensuivra. Cette typologie se fonde d'abord sur les types de connaissances (faits, concepts, procédures, principes) et les types de liens (instanciation, composition, spécialisation, etc.) qui caractérisent un modèle. Le guide de la MISA fournit des définitions précises de chaque classe et des exemples d'instances, c'est-à-dire de modèles faisant partie de la classe.

La *typologie des habiletés* définissant les compétences (figure 7.3) est quant à elle une généralisation à la fois des taxonomies éducatives de Bloom (1975) et de Krathwohl *et al.* (1964) et des types de problèmes génériques qui leur correspondent en génie logiciel (Breuker et Van de Velde, 1994). Chacune des classes de la typologie s'applique autant aux domaines cognitif, affectif, social que psychomoteur, qualifiés de *métadomaines* (Paquette, 2007).Chaque classe d'habiletés de la première partie de la figure correspond à un processus cognitif générique (classifier, diagnostiquer, évaluer, etc.) applicable aux connaissances d'un domaine de formation. C'est ainsi que des compétences seront associées aux connaissances et ensuite distribuées dans les événements d'apprentissage (EA) et les unités d'apprentissage (UA) du modèle pédagogique.

La *typologie des habiletés définissant les compétences* a pour but d'aider l'équipe de conception à sélectionner les habiletés que la personne apprenante devrait être capable d'exercer en regard de chaque connaissance jugée prioritaire, ce qui permet d'établir un tableau qui définit les compétences visées dans l'ENA, les compétences préalables à son utilisation et les compétences actuelles de chaque apprenant et apprenante.

La deuxième partie de la figure 7.3 présente une copie d'écran d'un outil de l'atelier TELOS. Cet éditeur de compétences est un outil interactif qui permet de définir des compétences en associant à une connaissance (ici, « période orbitale ») une habileté de la typologie (ici, « expliciter ») et d'autres éléments qui précisent un niveau de performance visé pour l'habileté, son métadomaine (cognitif, affectif, social ou psychomoteur) et son énoncé en langue naturelle.



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); les classes sont représentées par des ovales.

FIGURE 7.3 **La typologie des habiletés définissant les compétences[8] et l'éditeur de compétences de TELOS correspondant**

8 Chacune des classes d'habiletés de la figure 7.3 est définie dans Paquette (2002b, chap. 7).

1.3 Les typologies de l'axe pédagogique

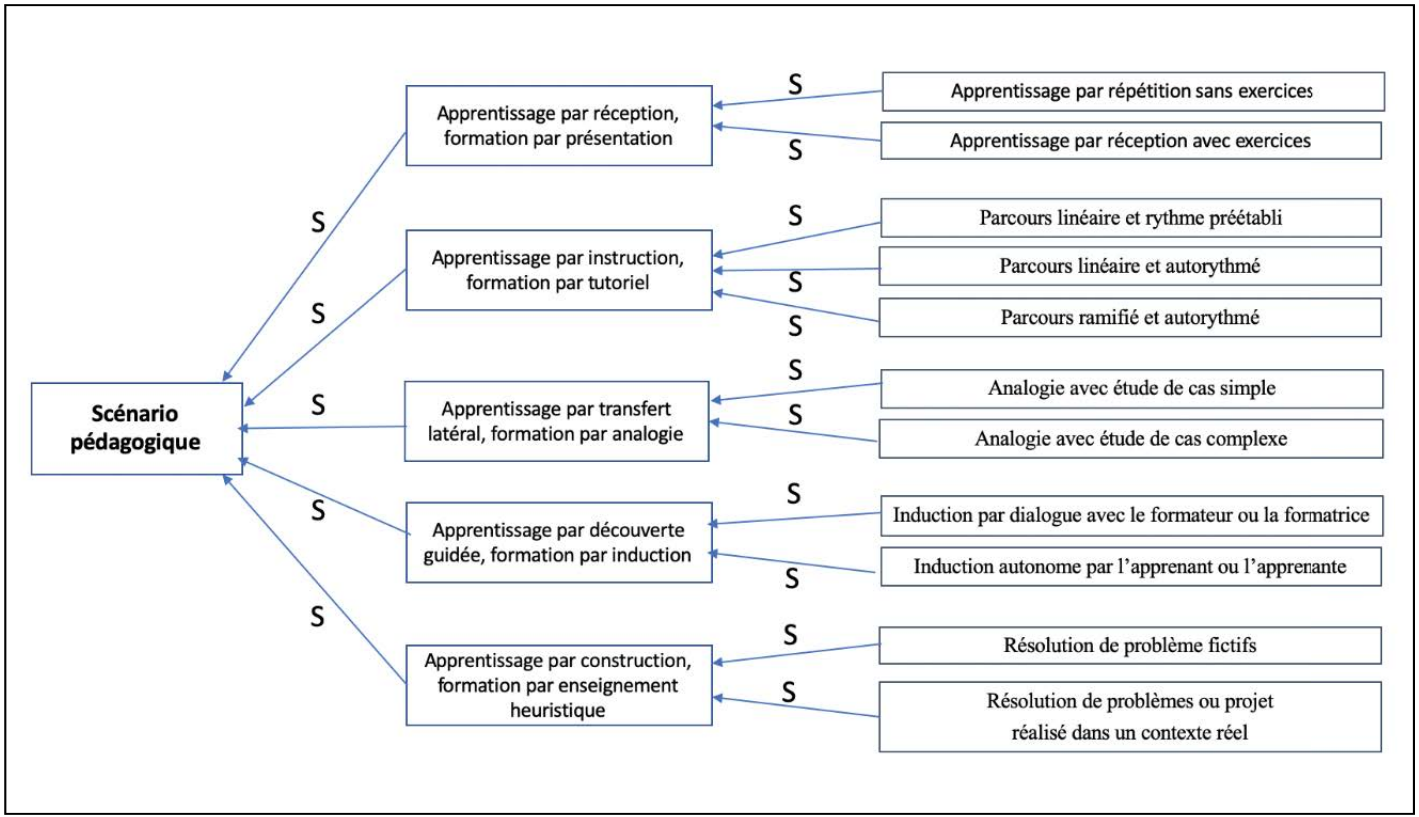
L'axe pédagogique regroupe six typologies. Deux d'entre elles concernent la stratégie pédagogique de haut niveau, soit le réseau des événements d'apprentissage (EA) et des unités d'apprentissage (UA) et les scénarios pédagogiques associés aux UA terminales. Pour construire les scénarios, on utilise une typologie des activités et une typologie des ressources. La réalisation des scénarios pédagogiques est également guidée par deux autres typologies, celle des principes de collaboration et celle des principes d'évaluation des apprentissages.

La *typologie des réseaux des* évé*nements d'apprentissage* (REA) concerne la structure générale de l'ENA, sa subdivision en EA, possiblement sur plusieurs niveaux, jusqu'aux UA qui, elles, ne sont pas décomposées, mais dotées de scénarios pédagogiques. La typologie des REA offre les choix suivants :

- REA répertoire : les EA sont totalement au choix, ils n'ont aucun prédécesseur ni successeur;
- REA en série : chaque EA a un et un seul successeur (sauf le dernier);
- REA ramifié : au moins un EA a plus d'un successeur au choix;
- REA en toile : chaque EA peut être suivi d'un ou de plusieurs successeurs par un hyperlien.

Le choix d'un type de REA revient au choix d'un ensemble de principes pédagogiques généraux de fonctionnement de l'ENA. Il permet de tenir compte de l'ampleur du modèle pédagogique (module, cours, programme, etc.). C'est sur cette base que le modèle pédagogique sera construit et que les autres choix pédagogiques seront effectués.

La *typologie des scénarios pédagogiques* (ou d'apprentissage) permet de définir la structure d'une UA, soit les activités d'apprentissage ainsi que le rôle d'assistance s'il y a lieu, les ressources à utiliser ou à produire lors des activités ainsi que les règles de conception qui se traduiront, dans le devis du scénario, en consignes quant à la démarche d'apprentissage, à la collaboration entre personnes apprenantes et à l'évaluation des apprentissages. La figure 7.4 présente les types de scénarios distingués par les rôles respectifs d'apprenant ou d'apprenante et de formateur ou de formatrice. Le choix du type de scénario termine la structuration de l'ossature du modèle pédagogique de l'ENA. Cette structuration sera ensuite complétée par la description détaillée de chacune des activités d'apprentissage (consignes de démarche, de collaboration et d'évaluation) et le choix des ressources soutenant chaque activité.



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); les classes sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.4 **Les types de scénarios pédagogiques d'une UA**

TABLEAU 7.2 **Exemples de classes d'activités**

Types d'activités	Exemples
Activités de production	Travaux pratiques : composition d'une pièce musicale ou d'un texte, élaboration d'un rapport, réalisation d'une sculpture.
Activités d'exécution	Exercice d'aérobie, démarche thérapeutique, technique d'entrevue, exercice de répétition.
Activités de collaboration	Partage d'une expérience, discussion, échange d'idées, résolution d'un problème en équipe.
Activités de métacognition	Test d'identification du style d'apprenant ou d'apprenante, journal de bord, bilan à la suite d'un projet, réflexion sur sa démarche.
Activités de consultation	Interrogation d'une banque de données, observation et prise de notes, lecture, interrogation d'un spécialiste, écoute d'un exposé.
Activités de perception	Exercice de dégustation de vin, comparaison de couleurs, observations de la direction des vents, technique de massage corporel.
Activités de motivation	Exercice pour « briser la glace », exercice de visualisation, monologue d'ouverture, dramatique.
Activités d'organisation	Planification d'une recherche de documents, organisation d'un travail en équipe et répartitions des tâches.
Activités sociales	Rencontre autour d'un café entre deux activités d'apprentissage, 5 à 7, souper communautaire, exercice de yoga entre deux activités d'apprentissage, étirements.

La *typologie des activités* présentée au tableau 7.2 sert à orienter la rédaction des consignes de chacune des activités de la personne apprenante et, s'il y a lieu, de l'équipe de conception.

La *typologie des ressources* sert à choisir et à décrire le type d'information qui sera fourni aux apprenants et aux apprenantes pour la réalisation de chaque

activité du scénario d'une unité d'apprentissage. Comme pour la typologie des activités, la typologie des ressources est indépendante du format médiatique, lequel sera choisi ultérieurement dans les travaux de l'axe médiatique.

TABLEAU 7.3 **Exemples de classes de ressources**

Types de ressources	Exemples
Exposés	Discours, thèses, essais, compte rendu, rapport, multimédia de présentation.
Listes et tableaux	Aide-mémoire, tableaux d'information 2D ou 3D, liste de critères ou de commandes, dictionnaire, glossaire.
Gabarits	Questionnaires, tableaux à remplir, plans de documents, grilles d'évaluation.
Diagrammes et graphiques	Organigrammes, réseaux, modèles graphiques, graphiques cartésiens, diagramme d'une infrastructure.
Représentations d'objets	Photos, dessins, maquettes, illustrations, présentations animées ou simulations d'un système, description des animaux pour une expérience de laboratoire.
Représentations de situations	Émission audio ou vidéo documentaire, présentation animée du fonctionnement d'un système, pièces de théâtre, romans, poèmes, simulations, jeux de rôle, études de cas.

Dans la *typologie des principes de collaboration* présentée au tableau 7.4, on trouve trois classes de principes : les principes de fonctionnement de la collaboration, qui régissent la coordination des activités effectuées en équipe, les principes de collaboration quant aux connaissances, qui régissent la communication des connaissances entre membres du groupe et les principes d'engagement entre membres du groupe. Ces principes servent à définir les orientations pédagogiques quant à la collaboration dans l'ensemble de l'ENA, ainsi que les règles de collaboration dans les scénarios et celles qui sont spécifiées dans les consignes de réalisation des activités.

La *typologie des principes d'évaluation* des apprentissages complète les typologies de l'axe pédagogique de la MISA; elle sera présentée plus loin, à la section 4. Elle vise à classifier les modes d'évaluation en tenant compte des buts de l'évaluation, des personnes à évaluer, des agents évaluateurs, des données servant à l'évaluation et de la forme que prend l'évaluation des apprentissages dans l'ENA.

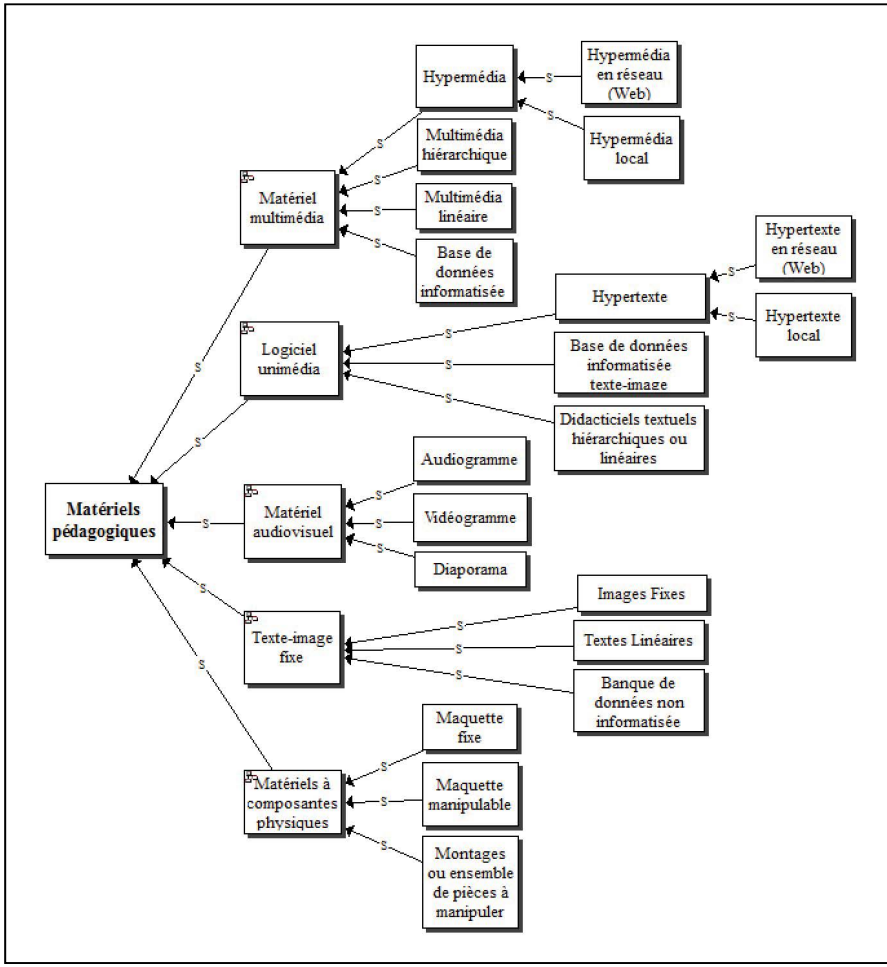
TABLEAU 7.4 **Les types de principes de collaboration**

Classes de 1er niveau	Types de règles de 2e niveau	Définitions
Principes de fonctionnement de la collaboration	Coordination entre les membres	Définit la structure des équipes ou des groupes.
	Répartition des travaux	Indique si les produits des activités seront faits en équipe ou partagés entre les membres
	Partage des ressources	Indique qui va utiliser les ressources d'une activité collaborative.
	Répartition des rôles	Définit le rôle de chacun, identique ou par spécialités.
Principes de collaboration quant aux connaissances	Exploration collaborative des informations	Méthode d'exploration des idées du domaine de connaissance.
	Élaboration d'un modèle des connaissances	Partage des travaux et des activités collaboratives de construction des connaissances.
	Consolidation des connaissances	Méthode visant à assurer le partage et la synthèse des connaissances.
Principes d'engagement entre membres du groupe	Durée globale de la collaboration	Proportion des activités collaboratives dans l'ensemble.
	Fréquence des interactions	Nombre d'échanges entre membres du groupe.

1.4 Les typologies de l'axe médiatique

Quatre typologies ont été développées dans le but d'aider l'équipe de conception à définir les orientations médiatiques. La principale est la *typologie des matériels pédagogiques* présentée à la figure 7.5. Un *matériel pédagogique* peut être : un matériel multimédia, un logiciel unimédia, un matériel audiovisuel, un texte-image fixe ou un matériel à composantes physiques, elles-mêmes subdivisées en sous-ca-

tégories. Les matériels se distinguent ensuite par leur interactivité, l'interaction statique ou dynamique personne utilisatrice-matériel, les modes de recherche de l'information, l'adaptabilité des interfaces, l'assistance à la personne utilisatrice et les interactions entre les personnes qui font usage du matériel.



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); les classes sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.5 **Les types de matériels pédagogiques**

1.5 Les typologies de l'axe de diffusion

La principale typologie ici classifie les modèles de diffusion selon les composantes mises en place au moment de la diffusion de l'ENA : téléservices de communica-

tion entre les acteurs (apprenants et apprenantes, formateurs et formatrices); outils matériels et logiciels nécessaires à l'utilisation des matériels pédagogiques et des téléservices; services technologiques et organisationnels selon les lieux et les horaires des événements d'apprentissage; consignes d'inscription pour la constitution des groupes d'apprenants et d'apprenantes; identification des formateurs, des formatrices, des gestionnaires ou autres personnes-ressources qui interviendront dans la diffusion de l'ENA. Le tableau 7.5 présente le premier niveau de cette typologie.

Il est à noter que les typologies présentées ici devront être mises à jour pour tenir compte de l'évolution des technologies, étant donné que, désormais, la plupart des formations se réalisent dans des ENA diffusés sur le Web. Par ailleurs, il faudra aussi s'intéresser à l'intégration de ces typologies dans les ontologies du Web sémantique, ce qui sera entrepris dans la suite de ce chapitre.

2 Le Web de données ouvertes et liées ou Web sémantique

Le Web est devenu un immense réservoir de ressources d'informations et de connaissances avec ses milliards de pages, en relation avec plus de 4,5 milliards de personnes qui en font usage sur tous les continents. L'utilisation du Web a connu une croissance extrêmement rapide. En décembre 2011, on recensait déjà 555 millions de sites; il y en avait 1,78 milliard en 2020. On comptait plus de 800 millions de personnes utilisant Facebook en 2011; ce nombre est passé à 2,74 milliards en 2020. Toujours en 2020, ce sont 4 milliards de vidéos qui ont été vues sur YouTube, chaque jour!

Cette immense quantité d'informations disponibles sur le Web pose un réel défi aux personnes qui veulent y trouver des ressources pour apprendre, enseigner ou concevoir des ENA. Ainsi, malgré l'efficacité des moteurs de recherche actuels, une recherche à l'aide d'un outil comme Google affiche des centaines de documents. Même en se limitant aux premières pages de résultats, il faut consulter des dizaines de pages et relancer le moteur de recherche avec d'autres requêtes pour trouver les documents qui répondent aux besoins.

2.1 Du Web de documents au Web de données ouvertes et liées

Le Web de documents présente plusieurs problèmes qu'il fallait résoudre :

– Les ressources du Web y sont généralement décrites par des mots-clés en langue naturelle, qui doivent être appariés avec les mots d'une requête. L'am-

TABLEAU 7.5 **Les types de modèles de diffusion**

	Type de modèle de diffusion				
Principales composantes du modèle	Classe technologique répartie	Autoformation Web hypermédia	Formation en ligne	Communauté de pratique	Système de soutien à la performance
Rôles des apprenants et des apprenantes	Réception, questions, exercices	Apprentissage autonome, navigation dans l'information	Réception, questions, collaboration, télédiscussion	Collaboration, télédiscussion, échanges sur la pratique	Problèmes, simulation des processus de travail
Type des formateurs et des formatrices	Présentateur, présentatrice	Gestionnaire de la formation	Formateur, formatrice, présentateur, présentatrice	Animateur, animatrice de groupe	Gestionnaire de soutien
Principaux matériels	Présentations, vidéos, sites Web d'information	Sites Web et multimédias de formation	Sites Web d'information, productions	Productions, sites Web d'information	Processus de travail, conseils personnalisés
Outils spécifiques au modèle	Système de visioconférence, fureteur Web, outils de présentation	Fureteur, moteur de recherche, support multimédia	Forum, courriel, base de documents multimédias	Forum, courriel, base de documents multimédias	Systèmes informatiques et bases de données de l'organisation
Moyens de communication	Télématique synchrone	Télématique asynchrone	Télématique asynchrone	Télématique asynchrone	Télématique asynchrone
Services requis	Technicien, technicienne de salle	Support de communication	Support de communication	Support de communication	Technicien, technicienne des systèmes
Milieux de diffusion	Classe, salle multimédia	Domicile, travail	Domicile, travail	Domicile, travail	Travail

biguïté inhérente aux langues naturelles fait en sorte qu'il faut multiplier et raffiner les recherches pour obtenir quelques centaines, voire des milliers de ressources qui recoupent l'information que l'on cherche et qu'il faudrait consulter une à une.

– Les pages Web y sont généralement alimentées par des bases de données relationnelles dont la structure n'est pas visible sur le Web ni accessible aux usagers et aux usagères. Ce sont ces bases de données qui portent les connaissances, le sens des pages derrière les mots des pages Web.
– De plus, ces bases de données sont des univers clos : chacune a sa propre structure, ses propres contenus séparés des autres, amenant ainsi ce qu'on appelle « l'effet silo ».
– Enfin, lorsqu'on a repéré une page ou un fichier d'informations sur le Web de documents, l'ordinateur ne sert qu'à présenter les pages et les fichiers textes, audio ou vidéo. Seule une très faible partie des capacités de l'ordinateur est utilisée.

Devant la masse des informations, d'ailleurs en croissance exponentielle, la seule façon de vraiment exploiter les ressources du Web exige de déléguer aux ordinateurs de nouvelles capacités pour faire des recherches plus intelligentes, analyser les données et intégrer les informations de diverses sources, tâche qui, la plupart du temps, était laissée aux personnes l'utilisant.

Au début des années 2000, Tim Berners-Lee, le fondateur du Web, et ses collègues James Hendler et Ora Lassila (2001) ont proposé un changement de paradigme : passer du Web de pages d'information alimentées par des données cachées et séparées, au Web de données ouvertes et liées, où les données derrière les documents, quelle que soit leur provenance, sont reliées sous la forme d'un graphe de connaissances, comme celui qui est présenté à la figure 7.6.

Cette évolution du Web a été qualifiée de Web sémantique ou Web de données ouvertes et liées (Web DOL). Le Web sémantique (Allemang et Hendler, 2011), souvent qualifié de Web 3.0, n'est pas un nouvel espace d'information. Il s'ajoute aux générations précédentes du Web 1.0 de documents et du Web 2.0 social.

La figure 7.6 illustre ce changement de paradigme. La partie gauche de la figure présente trois sources fictives de données du Web de documents. Chaque page émane d'un ou de plusieurs auteurs et auteures appartenant à une organisation traitant un ou plusieurs sujets dont le sens est donné par une hiérarchie de termes, ou modèle des connaissances. Bien que les pages puissent communiquer entre elles si des hyperliens y sont insérés, les données structurant les trois pages ne le font pas.

La partie droite de la figure 7.6 montre au contraire tous ces éléments provenant de sources diversifiées, intégrées dans un graphe de connaissances du Web DOL les reliant sous la forme de triplets RDF[9] (sujet, propriété, objet). Ce graphe relie entre eux non seulement les documents, les personnes et les organisations qui les publient, mais aussi les connaissances traitées dans les documents.

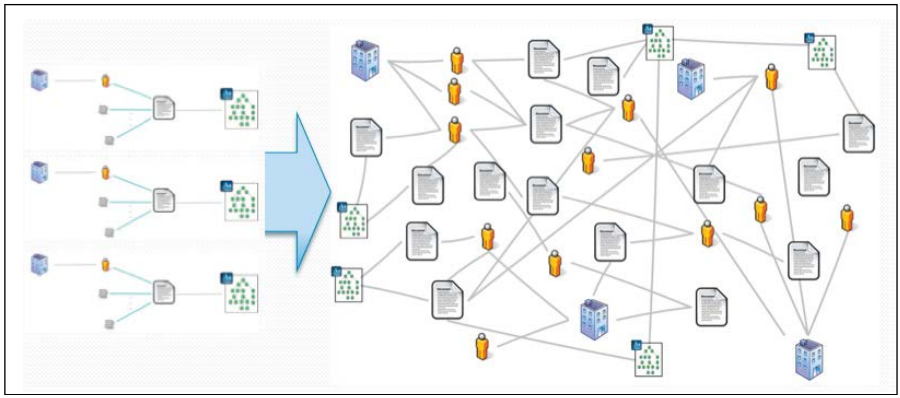


FIGURE 7.6 **Du Web en « silo » au Web de données ouvertes et liées (Web DOL)**

Chaque lien du graphe représente une propriété, celle-ci reliant un sujet source à un objet cible, ou encore un sujet à une valeur (un nombre, un terme, une date, etc.). Un graphe de connaissances permet de répondre à des requêtes intégrant des termes et des objets appartenant à plusieurs sources de données, par exemple « je cherche des ressources en histoire, produites par la TÉLUQ et utilisées dans au moins un cours ». Ce genre de recherche n'est pas possible dans le Web de documents. Pour pouvoir le faire, il faut représenter les connaissances derrière les mots des pages Web.

2.2 La représentation des connaissances, base du Web sémantique

La figure 7.7 présente une classification de divers systèmes de représentation des connaissances, allant des simples listes, glossaires, typologies et modèles relationnels, jusqu'aux ontologies, en passant par les stades intermédiaires que sont

9 Le RDF (*Resource Description Framework*) est le format standard des données du Web sémantique, où celles-ci sont représentées sous forme de triplets. Deux triplets comme (S1, R1, O1) et (S2, R2, O2) provenant de deux bases de données différentes peuvent ainsi être reliés lorsque l'objet O1 est identique au sujet S2.

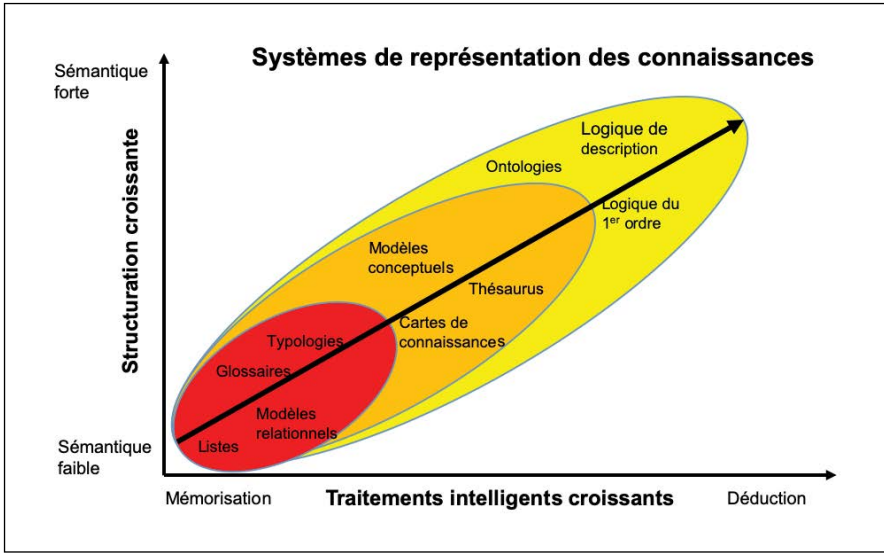


FIGURE 7.7 **La croissance sémantique dans la représentation des connaissances (adapté de Obrst et Davis, 2010, figure 3)**

les thésaurus et les cartes de connaissances. Les applications du Web sémantique utilisent une représentation des connaissances par ontologies.

Comme indiqué précédemment dans l'introduction, les ontologies disposent d'un vocabulaire plus élaboré que les typologies pour décrire les connaissances et faire des déductions à partir de celles-ci, ce pour quoi elles permettent aux applications des traitements plus intelligents que par le passé. Comme indiqué également dans les modèles présentés à la section précédente, les typologies se limitent à classifier les exemples sur un sujet donné à un ou à plusieurs niveaux. Le modèle des connaissances d'une typologie n'utilise que des liens de spécialisation entre les classes ou des liens d'instanciation entre les classes et les individus qui le composent.

Les ontologies offrent une description plus approfondie d'un domaine de connaissances au moyen de classes et de relations ou propriétés entre les classes ou servant à préciser les valeurs des propriétés des classes d'objets (figure 7.1). Les classes peuvent être organisées en hiérarchies comme dans une typologie, mais aussi en plusieurs typologies mises en relation entre elles ou enrichies de règles. Les ontologies peuvent être décrites formellement en utilisant les langages du Web sémantique, tels que le RDFS (*Resource Description Framework Sche*

ma(W3C, 2014) ou l'OWL (*Ontology Web Language*[10]) (W3C, 2004) dont des versions graphiques peuvent être créées dans l'éditeur GMOT développé à l'Institut LICEF (Paquette, 2008). Pour leur utilisation dans les applications, les ontologies peuvent être interrogées en utilisant le langage SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*) (W3C, 2013).

L'idée centrale du Web DOL est d'interrelier les bases de données qui alimentent le Web de documents classique (Schmachtenberg *et al.*, 2011; Domingue *et al.*, 2011). Le Web DOL repose sur quatre principes de base :

- Utiliser des URI (généralisation des URL ou des adresses des sites sur le Web) pour nommer non seulement les pages ou les documents, mais les lieux, les personnes, les organisations et d'autres entités du monde réel, ainsi que les concepts abstraits qui les décrivent.
- Rendre ces URI « consultables » via le protocole HTTP, assurant ainsi l'accès sur le Web à l'information concernant les entités qu'elles décrivent.
- Lors de l'accès à une adresse URI, donner de l'information sur les objets dénotés par cette URI à l'aide des standards RDF et SPARQL.
- Lors de l'accès à une URI, prévoir des liens vers d'autres URI pour la découverte d'autres objets, dans la même base ou dans une autre base de données.

Le *premier principe* peut être vu comme une extension pour désigner non seulement des documents, mais tout objet, concept ou propriété, incluant des entités concrètes comme les personnes, les organisations, des concepts abstraits comme celui de véhicule, de ville ou de profession, ou des propriétés, des entités telles que « connaître quelqu'un » ou « administrer un système ». Les URI fournissent des noms adéquats pour tous ces types d'entités en créant des identifiants uniques pour les objets à la façon décentralisée propre au Web. On peut en principe s'en servir pour représenter toutes les entités du monde réel, ainsi que les concepts et les propriétés qui en parlent.

Le *deuxième principe* utilise le protocole HTTP pour établir un lien entre l'adresse URI d'une ressource et l'affichage de celle-ci dans une interface utilisateur permettant de la consulter. L'extension de ce mécanisme standard du Web de documents au Web DOL s'appelle le *déréférencement* d'une URI, qui consiste à rendre visibles les données de description de l'objet ou du concept correspondant dans une interface Web. Par exemple, l'URI http://dbpedia.org/resource/Montréal,

10 L'OWL repose sur la logique de description (Baader *et al.*, 2003), un sous-ensemble de la logique des prédicats du premier ordre qui inclut des opérateurs booléens et des quantificateurs universels et existentiels, ce qui lui donne une grand puissance de description.

qui désigne non pas la page, mais la ville elle-même et les données RDF la concernant, sera transformée en une URI http://fr.wikipedia.org/wiki/Montréal désignant cette fois la page de Wikipédia présentant des informations sur Montréal.

En ce qui concerne le *troisième principe*, de façon analogue au langage HTML qui standardise les contenus du Web de documents, le Web DOL utilise un unique langage de publication de contenus : le RDF (*Resource Description Framework*), qui est le modèle de données sous la forme d'un graphe regroupant des triplets (objet, propriété, sujet), présenté plus haut (figure 7.6).

Quant au *quatrième principe*, le Web DOL généralise l'utilisation des hyperliens pour connecter non seulement des documents, mais toutes sortes d'objets, par exemple une personne et un lieu, une personne et une compagnie, une personne et une ressource dont il est l'auteur. Contrairement aux liens du Web de documents qui sont non typés, les liens dans le Web DOL ont des types spécifiés par des relations abstraites; par exemple, les liens « ami de » ou « auteur de » définis dans une ontologie comme FOAF (*Friend of a Friend*). On les appelle *liens RDF* pour les distinguer des hyperliens classiques (syntaxiques). C'est ainsi que le Web devient sémantique, en ce sens que ces concepts et les relations abstraites entre eux constituent un modèle des connaissances d'un domaine donné.

2.3 Les possibilités du Web sémantique

Dans l'exemple de la ville de Montréal, l'URI http://fr.wikipedia.org/wiki/Montréal est transformée en http://dbpedia.org/resource/Montréal lors de son *référencement* dans le Web sémantique. Cette seconde URI ne désigne plus la page Web, mais la ville elle-même et ses données dans l'ensemble de données DBpedia regroupant actuellement 5,2 millions d'entités comme la ville de Montréal.

Les triplets RDF décrivant les propriétés de cette ville sont des liens sémantiques. Tout comme les fureteurs (Firefox, Safari, etc.) permettent de naviguer entre les pages HTML en suivant les hyperliens, les *navigateurs sémantiques* permettent la navigation entre les sources de données en suivant les liens RDF. Par exemple, une personne ou un agent logiciel peut partir de la description RDF d'une ville comme Montréal dans DBpedia, puis, de là, en suivant le lien RDF vers la personne identifiée comme cofondatrice de Montréal, obtenir la biographie de Jeanne Mance, connaître son lieu de naissance, la région de France de ce lieu, etc. Ainsi, on peut commencer son exploration dans un ensemble de données et progressivement traverser le Web en suivant les liens RDF plutôt que les liens HTML.

DBpedia n'est évidemment pas le seul ensemble de données RDF référencé dans le Web sémantique. Par exemple, la base de données géographiques Geo-

Names publie un ensemble de données liées de plus de 8 millions de lieux géographiques. Autre exemple, la base de connaissances LinkedGeoData fournit de l'information sur 350 millions de données spatiales. En liant ces ensembles de données à d'autres, notamment les propriétés de personnes dans l'ontologie FOAF (âge, lieu de naissance, auteur ou auteure d'un document, etc.), on obtient déjà un noyau important du Web DOL. D'autres ensembles de données sur la musique, les émissions de radio et de télévision, les journaux, des archives et des données gouvernementales, des bibliothèques telles que la Bibliothèque du Congrès, ou encore les données de commerce électronique ou provenant des médias sociaux, procurent une quantité impressionnante d'informations en format RDF.

On crée ainsi un nuage regroupant un nombre croissant de bases de données ouvertes et liées (Heath et Bizer, 2011). Le nuage *Linked Open Data* (LOD, 2019) offre une image d'ensemble impressionnante du Web DOL, lequel ne cesse de croître depuis 2007. Dans le graphe du nuage LOD, chaque nœud représente un ensemble de données (comme DBpedia, GEOBASE, FOAF, etc.). Les liens entre eux signifient qu'un ensemble de données utilise en partie le vocabulaire ou l'ontologie d'un autre nœud, ce qui permet une navigation sémantique entre eux via les liens RDF.

De nombreuses applications bénéficient de cet énorme graphe de connaissances dans lequel on trouve des ontologies et leurs bases de données, principalement dans des domaines de connaissances comme la géographie, les données gouvernementales, les sciences biologiques, la linguistique, les médias, les publications ou le réseautage social. L'ingénierie pédagogique fait partie de ces domaines d'application du Web sémantique qui seront examinés dans la suite de ce chapitre.

3 Les ontologies du Web sémantique et l'ingénierie pédagogique

Cette section présente des ontologies ou des vocabulaires disponibles sur le Web sémantique et pouvant être utilisés pour l'ingénierie pédagogique des ENA de trois façons : en décrivant des domaines de connaissances (sciences de la nature, médecine, génie logiciel, etc.) pour déterminer les connaissances dans l'axe cognitif d'une méthode d'IP comme la MISA; en traitant des mêmes sujets que les typologies décrites dans la section 1 de ce chapitre; en modélisant globalement des catégories d'ENA.

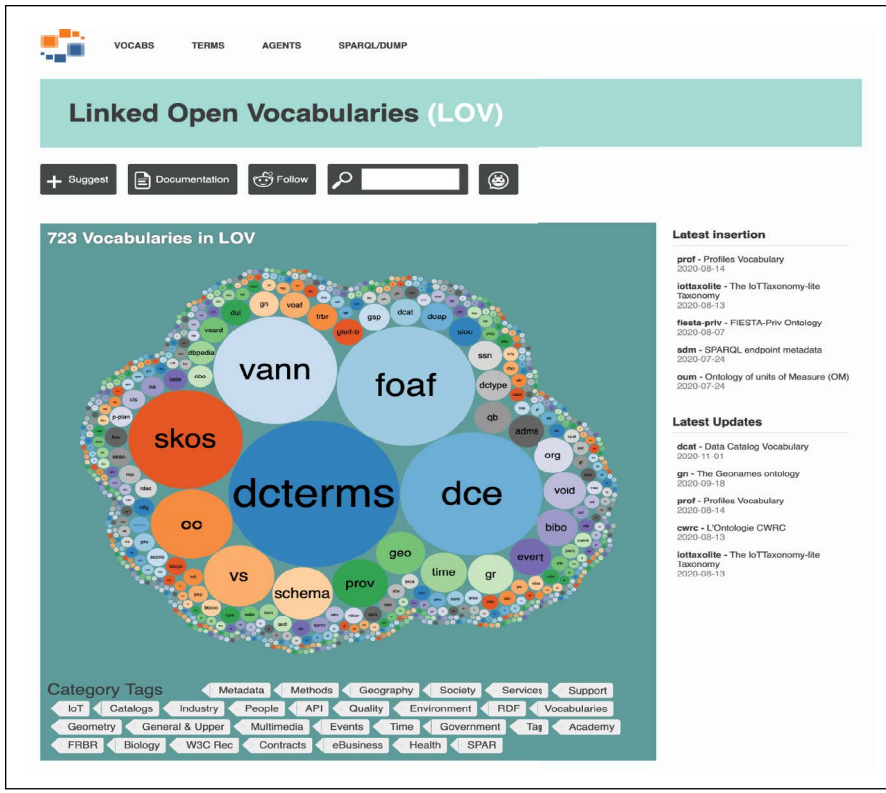


FIGURE 7.8 **Page d'accueil du référentiel *Linked Open Vocabularies* (LOV, 2020)**

On peut consulter sur le Web plusieurs référentiels (*ontology repositories*[11]) regroupant des vocabulaires ou des ontologies du Web sémantique. La suite de ce chapitre s'arrêtera uniquement à l'un d'entre eux, le *Linked Open Vocabularies* (LOV, 2020). La figure 7.8 présente la page d'accueil de ce référentiel, lequel regroupait lors de notre dernière consultation 723 ontologies ou vocabulaires classifiés en un certain nombre de catégories indiquées au bas de la page. On peut consulter chaque ontologie en cliquant sur son nom ou sur l'une des catégories, ou encore en utilisant l'outil de recherche avec un mot comme DBpedia, ce qui permet d'afficher la liste des termes de toutes les ontologies du référentiel qui ont été liées à un terme ou l'autre de l'ontologie DBpedia.

11 Voir The University of Manchester (2020) : http://owl.cs.manchester.ac.uk/tools/repositories/

3.1 Les ontologies comme modèles des connaissances

Dans une méthode d'ingénierie d'ENA comme la MISA, une des premières tâches consiste à construire un modèle des connaissances visées par l'apprentissage. Les ontologies du Web sémantique sont des modèles des connaissances formels, développés et validés par des spécialistes du domaine concerné. Elles constituent donc une base solide pour démarrer l'ingénierie d'un ENA ou préparer un cours dans un domaine donné.

L'ontologie *SNOMED*[12] contient un énorme vocabulaire en médecine qui regroupait déjà en 2011 environ 311 000 concepts structurés en un grand nombre de typologies interreliées de problèmes de santé et de leurs symptômes. Ces concepts sont reliés par plus d'un million de liens et de relations, décrivant par exemple les lieux anatomiques et les causes possibles de ces maladies.

L'ontologie *GoodRelations*[13], pour le commerce électronique, sert à annoter les pages Web décrivant les produits et les services des compagnies commerciales en les décrivant selon leur localisation, les agents commerciaux, les modes de livraison, les prix, les conditions des licences, les garanties, etc.

L'ontologie *Wildlife*[14](produite par la BBC), décrite à la figure 7.9, comporte 31 classes d'objets et 31 liens ou propriétés décrivant les propriétés d'une classe ou des liens entre classes. Cette ontologie situe les êtres vivants à différents niveaux taxonomiques : espèces, genres, familles. Elle décrit aussi leurs liens à des habitats spécifiques avec cartes géographiques et les modes de vie ou de comportements des animaux.

On a avantage à utiliser les ontologies du Web sémantique comme modèles des connaissances d'un ENA, car elles sont formalisées et crédibles, établies en général par des spécialistes du domaine à la suite de recherches approfondies. On pourra adapter ou compléter un modèle de l'ontologie comme celui de la figure 7.9, selon les objectifs d'apprentissage visés par l'ENA.

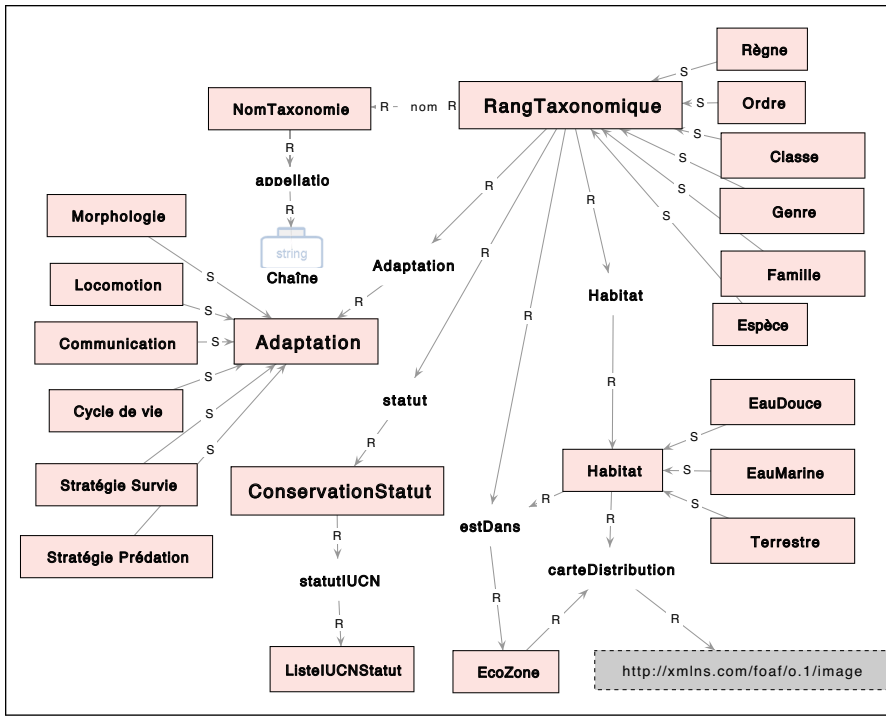
3.2 Les ontologies comme composantes d'une méthode d'ingénierie pédagogique

Outre leur usage comme base pour spécifier les connaissances ciblées dans un ENA, les ontologies du Web DOL peuvent être utilisées comme composantes d'une

12 http://www.snomed.org

13 http://wiki.goodrelations-vocabulary.org/Quickstart

14 https://www.bbc.co.uk/ontologies/wo



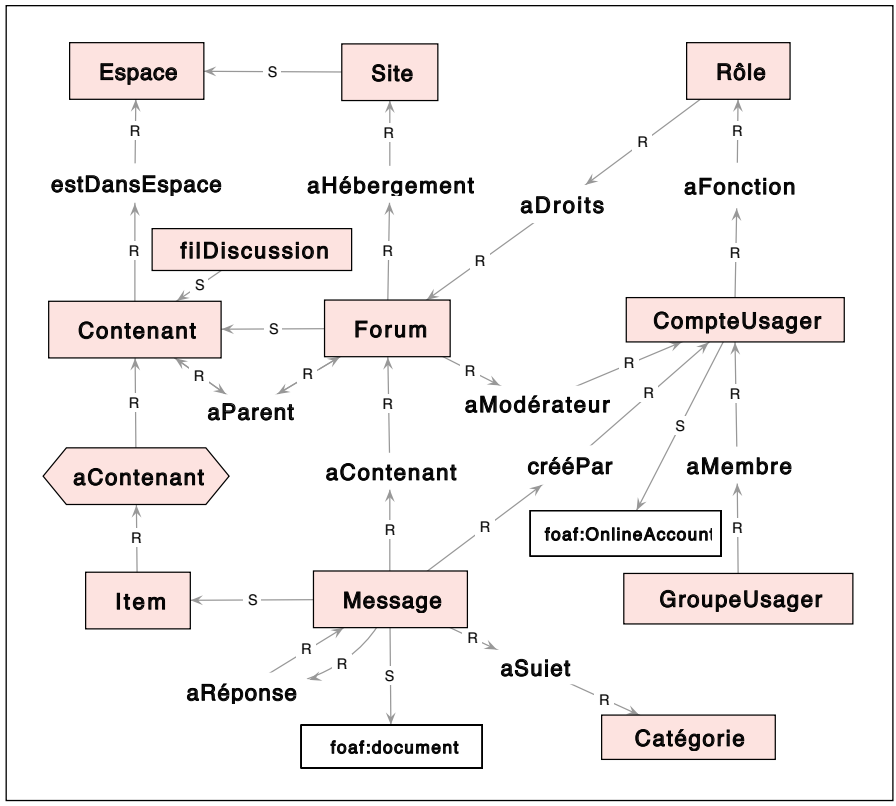
Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); R (lien entre un domaine et une propriété ou entre une propriété et son codomaine); les classes de l'ontologie sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.9 **Une partie de l'ontologie *Wildlife* produite par la BBC**

méthode d'ingénierie pédagogique. Par exemple, l'ontologie FOAF[15] est largement employée pour décrire les propriétés des personnes comme leurs centres d'intérêt, une photo, leurs comptes Web, leur appartenance à des groupes, les documents qu'elles ont créés. Dans un ENA, on peut prévoir une page dans laquelle chaque personne apprenante peut entrer ses données selon l'ontologie FOAF et les lier à celles des autres apprenants et apprenantes.

L'ontologie SIOC (*Semantically-Interlinked Online Communities*) (Bojars et Breslin, 2010), dont la partie principale est présentée à la figure 7.10, décrit la structure et les activités de communautés en ligne.

15 *FOAF Vocabulary Specification 0.99* : http://xmlns.com/foaf/spec/



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); R (lien entre un domaine et une propriété ou entre une propriété et son codomaine); les classes de l'ontologie sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.10 **L'ontologie SIOC (tiré de http://rdfs.org/sioc/spec/, 2018) [traduction libre[16]]**

Les termes sont choisis de façon générique afin de pouvoir les appliquer à un grand nombre de situations d'échanges de contenu sur les réseaux sociaux. L'ontologie SIOC repose sur des « messages » (*sorte de foaf:document*) créés par des « comptes usagers » appartenant à des personnes qui peuvent être membres de groupes usagers et ont des rôles dans un « forum » (*modérateur*, par exemple). Les propriétés définies dans SIOC permettent de décrire des relations entre les messages, les sites et les acteurs. Par exemple, la propriété *aRéponse* relie les messages dont l'un est une réplique de l'autre; la propriété *créePar* identifie les

16 On peut consulter les définitions exactes des classes et des propriétés à http://rdfs.org/sioc/spec/.

auteurs et les auteures ainsi que de l'information additionnelle à leur sujet; la propriété *aSujet* attribue une catégorie de sujet à un message.

L'ontologie SIOC est utilisée dans une soixantaine d'applications du Web social, notamment en recherche neuromédicale ou pour soutenir des communautés de pratique dans diverses organisations. En ingénierie pédagogique, cette ontologie peut servir à définir les processus de collaboration intégrés dans un ENA.

3.3 Les ontologies pour des catégories spécialisées d'ENA

Il existe une grande variété d'ENA, par exemple ceux qui sont axés sur la résolution de problèmes, l'apprentissage par projet, les simulations ou les jeux sérieux. On peut trouver sur le Web des ontologies modélisant la structure de ces ENA spécialisés. L'une d'entre elles concerne les jeux sérieux.

L'ontologie Ludo[17], dont une adaptation est présentée à la figure 7.11, est un modèle de jeu sérieux utilisant des ensembles de données publiées sur le Web sémantique. Elle met en relation un modèle du jeu, un modèle médiatique de surface (*présentation du jeu*) et un contenu (*base de connaissances*) avec lequel la personne en apprentissage (*joueur*) interagit avec une base de connaissances sur le Web dont l'URI est fournie par une adresse http. Ce pourrait être, par exemple, la base de connaissances de l'ontologie *Wildlife* créée par la BBC, qui fournit un ensemble de connaissances et de données sur les êtres vivants.

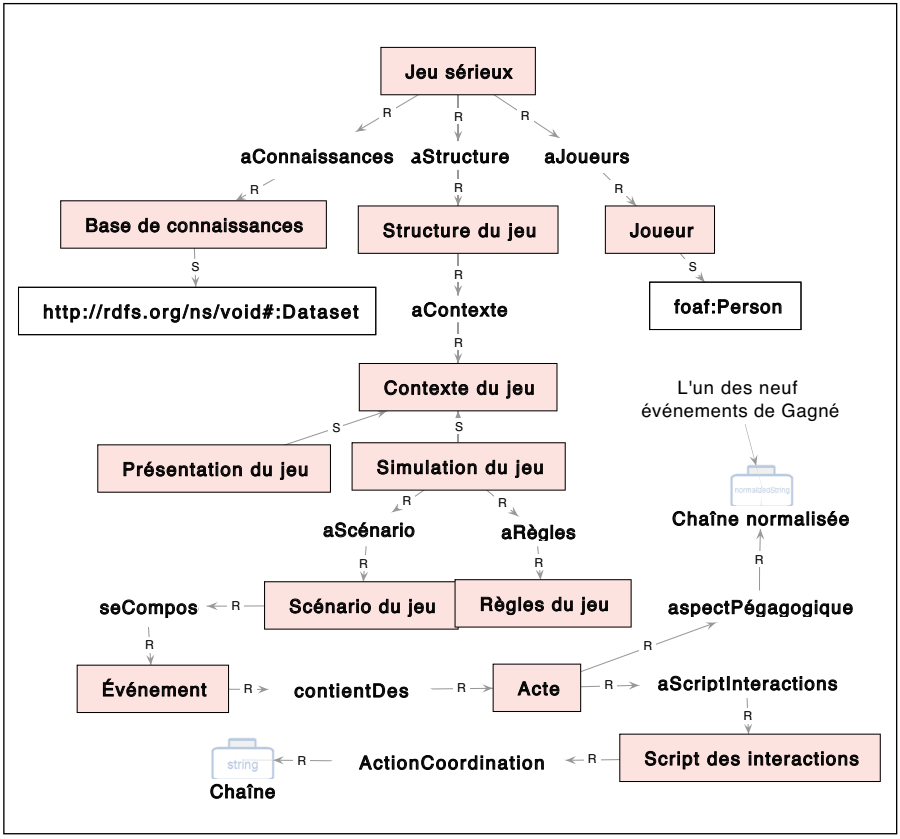
Les données sur la personne en apprentissage sont fournies à l'ENA en utilisant le vocabulaire FOAF, lequel peut comprendre notamment l'URI de cette personne, son courriel, son âge, etc. En interagissant avec le modèle du jeu via l'interface Web, une trace des données sur la personne en apprentissage est recueillie et le système peut consulter son profil pour lui faire des recommandations sur les connaissances à examiner.

Le modèle du jeu sérieux (*simulation du jeu*) est particulièrement intéressant pour une méthode d'ingénierie pédagogique puisqu'il fournit un modèle générique pour un ENA sous forme de jeu sérieux. Il est décrit par une ontologie permettant de définir les objectifs, les règles du jeu, le scénario et les événements du jeu. Il s'agit d'une ontologie qui contient 66 classes et 68 propriétés.

---

17 L'ontologie Ludo a été développée par une équipe de l'INRIA en France : http://ns.inria.fr/ludo

La classe *simulation du jeu* décrit le *scénario du jeu* et les *règles du jeu*, qui sont de deux types : règles d'interaction et règles de pointage. Le scénario se compose de plusieurs *événements*, eux-mêmes composés de plusieurs *actes*, chacun décrit par un *script des interactions*.



Légende : S (lien entre une sous-classe et une classe); R (lien entre un domaine et une propriété ou entre une propriété et son codomaine); les classes de l'ontologie sont représentées par des rectangles.

FIGURE 7.11 **Une vue de l'ontologie Ludo adaptée de LOV (2020)**

Sur le plan pédagogique, la propriété *aspectPédagogique* associe à chaque acte du jeu l'un des neuf événements d'enseignement de Gagné (1985) : 1) obtenir l'attention, 2) informer des objectifs d'apprentissage, 3) rappeler des apprentissages préalables, 4) présenter du contenu, 5) fournir des conseils, 6) demander une performance, 7) fournir une rétroaction, 8) évaluer la performance et 9) accroître la rétention et le transfert.

Sur le plan médiatique, le script d'un acte du jeu (*script des interactions*) peut contenir l'une des actions de coordination telles que : apparaître, animer une action, jouer un son, déplacer un élément dans l'interface, interagir avec un autre objet, etc.

L'une des façons dont on peut améliorer une méthode d'ingénierie pédagogique comme la MISA consiste à fournir aux équipes de conception pédagogique un ensemble de modèles pédagogiques, sous la forme d'une ontologie comme celle-ci pour les jeux sérieux, de façon à spécialiser la méthode.

4 Une ontologie pour la scénarisation pédagogique

Cette section s'intéresse à l'évolution des typologies de la MISA vers des ontologies du Web sémantique. À titre d'exemple, elle présente une ontologie pour décrire les scénarios pédagogiques d'un ENA, laquelle regroupe plusieurs des typologies présentées dans la section 1 de ce chapitre. À partir d'un graphe de connaissances général SCEN[18], l'ontologie sera détaillée sur plusieurs niveaux; suivra un examen des avantages d'intégrer une telle ontologie au Web DOL.

4.1 Présentation générale de l'ontologie SCEN

Le modèle sous forme d'ontologie présenté à la figure 7.12 définit le scénario pédagogique comme un ensemble d'*activités*, auxquelles participent des *acteurs* qui utilisent et produisent des *ressources*. Un scénario pédagogique a un *format* et une *structure*. Les sous-modèles des figures 7.13 à 7.16 définiront chacune de ces cinq classes de la partie inférieure de la figure de façon plus précise. La partie supérieure du graphe de la figure 7.12 met en évidence six groupes de propriétés des scénarios qui feront l'objet des sous-modèles présentés plus loin aux figures 7.17 à 7.23.

4.1.1 La structure et le format d'un scénario

La figure 7.13 intègre à l'ontologie SCEN deux typologies, l'une énumérant les structures, l'autre les formats possibles d'un scénario.

18 Cette section résume un rapport de recherche présenté au GTN-Québec (Paquette et Léonard, 2014).

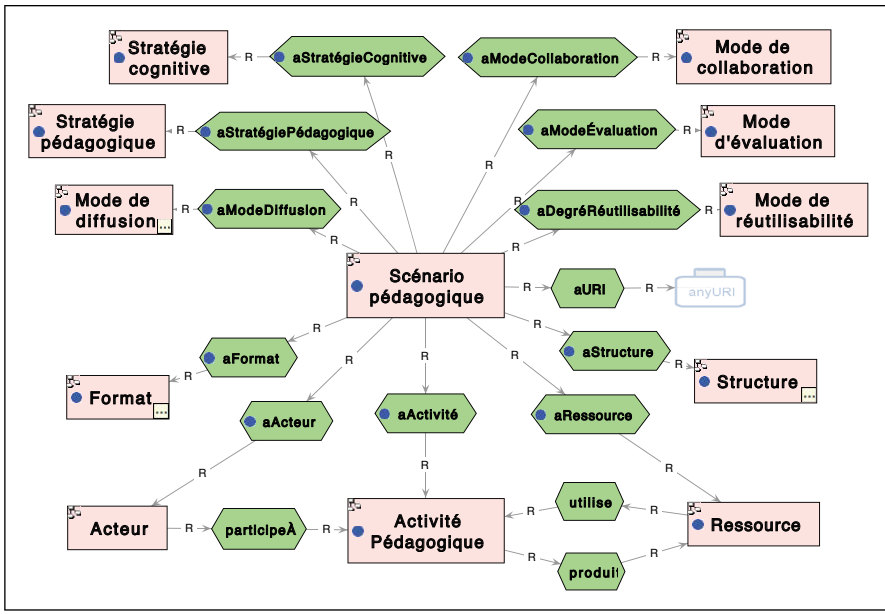


FIGURE 7.12[19] **Vue d'ensemble de l'ontologie SCEN (scénario pédagogique) (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 10)**

La *structure d'un scénario* est une propriété fondée sur la relation entre les composantes de celui-ci. Le symbole >= 1 signifie qu'une structure peut prendre l'une ou plus d'une (structure hybride) des formes suivantes :

– Le *répertoire* est une liste d'activités au choix laissant personnes apprenantes et facilitateurs ou facilitatrices[20] libres de choisir lesquelles seront réalisées et dans quel ordre.

---

19 Ce modèle, comme ceux qui suivent, est exprimé dans le langage graphique GMOT/OWL (Paquette, 2008). Ces modèles peuvent être traduits sous forme textuelle en langage OWL :

- Les liens R relient les classes (rectangles) à leurs propriétés (hexagones).
- Les liens S désignent les liens de spécialisation entre classes et entre propriétés.
- Les points de suspension dans un rectangle indiquent que la classe est définie par énumération de ses individus.
- Les liens I relient une classe aux individus (rectangle aux coins coupés) qui la composent.
- Le symbole ≠ signifie que les individus sont différents.
- Le lien INV est placé entre deux propriétés inverses l'une de l'autre.

20 Les termes *facilitateur* et *facilitatrice* désignent tout acteur (professeur, professeure, personne tutrice, technicien, technicienne, animateur, animatrice, gestionnaire) dont le rôle dans le scénario ne consiste pas à apprendre, mais à soutenir les personnes en apprentissage.

– La *séquence* ordonne linéairement les activités, chacune devant être terminée avant de passer à la suivante.
– La *ramification* présente plusieurs choix de séquences alternatives souvent en fonction d'un test ou encore d'un choix de la personne apprenante ou facilitatrice.
– La *toile* est un réseau plus ou moins complexe d'activités où des options peuvent être suivies d'« activités carrefours », puis d'autres options, à la manière d'un hypermédia, divers types de conditions permettant de passer d'une activité à la suivante.

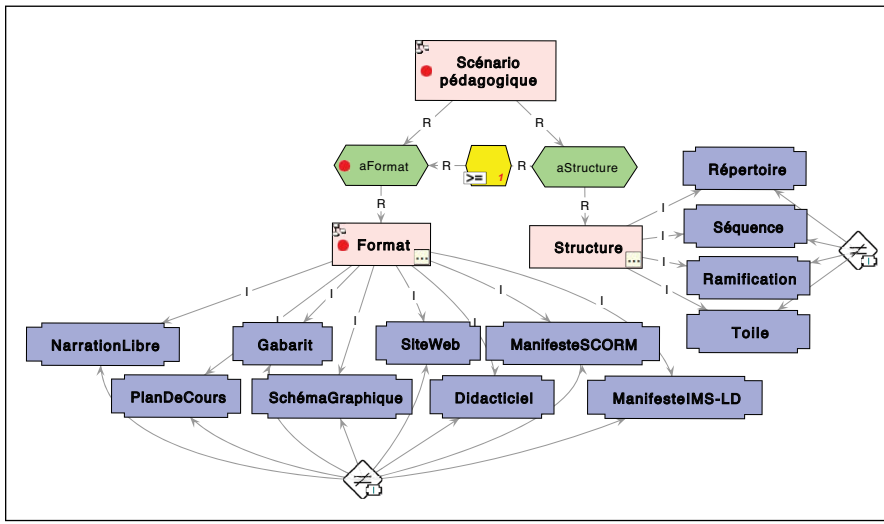


FIGURE 7.13 **Format et structure d'un scénario (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 11)**

Le *format d'un scénario* décrit la forme médiatique que celui-ci peut prendre. De nouveau, un ou plusieurs des formats suivants sont possibles :

– La *narration libre* est un récit sous forme de texte, de fichier audio ou de vidéo, qui décrit le déroulement d'un scénario, notamment le rôle des acteurs, l'ordonnancement des activités et les ressources qui sont utilisées et produites.
– Un *plan de cours*, un *gabarit* à remplir, un *schéma graphique* commenté ou non sont des formats plus structurés qui peuvent être intégrés dans une des pages Web d'un ENA.
– Les quatre formats précédents peuvent aussi être intégrés dans des pages d'un *didacticiel* ou d'un *site Web* faisant partie d'un ENA.

– Une description standard, comme celle d'un *manifeste SCORM* ou d'un *manifeste IMS-LD*[21], permet de décrire le scénario par un fichier XML structuré pouvant être exécuté par un ENA ou une plateforme LCMS (*Learning Content Management System*) capable de traiter ce genre de fichier.

4.1.2 Les activités d'apprentissage ou d'assistance

Le sous-modèle de la figure 7.14 présente neuf types d'activités pouvant apparaître dans un scénario. Ces types d'activités sont définis en fonction du but des tâches à effectuer. La définition de chacun des types d'activités a été fournie dans la typologie correspondante présentée à la section 1 de ce chapitre.

Les activités peuvent être de plusieurs types, mais on doit leur attribuer au moins un des neuf types de la typologie. Elles peuvent être réalisées, dans la plupart des cas, autant dans les activités d'apprentissage que dans les activités d'assistance.

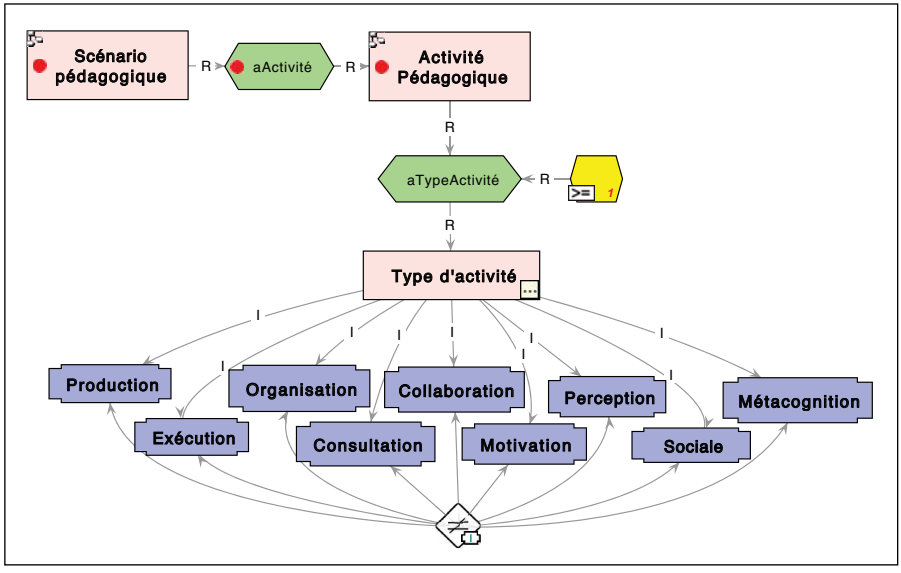


FIGURE 7.14 **Taxonomie des activités (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 12)**

21 Voir le rapport de recherche (Paquette et Léonard, 2014) pour la définition de ces standards.

4.1.3 Les acteurs du scénario

Un scénario peut impliquer un ou plusieurs types d'acteurs : *individu*, *groupe* et *agent logiciel*. Un acteur se caractérise par les rôles qu'il joue dans les activités. Comme indiqué à la figure 7.15, un scénario peut contenir au moins un rôle d'acteur et au plus quatre. On distingue ces rôles selon que la personne réalise une ou des activités d'apprentissage (*apprenant* ou *apprenante*), soutient une activité d'apprentissage (*facilitateur* ou *facilitatrice*), conçoit une activité pédagogique ou la modifie (*concepteur* ou *conceptrice*), ou gère les activités du scénario (*gestionnaire*).

L'acteur est défini comme un membre du domaine de la propriété *participeÀ* dont le codomaine est la classe *activité pédagogique*. Notons qu'une personne participant au scénario peut, d'une activité à une autre, jouer différents rôles. Par exemple, une personne apprenante peut à certains moments être à la fois facilitateur ou facilitatrice, concepteur ou conceptrice ou encore gestionnaire dans une autre activité d'un même scénario. Cela ouvre des perspectives pédagogiques intéressantes, notamment pour des scénarios émergents où la personne apprenante joue parfois le rôle de concepteur ou de conceptrice du scénario.

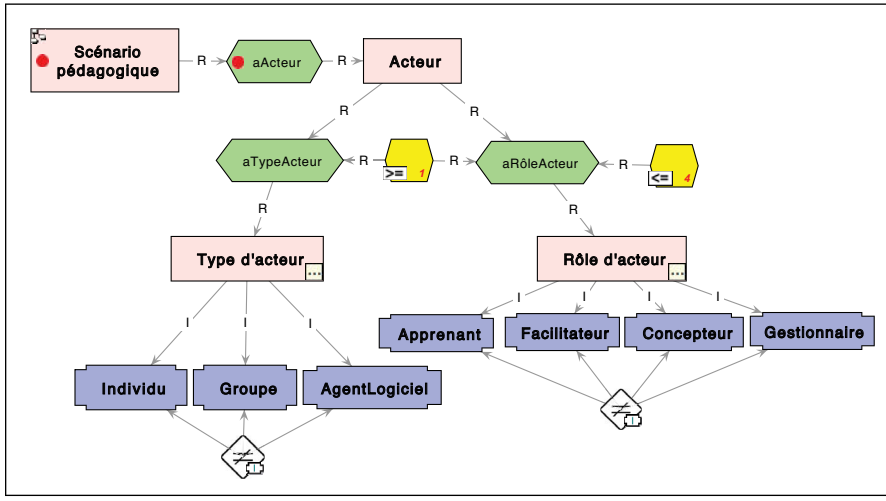


FIGURE 7.15 **Les acteurs d'un scénario (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 13)**

Notons aussi que, très souvent, les rôles de *concepteur*, *facilitateur* et *gestionnaire* sont assumés par la même personne (professeur ou professeure, formateur ou formatrice). Lorsqu'une personne présente de l'information par un exposé en

classe ou sous la forme d'une vidéo, elle est toutefois considérée plutôt comme une ressource.

4.1.4 Les ressources

Comme l'indique la figure 7.16, une ressource utilise un ou plusieurs (>= 1) des formats médias suivants : *texte, son, vidéo, image* ou *ressource interactive*.

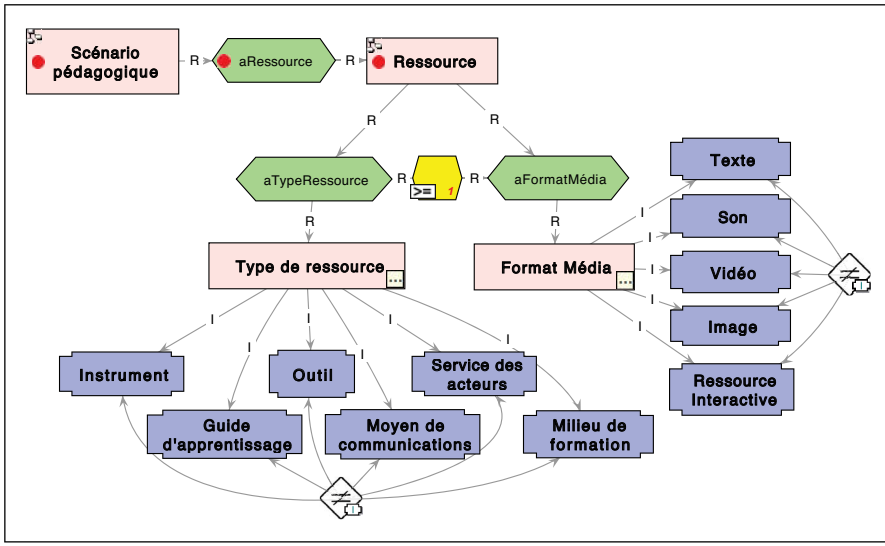


FIGURE 7.16 **La typologie des ressources (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 14)**

On distingue par ailleurs six *types de ressources* qui peuvent apparaître dans un scénario donné :

- Les *instruments* sont des ressources qui fournissent des informations sur les connaissances à acquérir, quel que soit le format média utilisé. Un instrument peut aussi être une personne faisant un exposé en présence ou par vidéo.
- Les *guides d'apprentissage* comportent de l'information, mais contrairement aux instruments, cette information ne porte pas sur les connaissances abordées dans le scénario, mais plutôt sur la façon de réaliser le scénario.
- Les *outils*, tels que les traitements de texte, les tableurs, les éditeurs graphiques, les moteurs de recherche, sont en général des ressources Web intégrées au scénario ou auxquelles on se réfère dans le scénario. Ces ressources servent à consulter ou à produire de l'information dans le cadre d'une activité d'apprentissage ou d'assistance.

– Les *moyens de communication*, tels que les courriels, les vidéoconférences, le clavardage, servent à soutenir les échanges d'information entre acteurs du scénario.
– Les *services aux acteurs*, comme l'animation d'un forum ou l'assistance technique, sont offerts globalement comme ressources dans un scénario, ou spécifiquement dans certaines activités.
– Le *milieu de formation*, comme une salle de vidéoconférence, une classe ou un musée, est spécifié surtout dans les scénarios hybrides qui se déroulent partiellement ou totalement en présence.

4.2 Les propriétés des scénarios[22]

Cette section présente les propriétés globales des scénarios pédagogiques au moyen de six typologies : la stratégie cognitive, la stratégie pédagogique, le mode de diffusion, le mode de collaboration, le mode d'évaluation et la réutilisabilité.

4.2.1 La stratégie cognitive

Comme l'indique le sous-modèle de la figure 7.17, la *stratégie cognitive* s'inspire de la typologie des habiletés définissant les compétences de la méthode MISA, présentée à la section 1de ce chapitre. Elle comporte trois composantes :

– une typologie des *processus intellectuels* sollicités chez l'apprenant ou l'apprenante;
– une typologie des *types de connaissances* (faits, concepts, procédures, principes, taxonomies, processus, méthodes, théories) auxquelles ces processus s'appliquent;
– une typologie des *métadomaines* (cognitif, affectif, social, psychomoteur) qui précisent à quel type d'intelligence le processus intellectuel s'applique.

Chacun des processus intellectuels est décrit par ses intrants et ses produits et peut s'appliquer à différents types de connaissances et à différents métadomaines. Par exemple, un processus de diagnostic peut s'appliquer à l'analyse d'un système automobile défectueux (cognitif), à l'analyse d'attitudes affectives négatives (affectif), aux difficultés de fonctionnement d'un groupe social (social) ou à des erreurs d'exécution d'un mouvement de danse (psychomoteur).

22 Dans cette section, nous ne présentons que les graphes des sous-modèles. Pour les définitions des propriétés et des termes, voir Paquette et Léonard (2014).

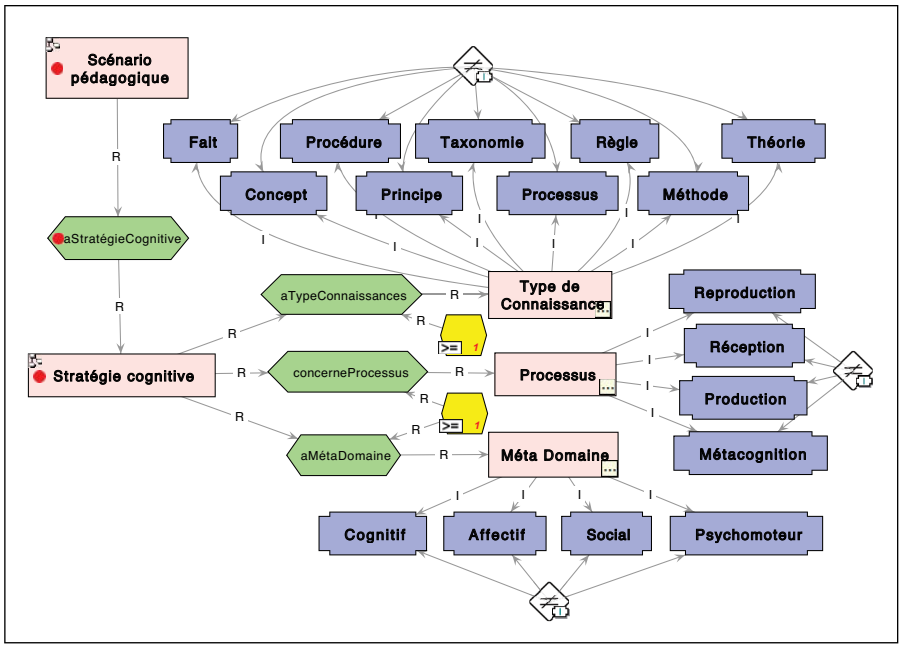


FIGURE 7.17 **Les composantes d'une stratégie cognitive (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 16)**

Soulignons que l'on peut choisir quatre types de processus intellectuels (figure 7.17) ou détailler davantage la liste en retenant les processus correspondant aux dix types d'habiletés de niveau 2 définis dans la typologie des habiletés définissant les compétences (figure 7.3).

4.2.2 La stratégie pédagogique

Les types de *stratégies pédagogiques* pouvant être utilisés dans un scénario sont énumérés à la figure 7.18. Comme dans la typologie présentée à la figure 7.4, on note cinq grandes classes de stratégies et certaines de leurs sous-classes. Pour être retenue comme propriété d'un scénario, une stratégie pédagogique doit être utilisée au moins une fois dans ce scénario. Le scénario peut cependant combiner plus d'une stratégie pédagogique.

4.2.3 Le mode de diffusion

Le mode de diffusion décrit les rôles des acteurs lors de la diffusion d'un scénario pédagogique ainsi que leurs interactions avec les matériels, les outils, les

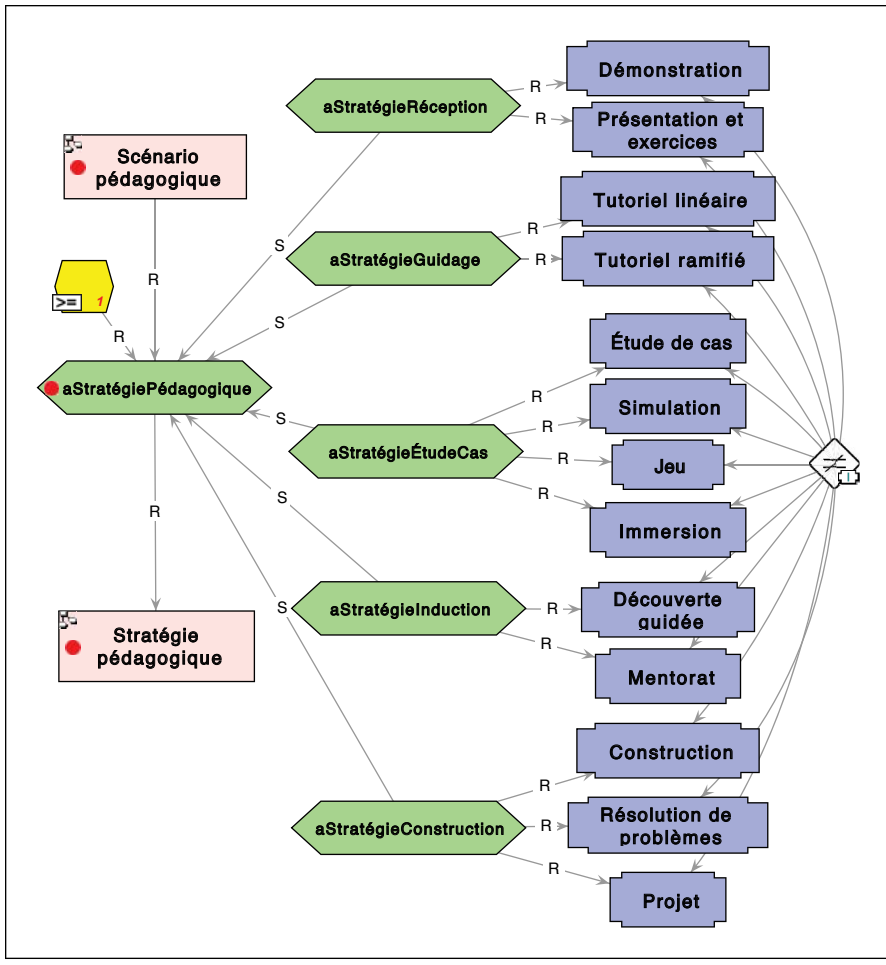


FIGURE 7.18 **Les types de stratégies pédagogiques**

moyens de communication, les services et les milieux qu'ils utilisent ou qu'ils rendent disponibles à d'autres acteurs. Le sous-modèle de la figure 7.19 présente la typologie des modes de diffusion. Pour apparaître comme propriété d'un scénario, un mode de diffusion doit être utilisé au moins une fois dans l'exécution du scénario pédagogique. Plusieurs combinaisons sont possibles, par exemple certaines activités en présence et d'autres en diffusion en ligne synchrone ou asynchrone. On parle dans ce cas d'un scénario hybride.

4.2.4 Le mode de collaboration

Un scénario pédagogique peut être totalement individuel ou impliquer diverses formes de collaboration où des groupes de personnes en apprentissage travaillent ensemble dans le but d'accroître leurs connaissances d'un domaine, résoudre un problème ou créer un produit. Pour être retenu comme propriété d'un scénario pédagogique, un *mode de collaboration* est choisi à partir de la liste de la figure 7.20 et doit être présent dans au moins une des activités du scénario.

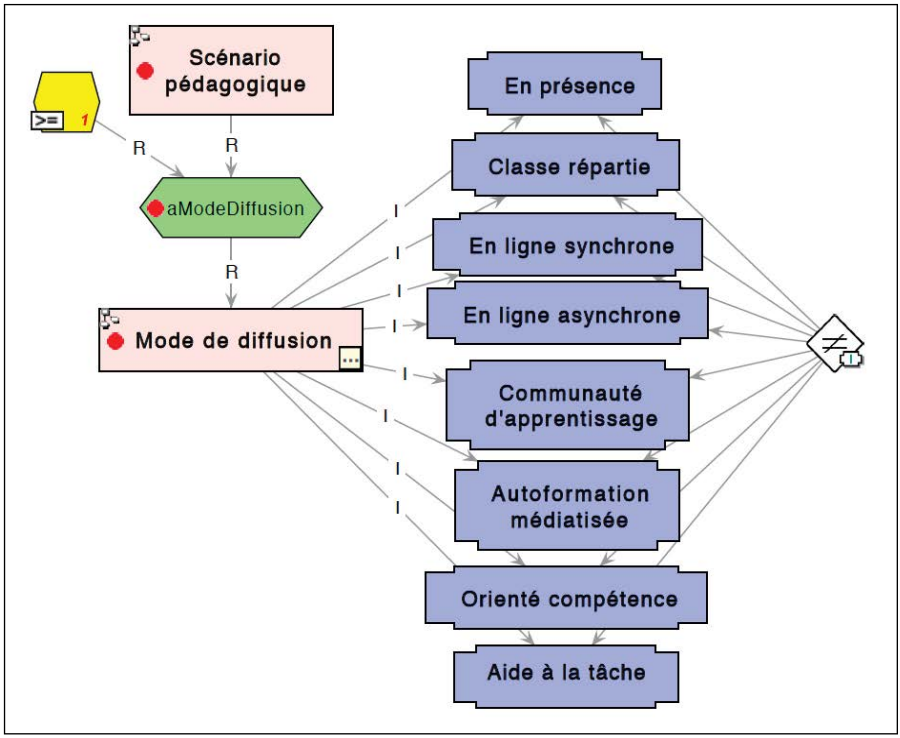


FIGURE 7.19 **La typologie des modes de diffusion**

4.2.5 Le mode d'évaluation

Le *mode d'évaluation* d'un scénario pédagogique englobe divers éléments qui permettent d'évaluer l'apprentissage en fonction du but poursuivi par une formation. Il peut être associé à une ou à plusieurs des activités du scénario. Un scénario peut donc comporter plus d'un mode d'évaluation.

Le mode d'évaluation est défini par cinq composantes, comme l'indique le graphe de la figure 7.21 : le *moment de l'évaluation*, le *but de l'évaluation*, l'*instrument d'évaluation* utilisé, le *sujet de l'évaluation* (qui est évalué) et l'*agent de l'évaluation* (qui réalise l'évaluation). Notons qu'un scénario peut ne comporter aucun mode d'évaluation si aucune de ses activités n'est évaluée, ou comporter plus d'un mode si plus d'une activité est évaluée.

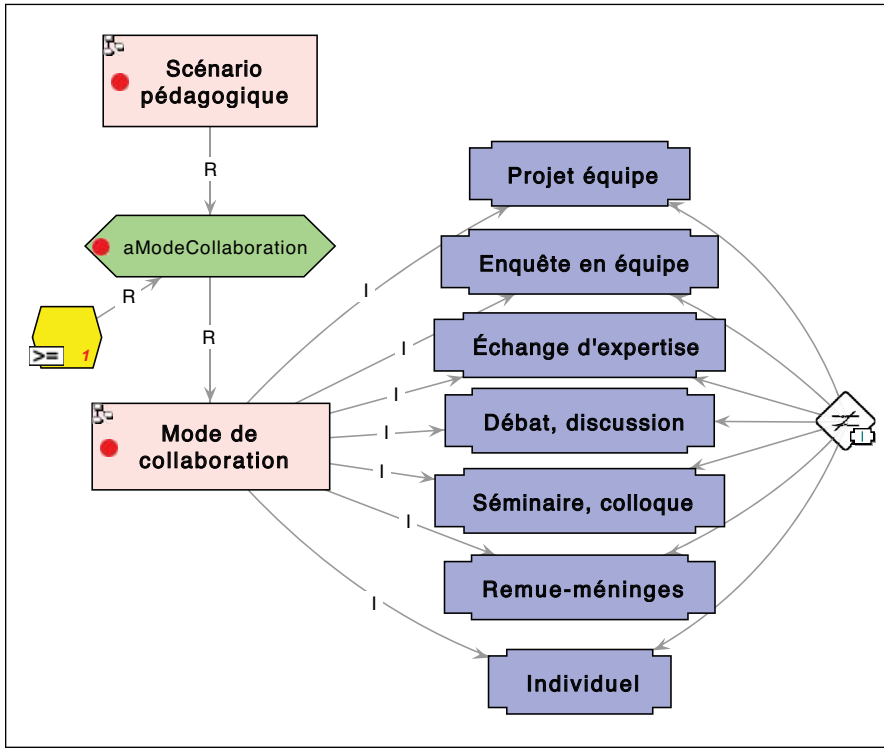


FIGURE 7.20 **La typologie des modes de collaboration dans un scénario pédagogique**

4.2.6 La réutilisabilité

La *réutilisabilité* d'un scénario peut être définie selon quatre critères : l'interopérabilité technique, la généricité du contenu, l'adaptabilité au contexte d'usage et l'accessibilité. Comme l'indique le graphe de la figure 7.22, chacun de ces quatre critères peut prendre une et une seule (= 1) de trois valeurs :

– L'*interopérabilité* technique indique si le scénario peut être : 1) multiplateforme, interopérable avec toutes les technologies; 2) réutilisable avec les technologies les plus largement utilisées; 3) dépendant de certaines technologies.
– La *généricité* du contenu indique si le scénario peut être : 1) réutilisé pour l'apprentissage de toutes les disciplines (par exemple, un scénario dont on n'a qu'à remplacer les ressources par celles d'un autre domaine); 2) utilisé pour un groupe restreint de disciplines (par exemple, en sciences); 3) utilisé dans un seul domaine du savoir.

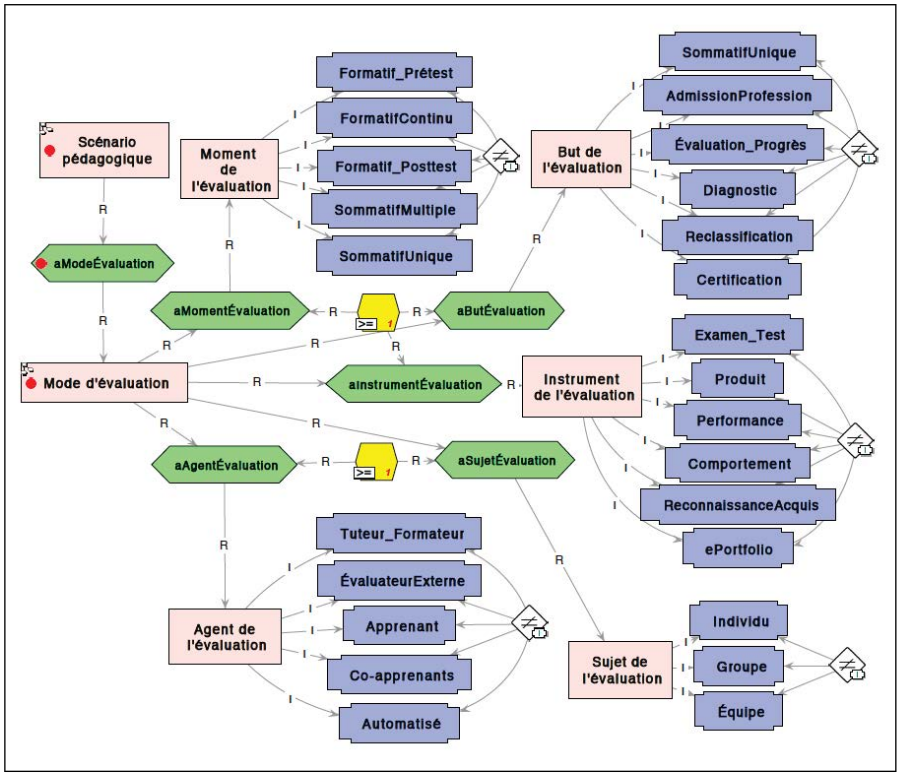


FIGURE 7.21 **Les composantes du mode d'évaluation dans un scénario (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 21)**

– L'*adaptabilité* au contexte d'usage indique si le scénario : 1) peut être réutilisé dans n'importe quel contexte (par exemple, dans tous les pays, pour tous les groupes d'âge); 2) peut être adaptable à d'autres contextes que l'original pour lequel il a été conçu; 3) ne peut être réutilisé dans d'autres contextes que celui pour lequel il a été conçu.

– L'*accessibilité* indique si les ressources et les médias utilisés : 1) sont conformes aux spécifications d'accessibilité du W3C; 2) peuvent être adaptés à des gens présentant certains handicaps; 3) ne peuvent être employés que difficilement par des personnes présentant certains handicaps.

4.3 Le contexte d'un scénario

Le contexte d'un scénario (figure 7.23) est précisé par quatre éléments : les destinataires, la granularité, le type d'unité de formation et les relations entre deux scénarios.

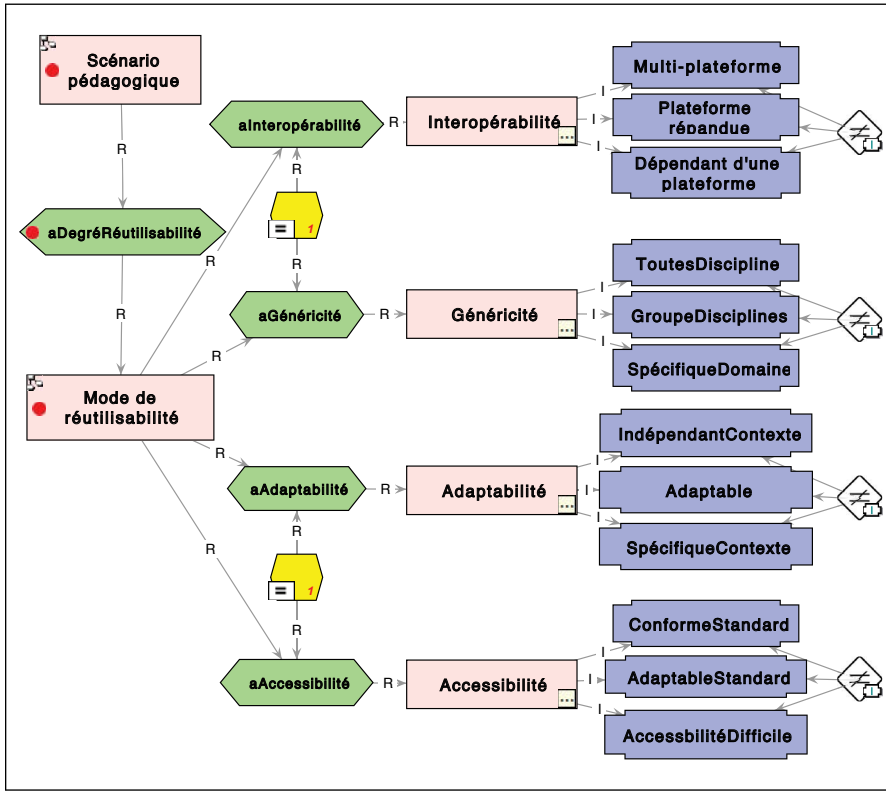


FIGURE 7.22 **Les composantes de réutilisabilité d'un scénario (tiré de Paquette et Léonard, 2014, p. 22)**

Les *destinataires* du scénario sont les publics cibles auxquels celui-ci est destiné. Un public cible peut prendre plusieurs formes, dont celle qui est décrite dans la MISA.

La granularité d'un scénario concerne son étalement dans le temps, ainsi que la quantité d'activités et de ressources impliquées.

Un scénario pédagogique peut couvrir une *unité de formation* qui peut être : 1) un programme entier de formation, composé de plus d'un cours, 2) un seul cours composé de plus d'un module et de cheminements dans les modules ou 3) un module ou une unité d'apprentissage comportant une ou plusieurs activités.

Des *relations* peuvent exister entre deux scénarios. Cinq types de relations (lien S) sont possibles :

– *A contient B* : le scénario B regroupe seulement une partie des acteurs, des activités, des ressources ou des propriétés du scénario A.
– *A aPréalable B* : le scénario B doit obligatoirement être suivi avant le scénario A (par exemple, un module d'introduction à un cours).

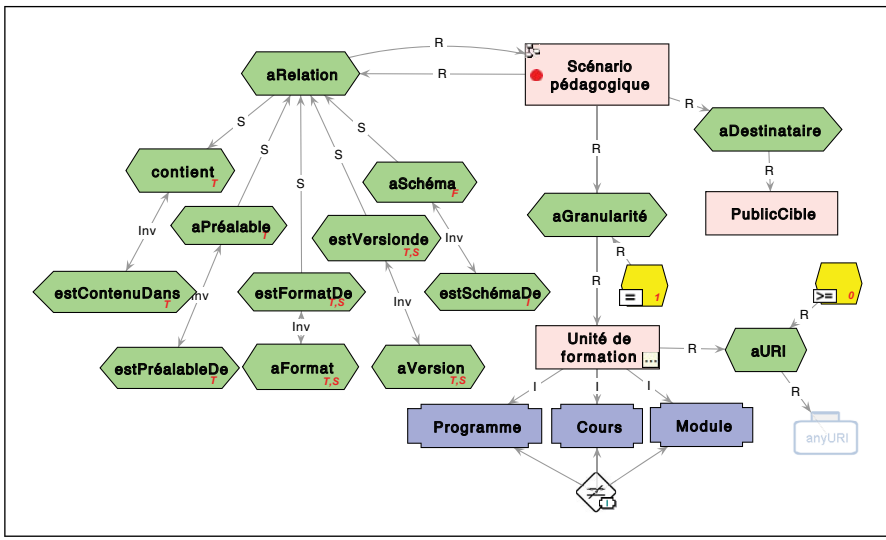


FIGURE 7.23 **Les composantes du contexte d'un scénario**

– *A estFormatDe B* : le scénario A est une autre description du même contenu (par exemple, une narration du déroulement du scénario ou un schéma graphique décrivant le même déroulement).
– *A estVersionDe B* : le scénario A est une révision du scénario B. Toutes les versions d'un scénario sont en relation entre elles par la relation « estVersionDe ».

– *A aSchéma B* : le scénario B est le scénario A dépouillé de toutes ses ressources spécifiques à un domaine. B est un schéma (ou *pattern*) du scénario original. Chaque scénario a un seul et unique schéma (relation fonctionnelle).

4.4 L'intégration au Web DOL

Le lien entre des termes de l'ontologie SCEN et des termes utilisés dans d'autres ontologies a été souligné dans ce qui précède. C'est l'objectif principal du Web DOL que d'établir ce type de relations entre les vocabulaires ou les ontologies (Heath et Bitzer, 2011). Le modèle de la figure 7.24 établit un certain nombre de ces relations avec d'autres vocabulaires du Web sémantique.

Par exemple, un scénario pédagogique est une sorte de collection (un ensemble d'activités et de documents) selon le vocabulaire DCMI (*dcmi:Collection*), une méthode pédagogique dans le vocabulaire DCT (*dct:MethodOfInstruction*) et une ressource d'apprentissage dans le vocabulaire MLR (*mlr1:Ressource d'apprentissage*).

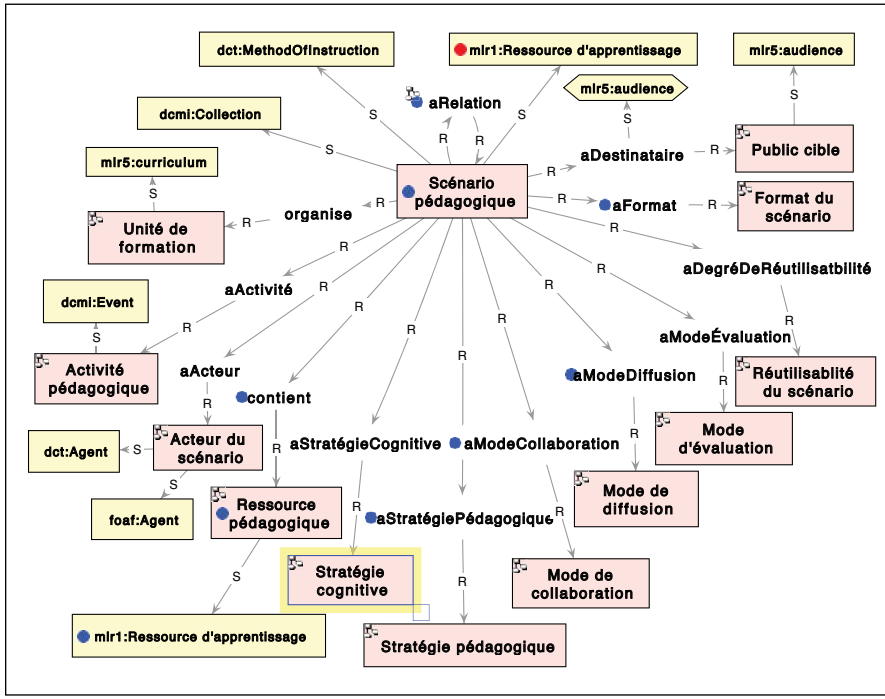


FIGURE 7.24 **Les liens de l'ontologie SCEN avec d'autres vocabulaires du Web sémantique**

Une ressource pédagogique de l'ontologie SCEN est aussi une ressource d'apprentissage dans MLR. Une activité pédagogique est un événement dans DCMI (*dcmi:Event*). Un acteur est à la fois un agent dans DCT (*dct:Agent*) et un agent dans FOAF (*foaf:Agent*). En reliant le concept d'acteur à celui d'agent dans FOAF, le concept d'acteur est précisé puisque l'ensemble du vocabulaire FOAF devient disponible pour spécifier les propriétés des acteurs participant à un scénario pédagogique, notamment l'âge des personnes apprenantes, les documents qu'elles produisent ou leurs centres d'intérêt.

L'ontologie SCEN tient aussi compte de l'ontologie LOM (*Learning Object Metadata*) ainsi que des vocabulaires DCT (*Dublin Core Terms*) et DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*) issus d'un consensus international pour décrire les ressources par des métadonnées standardisées. Ce dernier vocabulaire est composé de quinze propriétés de base[23] relatives au contenu de la ressource (titre, sujet, description, source, langue, relation, couverture), à la propriété intellectuelle (création, contribution, édition, gestion des droits) et à l'instanciation (date, type, format, identifiant de la ressource). Toutes ces propriétés n'ont pas à être précisées dans SCEN puisque les liens entre cette nouvelle ontologie ou le DCMI y pourvoient.

Un lien a aussi été établi entre l'ontologie SCEN et le standard ISO-MLR (ISO/IEC 19788[24]) qui vise à assurer une compatibilité optimale avec les standards DCT, DCMI et LOM, tout en présentant les avantages suivants :

- proposer un modèle RDFS qui assure la cohérence et la non-duplication des concepts;
- éliminer la prolifération des profils d'application non interopérables qui spécialisent le LOM ou le DCMI;
- soutenir de façon précise les extensions de vocabulaires en préservant leur interopérabilité;
- soutenir dans une perspective internationale l'adaptation culturelle et le caractère multilingue des vocabulaires;
- assurer le référencement et la recherche des ressources intégrées aux autres vocabulaires et ontologies du Web DOL.

---

23 Standard du Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) : https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dces/ et https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/

24 Standard ISO-MLR : https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_19788

Conclusion

Ce chapitre a d'abord présenté les seize typologies intégrées dans la MISA, qui servent à soutenir les choix possibles dans la conception des ENA. Par la suite, l'importance de faire évoluer ces typologies vers les ontologies du Web de données ouvertes et liées a été mise en évidence. Puis, un certain nombre de vocabulaires et d'ontologies utiles pour l'ingénierie pédagogique ont été examinés. Plusieurs d'entre eux pourraient être intégrés dans une nouvelle méthode d'ingénierie des ENA. Finalement, une toute nouvelle ontologie pour la conception des scénarios pédagogiques a été esquissée; il s'agit d'une partie centrale de toute méthode d'ingénierie des ENA. En reliant cette ontologie à d'autres ontologies du Web sémantique largement utilisées, il devient possible d'accéder à leurs propriétés qui n'ont plus besoin d'être spécifiées dans l'ontologie de la méthode.

Construire l'ontologie complète d'une nouvelle méthode est un travail de longue haleine. L'ontologie SCEN présentée dans ce chapitre n'est qu'un premier pas, et plusieurs de ses composantes devront être davantage précisées et reliées à d'autres ontologies du Web DOL. Ce travail de recherche permettrait de définir précisément les concepts, les processus et les principes qui constituent la méthode et d'établir leurs interrelations, autrement dit de modéliser la méthode dans le cadre du Web sémantique. D'une part, les équipes de conception pédagogique pourront réutiliser les résultats de plusieurs années de réflexion investies dans la modélisation des domaines de connaissances et dans l'élaboration des théories de l'apprentissage et d'enseignement. D'autre part, les concepteurs de la méthode pourront utiliser les ontologies de la méthode pour l'instrumenter, pour fournir aux personnes qui en font usage un ensemble d'outils interconnectés utilisant la puissance du Web sémantique.

Un inventaire des ontologies utiles à l'ingénierie pédagogique devra être réalisé, notamment par l'étude systématique de répertoires comme le LOV (Vandenbussche *et al.*, 2016). Plusieurs concepts pédagogiques intégrés aux théories d'enseignement permettront de construire de nouvelles composantes de ces ontologies, notamment pour une ontologie de la compétence (Denliss, 2016).

Il faudra également examiner les autres méthodes sous l'angle de l'ingénierie ontologique (Allemang et Hendler, 2011; Schmachtenberg *et al.*, 2011). Il faudra surtout prévoir une nouvelle organisation de la méthode résultant de ces travaux afin de faciliter son adaptation (Dolog *et al.*, 2004) pour en réduire la complexité inhérente.

Références

Allemang, D. et Hendler, J. (2011). *Semantic Web for the working ontologist – Effective modeling in RDFS and OWL* (2e éd.). Morgan-Kaufmann/Elsevier.

Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D. et Patel-Schneider, P. (dir.). (2003). *The description logic handbook*. Cambridge University Press.

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001, mai). The semantic Web. *Scientific American Magazine, 284*(5), 29-37.

Bloom, B. S. (1975). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. D. McKay.

Bojars, U. et Breslin, J. G. (2010). *SIOC core ontology specification.* https://www.w3.org/Submission/sioc-spec/

Breuker, J. et Van de Velde, W. (1994). *CommonKads library for expertise modelling*. IOS Press.

Dolog, P., Henze, N., Nejdl, W. et Sintek, M. (2004). Towards the adaptive semantic Web. *Lecture Notes in Computer Science.* Springer.

Domingue, J., Fensel, D. et Hendler, J. A. (dir.). (2011). *Handbook of semantic Web technologies.* Springer-Verlag.

Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. Wadsworth Publishing.

Heath, T. et Bizer, C. (2011). Linked data: Evolving the Web into a global data space. *Synthesis lectures on the semantic Web: Theory and technology*, *1*, 1-136.

Krathwohl, D. R., Bloom, B. S. et Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook II: Affective domain*. Longman.

LOD. (2019). *The linked open data cloud. Diagram*. Récupéré en juin 2019 de http://lod-cloud.net

LOV. (2020). *Linked open vocabularies*. https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/

Marie-Victorin, Fr. (1964). *Flore Laurentienne* (2e *éd.).* Les Presses de l'Université de Montréal.

Obrst, L. et Davis, M. (2010). *Web 2.0 and Web 3.0 environments : Possibilities for authoring and knowledge representation.* Semantic Scholar. Récupéré le 5 novembre 2020 de https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.1758&rep=rep1&type=pdf

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec. ISBN 2-7605-1162-4.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences, pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec. ISBN 2-7605-1163-4

Paquette, G. (2007). An ontology and a software framework for competency modeling and management. *Educational Technology and Society. Special Issue on Advanced technologies for life-long learning"*, *10*(3), 1-21.

Paquette, G. (2008). Graphical ontology modeling language for learning environments. *Technology,iInstruction, cognition and learning, 5*, 133-168. Old City Publishing, Inc.

Paquette, G., Aubin, C., Dela Teja, I., Lundgren-Cayrol, K. et Navas, C. (1998). *Typologies de la méthode MISA* [document interne]. LICEF.

Paquette, G. et Léonard, M. (2014, juin). *Ontologie de description et vocabulaire de* métadonnées pour les scénarios pédagogiques [rapport de recherche]. GTN-Québec. https://eduq.info/xmlui/bitstream/handle/11515/34499/033874-paquette-leonard-ontologie-vocabulaire-metadonnees-scenarios-pedagogiques-gtn-2014.pdf?sequence=1

Schmachtenberg, M., Bizer, C. et Paulheim, H. (2011). Adoption of the linked data best practices in different topical domains. *International semantic Web conference 2014* (p. 245-260).

The University of Manchester. (2020). *Ontology repositories*. OWL @ Manchester. http://owl.cs.manchester.ac.uk/tools/repositories/

Vandenbussche, P. Y., Atemezing, G. A., Poveda-Villalon, M. et Vatant, B. (2016). *Linked open vocabularies (LOV): A gateway to reusable semantic vocabularies on the Web*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/312015882_Linked_Open_Vocabularies_LOV_A_gateway_to_reusable_semantic_vocabularies_on_the_Web

W3C. (2004). *Ontology Web language (OWL). Overview document*. https://www.w3.org/TR/owl-features/

W3C. (2013). *SPARQL 1.1 Query language*. https://www.w3.org/TR/sparql11-query/

W3C. (2014). *RDF Schema 1.1*. https://www.w3.org/TR/rdf-schema/

CHAPITRE 8

INSTRUMENTATION D'UNE INGÉNIERIE DES ENA FONDÉE SUR LES COMPÉTENCES

Gilbert Paquette • Rim Bejaoui

RÉSUMÉ

La modélisation des compétences s'avère d'une grande importance pour l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (ENA). Pour assurer un traitement des compétences à l'aide des technologies numériques, il faut disposer d'un modèle informationnel du concept de compétence. Ce modèle aide les équipes de conception à spécifier les compétences visées par une formation. Il sert ensuite aux formateurs et aux formatrices ainsi qu'aux personnes apprenantes à évaluer les compétences de ces dernières de même que les compétences visées dans les ressources d'apprentissage. Ce chapitre présente d'abord des applications d'un modèle structurel de représentation d'une compétence, définie comme une habileté appliquée à des connaissances avec un certain niveau de performance. On y compare ensuite ce modèle à cinq autres afin d'en dégager un nouveau modèle sous la forme d'une ontologie, ce qui permet l'utilisation des référentiels ou des profils de compétences dans le cadre du Web sémantique. Ce nouveau modèle traite également des processus d'évaluation des compétences et de leur utilisation dans les processus d'ingénierie pédagogique des ENA. Ce chapitre propose également une composante essentielle pour une méthode d'ingénierie pédagogique des ENA adaptée aux nouvelles possibilités offertes par le Web sémantique.

MOTS-CLÉS

Compétence; référentiel de compétences; profil de compétences; habiletés génériques; performance; ingénierie pédagogique; ENA; ontologies; Web sémantique.

Introduction

Une simple recherche dans Internet révèle l'importance qu'ont les compétences dans la conception de programmes de formation et la gestion des ressources humaines. La modélisation des compétences permet l'énoncé spécifique des compétences à atteindre par un programme de formation ou un cours, ou encore pour accéder à une profession ou à un emploi.

En éducation, les compétences, une fois modélisées, fournissent des objectifs et un guide pour construire et élaborer le curriculum ainsi que les stratégies pédagogiques. Elles permettent de fournir une rétroaction à la personne apprenante sur le progrès de ses compétences, une personnalisation de la démarche d'apprentissage ainsi qu'une base solide pour une évaluation formative ou sommative des apprentissages, ce que l'évaluation sommative traditionnelle ne permet pas (Norman *et al.*, 2014). Un environnement numérique d'apprentissage (ENA) fondé sur les compétences peut offrir une plus forte cohérence entre le curriculum et les méthodes d'évaluation et, de là, assurer une reconnaissance potentiellement plus fiable des apprentissages. Pour Colson et Hirumi (2016), l'approche par compétences consiste à miser sur une démonstration de l'acquisition de compétences, plutôt qu'à exiger la participation à tout un programme composé d'un nombre fixe de cours. On laisse ainsi plus d'autonomie à la personne apprenante en misant sur l'autogestion de sa démarche apprentissage. Certains auteurs affirment qu'on peut ainsi améliorer la qualité de l'éducation (CAEL, 2017; Krause *et al.*, 2015). Sampson et Fytros (2008) soulignent toutefois qu'il reste des questions à résoudre, notamment en ce qui a trait à la façon de modéliser et d'évaluer les compétences et quant à la manière d'établir des liens entre celles-ci et les ressources favorisant leur acquisition. C'est précisément l'objet de ce chapitre.

Il existe cependant un grand nombre de définitions[1] de la notion de compétence, créant parfois une certaine confusion autour de ce concept même. Selon les différents auteurs et auteures, la compétence est présentée comme l'une ou l'autre des caractéristiques de la personne : sa capacité de raisonnement, un assemblage de connaissances, d'attitudes et d'habiletés ou comme une capacité, un savoir-faire, un savoir-agir.

Comparant les programmes d'éducation de sept pays ou régions de la francophonie, Van Lint (2016) affirme que « la définition de compétence est stabilisée » (p. 30). L'auteure met en évidence trois termes de cette définition : un ensemble

1 Josianne Basque (2015) en a relevé une dizaine.

organisé de ressources de la personne (savoirs, savoir-faire, attitudes), une capacité de les mobiliser et une finalité de réalisation d'activités complexes (savoir-agir). Par exemple, au Québec, il s'agit d'un savoir-agir complexe fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources (ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2000).

En gestion des compétences, la compétence est surtout conçue comme la capacité à réaliser un processus de façon efficiente. Selon Le Boterf (1999, p. 38), une personne compétente est quelqu'un qui sait comment agir avec pertinence dans un contexte particulier et en mobilisant des ressources personnelles (connaissances, savoir-faire, qualités, culture, ressources émotionnelles, etc.) ainsi que les ressources des réseaux (banques de données, réseaux documentaires, réseaux d'expertise, etc.)

Ces définitions du concept de compétence sont éclairantes jusqu'à un certain point, mais peu utiles pour l'ingénierie pédagogique des ENA. Ce chapitre adopte un autre point de vue : il vise à définir d'abord le modèle opérationnel d'UNE compétence, puis celui d'un profil (ou d'un référentiel) regroupant les compétences individuelles visées par une formation, dans le but de guider la conception pédagogique et le soutien à l'apprentissage dans un ENA.

Plusieurs exemples de profils de compétences ont été présentés dans Paquette (2002b). Ils sont utilisés dans les entreprises et les milieux de travail pour définir les compétences liées aux emplois, et aussi dans les milieux éducatifs pour définir les compétences visées dans des programmes scolaires. À partir de cet inventaire, une première définition opérationnelle a été élaborée et utilisée dans plusieurs projets d'ingénierie pédagogique. On y présente un modèle de la compétence comme une habileté générique (cognitive, affective, sociale ou psychomotrice) s'appliquant à un ensemble de connaissances factuelles, conceptuelles, procédurales ou de principes, avec un certain niveau défini par une variété de critères de performance.

La section 1 du chapitre s'attarde d'abord à la notion structurelle et opérationnelle d'une compétence en détaillant ces trois éléments : connaissances, habiletés et performance. Elle présente ensuite les principaux usages qui peuvent en être faits dans une méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) (Paquette, 2002a).

La section 2 examine les applications de cette représentation d'une compétence à quatre projets d'ingénierie pédagogique : la réalisation de l'outil Compétences+ destiné à l'autoévaluation des compétences, l'élaboration d'un programme de formation professionnelle, la personnalisation des activités d'ap-

prentissage dans un CLOM (cours en ligne ouvert massivement) et l'intégration d'un système conseiller dans un ENA.

Dans la section 3, on trouvera une représentation des notions de compétence et de profil de compétences sous la forme de modèles visuels d'ontologies. Ce type de modèle est au cœur de l'évolution vers le Web sémantique, lequel vise à lier les ensembles de données qui alimentent les pages et les documents du Web qui composent un ENA, leur fournissant une représentation de la sémantique derrière la syntaxe des informations. Cette représentation sémantique des connaissances et des compétences vise à mieux intégrer les ENA au Web de données ouvertes et liées (Web DOL), pour favoriser des traitements plus intelligents que par le passé.

Dans cette section, l'examen de plusieurs définitions, modèles ou ontologies de la compétence proposés dans la littérature au cours des dernières quinze années amènera à proposer un nouveau modèle générique des concepts de compétence et de profil de compétences. Étant donné la variété des utilisations possibles, ce modèle se déploie en cinq niveaux, du simple au complexe, permettant de choisir le niveau requis par chaque projet d'ingénierie d'un ENA.

La section 4 présente un modèle ontologique pour l'évaluation des compétences, fondé sur l'ontologie des compétences présentée à la section 3.4.

1 Les compétences, base de l'ingénierie pédagogique

Ce chapitre repose sur l'hypothèse que l'ingénierie pédagogique doit être fondée d'abord sur les connaissances et les compétences que vise l'apprenant ou l'apprenante[2]. Cette section examine la définition du concept d'UNE compétence, puis celle du profil de compétences. Elle présente ensuite certains usages de ces concepts dans le processus d'ingénierie pédagogique d'un ENA.

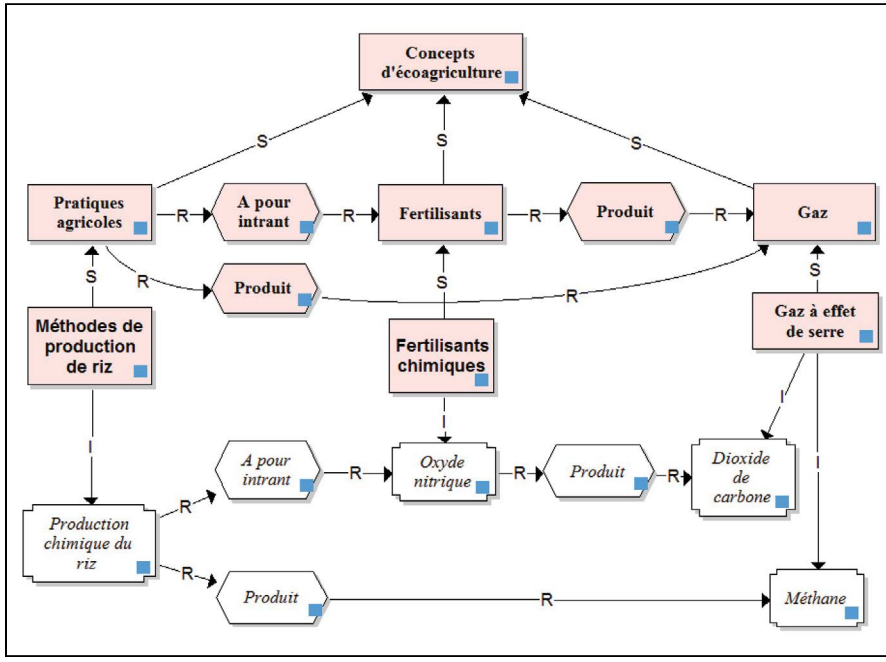
1.1 Définir une compétence par rapport à certaines connaissances

Il importe d'abord d'établir la distinction entre les concepts d'information et de connaissance. Par *information*, on entend toutes les données externes aux personnes, communiquées oralement ou médiatisées dans des matériels sur divers supports numériques ou autres. Par *connaissance*, on entend le résultat de toute construction mentale effectuée par une personne à partir d'informations

2 Voir à ce sujet les chapitres 3 et 4.

ou d'autres stimuli. L'apprentissage par un individu consiste à transformer des informations en connaissances, en utilisant des connaissances qu'il possède déjà. Cette transformation se réalise en appliquant des connaissances de plus haut niveau, à savoir des métaconnaissances, c'est-à-dire des connaissances génériques qui agissent sur d'autres connaissances pour les mémoriser, les appliquer, les synthétiser, les évaluer. Nous qualifions ces métaconnaissances d'*habiletés génériques*, ce qui inclut les habiletés cognitives, affectives (appelées aussi les « attitudes »), sociales ou psychomotrices.

Pour construire un ENA, il faut d'abord représenter les connaissances en construisant un modèle des connaissances où l'on distingue les types de connaissances – faits, concepts, procédures, principes – et les divers types de liens entre elles. La figure 8.1 présente un exemple de modèle des connaissances pour un ENA dans le domaine de l'écoagriculture.



Légende : Lien S (sont une sorte de); lien R (a pour propriété); lien I (a pour exemple).

FIGURE 8.1 **Un exemple de modèle des connaissances du domaine de l'écoagriculture**

Ce modèle MOT[3] présente trois hiérarchies de concepts en écoagriculture, soit 1) les pratiques agricoles qui ont pour intrant 2) des *fertilisants* qui peuvent produire 3) des *gaz* dont certains sont des *gaz à effet de serre*. Les propriétés de ces concepts, représentées par des hexagones, établissent des relations (liens R) entre ces concepts. Les *méthodes de production du riz* sont une sorte de (lien S) *pratiques agricoles*. L'une d'entre elles (lien I) se réalise par la *production chimique du riz*, laquelle produit des gaz à effet de serre comme le *méthane*. Cette méthode particulière a des intrants qui sont des fertilisants chimiques, notamment l'*oxyde nitrique* qui produit du *dioxyde de carbone*. Ce dernier, tout comme le méthane, est un gaz à effet de serre.

L'identification des connaissances et de leurs liens est importante, mais ne suffit pas pour la conception d'un ENA. Une fois les connaissances décrites de façon structurelle comme dans la figure 8.1, il faut déterminer les compétences, c'est-à-dire le type de maîtrise de ces connaissances que l'apprentissage vise à développer chez les apprenants et les apprenantes. Veut-on simplement que ces derniers mémorisent des faits inscrits dans le modèle des connaissances ou souhaite-t-on plutôt qu'ils soient capables de les appliquer à de nouvelles situations ou, encore, d'en faire une synthèse? Mémoriser, appliquer, synthétiser sont des habiletés génériques différentes qui peuvent être exercées de façon plus ou moins performante, correspondant à des compétences plus ou moins exigeantes à exercer.

Dans la MISA, le concept de compétence se définit comme « la capacité d'une personne à exercer une habileté générique sur le plan cognitif, affectif, social ou psychomoteur, avec un certain niveau de performance, par rapport à une ou plusieurs connaissances » (Paquette, 2004; 2007). Cette définition situe la compétence par rapport à une liste ordonnée d'habiletés génériques sur une échelle de 1 à 10, comme l'indique la figure 8.2, et aussi par rapport à un niveau de performance recherché lors de l'application de l'habileté à une connaissance donnée.

La figure 8.2 illustre l'association de diverses compétences à la connaissance des *méthodes de production du riz.* Ici, pour cette connaissance, la compétence visée (point bleu) se situe au niveau 8, *synthétiser*, de l'échelle d'habiletés (en ordonnée) et au niveau 6, *productif*, dans l'échelle de performance (en abscisse), indiquant qu'on sera assez exigeant sur la qualité de la synthèse des méthodes de production du riz que la personne apprenante devra réaliser. La compétence pourrait se lire : *la personne apprenante sera capable de synthétiser les méthodes de production du riz de façon complète et avec peu d'erreurs*.

---

3 Dans la MISA, ces modèles sont construits à l'aide d'un logiciel comme GMOT, fondé sur le langage graphique de modélisation par objets typés (MOT); voir à ce sujet le chapitre 4.

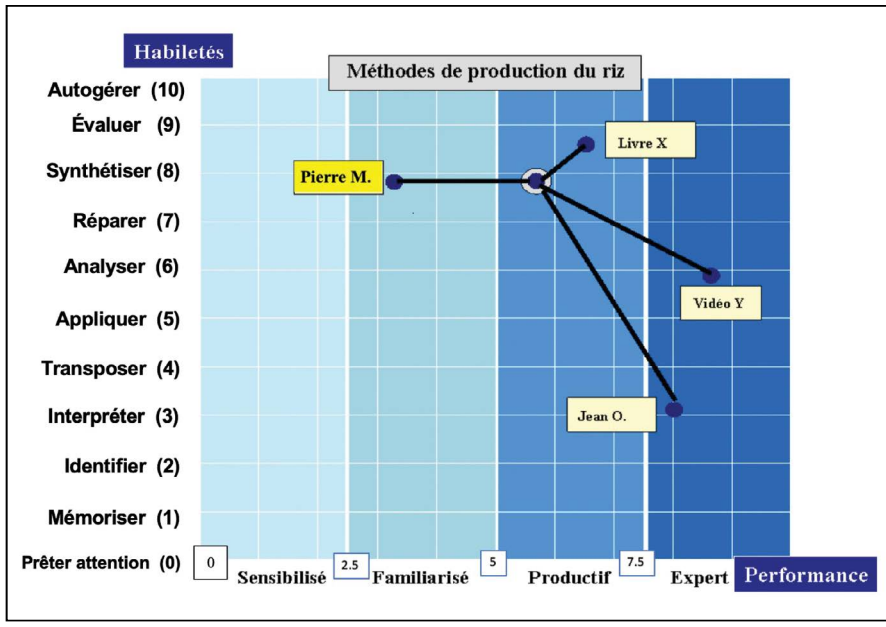


FIGURE 8.2 **La situation d'une compétence sur une échelle habiletés/performance**

Sur cette échelle d'habiletés, nous avons placé la compétence (fictive) de deux apprenants, Pierre M. et Jean O., et la compétence qu'ils peuvent acquérir par deux ressources, le livre X et la vidéo Y, toujours à propos de la même connaissance, soit les méthodes de production du riz.

Dans les pages qui suivent, cet exemple servira à illustrer divers usages des compétences pour l'ingénierie d'un ENA portant sur l'écoagriculture : personnaliser les activités d'apprentissage selon les types d'apprenants et d'apprenantes; guider la modélisation des connaissances du domaine; choisir les ressources pour une unité d'apprentissage; guider les interventions des facilitateurs de l'apprentissage (professeurs, professeures, personnes tutrices, animateurs, animatrices); analyser les failles dans un ENA en vue de sa révision.

1.2 Personnaliser les activités d'apprentissage selon les types d'apprenants et d'apprenantes

Situer une compétence visée pour une connaissance donnée sur une double échelle habiletés/performance fournit une mesure qui permet de comparer les compétences des personnes apprenantes entre elles ainsi qu'avec les compétences demandées ou visées par l'usage des ressources. Il devient dès lors possible de personnaliser les scénarios d'apprentissage.

Dans l'exemple de la figure 8.2, un apprenant comme Pierre M. se situe au niveau 8,3[4]. Il est capable d'exercer l'habileté *synthétiser* à un niveau de performance moyen de 3. Il devra donc accroître sa performance de 8,3 à 8,6 pour la synthèse des méthodes de production de riz, ce qui représente un écart relativement faible à combler. Un autre apprenant, Jean O., ayant démontré pour la même connaissance un niveau d'habileté *interpréter* avec une excellente performance de niveau 8, devra augmenter son niveau d'habileté jusqu'à celui de la synthèse, soit de 3,8 à 8,6, ce qui est évidemment un écart beaucoup plus grand à franchir.

Il serait sage dans ce type de cas de prévoir deux scénarios très différents. Le premier scénario (expert), destiné à des apprenants comme Pierre M., devrait contenir principalement des activités de synthèse des procédés agricoles, dans lesquelles on examine un grand nombre de situations couvrant tous les cas principaux. Ce scénario permettrait d'améliorer la performance de l'habileté de *synthèse* des personnes apprenantes dans ce domaine. Le second scénario (débutant) devrait au contraire prévoir un ordonnancement des activités permettant aux personnes apprenantes d'accroître prioritairement leur niveau d'habileté. Ainsi, dans une première activité, celles-ci seraient amenées à *transposer*[5] une méthode de production à un cas différent (niveau 4). Puis, dans une autre activité, elles pourraient *diagnostiquer* un procédé (niveau 6), puis l'améliorer (*réparer*, niveau 7), pour finalement construire (*synthétiser*, niveau 8) un nouveau procédé de production avec de nouveaux paramètres.

1.3 Guider la modélisation des connaissances du domaine

Une fois établies les compétences visées pour un ENA, il importe de réexaminer le modèle initial des connaissances et de le compléter en tenant compte de l'écart de compétences à combler entre la compétence actuelle d'une personne apprenante et la compétence visée. Dans un scénario « expert », l'écart de compétences de Pierre M. se situe entre 8,3 et 8,6, soit entre deux niveaux de performance pour l'habileté *synthétiser*. On peut alors prévoir le besoin de compléter le modèle de la figure 8.1 par la description d'autres méthodes de production de riz pour soutenir un accroissement de sa performance dans la synthèse des méthodes.

---

4 Ces chiffres sont déterminés par un processus d'évaluation de la compétence comme celui qui est présenté dans la section 4 de ce chapitre.

5 Les termes utilisés pour nommer les habiletés ont été définis dans Paquette (2002b, p. 194-250). Des synonymes peuvent toutefois être utilisés. De plus, chaque activité d'apprentissage est représentée sous la forme d'un processus générique, ce qui fournit l'ossature d'un scénario composé d'activités permettant d'exercer une habileté et de développer la compétence correspondante.

Dans le scénario « débutant », l'écart de compétences de Jean O., qui se situe entre 3,8 et 8,6, montre un besoin de progression de l'habileté *interpréter* vers l'habileté *synthétiser*. Ici, il faudra au contraire un modèle des connaissances très développé en largeur, certaines connaissances étant déployées dans des sous-modèles jusqu'à des connaissances bien maîtrisées par l'apprenant.

1.4 Choisir les ressources pour une unité d'apprentissage

L'évaluation des écarts de compétences entre les ressources à consulter et les compétences des personnes apprenantes vise le choix de ressources adaptées dans chaque unité d'apprentissage de l'ENA. Les ressources (documents, outils et acteurs) impliquées dans une activité devraient, ensemble, contenir toutes les connaissances requises pour un niveau adéquat de compétence. Par exemple, si les personnes apprenantes doivent atteindre le niveau *synthétiser* (8,6) et que leur tuteur (humain ou virtuel) possède une compétence de niveau *analyser* (6,8), il faudra s'assurer qu'au moins une autre ressource (spécialiste disponible en ligne sur demande ou exposé sur vidéo) pourra les aider à atteindre le niveau requis.

Dans l'exemple de la figure 8.2, proposer la vidéo Y de niveau *analyser* (6,9) serait peu utile à un apprenant comme Pierre M., sauf à des fins de récapitulation, mais beaucoup plus utile à Jean O. pour l'aider à progresser vers le niveau 8 d'habileté, *analyser* étant une étape vers l'habileté *synthétiser*. Par contre, le livre X de niveau *évaluer* (9,7) est probablement trop avancé pour la compétence visée, à la fois quant au niveau d'habileté et à celui de performance.

1.5 Guider les interventions des facilitateurs de l'apprentissage

Le raisonnement qui précède s'applique également pour guider les interventions des facilitateurs de l'apprentissage (professeurs, professeures, personnes tutrices, animateurs, animatrices) au moment de l'utilisation de l'ENA. Cette personne pourra cibler ses interventions si elle dispose des informations sur le niveau de compétence actuel d'un apprenant ou d'une apprenante sous sa responsabilité en regard des compétences visées. Elle pourra, par exemple, lui recommander une lecture ou une activité d'appoint en fonction de l'écart de compétences à franchir. Ce rôle pourra également être dévolu à un assistant informatique ou un conseiller virtuel intégré l'ENA.

1.6 Analyser les failles dans un ENA en vue de sa révision

Après l'utilisation d'un ENA, une évaluation des compétences acquises par les apprenants et les apprenantes permettra de détecter les failles dans le scénario

pédagogique de cet ENA. On pourra par exemple vérifier si les compétences préalables et visées d'un module d'apprentissage ou d'une activité ont été fixées adéquatement compte tenu des compétences des personnes apprenantes à l'entrée ou à la sortie de l'ENA. On pourra aussi vérifier si les ressources proposées pour certaines activités offrent un soutien adéquat compte tenu du degré de réussite atteint par les apprenants et les apprenantes.

2 Des exemples d'ingénierie pédagogique fondés sur les compétences

Cette section présente maintenant des exemples d'applications d'ontologies de compétences à quatre projets d'ingénierie pédagogique : la première application met à la disposition des personnes apprenantes un outil qui leur permet de s'autoévaluer, de réaliser un bilan de leurs compétences et de consulter un plan d'action pour poursuivre leur développement; la deuxième concerne l'élaboration d'un profil de compétences pour un programme de formation professionnelle; la troisième est proposée pour la personnalisation d'un CLOM; enfin, la quatrième présente l'élaboration d'un système d'assistance à l'apprentissage dans un ENA.

2.1 L'autoévaluation des compétences avec l'outil Compétences+

L'outil Compétences+ utilise le modèle initial de compétence développé à l'Institut LICEF (Paquette, 2007). Il a pour objectif premier de soutenir l'autoévaluation des compétences par les apprenants et les apprenantes, puis de leur présenter un bilan de leurs compétences sur la base de leurs propres évaluations et, enfin, de leur proposer un plan personnalisé de ressources susceptibles de contribuer au développement de leurs compétences.

Compétences+ est un outil Web qui permet d'abord d'éditer un profil de compétences et de l'intégrer au logiciel comme base des autres étapes. Il permet ensuite d'associer à chaque compétence des ressources d'apprentissage recommandées en fonction du niveau de compétence. Il a été appliqué dans différents domaines. La figure 8.3 montre les interfaces des trois modules qui apparaissent lors de la première utilisation de cet outil (appelé alors infoCompétences+) pour l'autoévaluation des compétences informationnelles des étudiants et des étudiantes universitaires du réseau de l'Université du Québec (Basque et Ruelland, 2006).

Le processus d'interaction avec le logiciel se déroule selon les trois modules illustrés à la figure 8.3 :

– *Évaluation*. Ce module présente les compétences sous la forme d'énoncés en langue naturelle mentionnant la connaissance et l'habileté. On doit situer sa

performance à l'aide d'une échelle à quatre niveaux (débutant, intermédiaire, avancé, expert). Pour ce faire, la personne qui utilise cet outil se base sur la définition de ces niveaux, fondée sur la combinaison de cinq critères indicateurs de performance, comme indiqué au tableau 8.1.

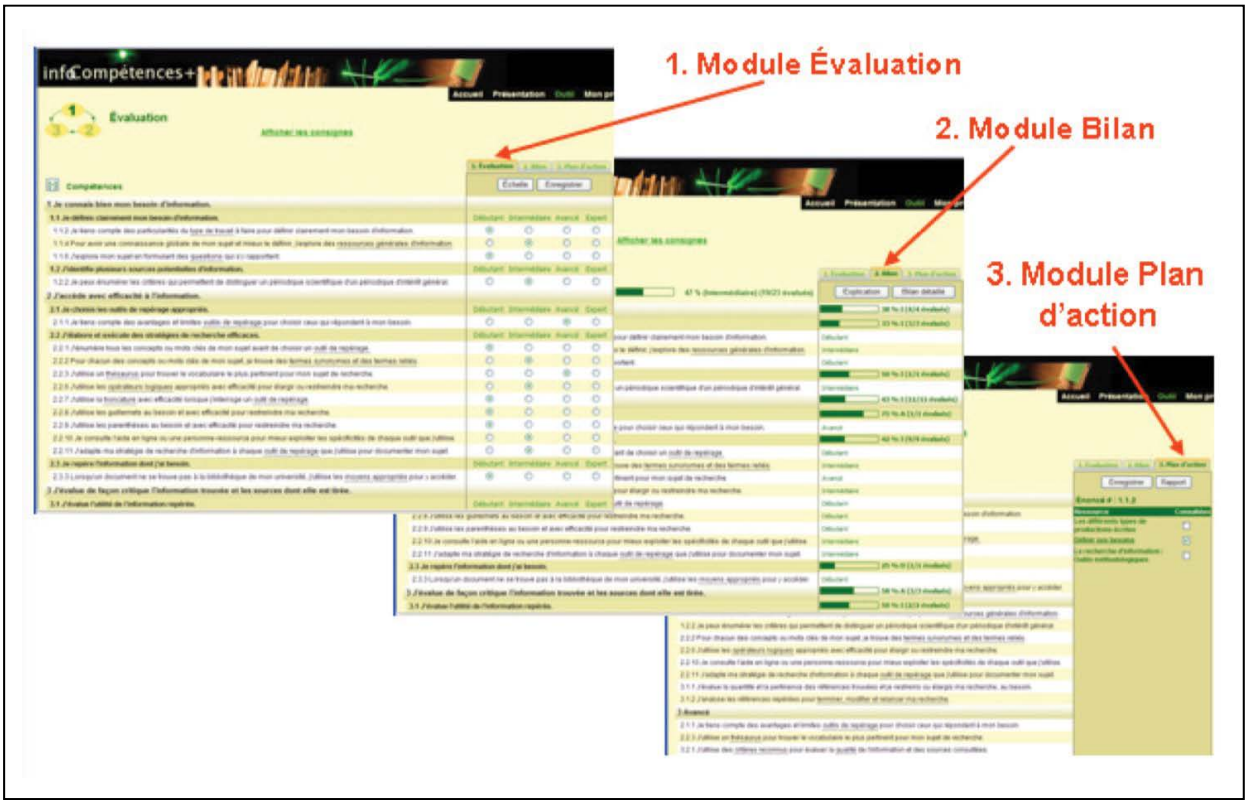
TABLEAU 8.1 LES CRITÈRES POUR ÉTABLIR LES NIVEAUX DE PERFORMANCE

	Niveaux de performance			
Critères	**Débutant**	**Intermédiaire**	**Avancé**	**Expert**
Autonomie	Avec aide	Sans aide	Sans Aide	Sans aide
Persistance	À l'occasion	Chaque fois que c'est nécessaire	Chaque fois que c'est nécessaire	Chaque fois que c'est nécessaire
Complétude	Partielle-ment	Partiellement	Entièrement	Entièrement
Complexité	Situations simples	Situations simples	Situations complexes	Situations complexes
Familiarité	Situations habituelles	Situations habituelles	Situations habituelles	Situations habituelles

– *Bilan*. Ce module présente une synthèse des résultats selon une vue graphique, accompagnée d'explications détaillées.
– *Plan d'action*. Ce module présente une liste personnalisée de ressources susceptibles, en fonction des résultats, d'aider à développer ses compétences.

Des professeurs de l'Université TÉLUQ ont utilisé une autre version de Compétences+ pour recommander aux étudiants et aux étudiantes des activités et des ressources intégrées au scénario de leur cours (Hotte *et al.*, 2007). Le logiciel a aussi servi, dans un autre projet, à l'autoévaluation des compétences de médecins dans le domaine du diabète (Lajoie, 2010). Il a également été utilisé par de jeunes coopérants dans des entreprises du domaine de l'environnement pour autoévaluer les compétences acquises et les associer aux productions qu'ils ont réalisées, leur permettant ainsi de construire un portfolio numérique de leurs compétences et de preuves (ou évidences) de leur acquisition.

FIGURE 8.3 **Les pages-écrans des trois modules de l'outil d'autoévaluation**



infoCompétences+
(tiré de Basque *et al.*, 2007, p. 4)

2.2 L'élaboration d'un programme de formation professionnelle fondé sur les compétences

Un deuxième exemple d'ingénierie pédagogique fondée sur les compétences nous est fourni par le travail de l'équipe du LICEF à l'École du Barreau du Québec pour la conception d'un programme de formation professionnelle d'une année de préparation des futurs avocats et avocates à l'examen d'entrée dans la profession. La MISA a été appliquée pour modéliser les connaissances et élaborer un profil de compétences avec la collaboration de douze spécialistes en droit (École du Barreau du Québec, 2003). Cinq étapes ont été suivies :

– *La modélisation des connaissances*. De nombreuses rencontres de modélisation et de validation ont porté sur plusieurs versions d'un modèle des connaissances centré sur l'accomplissement des actes professionnels. Le modèle fut structuré selon quatre processus : communiquer et interagir avec un client; établir un diagnostic de sa situation; faire l'inventaire des solutions et en élaborer une; gérer la progression du dossier jusqu'à la solution du problème. Chacun de ces processus a été détaillé dans un sous-modèle où les connaissances procédurales ont été liées aux concepts pertinents du droit, de la doctrine et de la jurisprudence.
– *L'association d'habiletés aux connaissances*. Les spécialistes ont ensuite rempli des questionnaires visant à identifier des habiletés cognitives et socioaffectives associées aux trente-cinq connaissances du modèle jugées prioritaires, ainsi que les niveaux de performance requis dans chaque cas Un profil de trente-cinq compétences à mettre en œuvre dans le futur programme a ainsi été élaboré. Quelques-unes d'entre elles sont présentées au tableau 8.2.
– *La priorisation des compétences*. Les spécialistes ont également établi le degré de priorité qu'ils attribuaient à chaque compétence : 1 = essentielle, 2 = très importante, 3 = assez importante, 4 = peu importante. Le tableau 8.2 présente quelques-unes des trente-cinq compétences sous la forme d'énoncés spécifiant l'habileté (en caractères gras), la connaissance (en italique) et le contexte de performance, précisé dans le reste de l'énoncé.
– *L'identification des écarts de compétences à combler*. Des formateurs et des formatrices de l'école ont ensuite été interrogés quant au niveau d'habileté moyen des étudiants et des étudiantes à l'entrée dans le programme, ce qui a permis d'identifier l'écart moyen à franchir. Par exemple, pour la compétence A1, les étudiants et les étudiantes ayant, à l'entrée, en moyenne une habileté de type « mémoriser » de niveau 1, l'écart relatif à franchir de 1 à 6 pour le niveau d'habileté est de 5. Par contre, pour la compétence A4, l'écart est plus important puisqu'il faut passer de l'habileté « mémoriser » (niveau 1) à l'habileté « évaluer » (niveau 9) sa responsabilité professionnelle.

TABLEAU 8.2 **Un échantillon du profil de compétences pour le programme de formation professionnelle de personnes diplômées en droit**

(Pour chaque compétence, l'habileté est en caractères gras, les connaissances sont en italique et les autres termes désignent des critères de performance.)

Identifiant	Compétences	Priorité	Entrée	Écart
	Générales			
A1	**(6) Analyser** *les textes de loi* applicables aux situations juridiques, avec ou sans aide, selon que la complexité est forte ou moyenne.	1	2	4
A2	**(6) Analyser** l*a doctrine et la jurisprudence* applicables à des situations juridiques familières, avec ou sans aide, selon la complexité.	1	2	4
A3	**(7) Adapter** *sa collaboration avec d'autres professionnels* et professionnelles, sans aide, selon les exigences des situations juridiques.	2	1	6
A4	**(9) Évaluer** *sa responsabilité professionnelle*, avec ou sans aide, selon la complexité de la situation juridique.	1	1	8
A5	**(3) Préciser** *les règles de droit applicables*, sans aide, pour toute situation juridique.	2	1	2
	Règlements et normes de la profession			
B1	**(5) Appliquer** *les règles d'éthique professionnelle et de déontologie*, avec ou sans aide, selon la complexité de la situation juridique.	2	1	4

– *La répartition des compétences visées dans les cours*. L'évaluation des priorités et des écarts de compétences à combler a permis d'établir une stratégie pour la répartition des compétences dans les quatre cours prévus au programme

offert par l'École du Barreau du Québec. Cette stratégie a consisté à répartir les trente-cinq compétences dans les quatre cours du programme. Ainsi, les compétences prioritaires (1 et 2) ayant un écart de compétences élevé de 4 ou plus, par exemple A1, A2, A3, A4 et B1, sont traitées dans les quatre cours. Les compétences prioritaires ayant un écart de compétences faible (1 ou 2), par exemple A5, ne sont traitées que dans un ou deux cours.

Une fois les compétences attribuées à chaque cours, les autres éléments de la MISA, notamment la correspondance entre les habiletés visées et les types d'activités d'apprentissage et de ressources, ont été utilisés pour élaborer les scénarios de cours, choisir les ressources médiatiques et les modes de diffusion des cours.

Le profil de compétences a également permis de revoir l'examen du Barreau du Québec qui autorise l'entrée dans la profession, de sorte qu'il soit conséquent avec la formation offerte dans les cours de l'École.

Un autre projet mené plus récemment au LICEF par l'équipe de Josianne Basque a permis de rédiger un guide de mise en œuvre d'une approche-programme en enseignement supérieur, qui intègre une démarche d'ingénierie pédagogique fondée sur les compétences (Basque, 2017).

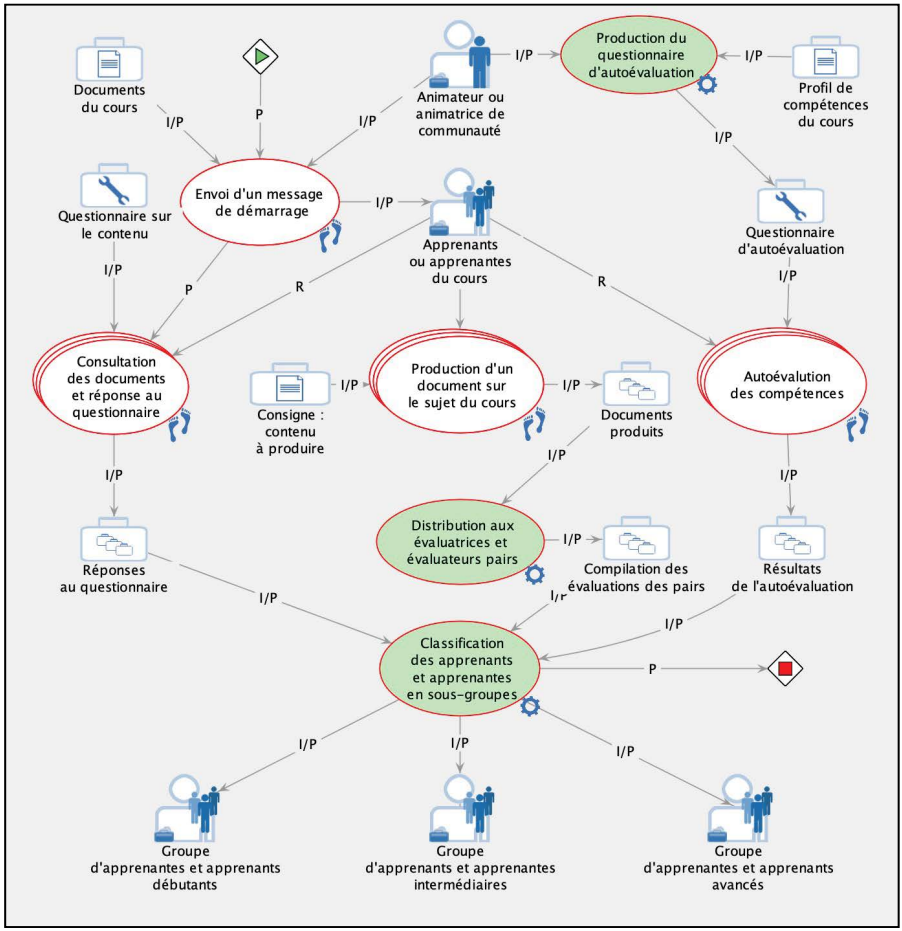
2.3 Les compétences pour personnaliser un CLOM

L'ingénierie pédagogique peut apporter une contribution significative à la personnalisation des CLOM (MOOC [*massive online open course*] en anglais), qui peuvent regrouper par milliers des apprenants et des apprenantes de toute origine, sur tous les continents, possédant une grande variété de connaissances et de compétences. Ce type de cours ne prévoit pas la possibilité d'interagir avec une ou un professeur ou avec une personne tutrice. Il devient donc particulièrement important de prévoir des activités et des ressources adaptées à différents profils de personnes apprenantes.

Dans un projet portant sur la personnalisation dans les CLOM, Bejaoui *et al.* (2017) ont ainsi proposé d'ajouter à tout CLOM existant un module initial permettant d'introduire un profil de compétences, pour ensuite l'utiliser pour évaluer les compétences de chaque apprenant ou apprenante et rendre alors possible la personnalisation des apprentissages. La figure 8.4 présente le scénario du module initial qui permet de dresser les différents profils des personnes apprenantes en fonction de leurs compétences. Par la suite, celles-ci sont rassemblées en différents sous-groupes selon les profils afin d'accéder à des démarches et à des ressources adaptées.

Comme l'indique la figure 8.4, l'animateur ou l'animatrice de communauté du CLOM doit avoir à sa disposition un profil des compétences visées par la forma-

tion, fourni par l'équipe de conception du cours. Sa première opération consiste à produire un questionnaire d'autoévaluation destiné aux apprenants et aux apprenantes, généré automatiquement dans un logiciel comme Compétences+. Il démarre ensuite le module préliminaire par l'envoi d'un courriel invitant les personnes apprenantes à consulter une ou des ressources d'introduction fournies dans le cours (vidéo, texte, site Web, etc.), ainsi que les compétences préalables et visées du cours.



Légende des graphes de scénario GMOT : I/P (intrant ou produit d'une activité); P (lien de précédence entre activités); R (un acteur régit une activité); les activités sont représentées par des ovales.

FIGURE 8.4 **Modèle d'un scénario préliminaire de classification des personnes apprenantes dans un CLOM (adapté de Paquette *et al.*, 2015, figure 8)**

Les apprenants et les apprenantes doivent ensuite réaliser les trois activités principales du module initial et dont chacune fournit un des trois intrants nécessaires à un outil de *classification des apprenants et apprenantes en sous-groupes* :

– La première activité consiste à consulter les *documents du cours* et à remplir un *questionnaire* (à choix multiples) sur le *contenu* des documents du cours; celui-ci fournit une évaluation automatique des compétences et un premier intrant pour l'outil de classification.
– La deuxième activité consiste à réaliser la *production d'un document sur le sujet du cours*; cette production est distribuée automatiquement à un certain nombre d'apprenants et d'apprenantes du cours jouant le rôle d'évaluateurs pairs qui en effectuent une évaluation à partir d'une grille d'évaluation basée sur le profil de compétences; la moyenne de ces évaluations est un deuxième intrant pour l'outil de classification.
– La troisième activité est une *autoévaluation des compétences*, réalisée par la personne apprenante à l'aide du questionnaire produit par l'animateur ou l'animatrice de communauté; les réponses à ce questionnaire constituent le troisième intrant pour l'outil de classification.

Les résultats de ces trois évaluations des compétences sont intégrés à un logiciel qui effectue automatiquement la classification des apprenants et des apprenantes en sous-groupes et auquel on précise le nombre de groupes souhaité; ces outils produisent ici les trois groupes d'apprenants et d'apprenantes indiqués à la figure 8.4.

La politique de classification, dont les paramètres doivent être intégrés dans l'outil de classification pour produire les listes de chacun des sous-groupes, constitue un élément central dans le regroupement des étudiants. Un premier élément concerne le poids relatif accordé à chacune des trois techniques d'évaluation des compétences. D'autres paramètres plus avancés peuvent prévoir de regrouper les personnes apprenantes ayant des connaissances antérieures et des habiletés cognitives homogènes. On peut aussi regrouper les personnes apprenantes de façon hétérogène quant à leurs habiletés métacognitives ou socioaffectives pour que la collaboration à l'intérieur du groupe soit plus productive.

2.4 L'assistance fondée sur les compétences dans les scénarios en ligne

Pour fournir de l'assistance à un acteur d'un scénario d'apprentissage, il faut connaître la tâche qu'il a entreprise et les ressources à sa disposition. Dans le système TELOS (Paquette *et al*., 2015), cette information est fournie par le scénario d'apprentissage qui regroupe un certain nombre de tâches à réaliser. Ces activités

d'apprentissage organisées hiérarchiquement deviennent des points d'insertion où la personne qui conçoit le scénario peut intégrer des agents d'assistance qui interviendront de différentes façons auprès de l'acteur lors de la mise en opération du scénario[6].

Pour cela, ces agents d'assistance doivent disposer d'un modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice dont la partie principale est le modèle des compétences regroupant les données relatives aux connaissances et aux compétences acquises jusque-là par la personne apprenante au cours de la réalisation des activités proposées dans le scénario. Ce modèle est structuré sur la base d'une des ontologies de compétences qui seront présentées à la section 3 de ce chapitre. On y retrouve les compétences qui ont été associées aux ressources que l'utilisateur ou l'utilisatrice a consultées ou produites et aux compétences visées, ainsi qu'aux activités qu'il a réalisées.

Lorsqu'une tâche intègre un agent d'assistance, cet agent consulte le modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice et compare les compétences inscrites dans ce modèle aux compétences préalables associées à la tâche. Si les compétences de l'utilisateur ou de l'utilisatrice sont alors trop faibles par rapport à celles qui sont requises comme préalables à l'activité, l'agent affecté au point d'insertion peut lui recommander une ressource à consulter avant d'entreprendre l'activité.

Lorsque l'utilisateur ou l'utilisatrice a consulté les ressources recommandées ou réalisé l'activité avec succès, les compétences visées par les ressources ou l'activité sont considérées comme acquises et sont ajoutées au modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice avec l'identification de la ressource ou de l'activité qui démontrent l'acquisition de ces compétences. Dans certains cas, l'agent peut faire appel à un évaluateur humain qui certifie que la personne a bien réussi l'activité; son attestation est ajoutée à la nouvelle compétence à titre de confirmation. Dans TELOS, ces informations sont visibles par l'étudiant ou l'étudiante et par toute personne autorisée par celui-ci dans un outil qui affiche le portfolio de l'étudiant, où l'on trouve le modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice.

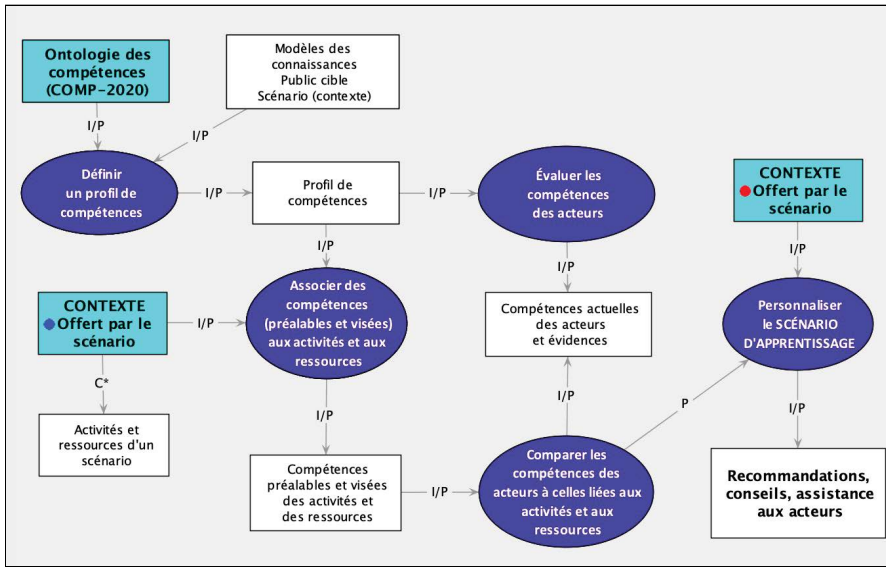
Le graphe de la figure 8.5 résume le processus que nous avons appliqué dans l'utilisation du système TELOS pour personnaliser un ENA à partir d'un modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice :

– L'ontologie des compétences est le modèle générique (ou le langage) qui permet de définir les profils particuliers de compétences. Il s'agit par exemple de l'ontologie COMP-2020 qui sera présentée en détail à la section 3.4.

---

6 Ce processus est décrit plus en détail dans la section 4 de ce chapitre.

– Ce profil permet de spécifier lesquelles sont des compétences des apprenants et des apprenantes, des formateurs et des formatrices ainsi que des autres ressources intégrées à l'ENA.
– Les compétences de chaque personne apprenante, à un moment donné, sont regroupées dans son modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice et affichées dans son portfolio qui regroupe les preuves de leur acquisition (appelées « évidences »).
– Un algorithme de comparaison des compétences a été implanté dans le système TELOS (Paquette *et al.*, 2012) pour comparer les compétences d'un apprenant ou d'une apprenante avec les compétences préalables à une ressource ou visées par celle-ci.
– La personnalisation du scénario d'apprentissage (recommandations, conseils, assistance aux personnes apprenantes et aux facilitateurs et facilitatrices) est fondée sur cette comparaison des compétences.



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); P (lien de précédence entre activités); C* (lien vers les composantes d'un objet); les procédures sont représentées par des ovales et les résultats par des rectangles

FIGURE 8.5 **Le processus de personnalisation fondé sur les compétences**

3 Des modèles sous forme d'ontologies pour définir les compétences

Les sections précédentes ont mis en évidence les différents rôles que joue la modélisation des compétences dans l'ingénierie pédagogique des ENA en présentant des projets d'application réalisés au LICEF.

Cette section propose des modèles visuels opérationnels des notions de c*ompétence* et de *profil de compétences*, développés sous forme d'ontologies au LICEF. Traduites en un langage XML (*Extensible Markup Language*) approprié, ces ontologies sont intégrées à divers outils permettant de définir et d'utiliser le profil de compétences d'un ENA.

Deux de ces ontologies, COMP-2007 et COMP-2014, utilisées dans les projets décrits plus haut, sont brièvement présentées ici. Le modèle le plus récent (COMP-2014) sera ensuite comparé à quatre autres modèles semblables pour en faire ressortir les ressemblances et les différences. Par la suite, sur la base de cette analyse comparative, une nouvelle ontologie plus élaborée et plus flexible, COMP-2020, sera décrite; cette ontologie étend les possibilités des précédentes versions, dans la perspective d'une intégration au Web sémantique[7].

3.1 Le modèle des compétences COMP-2007

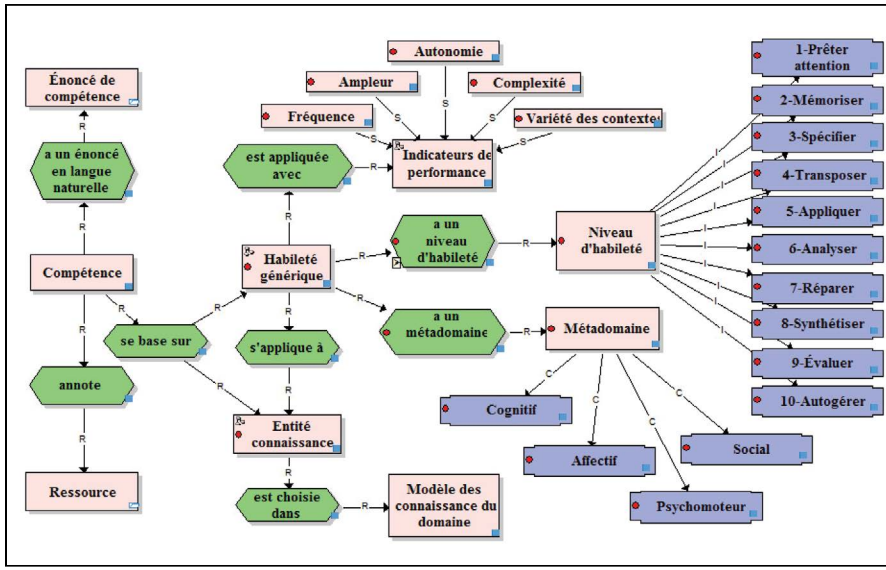
La figure 8.6 présente le modèle principal de COMP-2007, qui précise notre définition opérationnelle initiale de la compétence présentée à la section 1.1 sous la forme d'un modèle graphique en langage MOT. La connaissance à laquelle s'applique la compétence est choisie dans un modèle décrivant un domaine de connaissances. L'habileté générique est choisie dans une taxonomie d'habiletés qui précise son niveau et son métadomaine. Le contexte de performance est décrit en combinant un certain nombre d'indicateurs de performance (tableau 8.1). Habiletés et indicateurs de performance sont présentés plus en détail dans des sous-modèles.

Un référentiel ou un profil de compétences[8] est défini comme un ensemble de compétences portant sur un même domaine de connaissances ou une même tâche

7 Voir la discussion de cette question au chapitre 7, qui présente une approche générale pour instrumenter une méthode d'ingénierie des ENA.

8 Dans les grandes organisations, on utilise souvent le terme de « référentiel de compétences » comme une énumération et une description des compétences intéressant l'organisation. On choisira des compétences dans ce référentiel pour composer les différents *profils de compétences* décrivant les exigences requises par une tâche spécifique dans l'organisation.

ou profession, par exemple la gestion de projet, la physique des matériaux ou la profession d'infirmière. Dans les référentiels de compétences, chaque compétence est souvent présentée sous la forme d'un énoncé en langue naturelle. Les compétences vont servir à annoter des ressources, différents types de documents et d'activités en leur attribuant des compétences préalables et visées, mais aussi des personnes (apprenants, apprenantes, facilitateurs, facilitatrices), en leur attribuant des connaissances actuelles.



Légende des graphes d'ontologie GMOT[9] : R (lien de domaine à propriété ou de propriété à codomaine); S (lien entre sous-classe et classe); I (lien entre une classe et un de ses éléments)

FIGURE 8.6 **Le modèle principal d'une compétence dans COMP-2007**

Ce modèle est celui qui a servi à développer les deux premiers projets décrits dans la section précédente, soit l'outil Compétences+ pour l'autoévaluation des compétences et le programme de formation de l'École du Barreau du Québec.

3.2 Le modèle des compétences COMP-2014

La figure 8.8 présente le modèle COMP-2014, une version étendue du modèle précédent sous forme d'ontologie construite en utilisant l'éditeur de modèles GMOT,

9 Cette légende s'applique aussi aux autres graphes d'ontologie réalisés avec le logiciel GMOT (figures 8.7 à 8.13).

version RDFS, un langage pour décrire des ontologies. Cette version était devenue nécessaire pour intégrer un modèle des compétences dans TELOS[10] (Paquette *et al.*, 2007). Elle est utilisée dans les deux autres applications présentées à la section 2, pour la personnalisation des CLOM et pour l'assistance aux scénarios d'apprentissage dans TELOS.

La partie centrale du modèle COMP-2014 présente toujours les trois composantes d'une compétence : connaissance, habileté générique et performance. Les compétences sont aussi décrites par des énoncés en langage naturel et elles servent à décrire les compétences d'une personne ou les compétences préalables ou visées par une ressource ou une activité d'apprentissage.

L'aspect structurel du modèle est important, car il permet de comparer les compétences en les ordonnant selon les niveaux d'habileté et selon les niveaux de performance. Par exemple, la compétence consistant à diagnostiquer le système électrique d'une automobile est moins exigeante que celle qui consiste à réparer ce système ou encore à synthétiser un tout nouveau système électrique. Du côté performance, diagnostiquer un système électrique avec l'aide de quelqu'un pour certains types de systèmes électriques est une compétence moins exigeante que de le faire sans aide, pour toutes les sortes de systèmes électriques. En représentant chaque compétence d'un référentiel par un triplet (C, H, P[11]), on peut comparer les compétences selon leur position dans un modèle des connaissances (C), ainsi que le niveau d'habileté (H) et de performance (P) requis (Paquette *et al.*, 2012).

Le modèle de 2007 comportait dès le départ une taxonomie élaborée d'habiletés génériques ordonnées selon leur complexité, par exemple en quatre ou dix niveaux. Dans le nouveau modèle, on peut choisir une instance quelconque de taxonomie, celle qui est indiquée à la figure 8.7 ou une autre, pourvu qu'il s'agisse d'une liste ordonnée (*skos:OrderedCollection*). De la même façon, le niveau de performance peut être aussi spécifié dans une liste ordonnée numérique de 1 à 10 ou une classe de performance telle que *débutant, intermédiaire, avancé, expert*.

Le modèle COMP-2014 comporte une amélioration importante, soit l'association des compétences aux acteurs, aux documents ou aux activités. Aux acteurs, après évaluation, on associe certaines des compétences du référentiel qualifiées

10 TELOS est un système développé au LICEF, qui intègre un ensemble d'outils pour la création d'environnements Web pour l'apprentissage ou la gestion des connaissances. Il est géré par ontologies, il permet l'orchestration de scénarios multi-acteurs et il contient un outil d'édition de profils de compétences fondé sur COMP-2014.

11 C pour connaissance; H pour habileté; P pour performance.

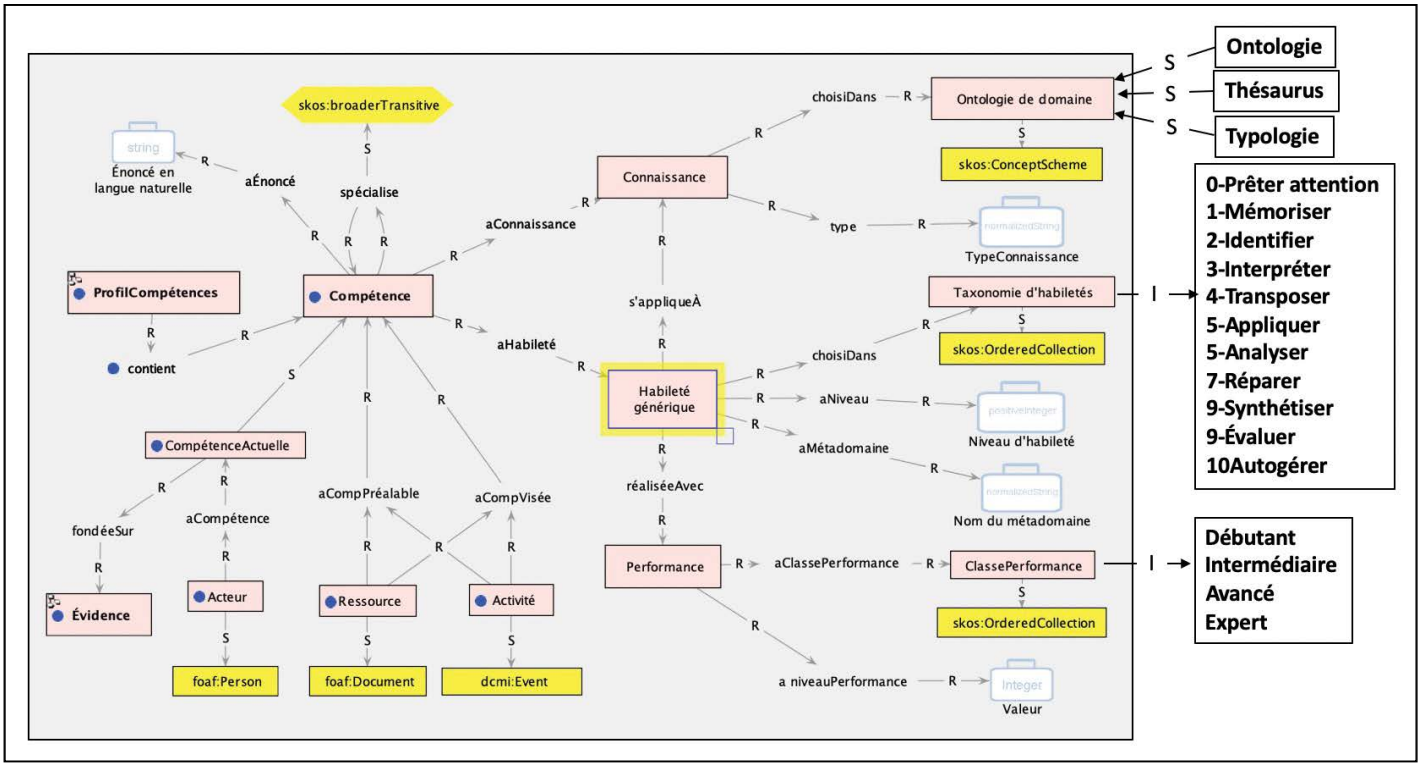


FIGURE 8.7 **Le modèle des compétences COMP-2014**

de *compétences actuelles* de l'acteur. Aux autres ressources, comme les documents ou les activités d'un scénario d'apprentissage, on associe des *compétences préalables* requises pour s'en approprier le contenu et des *compétences visées*, que les documents et les activités visent à développer. Cela permet de déterminer si l'on doit recommander l'usage d'une ressource à une personne ou à un groupe de personnes compte tenu de leurs compétences actuelles. Le nouveau concept d'*évidence* permet d'associer à une compétence d'une personne soit un document produit, soit une activité réalisée ou le résultat d'un test démontrant qu'elle a acquis cette compétence. Ce concept permet de construire, pour une personne donnée, un *portfolio* regroupant ses compétences à un moment donné et les preuves de leur acquisition.

Depuis quelques années, on voit apparaître l'utilisation de vocabulaires ou d'ontologies populaires du Web sémantique définies très précisément. Le modèle COMP-2014 de la figure 8.7 utilise certaines de ces ontologies du Web DOL (ou Web sémantique) grâce au langage RDFS, ce qui permet de relier l'ontologie des compétences à d'autres vocabulaires. Par exemple, les concepts de *ressource, d'acteur et d'activité* sont définis comme des sous-classes (liens S), respectivement de *foaf:Document, foaf:Person* ou *dcmi:Event*. Les vocabulaires *FOAF* (Brickley et Miller, 2014) et DCMI (DCMI, 2012) sont définis de façon précise dans la documentation du Web sémantique, ce qui facilite l'interopérabilité des applications informatiques et permet aussi d'utiliser au besoin les autres termes de ces vocabulaires pour étendre le champ sémantique disponible.

On utilise aussi le vocabulaire SKOS (*Simple Knowledge Organization System*) (2009) du Web sémantique pour ajouter beaucoup de souplesse au modèle. Le lien entre *ontologie de domaine* et *skos:ConceptScheme* définit une *ontologie de domaine* comme un ensemble de concepts liés par des liens sémantiques, laissant à la personne qui l'utilise le choix de modéliser les connaissances sous forme d'ontologies, de thésaurus ou de simples typologies. Le lien à *skos:OrdreredCollection* pour les niveaux d'habiletés et de performance ainsi que le lien à *skos:broaderTransitive* (est une spécialisation transitive) entre deux compétences ajoutent encore davantage de précision et de souplesse par rapport au modèle COMP-2007.

3.3 Comparaison des représentations du concept de compétence

Au cours des dernières années, d'autres modèles plus ou moins élaborés ont été développés pour définir le concept de compétence. Quatre de ces modèles ayant été analysés afin d'évaluer comparativement le modèle des compétences COMP-2014 sont présentés ici.

The Reusable Competency Definition (RCD) (IMS RDCEO, 2002; IEEE RCD, 2007). Il s'agit du premier effort de standardisation de la notion de compétence approuvée par la Commission des standards de l'IEEE en septembre 2007. La compétence y est présentée comme un modèle de données pour décrire, référencer et partager des définitions de compétences, prioritairement dans un contexte d'apprentissage en ligne. Le modèle RCD est minimaliste et extensible. Comme souligné dans le document de définition, ce standard ne définit pas si une compétence est une habileté, une connaissance, une attitude ou un résultat d'apprentissage, mais il peut être utilisé pour contenir de l'information sur ces notions.

Le modèle des compétences HR-XML (Bloom *et al.*, 2004). Ce modèle créé par un consortium industrie-université se concentre sur l'interopérabilité des définitions de compétences évaluées dans différents contextes organisationnels. On y définit la compétence comme une connaissance, une habileté, une attitude et/ou un comportement spécifique, identifiable, définissable et mesurable qu'une ressource humaine peut posséder et qui est nécessaire ou qui soutient la performance d'une activité dans un contexte organisationnel spécifique. Chaque compétence a un poids numérique destiné à marquer son importance relative, par exemple un niveau d'habileté, de performance ou de priorité pour une organisation. Le concept de *competency evidence* (évidence) peut inclure des résultats de tests, des évaluations de performance, des certificats, des notes d'observation directe.

The Achievement Standards Network Description Language (ASN, 2019). Ce modèle très élaboré, en passe de devenir un standard dans les écoles nord-américaines, poursuit deux objectifs : élaborer un langage de description pour encoder numériquement les compétences et développer un référentiel pour le transfert des compétences entre les écoles des États américains et des provinces canadiennes. Le langage de description (analogue à celui de COMP-2014) contient trente-huit propriétés et dix classes, bien intégrées dans les ontologies et les vocabulaires les plus populaires du Web sémantique. Les deux classes principales du modèle sont *ASN:StandardDocument* et *ASN:Statement*. Un document standard est un référentiel regroupant un ensemble de compétences reliées, par exemple celles qui sont visées par le programme d'une école. Les compétences (*ASN:Statement*) ont un niveau de performance (*ASN:ProficiencyLevel*). Elles peuvent être décrites par différentes sous-propriétés (*dct:conformsTo*) pour spécifier qu'une ressource a une compétence préalable requise, visée ou atteinte (actuelle).

L'ontologie des compétences Rezgui (Rezgui *et al.*, 2014). Cette ontologie a été élaborée par une équipe de recherche de l'Université de Tunis en étendant certains aspects de notre modèle COMP-2007. La définition de la compétence com-

prend quatre composantes plutôt que trois : connaissance, habileté, performance et contexte (C, H, P, Cont). L'ontologie fournit plusieurs propriétés pour décrire les compétences de chaque apprenant ou apprenante, chacune regroupant des enregistrements d'évidences des compétences acquises. L'enregistrement d'une évidence peut regrouper plusieurs sources colligées dans un portfolio numérique, telles que la réussite d'une activité ou une ressource produite par la personne apprenante. Les énoncés de compétences et les évidences pouvant être plus ou moins crédibles, des niveaux de crédibilité peuvent leur être associés.

Ces quatre propositions ont été analysées en construisant des modèles GMOT-RDFS, sous la même forme que celui de la figure 8.8 pour l'ontologie COMP-2014, de façon à dégager des critères de comparaison et faire ressortir les ressemblances et les différences entre les cinq propositions. Le but de cette analyse est de valider notre ontologie des compétences ou de la faire évoluer quant à des composantes manquantes. Le tableau 8.3 résume cette analyse comparative selon dix caractéristiques.

TABLEAU 8.3 **La comparaison des modèles des compétences**

Caractéristique	Modèle des compétences				
	COMP-2014	RCD	HR-XML	ASN	Rezgui
Format du modèle	Ontologie RDFS	Métadonnées de description	Métadonnées	Ontologie RDFS	Ontologie RDFS
Format de la compétence	Triplet (C, H, P)	Énoncé en langue naturelle	Énoncé en langue naturelle	Énoncé en langue naturelle	Quadruplet (C, H, P, C)
Liens entre compétences	Hiérarchie de spécialisation	Aucun	Hiérarchie de spécialisation	Carte élaborée d'associations	Hiérarchie de spécialisation +
Association d'habiletés	L'habileté est une composante de la compétence	La compétence peut être une simple habileté	La compétence peut être une simple habileté	Lien explicite entre compétence et habileté	L'habileté est une composante de la compétence
Connaissance et compétence	La connaissance est une composante de la compétence	La compétence peut être une simple connaissance	La compétence peut être une simple connaissance	La compétence peut être une simple connaissance	La connaissance est une composante de la compétence
Échelle de performance	Critères de performance combinés	Aucune	Poids attribué à la compétence	Niveau dans une échelle de performance	Critères de performance combinés
Compétences et ressources	Compétence préalable et visée d'une ressource	Aucun lien	Aucun lien	Multiples corrélations	Liens au portfolio numérique
Compétences et acteurs	Compétence actuelle d'un acteur	Aucun lien	Lien à un utilisateur ou à une utilisatrice	Aucun lien	Lien aux acteurs
Évidence	Liens compétence-évidence	Aucune	Propriétés des évidences	Compétence évaluée d'une ressource	Propriétés des enregistrements d'évidences
Contexte d'acquisition	Référentiel de compétences	Aucun	Lieu ou organisation de l'utilisateur ou de l'utilisatrice	Propriétés dans le document standard	Propriété de contexte

3.4 L'ontologie de définition des compétences COMP-2020

L'analyse comparative des modèles des compétences a permis d'étendre l'ontologie COMP-2014 à une nouvelle version, COMP-2020. Dans ce qui suit, on trouvera les principales décisions qui ont conduit à l'élaboration de ce modèle.

La gestion des compétences est un processus où certaines tâches sont traitées automatiquement et d'autres, par des acteurs humains : les apprenantes et les apprenants eux-mêmes ou encore des facilitateurs et des facilitatrices. Dans les modèles RCD et HR-XML, les compétences sont des textes non structurés en langue naturelle, qui rendent difficiles les traitements par machine (Idrissi *et al.*, 2016). L'usage d'un langage sémantique tel que celui qui est proposé par les modèles ASN, COMP-2014 et Rezgui est nécessaire pour exprimer une sémantique claire et rendre possibles le traitement automatique, l'interopérabilité et la réutilisation des énoncés de compétences dans les réseaux d'établissements et d'organisations (Sicilia *et al.*, 2014).

Le modèle doit de plus pouvoir être appliqué à toutes les dimensions du traitement des compétences tout en évitant la spécialisation excessive. Il doit rendre possibles à la fois la définition, l'évaluation, la certification, l'enregistrement et la comparaison des compétences (Fazel-Zarandi et Fox, 2013).

Le modèle doit être économe quant au nombre de ses composantes. Le Web sémantique et un format tel que RDFS apportent une solution sur ce plan en définissant les termes à l'aide d'autres vocabulaires ayant un sens bien défini. Le détail de ces vocabulaires n'a pas à être ajouté au modèle. Le modèle ASN applique ce principe, mais il multiplie les liens entre les compétences ainsi qu'entre les compétences et les ressources, dont l'établissement demande trop de travail et d'expertise. Voilà pourquoi la définition structurelle de la compétence des modèles COMP-2014 et Rezgui peut être retenue.

Pour réconcilier les deux objectifs précédents, la généralité et l'économie, nous retenons l'idée d'un modèle en cinq niveaux. Ce modèle doit pouvoir être appliqué avec un petit nombre de composantes de base. On doit toutefois pouvoir y ajouter un ou plusieurs groupes de composantes si nécessaire, par exemple une échelle de performance, le référencement des ressources, l'association d'évidences aux compétences ou les propriétés des référentiels de compétences.

3.4.1 Niveau 1 : le modèle de base COMP-2020

Le modèle de base présenté à la figure 8.8 regroupe les éléments centraux présents dans COMP-2014. Une *compétence* est liée à un énoncé en langue naturelle

qui est décomposé en trois éléments : *habileté générique et connaissance*, qui sont des composantes obligatoires, et *indicateurs de performance*, élément optionnel qui fera l'objet d'un sous-modèle de niveau 2. Sont également obligatoires les propriétés du standard RCD *titre* et *identifiant*, qui seront inscrites dans le *profil de compétences* qui sert de catalogue des compétences. La relation optionnelle (*spécialise*) entre compétences sert à structurer ce référentiel de compétences, des plus générales aux plus spécifiques. Les liens aux deux classes principales du modèle ASN (*asn:statement et asn:Standard_document*) rendent possible l'utilisation de ce vocabulaire en conjonction avec COMP-2020 lorsque cela peut s'avérer utile pour certaines applications.

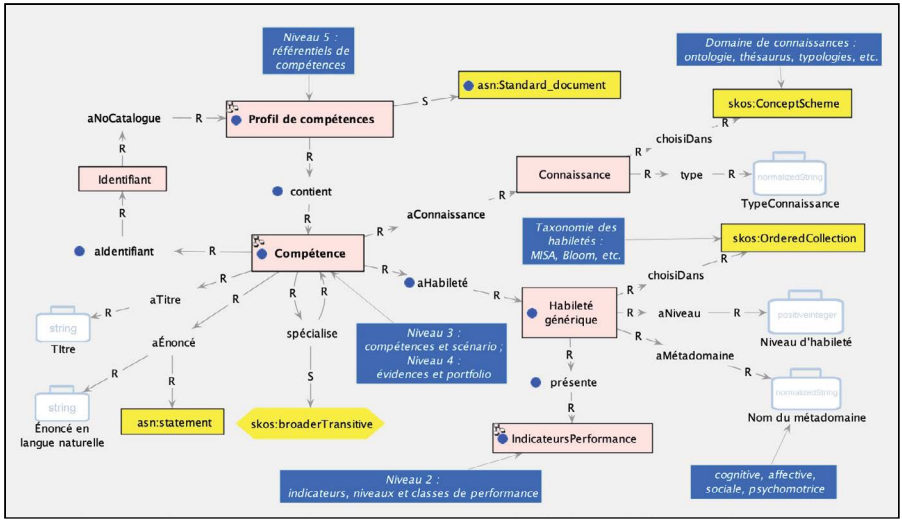


FIGURE 8.8 **Niveau 1 : le modèle de base COMP-2020**

Tout comme dans COMP-2014, la composante *connaissance* est choisie dans un *schéma conceptuel SKOS* (qui peut être une ontologie, un thésaurus ou une simple typologie). La composante *habileté générique* est choisie dans une *collection ordonnée SKOS*, offrant le choix à l'équipe de conception entre diverses taxonomies comme COMP-2014. Une *habileté générique* a aussi une propriété optionnelle (*aMétadomaine*) qui peut spécifier son appartenance à l'une des quatre classes suivantes : *cognitive, affective, sociale* ou *psychomotrice*.

3.4.2 Niveau 2 : les indicateurs de performance

Un premier sous-modèle (figure 8.9) propose cinq *indicateurs de performance*, lesquels se combinent pour définir un *niveau de performance* et une *classe de per-*

formance pour une compétence. Le modèle propose cinq classes d'*indicateurs de performance* : *fréquence, étendue, autonomie, complexité* et *variété du contexte*, chacune définie par des valeurs au choix de l'utilisateur[12].

Chaque application doit fournir une méthode de calcul à partir des valeurs fournies par les indicateurs de performance pour produire un *niveau de performance* dans une *échelle de performance* numérique, par exemple de 0 à 10 ou de 0 à 100. Une fois le niveau fixé dans cette échelle, on pourra déterminer la *classe de performance* en fournissant une collection ordonnée de termes, par exemple : débutant, intermédiaire, avancé, expert. Encore ici, une mesure de souplesse est intégrée, laissant aux personnes utilisant l'ontologie le choix de l'échelle, ainsi que la méthode de calcul à partir des indicateurs de performance.

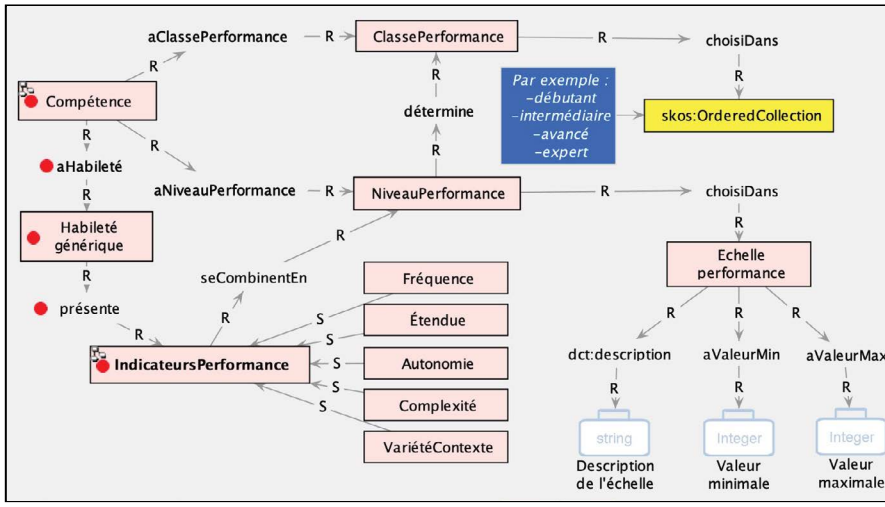


FIGURE 8.9 **Niveau 2 du modèle COMP-2020 : les indicateurs de performance**

3.4.3 Niveau 3 : le référencement des composantes d'un scénario

Un second sous-modèle (figure 8.10) sert à attribuer des compétences du *référentiel de compétences* aux éléments d'un scénario d'apprentissage. Dans le scénario, on attribue à un acteur évalué (défini comme un membre de *foaf:Person*) une ou plusieurs compétences actuelles choisies dans ce référentiel et dont il peut démontrer l'acquisition (*évidences*).

12 Ces notions et la méthode par laquelle on peut les combiner pour obtenir un niveau et une classe de performance sont expliquées dans Paquette (2007); un exemple en a aussi été donné à la section 2.1.

À chacune des ressources et des activités sont associées deux compétences du *référentiel de compétences : une compétence préalable* et une *compétence visée*. La *compétence préalable* est celle qu'un acteur doit posséder au minimum pour utiliser la ressource ou s'engager dans l'activité avec profit. La *compétence visée* par une ressource ou une activité est celle qu'un acteur doit acquérir en produisant cette ressource ou en réalisant cette activité. Une fois acquise, cette compétence devient une de ses *compétences actuelles*. La ressource ou l'activité sert alors d'*évidence* pour cette compétence actuelle.

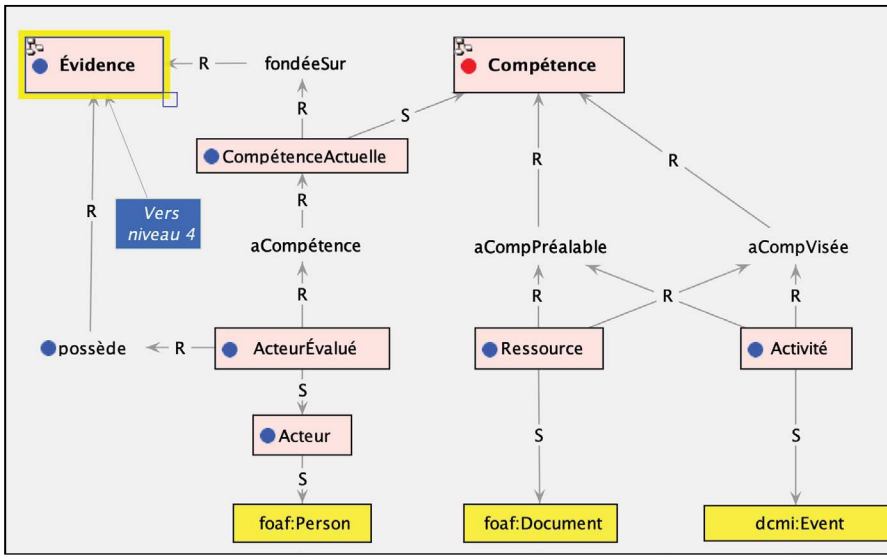


FIGURE 8.10 **Niveau 3 du modèle COMP-2020 : le référencement des composantes d'un scénario**

Ce même sous-modèle fournit les classes et les propriétés nécessaires pour intégrer un processus de gestion des compétences dans un scénario d'apprentissage. On peut alors comparer ces dernières selon le niveau d'habileté et le niveau (ou la classe) de performance qui sont liés à une compétence. La comparaison des compétences d'un acteur avec les compétences relatives aux ressources qu'il produit ou aux activités qu'il réalise permet de mettre à jour ses compétences. Elle sert également à rechercher et à recommander des ressources adéquates aux acteurs, compte tenu de leurs compétences actuelles. Elle permet aussi d'assurer la cohérence du scénario en vérifiant que les compétences visées par une activité sont soutenues par des ressources qui offrent une compétence visée suffisante.

3.4.4 Niveau 4 : les évidences et le portfolio

Le sous-modèle présenté à la figure 8.11 s'intéresse aux preuves (évidences) qui démontrent les compétences actuelles de l'*acteur évalué*, regroupées dans un *portfolio numérique*. Dans celui-ci, chaque *compétence actuelle* est soutenue par la *fiche des évidences* qui contient la liste des preuves de l'acquisition de cette compétence. Chaque *évidence* possède d'abord une *description* qui peut être de trois types : l'attestation par un des acteurs du scénario (évaluateur, évaluatrice, apprenant, apprenante, groupe), une ressource produite ou une activité réalisée avec succès par la personne apprenante. L'évidence comporte aussi un identifiant, une date de réalisation, un niveau de confiance, possiblement une annotation et l'adresse d'un *document d'appui (foaf:Document)*.

Contrairement au modèle Rezgui, le *niveau de confiance* relatif à chaque *compétence actuelle* ne peut être calculé directement, mais uniquement à partir des niveaux de confiance liés à chacune des *évidences*.

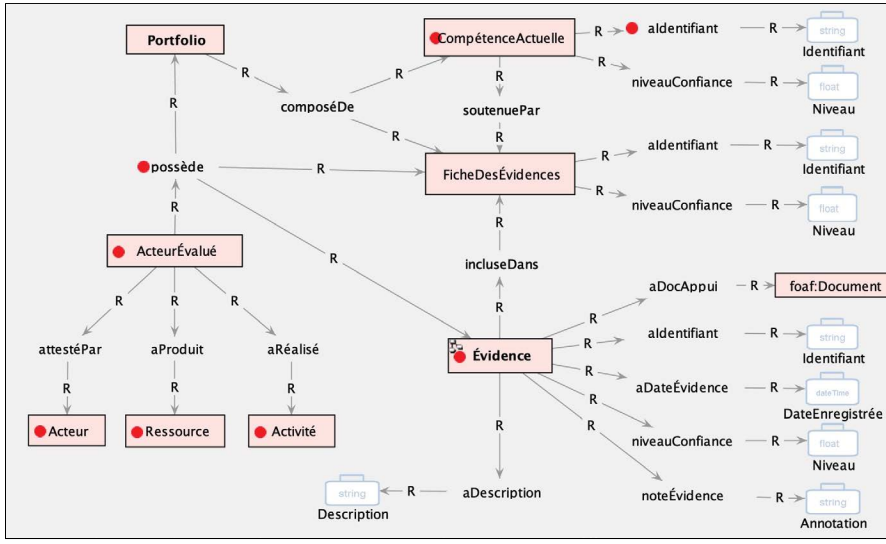


FIGURE 8.11 **Niveau 4 du modèle COMP-2020 : les évidences de l'acquisition d'une compétence et le portfolio**

3.4.5 Niveau 5 : le contexte du référentiel de compétences

Le dernier sous-modèle (figure 8.12) concerne le contexte du *profil de compétences*, soit les propriétés entourant sa publication. Nous intégrons ici certaines

des propriétés de la notion de document standard du modèle ASN. Un *profil de compétences* contient toutes les compétences d'une application et peut être subdivisé en *sous-référentiels* ou *correspondre* avec d'autres référentiels dans d'autres établissements. Par exemple, un référentiel de première année universitaire en sciences peut être mis en correspondance avec tous les référentiels des programmes d'autres universités. Un référentiel de compétences a aussi une *date de création*, une *adresse Web* (URI), un *statut*, une *source* décrivant l'organisation qui diffuse le référentiel, un *sujet général* et un *public visé*.

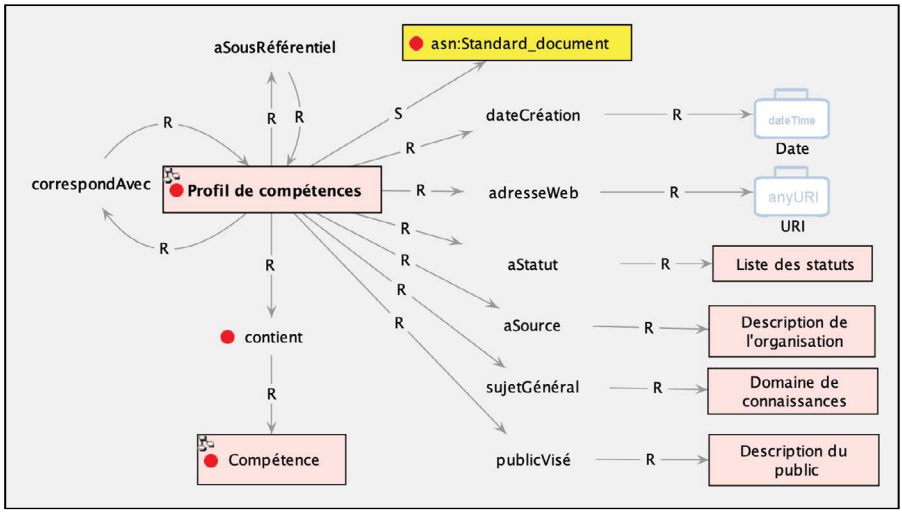


FIGURE 8.12 **Niveau 5 du modèle COMP-2020 : le contexte du référentiel de compétences**

4 L'évaluation des compétences

Cette section examine de plus près les processus d'évaluation permettant d'associer des compétences actuelles aux acteurs et des compétences préalables et visées aux ressources et aux activités d'apprentissage, ce qui permettra de compléter l'ontologie COMP-2020 sur ce plan.

4.2 De l'évaluation des connaissances à l'évaluation des compétences

Il faut d'abord souligner les différences entre l'évaluation des connaissances et celle des compétences. Il ne s'agit pas uniquement de vérifier si la personne ap-

prenante « possède » une connaissance, mais surtout quel usage elle peut en faire selon son degré de maîtrise en termes d'habileté générique (cognitive, affective, sociale ou psychomotrice) et de performance.

On peut mentionner ici deux exemples de projets menés dans le domaine de l'évaluation des compétences : AHELO (*Assessment of Learning Outcomes in Higher Education*) (OCDE, 2015)[13], une initiative de l'OCDE pour établir une échelle internationale de mesure des compétences qui soit transversale aux cultures, aux langues et aux institutions, et ALEKS (*Assessment and Learning in Knowledge Spaces*) (Idrissi *et al.*, 2016), un outil en ligne à base de compétences pour l'évaluation des compétences en mathématique.

À l'instar de Norman *et al.*, (2014), nous considérons que le développement d'une compétence se fait de façon graduelle. La compétence peut être représentée par une courbe de croissance non linéaire, qui est d'abord rapide, puis qui décélère et se stabilise. L'évaluation basée sur les compétences (EBC) nécessite que les apprenants et les apprenantes fassent la démonstration de cette croissance en accomplissant des tâches liées à des problèmes du monde réel (Colson et Hirumi, 2016). L'évaluation doit être conçue de façon à vérifier à la fois le niveau d'habileté et le niveau de performance dans l'accomplissement des tâches et dans l'utilisation des connaissances requises pour ce faire.

Selon Fitzgerald *et al.* (2015), les principes suivants s'appliquent dans l'évaluation des compétences :

- Les données nécessaires à l'évaluation doivent être recueillies fréquemment et même, si possible, de façon continue.
- Les données doivent être, autant que possible, recueillies lors d'activités de production impliquant l'exercice des habiletés génériques appliquées aux connaissances définissant la compétence à évaluer.
- Les mêmes données d'évaluation peuvent être utilisées tant pour les évaluations formatives que les évaluations sommatives.
- Des critères standardisés et des évaluations collaboratives sont nécessaires pour évaluer au mieux les compétences.

4.2 Vers une ontologie pour l'évaluation des compétences

Trois ontologies ont été proposées par différentes équipes de recherche. Elles

13 Ce projet de l'OCDE est décrit à l'adresse suivante : http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/ahelo-main-study.htm

sont examinées ici dans la perspective de fournir une base à l'évaluation des compétences :

– *Ontologie OntoCompetence* (Cantabella *et al.*, 2013). Cette équipe a proposé une ontologie décrivant les concepts et les relations à l'œuvre dans les évaluations basées sur les compétences, à partir des productions réalisées par la personne apprenante au cours de sa démarche d'apprentissage. Cette ontologie est intégrée à une application appelée OntoCompetence. La terminologie utilisée dans cette ontologie diffère de celle de ce chapitre, car la compétence n'est pas structurée en connaissance, habileté et performance. Une compétence correspond à l'aptitude d'un individu à accomplir une même tâche dans différents contextes. Chaque « compétence » se développe selon un ou plusieurs niveaux (*degree*) dans un « domaine de connaissance » (*Subject_Area*). La classe subject est employée dans le sens d'« activité d'apprentissage » à laquelle une ou plusieurs compétences sont associées. La classe *learning result* est employée dans le sens d'une « production » de la personne apprenante dans la réalisation de l'activité. Elle fournit ainsi une base pour une « évidence » de l'acquisition de la compétence, dans la mesure où une ou plusieurs évaluations démontrent un degré de maîtrise suffisant.

– *Ontologie de l'évaluation* (Romero *et al.*, 2015). Cette ontologie intègre vingt concepts pour une évaluation (*assessment*) des compétences qui peut être de trois types selon les agents qui l'effectuent : coévaluation entre pairs (*CoAssessment*), dont l'un joue le rôle d'évaluateur pour l'autre; autoévaluation (*SelfAssessment*), réalisée par la personne apprenante elle-même; hétéro-évaluation, lorsque, par exemple, un éducateur évalue un apprenant. Une évaluation est composée d'activités, qui à leur tour sont composées d'une ou de plusieurs actions (*reactive*). Le moment auquel se produit l'évaluation adopte trois instances possibles : diagnostique, formative et sommative. Une évaluation est fondée sur un ou plusieurs critères d'évaluation (*rubric*) fournissant chacun un score. Cette ontologie propose un sous-modèle qui décrit divers instruments d'évaluation utilisés lors d'une activité d'évaluation et trois sous-modèles qui présentent respectivement les instruments formels d'évaluation, les instruments semi-formels d'évaluation et les activités d'essai avec restriction.

– *Ontologie OntoEval.* Cette ontologie étend la typologie d'évaluation des compétences proposée dans la méthode MISA (Paquette, 2002a) pour qu'elle soit utilisée avec les sous-modèles de l'ontologie des compétences COMP-2020 présentés aux figures 8.10 et 8.11. La figure 8.13 montre qu'une évaluation comporte des étapes de planification, de collecte de l'information, d'analyse et de prise de décision.

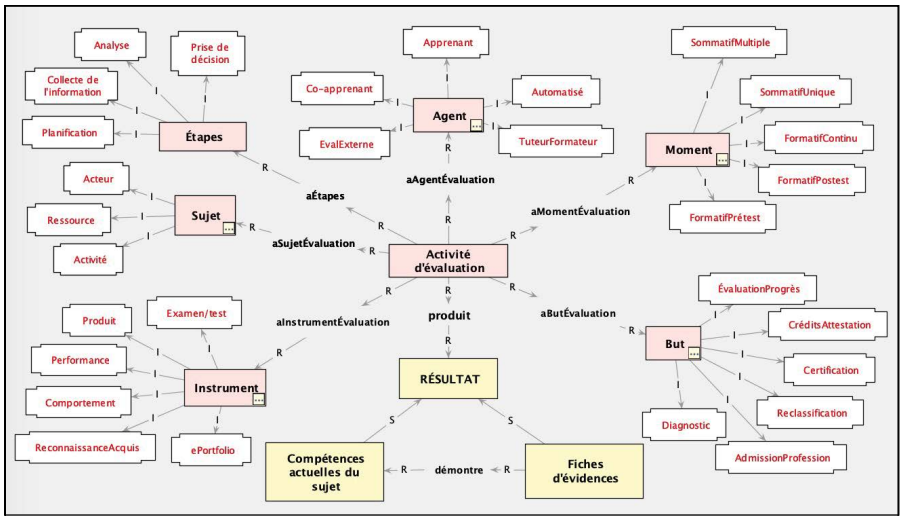


FIGURE 8.13 **Les principaux concepts à l'œuvre dans une activité d'évaluation d'une compétence**

La planification de l'évaluation d'une compétence implique l'établissement de six types de composantes (tableau 8.4) : le sujet de l'évaluation, la source de l'évaluation, le ou les agents responsables de l'évaluation, le moment de l'évaluation, le but de l'évaluation ainsi que le résultat de l'évaluation qui sera inscrit dans les données de COMP-2020.

TABLEAU 8.4 **Les composantes de l'ontologie OntoEval**

Sujet de l'évaluation	Le sujet de l'évaluation est la personne apprenante (ou acteur évalué) dont on désire évaluer une compétence actuelle. Il peut aussi être une ressource, un document ou une activité dont on doit évaluer la compétence préalable et la compétence visée.
Source de l'évaluation	La source de l'évaluation est un examen ou un test, une ressource produite, une activité ou une performance réalisée, un comportement observé, une re-connaissance de compétence ou un portfolio regroupant des connaissances déjà acquises préalablement. Ces deux derniers éléments tiennent compte du caractère évolutif de la compétence pour un apprenant ou une apprenante, puisqu'en comparant les compétences du portfolio aux compétences ac-quises, on pourra déterminer le supplément de preuves nécessaires (évidences) pour atteindre une certaine compétence visée.
Agent de l'évaluation	L'agent qui fournit l'évidence est une personne tutrice, un formateur, une formatrice, un évaluateur ou une évaluatrice externe, la personne apprenante, un ou des co-apprenants, ou encore un mécanisme automatisé. Pour une même source de l'évaluation, une combinaison d'agents peut s'avérer utile.
Moment de l'évaluation	L'évaluation peut se produire en mode formatif prétest, postest ou continu, en mode sommatif unique ou multiple. Règle générale, pour évaluer une compé-tence, il est préférable d'utiliser un mode formatif tout au long de la forma-tion, quitte à transformer les résultats en mode sommatif à la fin d'un cours ou d'une unité d'apprentissage.
But de l'évaluation	Le but de l'évaluation des compétences peut être l'obtention de crédits d'attestation, l'accès à une profession, l'évaluation des progrès dans une tâche, le diagnostic quant à la qualité d'un travail, une reclassification, la certi-fication d'un degré d'étude. Le but peut influencer les choix des instruments, des agents et des moments de l'évaluation lors de l'étape de la planification de l'évaluation.
Résultat de l'évaluation	Le résultat de l'évaluation est l'énoncé de la compétence actuelle ou de la compétence préalable et visée d'une ressource ou d'une activité, spécifiée avec ses composantes connaissance, habileté générique et niveau de perfor-mance, comme défini dans l'ontologie COMP-2020. Chaque compétence est démontrée par une ou plusieurs évidences de son acquisition, évaluées et consignées dans le portfolio de l'acteur évalué.

Conclusion

Ce chapitre a démontré l'importance du concept de compétence dans la démarche d'ingénierie pédagogique en soulignant ses multiples usages pour concevoir et soutenir l'apprentissage. Telle qu'elle est définie dans ce chapitre, la compétence est au cœur du processus d'apprentissage qui consiste à transformer les informations recueillies par nos sens en connaissances. Les connaissances d'un domaine particulier ne s'acquièrent jamais seules, mais plutôt en conjonction avec les traitements métacognitifs qu'on en fait. Par l'exercice de nos habiletés cognitives, affectives, sociales ou psychomotrices, nous développons des connaissances dans un domaine particulier comme la chimie ou l'économie, mais en même temps nous développons nos habiletés génériques qui sont des métaconnaissances procédurales (Pitrat, 1990), des connaissances agissant sur les connaissances d'un domaine ou l'autre pour les mémoriser, les expliciter, les appliquer, les analyser, les synthétiser, les évaluer, les autogérer.

Pour cette raison, il est essentiel que l'ingénierie des ENA se fonde sur les compétences puisque c'est bien leur acquisition qui constitue la raison d'être de ces environnements d'apprentissage. Ce chapitre apporte ainsi une contribution essentielle à l'ingénierie pédagogique. Le traitement des compétences présenté dans ce chapitre, en misant sur les ontologies et les technologies du Web sémantique, permet d'intégrer leur modélisation dans la nouvelle génération du Web qui est en pleine expansion et dont le potentiel reste largement à explorer.

Références

ASN (2019). *Achievement standards network core RDF*. http://standards.asn.desire2learn.com

Basque, J. (2015). *Le concept de compétence : quelques définitions.* Projet MAPES (Modélisation de l'approche-programme en enseignement supérieur). Réseau de l'Université du Québec. https://pedagogie.uquebec.ca/outils/le-concept-de-competences-quelques-definitions

Basque, J. (2017). L'approche-programme : les multiples connaissances mobilisées dans un projet d'approche-programme en enseignement supérieur. Dans P. Pelletier et A. Huot (dir.), *Construire l'expertise pédagogique et curriculaire en enseignement supérieur : connaissances, compétences et expériences* (p. 161-181). Presses de l'Université du Québec. ISBN 978-2-7605-4812-1. https://r-libre.teluq.ca/1037/

Basque, J. et Ruelland, D. (2006). *infoCompétences+ : développement d'un outil informatisé d'autodiagnostic des compétences informationnelles destiné aux étudiants universitaires. Rapport final du projet.* Université TÉLUQ. https://r-libre.teluq.ca/1507/

Basque, J., Ruelland, D. et Lavoie, M.-C. (2007). A digital tool for self-assessing information literacy skills. Dans T. Bastiaens et S. Carliner (dir.), *Proceedings of the e-learn 2007, World conference on e-leaning in corporate, government, healthcare, & higher education*, Québec, 16-19 octobre 2007 (p. 6997-7003). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). https://r-libre.teluq.ca/2202/

Bejaoui, R., Paquette, G., Basque, J. et Henri, F. (2017). Cadre d'analyse de la personnalisation de l'apprentissage dans les cours en ligne ouverts et massifs (CLOM). *Sciences et technologies de l´information et de la communication pour l´éducation et la formation (STICEF), 24*(2). doi:10.23709/sticef.24.2. https://r-libre.teluq.ca/1106/

Bloom, N., Bork, D., Kiel, P., Scott, D., Edwards, J. D., Cohn, D., Glass, B., Bartkus, K., Mickley, R., Kortright, E. et Weiss, J. (2004). *HR-XML competencies (measurable characteristics). Recommendation. Dans Chuck Allen (dir.), HR-XML*.

Brickley, D. et Miller, L. (2014). *FOAF Vocabulary Specification 0.99*. http://xmlns.com/foaf/spec/

CAEL. (2017). Competency-based education. https://www.cael.org/news-and-resources/how-collaboration-can-win-the-day-for-competency-based-education

Cantabella, M., Muñoz, A. et Caballero, A. (2013). OntoCompetence: An ontology model to evaluate competence. Dans *AWERProcedia information technology & computer science* (p. 411-418). University of Barcelon. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.736.3469&rep=rep1&type=pdf

Colson, R. et Hirumi, A. (2016). A framework for the design of online competency-based education to promote student engagement. Dans K. Rasmussen, P. Northrup et R. Colson (dir.), *Handbook of research on competency-based education in university settings* (p. 168).

DCMI. (2012). *Dublin core metadata initiative*. http://dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/2012-06-14/

École du Barreau du Québec. (2003, février). *Restructuration du programme d'études. Phase 1 – Groupe livrable 1 : dossier des connaissances et des compétences* [document interne non publié].

Fazel-Zarandi, M. et Fox, M. S. (2013, juillet). Inferring and validating skills and competencies over time. *Applied Ontologies, 8*(3), 131-177.

Fitzgerald, J. T., Burkhardt, J., Kasten, S., Mullan, P., Santen, S., Sheets, K. J., Tsai, A., Vasquez, J. et Gruppen, L. (2015). Assessment challenges in competency-based education: A case study in health professions education. *Medical Teacher, 38*, 1-9. https://doi.org/10.3109/0142159X.2015.1047754

Hotte, R., Basque, J., Page-Lamarche, V. et Ruelland, D. (2007). Ingénierie des compétences et scénarisation pédagogique. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 4*(2), 38-56. https://r-libre.teluq.ca/640/

Idrissi, M. K., Hnida, M. et Bennani, S. (2016). Competency-based assessment: From conceptual model to operational tool. Dans E. Cano et G. Ion (dir.), *Innovative practices for higher education assessment and measurement* (p. 57-78). IGI Global. https://www.igi-global.com/chapter/competency-based-assessment/159967

IEEE RCD. (2007). *IEEE standard for learning technology-data model for reusable competency definitions* (p. 1-36). Approuvé le 27 septembre 2007 par l'IEEE-SA Standards Board.

IMS RDCEO. (2002). *IMS reusable definition of competency or educational objective specification*. IMS Global Learning Consortium Inc. https://www.imsglobal.org/content/rdceo-v1

Krause, J., Dias, L. P. et Schedler, C. (2015). Competency-based education: A framework for measuring quality courses. *Online Journal of Distance Learning Administration, 18*(1), 1-9.

Lajoie, L. (2010). *Dispositif en ligne d'autodiagnostic des besoins de développement professionnel continu destiné aux médecins de première ligne pour le maintien de l'expertise médicale mobilisée en diabète* [mémoire de maîtrise en formation à distance, Université TÉLUQ, Québec, Canada]. https://r-libre.teluq.ca/617/

Le Boterf, G. (1999). *L'ingénierie des compétences* (2e éd.). Éditions d'Organisation.

Ministère de l'Éducation du Québec. (2000). *Programme de formation de l'école québécoise*. Ministère de l'Éducation, Gouvernement du Québec. http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1958791

Norman, G., Norcini, J. et Bordage, G. (2014). Competency-based education: Milestones or Millstones 1? *Journal of Graduate Medical Education, 6*(1), 1-6. http://www.jgme.org/doi/full/10.4300/JGME-D-13-00445.1.

Organisation de coopération et de développement économiques. (2015). *Assessment of learning outcomes in higher education*. AHELO Project. http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/ahelo-main-study.htm

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences : un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3). http://ritpu.ca/IMG/pdf/art4Paquette.pdf

Paquette, G. (2007). An ontology and a software framework for competency modeling and management. *Educational Technology & Society, 10*(3), 1-21.

Paquette, G., Marino, O., Rogozan, D. et Léonard, M. (2015). Competency-based personalization for massive online learning. *Smart Learning Environments, 2*(1), 4. Springer Link. https://link.springer.com/article/10.1186/s40561-015-0013-z

Paquette, G., Rogozan, D. et Marino, O. (2012). Competency comparison relations for recommendation in technology enhanced learning scenarios. Dans N. Manouselis, H. Draschler, K. Verber et O. C. Santos (dir.), *Proceedings of the 2nd Workshop on Recommender Systems for Technology Enhanced Learning* (vol. 896, p. 23-34). CEUR Workshop Proceedings.

Paquette, G., Rosca, I., Mihaila, S. et Masmoudi, A. (2007). TELOS: A service-oriented framework to support learning and knowledge management. Dans S. Pierre (dir.), *E-learning networked environments and architectures*. Springer.

Pitrat, J. (1990). *Métaconnaissance : futur de l'intelligence artificielle*. Hermès.

Rezgui, K., Mhiri, H. et Ghédira, K. (2014). An ontology-based approach to competency modeling and management in learning networks. Dans G. Jezic, J. Chen-Burger, M. Kusek, R. Sperka, R. J. Howlett et L. C. Jain (dir.), *Agent and multi-agent systems: Technologies and applications* (p. 257-266). Springer. http://link.springer.com.tlqprox.teluq.uquebec.ca/chapter/10.1007/978-3-319-07650-8_26.

Romero, L., North, M., Gutiérrez, M. et Caliusco, M. L. (2015). Pedagogically-driven ontology network for conceptualizing the e-learning assessment domain. *Educational Technology & Society, 18*(4), 312-330.

Sampson, D. et Fytros, D. (2008). Competence models in technology-enhanced competence-based learning. Dans H. H. Adelsberger, Kinshuk, et J. M. Pawlowski (dir.), *Handbook on Information Technologies for Education and Training* (p. 155-177). Springer. doi:10.1007/978-3-540-74155-8_9

Sicilia, M.-A., Lytras, M. et Jones, N. (2014). Using ontologies for integrated knowledge management in organization design and engineering. Dans R. Magalhães (dir.), *Organization design and engineering* (p. 202-228). Springer. http://link.springer.com.tlqprox.teluq.uquebec.ca/chapter/10.1057/9781137351579_9

SKOS. (2009). *SKOS Simple Knowledge Organization System Namespace Document – HTML Variant: 18 août 2009 Recommendation Edition*. W3C. http://www.w3.org/2009/08/skos-reference/skos.html

Van Lint, S. (2016, mars). *La notion de compétence et son évaluation*. Eduscol. https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/9999/9999-202-p30.pdf

TROISIÈME PARTIE

SPÉCIALISATIONS DE L'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Au fil de son évolution, autant comme domaine de connaissances que comme domaine d'application, l'ingénierie pédagogique s'est enrichie d'environnements numériques d'apprentissage (ENA) adoptant des formes inédites en réponse à des problématiques ou à des préoccupations pédagogiques spécifiques. Des ENA « spécialisés », visant des besoins spécifiques, ont ainsi émergé. Dans cette troisième partie, trois formes spécialisées d'ENA sont présentées : la première propose l'introduction de l'intelligence artificielle (IA) dans les environnements intelligents pour l'apprentissage humain (EIAH), en réponse à la problématique de la personnalisation; la deuxième vise la prise en compte des contextes et des cultures dans le contexte de l'internationalisation de la formation; la troisième cerne le nouveau modèle éducatif incarné dans les CLOM, lequel propose une forme d'ENA qui répond à la nécessité d'apprendre à apprendre de manière autonome, et cela tout au long de sa vie.

Le **chapitre 9** montre comment l'introduction de l'IA dans les ENA fournit une réponse à la problématique de la personnalisation de l'apprentissage. Dotés de capacités inédites, ces environnements dits « intelligents » pour l'apprentissage humain (EIAH) peuvent, entre autres, s'adapter au comportement et à l'état cognitif de la personne apprenante de façon à lui permettre de personnaliser son apprentissage. Après avoir mis en évidence quelques-unes des façons dont les EIAH manifestent de l'intelligence dans leurs interactions avec les apprenants et les apprenantes, le chapitre s'intéresse aux méthodes et aux outils utilisés pour leur conception et leur réalisation, autrement dit à leur ingénierie pédagogique. En terminant, le chapitre ouvre des perspectives de recherche dans le domaine des EIAH.

Le **chapitre 10** met en avant l'idée que la formation à distance et la facilité d'accès aux environnements numériques d'apprentissage (ENA) favorisent l'internationalisation de la formation, car elles permettent d'éliminer les contraintes temporelles et géographiques et donnent lieu à des échanges médiatisés sous

diverses formes (écrite, audio, vidéo). Ces ENA offrent un accès privilégié à une diversité de contextes et de cultures. Mais comment en exploiter le plein potentiel pédagogique? Comment éviter que des variables culturelles ou contextuelles fassent obstacle aux processus d'enseignement et d'apprentissage? Dans ce chapitre, trois pistes de solution sont envisagées : rendre les différences culturelles et contextuelles explicites pour l'ensemble des acteurs (équipes de conception, personnes apprenantes, personnel enseignant), impliquer la personne apprenante dans son parcours d'apprentissage et soutenir le développement des compétences d'adaptation des acteurs aux différences culturelles et à la variété des contextes. Ce chapitre présente d'abord la modélisation des concepts-clés pour la considération des variables culturelles et contextuelles. Il suggère ensuite des pistes pour une ingénierie pédagogique exploitant les variables culturelles et contextuelles dans les ENA. Finalement, il décrit les compétences d'adaptation et propose des pistes d'utilisation des ENA pour aider à les développer.

Le **chapitre 11** aborde la problématique de l'apprentissage dans les CLOM comme une spécialisation de la conception des ENA. La démarche analytique adoptée fournit des pistes ou des repères conceptuels et théoriques sur lesquels prendre appui pour se doter d'un cadre de conception des CLOM en phase avec les nouveaux besoins d'apprentissage et de formation tout au long de la vie. Le modèle éducatif du CLOM est analysé sous trois angles qui lui sont spécifiques : le contrat qui le définit, le contexte dans lequel il s'inscrit et l'apprentissage qui le caractérise. Cette analyse permet de dégager un premier repère voulant que le CLOM propose un modèle éducatif inédit, ouvert et autonomisant, mais peu facilitant. Par la suite, un deuxième repère, le temps, fourni par le grand nombre d'abandons dans les CLOM, souligne chez ces personnes apprenantes un manque d'autonomie et une maîtrise insuffisante des technologies pour apprendre. Un troisième repère est proposé sous la forme d'une conceptualisation théorique de l'autonomie incarnée dans la reconnaissance et la valorisation du métier d'apprenant, un métier qui s'apprend et s'exerce tout au long de la vie.

Le **chapitre 12** propose de répondre à plusieurs questions. Quels repères aideraient à concevoir des ENA capables de satisfaire une nouvelle logique de formation centrée sur l'autonomie de la personne apprenante? Comment passer de la logique du cours enseigné propre à l'ingénierie pédagogique telle qu'elle est généralement pratiquée, à une logique plus ouverte de soutien au développement de l'autonomie? Comment renouveler l'ingénierie pédagogique pour la rendre plus pertinente et cohérente, mieux adaptée aux nouveaux contextes d'apprentissage qui caractérisent l'ère numérique? L'autonomie de l'apprenant et de l'apprenante, la personnalisation de l'apprentissage et l'exploitation des potentialités des technologies sont ainsi mises de l'avant. Dans cette perspective, une nouvelle ingénie-

rie serait fondée sur le concept de translittératie qui renvoie à « l'habileté à lire, écrire et interagir par le biais d'une variété de plateformes, d'outils et de moyens de communication, de l'iconographie à l'oralité en passant par l'écriture manuscrite, l'édition, la télévision, la radio et le cinéma jusqu'aux réseaux sociaux[1] ». Il importe donc qu'une ingénierie pédagogique renouvelée propose une démarche qui permette à la personne apprenante d'exploiter les technologies non seulement pour définir et réaliser son projet d'apprentissage, mais aussi et surtout pour apprendre à apprendre de manière autonome, et cela tout au long de sa vie.

1. Sue Thomas, Chris Joseph, Jess Laccetti, Bruce Mason, Simon Mills, Simon Perril et Kate Pullinger, Transliteracy: Crossing divides, *First Monday, 12* (12), 2007. https://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/view/2060/1908 (tiré de François Guité, *Relief*, blogue éducationnel, http://www.francoisguite.com/2007/12/la-translitteratie/) [traduction libre]

CHAPITRE 9

L'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS INTELLIGENTS POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN

Gilbert Paquette • Valéry Psyché • Jacqueline Bourdeau

RÉSUMÉ

L'introduction de l'intelligence artificielle dans les environnements numériques d'apprentissage dote ces environnements de capacités nouvelles, dont celle de s'adapter au comportement et à l'état cognitif de la personne apprenante, de façon à personnaliser son apprentissage. Au fil du temps et des progrès en intelligence artificielle appliquée à l'éducation, cette caractéristique de personnalisation est devenue de plus en plus présente dans les environnements numériques d'apprentissage dits « intelligents ». Ce chapitre présente différents types d'environnements intelligents pour l'apprentissage humain. Il s'intéresse aussi à leurs composantes de base, puis à leur ingénierie pédagogique, c'est-à-dire aux méthodes et aux outils qui permettent de les concevoir, de les réaliser et de les rendre disponibles dans un grand nombre de situations de formation.

MOTS-CLÉS

Apprentissage humain; environnements intelligents; intelligence artificielle; systèmes tutoriels intelligents; environnements d'apprentissage par la découverte; micromondes; systèmes conseillers.

Introduction

L'intelligence artificielle est un sujet qui intrigue, fascine ou inquiète. Pourtant, l'idée de prolonger nos facultés intellectuelles dans des objets artificiels créés par nous remonte à nos origines. C'est en effet l'un des traits distinctifs de l'être humain, aussi loin que l'on remonte dans la préhistoire, de créer des artefacts, des instruments pour façonner son environnement. Dans les premiers temps, nous

nous sommes surtout appliqués à créer des instruments qui amplifient et prolongent nos capacités motrices et sensorielles.

L'avènement de l'ordinateur a constitué une véritable révolution, beaucoup plus profonde que les autres révolutions technologiques, parce qu'il s'agit du premier « artefact » qui réussit à amplifier et à prolonger de façon significative nos facultés intelligentes de traitement de l'information. Ce faisant, en simulant nos processus intelligents, nous arrivons à mieux comprendre l'intelligence humaine.

Pour cela, l'intelligence artificielle, parfois qualifiée aussi d'informatique cognitive, a beaucoup à apporter à l'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA). Le but de ce chapitre est d'examiner la diversité de ces apports regroupés sous le terme d'environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA), une catégorie particulière d'ENA, soit les environnements qui utilisent les technologies de l'intelligence artificielle.

L'histoire des EIA débute avec la publication par Carbonell (1970) de ses travaux sur l'environnement Scholar. Intitulant son article *AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction,* il posait le nouveau domaine comme héritier à la fois de l'apprentissage assisté par ordinateur *(computer-assisted instruction* [CAI]) et de l'intelligence artificielle (artificial intelligence [AI]). À la suite de plusieurs programmes de recherche menés dans des laboratoires internationaux, un premier ouvrage fondateur du domaine, *Intelligent Tutoring Systems* (ITS), fut publié par Sleeman et Brown (1982). Puis, un important article de Bloom (1984), démontrant que le tutorat fourni dans un ITS était deux fois plus efficace que l'enseignement en groupe, et un ouvrage fondateur sur les systèmes tutoriels intelligents (STI) (Wenger, 1987) stimulèrent la naissance de l'AIED *(Artificial Intelligence in Education)* Society et de la revue scientifique *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (IJAIED) ainsi que l'organisation d'un colloque bisannuel qui se tient depuis en alternance avec le colloque ITS. En 2010 apparaît une initiative synthèse pour intégrer les différentes approches dans une plateforme-cadre, autant sur le plan des systèmes auteurs pour les EIA que sur celui des systèmes tuteurs en résultant (Sottilare *et al.*, 2018). On voit naître depuis un foisonnement de travaux visant à marier dans les EIA deux grandes tendances en intelligence artificielle : la modélisation cognitive, ou l'IA symbolique, et l'apprentissage automatique (*machine learning*), ou l'IA connexionniste.

La section 1 de ce chapitre présente un survol des sous-domaines de l'intelligence artificielle (IA), de son évolution à travers deux approches qui l'ont marquée : l'IA symbolique et l'IA connexionniste. La section 2 décrit pour sa part l'évolution de la notion d'intelligence dans les environnements numériques d'apprentissage (ENA), ainsi que les différentes catégories d'environnements intelli-

gents pour l'apprentissage humain (EIAH), dont les systèmes tutoriels intelligents (STI), les environnements d'apprentissage par la découverte (EAD) et les systèmes conseillers ou de recommandation. Les sections 3 et 4 s'intéressent à l'ingénierie des EIA, c'est-à-dire aux méthodes et aux outils ou systèmes auteurs qui permettent à des équipes de conception de les réaliser. Intégré dans la conclusion, un inventaire des nouvelles recherches en EIA permettra de prendre connaissance de l'état des recherches qui se poursuivent activement dans ce domaine.

1 Intelligence artificielle et intelligence humaine

L'intelligence artificielle est l'étude des processus qui nous mènent à transmettre aux machines et aux logiciels, y compris aux ENA, des capacités de plus en plus intelligentes. L'évolution de l'intelligence artificielle aura de plus en plus un impact en éducation et dans la conception des outils pour l'apprentissage humain. Dans cette section, nous présentons un survol des principaux sous-domaines et des approches de l'intelligence artificielle pouvant contribuer à améliorer l'intelligence des ENA.

1.1 Les sous-domaines de l'intelligence artificielle

En poursuivant la comparaison avec l'intelligence humaine, les équipes de recherche en intelligence artificielle ont subdivisé leurs travaux en sous-domaines (figure 9.1) correspondant aux diverses facultés intellectuelles que l'on vise à reproduire artificiellement.

Chacun de ces sous-domaines ouvre de nouvelles possibilités pour accroître l'intelligence dans les environnements numériques pour l'apprentissage humain :

- *Perception*. Ce vaste domaine a pour objectif de doter l'ordinateur de facultés de reconnaissance de la parole, de l'écriture ou de scènes visuelles. Il est facile maintenant de doter une machine d'« organes sensoriels » ou de capteurs : vision par cellule photoélectrique, lecture par tablette graphique, enregistrement de la parole par microphone, etc. La partie difficile consiste à construire des programmes capables de comprendre toute la complexité des messages véhiculés par les signaux qui arrivent à ces « sens » artificiels.
- *Compréhension de textes (en langage naturel)*. Un des domaines d'étude les plus anciens en intelligence artificielle est la traduction automatique. Celle-ci implique qu'on analyse un texte dans une langue en tenant compte de son contexte, qu'on en retienne le sens et qu'on génère ce texte dans une autre

langue. Or, cet objectif de comprendre le sens d'un texte est presque celui de comprendre comment fonctionne la pensée.

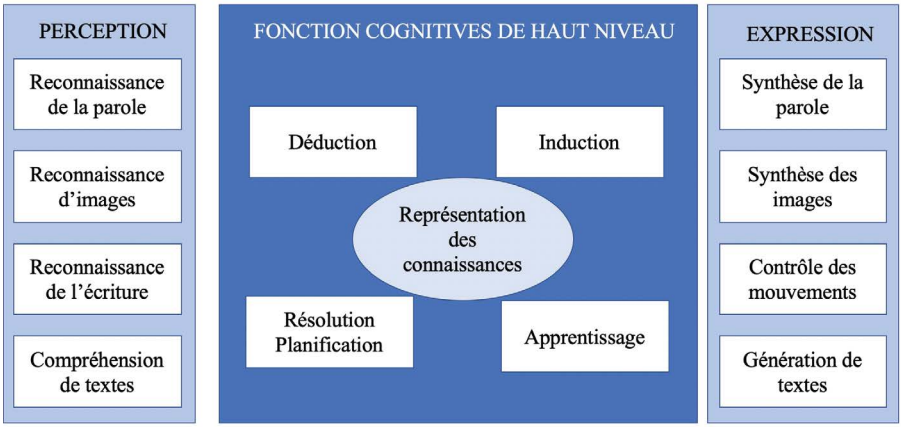


FIGURE 9.1 **Les sous-domaines de l'intelligence artificielle (tiré de Paquette et Bergeron, 1989, p. 29)**

- *Déduction et jugement*. La faculté de déduire des conséquences d'un ensemble d'énoncés est maintenant un problème largement résolu en intelligence artificielle, grâce aux travaux en logique mathématique. Il existe même des langages de programmation logique et des outils de développement de systèmes experts qui intègrent cette faculté dans leur fonctionnement interne. Cette composante des systèmes a été qualifiée de « moteur d'inférence ».
- *Résolution de problèmes, planification*. De nombreuses méthodes générales de résolution de problèmes ont été développées, très souvent dans le contexte de jeux de stratégie. Certaines de ces méthodes peuvent également servir à planifier une suite d'actions pour résoudre un problème, gagner à un jeu ou faire se déplacer un robot.
- *Induction, généralisation*. Il s'agit du problème inverse de la déduction; l'induction consiste, à partir d'exemples, à généraliser un modèle qui s'applique à tous les exemples.
- *Apprentissage*. On se rend compte que les systèmes d'intelligence artificielle doivent traiter des masses importantes de connaissances. D'où l'idée de créer des programmes qui génèrent leurs propres connaissances, c'est-à-dire qui apprennent.
- *Représentation des connaissances*. Tous les autres domaines de l'intelligence artificielle impliquent que l'on construise des connaissances de divers types (faits, concepts, procédures, énoncés, règles, méthodes, théories, etc.). C'est là

le domaine central qui caractérise l'intelligence artificielle. Les environnements et les systèmes intelligents doivent tous contenir une base de connaissances résultant du processus de représentation.

Voyons maintenant quelques jalons de l'évolution de l'IA à travers deux grandes approches, l'IA symbolique et l'IA connexionniste, qui traversent les différents sous-domaines de la figure 9.1.

Depuis quinze ans, l'IA symbolique se développe moins rapidement que l'IA connexionniste qui s'incarne dans l'apprentissage machine, notamment l'apprentissage profond des réseaux de neurones entraînés à partir de données massives en appliquant des approches statistiques. Cette dernière s'est avérée très efficace, notamment dans les tâches de perception et d'analyse du langage naturel, mais ses résultats sont plus difficiles à expliquer que ceux de l'IA symbolique.

1.2 L'approche symbolique

Très tôt au début des années 1950, on dépassa le stade des calculs numériques pour s'attaquer aux calculs formels où l'on manipule des symboles. Ces programmes ont permis à l'ordinateur de passer du stade de l'arithmétique à celui de l'algèbre et de la logique.

Le domaine de l'intelligence artificielle débute en 1956, année où le logiciel *Logic Theorist* de Newell, Shaw et Simon (Gugerty, 2006) arrive à démontrer des théorèmes de la logique des propositions. Au cours d'une réunion regroupant une douzaine de chercheurs, dont Allen Newell, John McCarthy, Marvin Minsky et Herbert Simon, le terme « intelligence artificielle » (*artificial intelligence*) est choisi pour désigner la nouvelle science. À partir de cette date, les travaux progressent rapidement.

Au début des années 1970, une équipe de l'Université Stanford développe un programme appelé DENDRAL (Lindsay *et al.*, 1993) pour analyser les résultats obtenus par un spectrographe de masse. Alors que les premiers programmes d'intelligence artificielle étaient d'ordre général, on assistera entre 1970 et 1975, grâce à cette approche axée sur des connaissances spécialisées, au développement de nombreux systèmes experts, à des progrès marqués en reconnaissance des formes, au développement de la programmation logique, en compréhension du langage naturel et en représentation des connaissances. Entre 1980 et 2000, l'intelligence artificielle quitte les laboratoires de recherche pour s'introduire dans un grand nombre de secteurs de l'activité humaine sous la forme de systèmes experts ou de recommandation, de logiciels de traduction automatique ou de reconnaissance de la parole.

Au tournant des années 2000, le développement le plus marquant est celui du « Web sémantique » où l'on intègre aux ressources disponibles sur le Web des informations sur les connaissances qui y sont traitées. En décrivant leur sémantique, au-delà de leur syntaxe, on peut traiter les informations du Web au moyen d'agents informatiques plus intelligents qu'auparavant, parce que basés sur le sens, sur une représentation des connaissances derrière les mots.

Contrairement aux premiers systèmes d'intelligence artificielle, les systèmes du Web sémantique ne sont pas restreints à une spécialité utilisant un vocabulaire fixe. Le Web sémantique permet de traiter une variété de concepts et de terminologies qui évoluent régulièrement et qui sont définis par un grand nombre d'intervenants et d'intervenantes sur le Web. Pour ce faire, le World Wide Web Consortium (W3C) adopte un modèle d'informations sous forme de graphes de connaissances formés de triplets « sujet, propriété, valeur/objet » permettant de décrire non seulement les propriétés des documents, des personnes et des organisations, mais aussi les concepts et les relations qui décrivent ces objets. L'OWL (*Ontology Web Language*) est un langage universel de représentation des connaissances pour mettre en œuvre le Web sémantique; il utilise un langage de requête, le SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*), pour interroger une base de connaissances ou lui ajouter de nouveaux triplets.

1.3 L'approche connexionniste

L'approche connexionniste, que l'on oppose souvent à l'approche symbolique, est basée sur une modélisation de l'intelligence au niveau microscopique. Plutôt que d'offrir une modélisation symbolique de l'intelligence, elle propose de reproduire celle-ci par des assemblages de composantes qui imitent le fonctionnement des neurones, matériel biologique de base du cerveau.

Un réseau neuronal est un ensemble de neurones artificiels interconnectés par des liens qui simulent les dendrites (à l'entrée d'un neurone) ou l'axone (à la sortie du neurone). Lorsque les entrées d'un neurone satisfont à certaines conditions d'activation, le neurone émet une valeur de sortie qui à son tour influencera d'autres neurones, répartis parfois sur plusieurs couches, permettant à l'ensemble d'accomplir des fonctions intelligentes, par exemple classifier des images, des sons ou des textes.

Une caractéristique essentielle du réseau neuronal est sa capacité d'apprentissage. Contrairement à l'apprentissage dans les systèmes symboliques, l'apprentissage est ici fondé sur un calcul statistique ayant pour but de modifier les poids des entrées de chaque neurone. Ces poids sont combinés dans une fonction de coût dont il s'agit de minimiser les erreurs. La fonction combine ces poids, par

exemple pour distinguer entre deux ou plusieurs « formes » (*patterns*). Lorsque cette fonction fait défaut, les poids sont ajustés à chaque évaluation d'un des objets d'un ensemble d'entraînement présentant l'une des formes à distinguer. Cette fonction est le but de l'apprentissage par le réseau neuronal. Une fois entraînée, elle permet de produire des prédictions lorsqu'une nouvelle situation hors de l'ensemble d'entraînement lui est présentée.

L'approche connexionniste présente plusieurs avantages. Les réseaux neuronaux dépendent très peu de connaissances préalables et ne demandent pas de modélisation comme dans l'approche symbolique. Ce processus consiste à programmer un algorithme capable d'apprendre par lui-même, à partir de données, sans avoir à coder explicitement son comportement. Ces logiciels apprennent par un calcul statistique ajustant des fonctions permettant la reconnaissance de formes sans en faire la modélisation. Cependant, contrairement aux représentations symboliques de l'intelligence, la représentation par réseau neuronal se trouve dans les poids affectés aux liaisons entre neurones, lesquels n'ont aucune signification pour nous, ce qui empêche toute explication des résultats obtenus.

Cela amène plusieurs à considérer que l'avenir de l'IA se trouverait dans le dépassement de l'opposition entre l'approche symbolique et l'approche connexionniste, dans leur intégration dans des architectures hybrides, en combinant les résultats des sciences cognitives, du raisonnement et de l'apprentissage machine à la programmation connexionniste, ou en aidant l'apprentissage des réseaux de neurones par une prémodélisation des connaissances.

2 Les environnements intelligents pour l'apprentissage

Le domaine des environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA) a vu le jour au début des années 1970, fortement influencé d'abord par l'IA symbolique, alors en plein essor, et maintenant aussi par l'approche connexionniste capable d'analyser les données massives résultant de l'utilisation des systèmes. Après une présentation de l'influence des théories de l'apprentissage sur l'intégration de l'IA dans les EIA, cette section distinguera deux grandes catégories d'EIA : les systèmes tutoriels intelligents et les environnements d'apprentissage par la découverte.

2.1 L'influence des théories de l'apprentissage

On peut identifier au moins quatre grandes visions théoriques de l'apprentissage, chacune influençant l'intégration des méthodes et des outils de l'IA dans les environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA) :

– *Apprendre en recevant des renforcements de l'environnement.* Burrhus Frederic Skinner (1954) s'est inspiré des idées de John B. Watson (1913), considéré comme le père du béhaviorisme, selon lequel l'apprentissage est essentiellement conditionné soit par les mécanismes de réponse réflexe à un stimulus donné, soit par l'histoire des interactions de l'individu avec son environnement. Dans la théorie du conditionnement opérant, Skinner prône un enseignement programmé où un sujet apprend en recevant des renforcements en fonction de ses réponses à une situation.
– *Apprendre en traitant de l'information par les mécanismes mentaux internes constitutifs de la pensée et de l'action*. Le *cognitivisme* s'est développé en même temps que l'IA symbolique, avec l'idée qu'un comportement intelligent peut se représenter sur la base d'un langage formel permettant la manipulation de symboles (Newell et Simon, 1972).
– *Apprendre en construisant des images de la réalité dans des situations d'action*. Jean Piaget (1936, 1975) est l'un des grands théoriciens du *constructivisme*. La connaissance ne procède pas d'une perception, mais d'une action; l'acte de connaître un « objet » est inséparable de l'acte de « se » connaître qu'exerce le sujet connaissant en « organisant le monde » (c'est-à-dire les connaissances). L'intelligence (c'est-à-dire le mode d'élaboration de la connaissance) s'organise elle-même.
– *Apprendre en échangeant du sens dans des rapports sociaux*. Lev Vygotsky présente une vision *socioconstructiviste* de la « connaissance en action », en faisant intervenir principalement les « médiations » entre les personnes apprenantes, celles-ci interagissant avec les outils symboliques et physiques de leur environnement socioculturel (Vygotsky, 1978; Ivic, 1994). Le développement mental doit être pensé comme étant de nature sociale, en associant appropriation et communication (Rochex, 1997; Brassac, 2003).

Durant les années 1970, les environnements d'apprentissage par ordinateur étaient généralement inspirés de l'enseignement programmé prôné par des chercheurs comme Skinner et Crowder, où la personne apprenante devait assimiler un contenu statique. Ces systèmes lui présentaient de manière invariable des questions à choix multiples, indépendamment de son niveau de connaissance, selon une séquence par petites étapes « pas à pas ». Les systèmes fournissaient ensuite la même rétroaction à tous les apprenants et les apprenantes chaque fois qu'une réponse était jugée correcte ou incorrecte.

Les critiques de cette approche transmissive ont fait que, très tôt, les travaux dans les EIA se sont écartés du paradigme béhavioriste de l'apprentissage, pour épouser tantôt le paradigme cognitiviste, tantôt le constructivisme ou le socioconstructivisme. Grâce aux techniques d'IA, il était désormais possible de

« doter » les ordinateurs de connaissances et de mécanismes permettant d'utiliser ces connaissances pour personnaliser la démarche d'apprentissage et le contenu des rétroactions.

La figure 9.2 montre quatre tendances dans les ENA qui adoptent principalement une des quatre théories de l'apprentissage : l'enseignement assisté par ordinateur, fondé principalement sur le béhaviorisme; les systèmes tutoriels intelligents (STI) ou environnements d'apprentissage guidé, fondés sur le cognitivisme; les environnements d'apprentissage par la découverte (EAD), fondés principalement sur le constructivisme; les environnements d'apprentissage collaboratif, fondés sur le socioconstructivisme. La figure montre également leur ordre d'apparition approximatif depuis les années 1960.

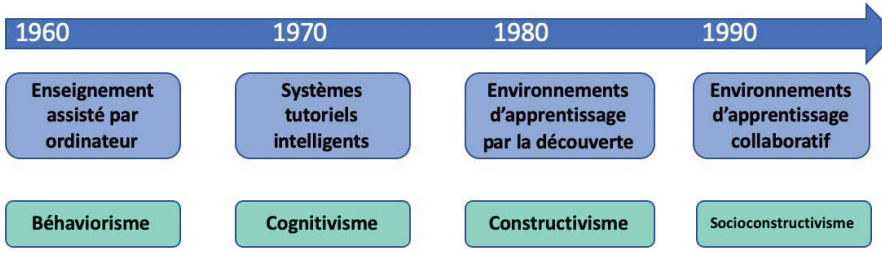


FIGURE 9.2 **Théories de l'apprentissage et types d'environnements d'apprentissage**

2.2 L'IA dans les environnements intelligents pour l'apprentissage

Ces différentes approches coexistent aujourd'hui dans les ENA, ce qui fait que l'IA a pris plus d'importance en éducation que par le passé, son introduction étant plus accessible grâce à l'implantation progressive du Web sémantique depuis l'année 2000.

C'est au tournant de l'an 2000 que l'essor de l'IA connexionniste commence aussi à influencer le développement des environnements intelligents pour l'apprentissage. On observe un intérêt croissant pour l'exploitation intelligente des données en éducation[1], notamment dans le contexte des CLOM (cours en ligne ouverts massivement), lesquels fournissent des données massives (*big data*). Ce nouveau domaine faisant appel à des données massives, appelé « analytique de

1 Voir le chapitre 6.

l'apprentissage » (*learning analytics*), concerne la collecte, la mesure, l'analyse et la communication des données sur les personnes apprenantes et leurs contextes, à des fins de compréhension et d'optimisation de l'apprentissage. On distingue trois niveaux d'analytique de l'apprentissage selon que l'on vise l'étude de l'apprentissage par les apprenants et les apprenantes, l'efficacité d'un programme de cours ou les pratiques d'ensemble d'un établissement d'enseignement.

2.2.1 Les systèmes tutoriels intelligents

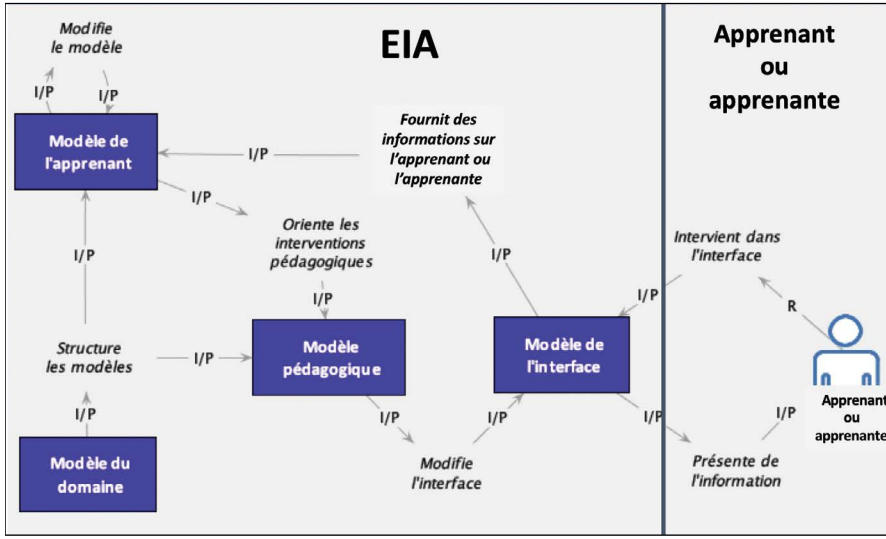
En 1984, Bloom publiait un article en sciences de l'éducation qui aura un fort impact. Il démontre que le tutorat humain est deux fois plus efficace que l'enseignement transmissif en classe. Les équipes de recherche en intelligence artificielle se saisissent de cette piste pour investir leurs efforts dans la modélisation du tutorat humain, afin de créer un STI, c'est-à-dire un système intelligent informatisé capable de raisonner sur des modèles des connaissances afin de soutenir l'apprentissage (Bourdeau *et al.*, 2014).

Les travaux à la base des STI s'appuieront d'abord principalement sur une approche cognitiviste, dont la théorie ACT-R d'Anderson (1983), qui inspirera le développement des « tuteurs cognitifs » (Anderson *et al.*, 1996; Koedinger et Corbett, 2006). Ce type d'EIA possède un modèle informatique capable de résoudre les problèmes, dont la démarche de solution est ensuite communiquée à la personne apprenante ou comparée avec sa démarche d'apprentissage. L'EIA peut utiliser cette comparaison pour élaborer un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante et lui fournir des corrections en fonction du traitement subséquent qu'il fait de l'information.

Dans un ouvrage fondateur intitulé *Artificial intelligence and tutoring systems*, Wenger (1987) décrit en détail une architecture de STI comportant quatre composantes : un modèle des connaissances, un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante, un modèle pédagogique ou de tutorat et un modèle de communication accessible/visible dans l'interface utilisateur. Cette architecture générale (figure 9.3) fait couramment consensus dans la communauté des EIA.

Le *modèle du domaine*, appelé également modèle des connaissances de l'expert, contient les concepts, les procédures et les règles du domaine de connaissances que vise l'apprentissage (par exemple, les mathématiques, la physique ou les langues). Il peut être structuré et formalisé selon diverses techniques : une hiérarchie de concepts, une ontologie, un réseau sémantique, une méthode de résolution de problèmes, etc. Il peut remplir plusieurs rôles sur le plan pédagogique : source de connaissances spécialisées, standard d'évaluation des performances

de la personne apprenante ou de détection d'erreurs, etc. Il détermine la structure du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante et du modèle pédagogique (ou de tutorat).



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un acteur régit une activité).

FIGURE 9.3 **L'architecture générale d'un système tutoriel intelligent (STI)**

Le *modèle de l'apprenant* regroupe et structure tout ce que le système sait sur la personne apprenante, en se basant sur des inférences qu'elle fait à partir de ses interactions dans l'interface utilisateur. Les connaissances recherchées sur cette personne portent sur son état cognitif, métacognitif ou affectif. Les travaux réalisés dans le domaine ont permis de distinguer cinq approches principales de modélisation de la personne apprenante dans un STI :

– La *modélisation par recouvrement (overlay)* considère le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante comme une superposition ou un sous-ensemble d'un modèle « expert » du domaine élaboré par une équipe de conception. Le mécanisme de recouvrement consiste à superposer le modèle des connaissances de la personne apprenante au modèle « expert » et à détecter les différences entre les deux pour produire un diagnostic cognitif.
– La *modélisation par catalogues d'erreurs* permet de consigner les différentes façons dont les personnes apprenantes commettent des erreurs en accomplissant une tâche particulière. Chaque erreur est reliée à une règle ou à un concept mal compris. L'erreur ainsi modélisée permet d'expliquer les difficultés éprou-

vées par les apprenants et les apprenantes et, par conséquent, d'apporter une remédiation plus précise. L'établissement d'un catalogue d'erreurs nécessite une analyse cognitive de la tâche mise en œuvre pour soutenir l'apprentissage (Schraagen *et al.*, 2000).

- La *modélisation par traçage de modèle ou de plan* permet de simuler le comportement de l'apprenant ou de l'apprenante afin de pouvoir lui fournir la rétroaction pédagogique la plus appropriée à partir de la reconnaissance de ses actions ou d'un diagnostic comportemental. Les modèles de ce type peuvent être élaborés en se basant sur un système de règles caractérisant les actions de la personne apprenante dans une situation donnée2 (Anderson et Pelletier, 2008). Les comportements liés à la tâche sont prédéfinis, car générés à partir d'un système de règles (Newell et Simon, 1972). Au terme de cette démarche, on obtient idéalement un chemin correspondant à la suite des règles du domaine qui ont été appliquées par l'apprenant ou l'apprenante pour atteindre l'état actuel de sa démarche de résolution du problème ou de l'exercice réalisé.
- La *modélisation par traçage d'exemples* proposée par Aleven *et al.* (2009) est une variante de la modélisation précédente, qui compare les résultats de la personne apprenante à une collection d'exemples généralisés plutôt qu'à un modèle cognitif. Ainsi, au lieu d'établir un ensemble de règles génériques à programmer dans l'EIA, on crée une série d'exemples d'erreurs pouvant être anticipées.
- La *modélisation à base de contraintes* (Ohlsson, 1994) repose sur l'idée qu'un domaine ou un exercice peut être modélisé sous la forme de contraintes, c'est-à-dire de ce qu'il n'est pas permis de faire, les contraintes définissant les actions de la personne apprenante qui correspondent à un certain type d'erreur. Le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante est ici l'ensemble des contraintes qu'il ne respecte pas. L'EIA interprète et évalue le travail de cette personne en le comparant aux contraintes. Ce modèle a donné naissance au système auteur ASPIRE (Mitrovic, 2010).

Le *modèle pédagogique (ou de tutorat)* utilise les informations des modèles du domaine et du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante pour faire des choix concernant les stratégies et les actions de tutorat à faire. Ce choix est conditionné par un diagnostic de la personne apprenante qui décrit à tout moment son état cognitif, possiblement à trois niveaux : le niveau comportemental, qui trace ses actions et analyse son plan d'apprentissage, le niveau épistémique, qui infère l'état de ses connaissances, et le niveau individuel, qui tient compte de ses caractéristiques personnelles (personnalité, motivation, style d'apprentissage, mode

2 Les règles sont de la forme « si telle situation se présente, alors l'apprenant fait telle action ».

de communication, etc.). Ce modèle assure la planification dynamique des actions d'assistance à la personne apprenante. Il adapte la stratégie ou la tactique pédagogique à appliquer en fonction des besoins et des préférences de l'apprenant ou de l'apprenante.

Le *modèle de l'interface (ou de communication)* entre l'EIA et la personne apprenante de même que les interactions qui s'y produisent se concrétisent dans l'interface utilisateur. Ce modèle utilise les données des autres modèles pour présenter des tâches, des problèmes, des informations à la personne apprenante. Inversement, le modèle obtient de cette dernière des informations sur ses activités, ce qui permet à l'EIA de lui fournir de l'assistance sous forme de conseils ou en adaptant l'interface utilisateur.

2.2.2 Les environnements d'apprentissage par la découverte

Dans la relation entre une personne apprenante et un EIA, si l'EIA intervient trop souvent dans le processus d'apprentissage, on peut craindre que l'apprenant ou l'apprenante ait moins de liberté pour apprendre, pour reprendre les termes de Rogers (1972). Inspirés du constructivisme, les tenants des environnements d'apprentissage par la découverte (EAD) prônent au contraire des environnements ouverts où le rôle du système est celui d'un assistant, d'un conseiller non intrusif à l'égard des activités de construction menées par la personne apprenante dans l'environnement numérique d'apprentissage.

Parallèlement à l'émergence des STI, dans les années 1970, Seymour Papert, directeur du Media Lab au Massachusetts Institute of Technology (MIT), concevait le projet Logo en intégrant le courant constructiviste en IA et les théories de l'apprentissage de Jean Piaget, dont il était un élève direct (Papert, 1980). Il élabore le langage de programmation Logo avec lequel l'étudiant-programmeur découvre des connaissances en mathématique et en informatique, en explorant des « micromondes » en musique ou en déplacement de véhicules. Un micromonde est une simulation simplifiée dans laquelle les enfants peuvent construire leurs connaissances (Leroux, 2006). L'exemple le plus connu est celui de la tortue Logo que les enfants pouvaient piloter en programmant des commandes et ainsi apprendre la géométrie. Dans la même ligne de pensée, l'équipe de Resnick (2012) au Media Lab a créé Scratch, un langage visuel permettant aux enfants de manipuler des objets, de programmer des jeux et des animations et de les partager en ligne avec d'autres dans une communauté d'apprentissage créatif regroupant enfants, éducateurs et parents.

Les EAD sont fondés sur une philosophie selon laquelle la meilleure façon de promouvoir l'apprentissage est de mettre la personne apprenante dans une si-

tuation ressemblant le plus possible à une situation réelle où elle construit ses connaissances. Le contexte d'apprentissage doit donc être significatif et authentique, notamment par l'exploration d'une réalité située (Stevens *et al.*, 1982). Il a été démontré que cette approche améliore la motivation des apprenants et des apprenantes et leur prédisposition à l'apprentissage, car le système leur offre la possibilité d'apprécier l'utilité de la tâche qu'ils sont en train d'effectuer.

L'architecture générale des EAD ne diffère pas fondamentalement de celle des STI. La distinction se situe dans le contenu et le rôle des modèles :

– *Le modèle du domaine.* Dans le cas d'un EAD, la question n'est pas de modéliser les connaissances d'un ou d'une spécialiste, mais plutôt de modéliser un micromonde à explorer, par exemple un modèle informatique d'objets ou de processus physiques, industriels, biologiques, économiques, dont les paramètres et les variables pourront être manipulés ou programmés par la personne apprenante afin que son contenu puisse être « découvert ».
– *Le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante.* Dans la perspective constructiviste, le diagnostic cognitif demeure pertinent. Cependant, c'est surtout le diagnostic épistémique qui sera valorisé. Le diagnostic comportemental est pratiquement impossible à réaliser, car tous les comportements de résolution de problèmes devraient être acceptables, le but étant d'exploiter constructivement même ceux qui incluent des aspects erronés. Dans ce sens, il est difficile, voire inefficace, d'envisager l'implémentation de tous les modèles de comportements qu'un apprenant ou une apprenante pourrait avoir en résolvant un problème.
– *Le modèle pédagogique.* La découverte des connaissances par l'exploration est un processus analogue à la démarche d'expérimentation scientifique. Il s'agit de fournir aux apprenants et aux apprenantes des outils d'observation et d'exploration d'une simulation ou d'un micromonde ainsi que des instruments de collecte et d'analyse de données pour élaborer des hypothèses. Le modèle pédagogique réside dans l'intégration d'un agent conseiller dont le rôle est de commenter plutôt que d'évaluer ou de juger le traitement de l'information par l'apprenant ou l'apprenante. L'équipe de conception de l'EIA doit décider quand et comment l'agent conseiller doit intervenir dans l'activité de la personne apprenante. Elle doit intégrer ses décisions dans le modèle pédagogique qui regroupe un corpus de règles qui déterminent quand déclencher un dialogue apprenant-conseiller et comment intervenir à l'intérieur de ce dialogue. Les systèmes Rashi (Woolf, 2009), AutoTutor (Graesser *et al.*, 2001) et Ms. Lindquist (Heffernan et Koedinger, 2002) illustrent différents types de modèles pédagogiques.
– *Le modèle de l'interface*. Les interactions se réalisent par des manipulations des paramètres du micromonde par la personne apprenante. Le système réagit en modifiant son propre état. L'interprétation de ces changements détermine

la rétroaction donnée à l'apprenant ou à l'apprenante par l'agent conseiller qui peut aussi entreprendre un dialogue avec cette personne.

Les *hypermédias adaptatifs,* fondés sur les théories constructivistes et sur l'apprentissage adaptatif (Psyché et Ruer, 2019), constituent une catégorie particulière d'EAD. Brusilovsky (1996) et (Brusilovsky *et al.*, 1998) en énumèrent les principales propriétés :

– *La présentation adaptative de contenus*. Les apprenants et les apprenantes de niveaux de maîtrise différents se voient offrir des contenus différents. Par exemple, une personne apprenante avancée par rapport à un objectif d'apprentissage donné dispose de pages détaillées et denses. Une personne apprenante novice aura accès à des pages présentant l'essentiel des informations, sans détails, ou recevra des explications additionnelles.
– *La navigation*. Dans un hypermédia, la navigation se fait par le choix des liens (une représentation visible et cliquable des pages accessibles dans un espace donné). Il s'agit des boutons, des listes et des menus. Les liens contextuels sont fortement associés au contenu de la page où ils apparaissent (par exemple, lien vers une autre section de la page, lien se trouvant en plein milieu d'une phrase et correspondant à un mot-clé). Certains liens sont présents dans les glossaires ou les tables des matières. D'autres apparaissent sur des cartes de navigation locale ou globale au moyen d'une représentation visuelle de l'espace de navigation.
– *Le soutien à la navigation*. La navigation de la personne apprenante dans l'hyperespace est guidée par la suggestion de liens à visiter en fonction de ses buts, de son niveau de connaissances et de ses préférences. Le soutien à la navigation peut être mis en œuvre au moyen de plusieurs stratégies : l'accompagnement, le tri des liens vers les pages, la dissimulation des liens à éviter, l'annotation des liens et l'adaptation de la carte de navigation.

À l'instar d'un STI, un système hypermédia adaptatif comprend un modèle du domaine représenté par les espaces ou les pages d'information structurées sous la forme d'un hypermédia. Il intègre un modèle des caractéristiques de chacune des personnes qui l'utilisent dans un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante. Il se sert de ce modèle pour adapter certains de ses aspects, par exemple adapter le contenu des pages ou l'ordre de leur présentation selon l'état du modèle, ce qui correspond à un module de tutorat. Enfin, il dispose d'un module de communication, représenté par la navigation dans un site Web et des interactions dans les systèmes hypermédias.

3 L'ingénierie pédagogique des EIA

Après avoir mis en évidence quelques-unes des façons dont les EIA manifestent de l'intelligence dans leurs interactions avec les apprenants et les apprenantes, on s'intéresse maintenant aux méthodes et aux outils utilisés pour leur conception et leur réalisation, autrement dit à leur ingénierie pédagogique.

Les méthodes d'ingénierie pédagogique des EIA sont intégrées, en tout ou en partie, dans des ateliers informatiques destinés aux équipes de conception et appelés *systèmes auteurs*. Ces outils permettent à un concepteur ou à une équipe de conception de développer certaines composantes ou l'ensemble d'un EIA.

Les systèmes auteurs ont émergé dans les années 1980 en réponse à un problème, celui de devoir recommencer à zéro le développement des EIA à chaque nouvelle application. Le développement d'un EIA est une tâche coûteuse qui mobilise des compétences spécialisées et exige des efforts importants pour arrimer les technologies d'IA à des stratégies pédagogiques porteuses d'apprentissage. Les systèmes auteurs de STI ou d'EIA fournissent une architecture et des librairies d'outils de développement réutilisables et adaptables à une variété de besoins.

Les ouvrages de Murray (1999; Murray *et al.*, 2003) fournissent une présentation détaillée de plusieurs systèmes auteurs. L'auteur a développé le système auteur Eon dont les composantes offrent des outils auteurs pour construire chacun des quatre modèles de base d'un EIA (modèle des connaissances, modèle de l'apprenant ou de l'apprenante, modèle pédagogique ou de tutorat, modèle de communication ou d'interface). Chacun de ces modèles est fondé sur une ontologie rendant le système indépendant des théories d'enseignement et suffisamment générique pour s'adapter à une théorie donnée. Dans le même ordre d'idées, Mizoguchi et Bourdeau (2000), puis Psyché, Mendes et Bourdeau (2003), ont décrit comment l'ingénierie ontologique permet aux systèmes auteurs de partager et de réutiliser les connaissances explicitées et représentées sous la forme d'ontologies. Cette approche, respectant la diversité des EIA et leurs divers paradigmes, offre la possibilité de partager une collection de stratégies explicitement liées à leurs sources théoriques ou empiriques.

Comme l'indique le tableau 9.1, on distingue trois grandes catégories de systèmes auteurs selon qu'ils sont axés sur la pédagogie et l'enseignement, sur le soutien à la performance de l'apprenant ou de l'apprenante dans un ENA ou sur le soutien au processus de design pédagogique.

Ce tableau, inspiré de Nkambou *et al*. (2010) et de Psyché (2007), présente les différentes catégories et sous-catégories de systèmes auteurs[3] en précisant les modèles qui y sont prédominants. Il fournit également des exemples de systèmes et d'outils auteurs. Certains systèmes ou outils visent à produire l'ensemble des composantes d'un EIA, alors que d'autres, par exemple GMOT, ne visent que la réalisation de certaines composantes comme un modèle des connaissances ou un scénario pédagogique. Soulignons aussi que certains systèmes auteurs produisent des EIA complets, prêts à être diffusés sur les réseaux, alors que d'autres se limitent aux plans et aux devis ainsi qu'à certaines composantes, nécessitant par la suite un assemblage dans une autre plateforme avant leur diffusion.

3.1 Les systèmes auteurs axés sur la pédagogie et l'enseignement

Les systèmes auteurs axés sur la pédagogie et l'enseignement guident la conception de l'EIA vers l'explicitation des approches pédagogiques mises en œuvre pour soutenir l'apprentissage. Certains chercheurs, comme Van Marcke (1998), ont abordé la formalisation de l'expertise pédagogique d'un point de vue épistémologique. D'autres, comme Paquette (2002), ont défini la pédagogie en fonction d'une ontologie d'objectifs éducatifs ou de compétences visées comme dans le système auteur ADISA, fondé sur la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA)[4]. Le système auteur CREAM-Tools (Nkambou *et al.*, 2003) est quant à lui construit à partir de la théorie des conditions d'apprentissage de Gagné (1985). Enfin, d'autres chercheurs et chercheuses ont souligné l'importance d'inclure une représentation de plusieurs théories de l'apprentissage (Bourdeau *et al.*, 2004; Mizoguchi, 2004) dans les systèmes auteurs afin de mieux conseiller les concepteurs et les conceptrices pédagogiques.

Les *systèmes à types multiples de connaissances* s'appuient sur l'hypothèse de Merrill (1994) selon laquelle il existe différents types de connaissances, à chacun correspondant une méthode d'enseignement et un formalisme de représentation qui lui sont propres. Ces systèmes offrent un cadre pour la décomposition du contenu sous forme de faits, de concepts et de procédures. La plupart de ces systèmes s'appuient sur des principes issus des théories d'enseignement, par

---

3 Cette classification est d'abord due à Murray et al. (2003b) qui ont distingué deux catégories de systèmes auteurs : ceux qui portent principalement sur la modélisation de la pédagogie et ceux qui se basent sur le soutien de la personne apprenante dans la résolution de problèmes ou la manipulation d'artefacts. Plus récemment, Nkambou et al. (2010) ont ajouté une troisième catégorie, celle des « systèmes auteurs orientés vers les services » destinés principalement à soutenir les équipes de conception dans leurs différentes tâches.

4 Voir le chapitre 4 pour en savoir plus sur la MISA.

exemple celle de Gagné (1985). Ces systèmes intègrent, d'une part, une représentation des types de connaissances du domaine et, d'autre part, une représentation de stratégies pédagogiques prédéfinies.

Les *systèmes de séquencement et de planification du cursus* ont été les premiers systèmes auteurs, donc les plus simples. Dans ces systèmes, le contenu à apprendre est dissocié de son organisation, et des stratégies sont proposées pour séquencer le contenu au niveau macroscopique, c'est-à-dire en ce qui concerne les thèmes d'enseignement. La représentation de l'expertise tutorielle se fait grâce à un ensemble de règles, de contraintes ou de stratégies permettant le séquencement des contenus à apprendre. De plus, le contenu est encapsulé dans ces systèmes et, donc, imposé. ISD Expert (Merrill, 1994) et IDE (Russell et Kelly, 1991) sont deux précurseurs de ces systèmes. On retrouve aussi un tel processus de planification du cursus dans le système CREAM-Tools.

Les *systèmes orientés vers les stratégies pédagogiques* possèdent, en plus de leurs propres caractéristiques, toutes celles d'un système de séquencement et de planification du cursus. Tout d'abord, le séquencement se fait à un niveau microscopique à l'aide de stratégies pédagogiques explicites. Ceci est rendu possible grâce à un ensemble sophistiqué de vocabulaires pédagogiques offrant des conseils, des explications, des révisions d'exemples et des rétroactions. De plus, certains systèmes possèdent des stratégies tutorielles multiples et des métastratégies pédagogiques. Ces stratégies, telles que REDEEM, GTE (Van Marcke, 1998), Smart Trainer, Eon et ADISA (Paquette, 2002), pourraient être offertes dans des classifications en support aux méthodes d'ingénierie des ENA.

Les *systèmes d'hypermédias adaptatifs* (Brusilovsky, 1996) recoupent partiellement les fonctionnalités des systèmes de séquencement et de planification du cursus et les systèmes orientés vers les stratégies pédagogiques, selon que l'attention est mise sur la prise de décision au niveau macro ou au niveau micro. Dans les systèmes d'hypermédias adaptatifs, le niveau d'adaptation de l'interface des EIA est élevé, mais le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante est souvent limité. À la différence des systèmes des autres catégories, ces systèmes doivent gérer des hyperliens entre les unités du contenu pour séquencer le contenu lui-même et adapter sa présentation. Les liens offerts à la personne apprenante peuvent être filtrés, triés et annotés en fonction d'un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante.

TABLEAU 9.1 **La classification des systèmes auteurs**

Catégories de systèmes auteurs	Sous-catégories de systèmes auteurs	Composantes de l'EIA développées	Exemples de systèmes auteurs ou d'outils auteurs
Systèmes axés sur la pédagogie et l'enseignement	Systèmes à types multiples de connaissances	Modèle du domaine	GMOT, CREAM-Tools, DNA, ID-Expert, IRIS
	Systèmes de séquencement et de planification du cursus	Modèle du domaine, modèle pédagogique	IDE, ISD Expert, CREAM-Tools GMOT
	Systèmes orientés vers les stratégies pédagogiques	Modèle du domaine, modèle pédagogique, modèle de l'apprenant	Eon, GTE, REDEEM (et COCA), Smart Trainer, DOCENT, IDE, ISD Expert, Expert CML, CREAM-Tools, DNA, ID-Expert, IRIS, MISA/ ADISA
	Systèmes d'hypermédias adaptatifs	Modèle du domaine, modèle pédagogique, modèle de l'apprenant, modèle de l'interface	CALAT, GETMAS, Interbook, MetaLinks
Systèmes axés sur le soutien à la performance de l'apprenant ou de l'apprenante (dans un ENA)	Systèmes de simulations ou micromondes	Modèle du domaine, modèle de l'apprenant	DIAG, RIDES, Inquiry Tutor, SIMQUEST, XAIDA, ICAT, MITT-Writer
	Systèmes experts ou de tuteurs cognitifs	Modèle du domaine, modèle de l'apprenant	Demontr8, D3, Trainer, ASPIRE, Training Express, SmartTrainer, CTA, ASSISTment Builder, CREAM-Tools
Systèmes axés sur le soutien au processus de design pédagogique	Systèmes orientés vers le service (notamment dans l'utilisation des normes d'e-learning et de design pédagogique)	Diverses composantes d'un EIA	Alfanet-UNED, LionShare, AGD, MOT-IMS-LD, ADISA, Reload LD, LAMS, TELOS, Smarties, CIAO, IDE, ISD Expert, Ex-pert CML, ID-Expert, GIFT

3.2 Les systèmes auteurs axés sur le soutien à la performance de l'apprenant ou de l'apprenante

Ces systèmes auteurs se concentrent sur la modélisation et la mise en œuvre des interactions des personnes apprenantes avec les ENA. On en trouve deux sous-catégories : 1) ceux qui se penchent sur les interactions qu'on trouve dans les EIA pour l'apprentissage par la découverte et 2) ceux qui se penchent sur les actions qu'on trouve classiquement dans un EIA de type STI pour la résolution de problèmes.

Dans les *systèmes de simulations* ou les *micromondes*, la tâche de conception concerne surtout l'élaboration de simulations ou de micromondes qui serviront à l'exploration et à l'expérimentation par la personne apprenante. Cette sous-catégorie de systèmes auteurs vise à concevoir des EIA dans lesquels les apprenants et les apprenantes pourront créer, manipuler et échanger des artefacts. Il s'agit ici de définir au niveau micro les variables du modèle de simulation ou de micromonde auxquelles l'apprenant ou l'apprenante peut avoir accès lors d'une activité d'apprentissage. Puis, l'équipe de conception intègre à l'EIA des interventions pédagogiques de soutien qu'il s'agit d'associer aux actions de la personne apprenante lors de la manipulation des variables de la simulation.

Le soutien à l'apprentissage peut être fourni à l'initiative de la personne apprenante, du système ou de façon hybride en fonction de la stratégie pédagogique intégrée à l'EIA. Dans le système Rashi (Wolf, 2009), la personne apprenante doit solliciter de l'aide après avoir émis une hypothèse par rapport à une situation qu'elle a observée. Dans SimQuest (Van Joolingen et de Jong, 2003), les apprenants et les apprenantes reçoivent automatiquement une rétroaction du système après avoir modifié une variable du modèle de simulation d'un phénomène physique.

Les systèmes experts ou de tuteurs cognitifs, comme Demonstr8 (Blessing, 2003) et CTAT[5] (Aleven *et al.*, 2009), produisent des environnements d'apprentissage orientés vers la résolution de problèmes ou l'apprentissage des tâches d'un système expert. Les apprenants et les apprenantes qui utilisent ces systèmes résolvent des problèmes et reçoivent une rétroaction quand leurs attitudes divergent de celles attendues par le modèle expert (Murray *et al.*, 2003). Contrairement à la plupart des autres systèmes auteurs, ceux-ci intègrent une très bonne représentation du domaine de connaissances sous forme d'une base de règles,

5 Peut être consulté à l'adresse : http://ctat.pact.cs.cmu.edu/index.php?id=tutortypes

mais possèdent une faible représentation des stratégies pédagogiques à la base des rétroactions à fournir à la personne apprenante.

La suite CTAT, d'accès public, offre un ensemble d'outils, de librairies et de bases de données pour construire des EIA de ce type. Le concepteur ou la conceptrice crée une interface pour le type de problème à résoudre par la personne apprenante. Il y inscrit des règles expertes de résolution, puis y édite, annote et produit la généralisation à l'aide d'un outil graphique. Le système tutoriel applique les techniques du traçage de modèle. Le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante est construit en captant des exemples de son comportement en cours de résolution de problèmes. Les exemples des règles qu'il applique pour résoudre le problème sont regroupés dans des graphes de comportement (*behavioral graph*) au sens de Newell et Simon (1972). En les comparant aux règles expertes, l'EIA peut fournir une assistance personnalisée à la personne apprenante.

3.3 Les systèmes auteurs axés sur le soutien au processus de design pédagogique

Ces systèmes auteurs fournissent aux équipes de conception des ENA[6] une assistance à différents aspects du processus d'ingénierie pédagogique. Un concepteur ou une conceptrice peut utiliser un ensemble d'outils indépendants d'aide à la tâche et un pour la modélisation des connaissances ou d'autres outils pour énoncer des objectifs d'apprentissage ou choisir des tactiques et des médias d'enseignement. Utilisés en combinaison, ces outils n'offrent cependant pas l'intégration nécessaire pour assurer à la fois la cohérence d'un ENA, sa maintenance et la réutilisabilité de ses composantes.

Certains systèmes de soutien complets peuvent aider les équipes de conception en fournissant de façon intégrée des formulaires, des tableaux ou des éléments de base de données pour leurs principales tâches (Pirolli, 1990). D'autres visent à remplacer le concepteur ou la conceptrice, au moins partiellement, en automatisant le processus de conception (Merrill, 1994; Spector *et al.*, 1993). Ils sont utiles pour créer des ENA dans des domaines spécialisés.

L'atelier de génie didactique (AGD) développé à l'Institut LICEF (Paquette *et al.*, 1994) fournit un soutien intégré à l'ingénierie des ENA. Il offre à l'équipe de conception des interfaces interactives fondées sur la connaissance des objets de l'ENA à définir – compétences visées, activités d'apprentissage, scénarios pédagogiques – et sur les tâches servant à les élaborer. L'AGD met un fort accent

6 Ces systèmes produisent des ENA qui ne sont pas nécessairement des environnements intelligents pour l'apprentissage. Cependant, l'environnement de conception qu'ils utilisent est « intelligent ».

sur les connaissances stratégiques de la conception pédagogique qui aident les concepteurs et les conceptrices dans les choix qu'ils doivent faire pour concevoir un système d'apprentissage. Ces connaissances sont intégrées dans un EIA qui fournit des conseils d'ingénierie pédagogique aux équipes de conception utilisant l'AGD (Paquette et Girard, 1996).

Certains des systèmes auteurs d'aide au design pédagogique ont la particularité de permettre la conception et la réalisation des ENA exploitant des normes et des standards internationaux de design pédagogique des ENA, comme les normes SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), ADL (*Advanced Distributed Learning*) et xAPI (expérience API ou *Tin Can API*), mais ils n'offrent pas toujours l'aide d'un système conseiller.

Parmi les systèmes auteurs de cette catégorie, on peut citer GIFT[7] (Sottilare *et al.*, 2018), Alfanet-UNED Authoring Tool (Santos et al., 2005), MOT+IMS-LD (Paquette, 2010b), Reload LD Tree editor (Griffiths *et al.*, 2009), Smar Ties (Hayashi et al., 2009) et CIAO (Psyché, 2004; Psyché, 2007; Psyché, Mizoguchi et Bourdeau, 2003), de même qu'un système conseiller basé sur une ontologie hypermédia, qui a été développé pour aider les auteurs et les auteures de scénarios IMS-LD en leur fournissant des services axés sur les théories de design pédagogique.

4 Le système auteur TELOS : un système conseiller multiacteur

Cette section présente le cas concret d'un système auteur axé sur le soutien au design pédagogique : le système auteur TELOS, développé par une équipe du LICEF dirigée par Gilbert Paquette (2010a; Paquette *et al.*, 2006), qui permet de définir des scénarios d'apprentissage ou de gestion des connaissances multiacteurs, auxquels on peut greffer des systèmes conseillers épiphytes[8]. Ces derniers utilisent des techniques d'IA pour assister les personnes qui utilisent le scénario, quel que soit leur rôle dans le scénario d'un ENA : apprenant, apprenante, enseignant, enseignante, personne tutrice, spécialiste de contenu, concepteur, conceptrice, gestionnaire.

L'insertion d'agents conseillers dans les scénarios multiacteurs d'un ENA est une contribution au Web sémantique qui permet de personnaliser les environne-

7 Des informations sur ce système peuvent aussi être consultées à l'adresse : https://www.gifttutoring.org/

8 « Épiphyte » est un terme employé en biologie et qui désigne un organisme habitant sur un autre sans en perturber le fonctionnement.

ments du Web, y compris les ENA ou les ateliers de soutien au design pédagogique. Sur la base d'un diagnostic de l'activité d'une personne utilisant le scénario, un système conseiller affiche des conseils automatiquement ou sur demande, ou encore propose des ressources et des activités adaptées aux acteurs du scénario. Pour appliquer cette idée à l'apprentissage humain, il faut surmonter diverses limites du Web sémantique adaptatif[9], selon Adomavicus et Tuzhilin (2005). On doit notamment construire un modèle persistant de l'utilisateur-apprenant.

La construction de ce modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice est l'élément central de cette section, et aussi d'un EIA en général. La façon de greffer un système conseiller sur un environnement hôte y sera d'abord présentée. Puis, on y soulignera l'importance des connaissances et des compétences pour définir un modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice du système hôte, quel qu'il soit. Cette section examinera ensuite la façon dont sont organisés les agents informatiques qui composent le système conseiller et présentera finalement une ontologie qui définit le système conseiller.

4.1 L'assistance épiphyte pour un environnement hôte

Le programme de recherche du LICEF sur les systèmes conseillers a débuté en 1994 par la construction d'un tel système pour l'AGD, un système auteur présenté plus haut. Une méthode générique, EpiTalk (Paquette *et al.*, 1996), a été développée à cette fin pour réaliser un système conseiller opérationnel destiné aux équipes de conception d'ENA utilisant l'AGD. Cette méthode a été employée par la suite pour d'autres systèmes hôtes comme la plateforme de formation en ligne Explor@ (Girard *et al.*, 1999). Le système auteur ADISA (Paquette *et al.*, 2001), successeur de l'AGD, a également été doté d'un système conseiller par la méthode Épitalk, de même que d'un ENA pour l'apprentissage des sciences. Dans le premier cas, les conseils étaient destinés à des équipes de conception; dans le second cas, à des personnes apprenantes.

Un modèle générique de système conseiller a également été développé (Paquette et Tchounikine, 2002; Basque *et al.*, 2003). Plus récemment, le développement du système TELOS (Paquette *et al.*, 2006) a permis d'intégrer ces divers travaux en un système auteur opérationnel.

---

9 Dans le Web sémantique adaptatif (Dolog et al., 2003), les systèmes conseillers ou recommandeurs (Frankowsky *et al.*, 2010) exploitent diverses techniques d'IA pour recommander des ressources offertes sur le Web comme des CD de musique, des films, des nouvelles, des voyages ou des services financiers.

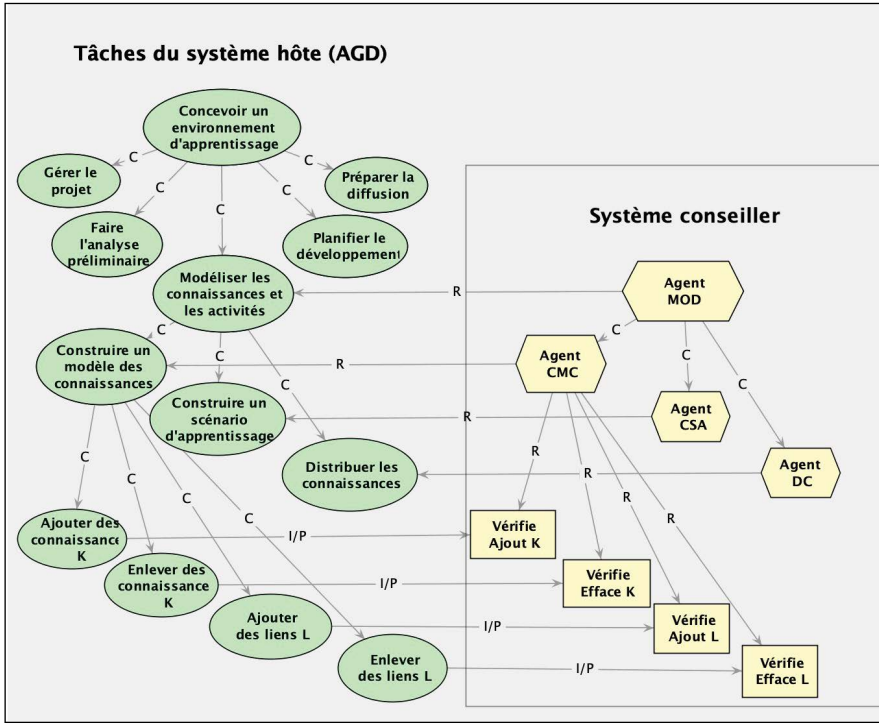
EpiTalk est une méthode générique qui facilite le développement d'un système conseiller (ou de recommandation) greffé sur un système hôte. Ce système nécessite, outre un modèle du système hôte (par exemple, l'AGD), une représentation des tâches à accomplir sous la forme d'un arbre des tâches comme celui de l'exemple de la figure 9.4. À certaines activités jugées critiques, on peut associer un agent conseiller. On définit l'intervention de chaque agent conseiller en obtenant des données sur la réalisation de la tâche correspondante.

La formalisation de l'expertise de conseil de chaque agent prend la forme d'un ensemble de règles, chacune avec une partie détection combinant des conditions de diagnostic de la tâche et une partie action comme la présentation d'un message, l'affichage d'un outil, la suggestion d'une ressource à consulter, etc. Lorsqu'un certain diagnostic correspond aux conditions d'une règle, celle-ci déclenche la recommandation ou le conseil inscrit dans sa partie action. Ces règles modifient aussi le modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice, lequel sera consulté plus tard pour déclencher d'autres règles et d'autres recommandations.

La figure 9.4 présente, sur la gauche, une partie d'un arbre des tâches (ou activités) dans le système hôte (AGD) pour la conception de cours. Les tâches ou les activités (ovales) sont réalisées par les personnes qui utilisent l'AGD (ici, des concepteurs et des conceptrices) à l'aide des outils fournis par ce système hôte. Sur la droite, cette figure montre une partie d'un arbre des agents conseillers, chacun étant une composante du système conseiller. La partie supérieure de l'arbre des activités montre que la tâche principale d'un concepteur ou d'une conceptrice, *concevoir un environnement d'apprentissage*, est décomposée en plusieurs niveaux. Plusieurs activités de cet arbre des tâches ne sont pas montrées ici. On a mis en évidence une tâche centrale de conception, *modéliser les connaissances et les activités*, et une sous-activité, *construire un modèle des connaissance*s, qui est ensuite décomposée en activités terminales : ajouter ou enlever des connaissances ou des liens dans le modèle. Les activités terminales représentent les tâches qui correspondent à des actions directes de la personne qui utilise le système hôte AGD.

Dans la partie droite de la figure 9.4, on peut voir que l'arbre des agents conseillers a une forme similaire à celle de l'arbre des activités, bien que cette dernière soit plus restreinte puisque toutes les tâches ne doivent pas nécessairement être dotées d'un agent conseiller. Chacun de ces agents contribue de l'extérieur (de manière « épiphyte ») au soutien des activités correspondantes en fournissant des recommandations aux acteurs responsables de cette activité. Ces recommandations ou ces conseils sont basés sur les données recueillies en vérifiant les actions d'un acteur dans le système hôte, comme l'ajout ou le retrait de connaissances ou

de liens. Ces informations sont fournies par des capteurs ou des agents terminaux (rectangles) qui recueillent des informations et les transmettent à l'agent conseiller correspondant. Chacun de ces agents terminaux fournit ces informations aux agents situés plus haut dans la hiérarchie pour que ceux-ci puissent déclencher une ou plusieurs règles fournissant des recommandations.



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un agent régit une activité); C (lien vers les composantes d'un objet).

FIGURE 9.4 **L'arbre des tâches d'un système hôte et le système conseiller**

4.2 La prise en compte des connaissances et des compétences

Les premiers systèmes conseillers développés au LICEF étaient basés sur les productions et les actions des utilisatrices et des utilisateurs individuels dans les scénarios d'activités, et non sur leur progrès en matière de connaissances et de compétences. Dans la plateforme LCMS Explor@ (Paquette *et al.*, 2000), une telle dimension a été ajoutée. Cette fois, tout ENA fondé sur une structure hiérarchique d'activités intégrée à Explor@ pouvait être l'environnement hôte. Contrairement

au cas de l'AGD, un autre outil d'Explor@, le système hôte, servait à construire un autre arbre, soit une hiérarchie des connaissances et des compétences à acquérir pendant les activités d'apprentissage. Par l'association de ces deux structures, chacune des activités, tout comme chacune des ressources utilisées ou produites dans les activités, recevait une description des connaissances et des compétences qui pouvaient servir à modéliser l'utilisateur ou l'utilisatrice. Si une activité était réussie, si une ressource était produite et évaluée comme réussie, les connaissances et les compétences correspondantes pouvaient être intégrées comme acquises dans le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante et servir plus tard à déclencher des conseils personnalisés tenant compte du nouvel état de ce modèle.

Dans Explor@, la mise à jour du modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice (dans ce cas-ci, une personne apprenante) se fait essentiellement de trois manières : 1) par l'ajout de règles prédéfinies par l'équipe de conception; 2) en interrogeant la personne apprenante (ou d'autres acteurs comme une personne tutrice, un formateur ou une formatrice) au moment de l'exécution; 3) par certaines actions directes de l'utilisateur ou de l'utilisatrice pour modifier son modèle. L'outil d'édition des agents du système conseiller qui se présentait dans une interface a été remplacé par un formulaire.

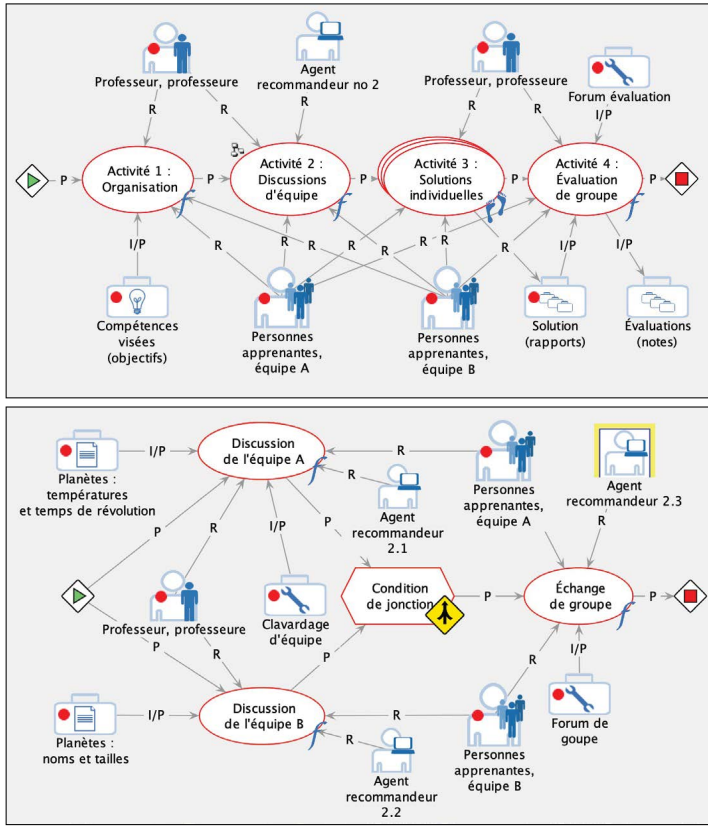
4.3 L'ajout des agents conseillers dans les scénarios multiacteurs

Les travaux plus récents du LICEF sur les systèmes conseillers (Lundgren-Cayrol *et al.*, 2001; Paquette, 2015) se sont appuyés sur deux approches, la méthode Epi-Talk et le référencement des activités et des ressources par les connaissances et les compétences qu'elles comportent.

Dans TELOS (Paquette et Magnan, 2008), le modèle de tâches ou d'activités (c'est-à-dire le scénario pédagogique) offre certaines activités pouvant être réalisées en parallèle, individuellement ou en équipe. Ces scénarios peuvent également s'adresser à tout type d'acteurs : aux ingénieurs et aux ingénieures qui visent à étendre les services offerts par le système, aux technologues qui construisent les plateformes des équipes de conception, aux équipes de conception qui construisent des scénarios pédagogiques et aux utilisateurs finaux (apprenants, apprenantes, enseignants, enseignantes, personnes tutrices, etc.) qui interagissent dans ces scénarios.

La figure 9.5 présente un exemple simple d'un scénario d'apprentissage dans le domaine de l'astronomie, dans lequel interviennent un professeur ou une professeure et deux équipes de personnes apprenantes. Sur le graphe du haut, les membres de l'équipe A et de l'équipe B interviennent de façon collaborative dans l'activité 2, individuellement dans l'activité 3, ou tous ensemble comme dans l'activité 4.

TELOS offre la possibilité d'ajouter, à un scénario existant, un nombre quelconque d'agents conseillers (ou agents recommandeurs) locaux à une activité. Ensemble, ces agents constituent un système conseiller greffé au scénario. Ils sont insérés graphiquement dans les scénarios par un lien (lien R) à une activité, à une multiactivité (activité répétée par les membres d'un groupe) ou à une fonction (groupe d'activités ou de fonctions). Ces composantes du scénario sont alors qualifiées de « points d'insertion » de l'agent. Ces points d'insertion déterminent quels sont le ou les acteurs qui bénéficieront d'assistance au moment du déclenchement des règles de l'agent conseiller, en fonction des événements déclenchés à ces points d'insertion ou à un niveau inférieur du modèle du scénario par la personne apprenante ou un autre acteur.



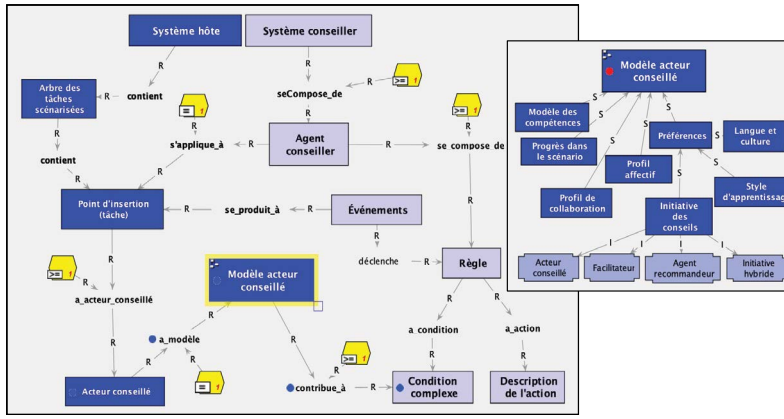
Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un acteur régit une activité); P (lien de précédence entre activités)

FIGURE 9.5 **L'intégration d'agents conseillers dans un scénario multiacteur (modèle principal du scénario, suivi du sous-modèle de l'activité 2)**

Un exemple de scénario doté d'un *agent recommandeur no 2* de haut niveau lié à l'activité 2 du scénario est présenté à la figure 9.5. Sur le graphe du bas, l'activité 2 est décomposée en trois activités : *discussion de l'équipe A, discussion de l'équipe B et échange de groupe*. Trois agents recommandeurs de niveau inférieur sont insérés dans ce sous-modèle. Chaque agent est relié par un lien R à une activité à laquelle il est affecté. Par exemple, l'agent recommandeur 2.3 fournit une aide à la discussion de groupe. Cela signifie qu'il peut éventuellement aider tous les acteurs impliqués dans cette activité, le professeur ou la professeure et les personnes apprenantes de l'équipe A et de l'équipe B. Il peut également aider à l'utilisation de l'outil *forum de groupe* qui soutient cette activité. La discussion de groupe comporte des phases et des étapes. Elle peut être décomposée en activités terminales où des agents plus spécialisés peuvent être insérés. C'est ainsi que le système conseiller hiérarchique se greffe sur un scénario d'apprentissage et son arbre des tâches, permettant l'application de la méthode Épitalk.

4.4 Une ontologie pour définir le système conseiller

Cette section généralise ce qui précède en présentant à la figure 9.6 une partie de l'ontologie[10] qui donne au système TELOS les éléments nécessaires à la construction d'un système conseiller associé à tout scénario d'activité d'un ENA.



Légende : R (lien entre domaine ou cardinalité et propriété et entre propriété et codomaine); S (lien entre sous-classe et classe); I (lien entre classe et membre de la classe).

FIGURE 9.6 **Le modèle (partiel) de l'ontologie définissant un agent conseiller TELOS**

10 Cette ontologie est représentée à la figure 9.6 par un modèle utilisant le langage graphique MOT-OWL (Paquette, 2010).

Ce graphe indique que tout système hôte (par exemple, l'AGD ou l'ENA de la figure 9.5) contient un arbre des tâches (les activités du scénario), chaque tâche ou activité étant un point d'insertion possible pour un agent conseiller. Le scénario indique aussi les acteurs qui participent à l'activité, lesquels peuvent être conseillés par cet agent pourvu qu'ils aient un modèle décrivant leurs propriétés dans le système hôte.

À la figure 9.6, le sous-modèle en mortaise indique que ce modèle de l'utilisateur ou de l'utilisatrice peut se composer de cinq sous-modèles : 1) un modèle des compétences; 2) l'enregistrement des progrès dans le scénario (et dans l'arbre des tâches); 3) un profil de collaboration avec les autres acteurs; 4) un profil affectif de sa motivation à l'égard des activités; 5) ses préférences quant au style d'apprentissage, à la langue et à la culture, ou quant à l'acteur ou à l'agent qui prend l'initiative des conseils (acteur conseillé, facilitateur, agent recommandeur ou une combinaison hybride de ces agents ou acteurs). Au départ, ces données sont saisies par l'équipe de conception ou par chaque apprenant ou apprenante dans les interfaces qui paramètrent le système conseiller. Pour le modèle des compétences, les données initiales peuvent aussi être fournies par un prétest construit pour vérifier les compétences visées par l'ENA.

La partie droite de la figure indique que le système conseiller, compagnon du système hôte, se compose d'au moins un (>=1) agent conseiller, chacun s'appliquant à un seul (=1) point d'insertion dans un scénario. L'agent conseillera un ou plusieurs des acteurs impliqués dans l'activité, d'autres acteurs ne le seront pas, au choix de l'équipe de conception, lequel est fixé dans les paramètres du système conseiller.

Chaque agent conseiller est défini par au moins une (>=1) ou plusieurs règles. Chaque règle est à son tour composée d'une condition complexe et d'une ou de plusieurs actions, ainsi que d'un événement de déclenchement qui se produit au point d'insertion lorsque l'activité, la multiactivité ou la fonction est lancée, suspendue ou terminée.

Les conditions des règles complexes contiennent plusieurs clauses se référant à l'état des propriétés du modèle de l'acteur conseillé, à son niveau de compétence, au point où il en est dans le scénario et l'arbre des tâches de même qu'à ses autres données ou préférences. Lorsque les conditions de la règle sont remplies, la partie action des règles déclenche des messages à l'intention de l'utilisateur ou de l'utilisatrice, des notifications aux autres acteurs, par exemple au professeur, à la professeure ou à une personne tutrice qui pourra intervenir auprès de la personne apprenante, ou des modifications à son modèle utilisateur. Par exemple, quand une personne apprenante réussit une activité, une règle de l'agent conseiller ajoutera les compétences visées par l'activité dans son modèle utilisateur.

Conclusion

Ce chapitre a apporté un éclairage sur l'importance de l'intelligence dans les EIA qui sert à adapter ces derniers aux connaissances et aux compétences des personnes apprenantes. Il a également mis en évidence que la réalisation des EIA requiert des outils de conception complexes pour réduire le temps et les efforts requis, lesquels demeurent importants. Pour finir, il a présenté les tendances et la recherche active dans le domaine des EIA.

La recherche dans le domaine des EIA est très active et se poursuit :

- Le rapport 2018 de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) sur les technologies des STI s'oriente dans quatre directions : 1) l'automatisation des tâches de conception pour le design, le développement, le déploiement et la maintenance des EIA; 2) l'amélioration de la conception afin de réduire la charge de travail, l'étendue des compétences requises et le temps nécessaire pour créer des STI efficaces; 3) l'extension des domaines d'application des systèmes auteurs au-delà des tâches cognitives, pour la prise en compte de tâches affectives, psychomotrices ou collaboratives; 4) l'interopérabilité des EIA par la standardisation de leurs composantes.
- L'appel à communications de la conférence ITS 202011[11] a identifié les sujets suivants : 1) l'application aux EIA de l'apprentissage machine, de l'apprentissage profond et des techniques d'exploration des données; 2) la conception d'environnements soutenant l'apprentissage collaboratif dans des communautés de pratique utilisant les réseaux sociaux; 3) la modélisation des apprenants dans les systèmes conseillers; 4) l'utilisation de la modélisation ontologique et des technologies sémantiques dans les EIA; 5) les architectures multiagents pour les environnements d'apprentissage et de tutorat.
- La conférence AIED 2020 [12] a distribué les sujets en cinq groupes principaux : 1) l'intégration dans les EIA des technologies intelligentes de traitement du langage naturel et de la parole, de l'apprentissage automatique, de la représentation des connaissances et du raisonnement, des technologies du Web sémantique et de la réalité virtuelle et augmentée; 2) la modélisation et la représentation des personnes apprenantes, des facilitateurs et des facilitatrices des tâches, des groupes et des communautés pour l'apprentissage, ainsi que des aspects affectifs de l'apprentissage; 3) les modèles d'enseignement et d'apprentissage : tutorat et échafaudage intelligemment assisté, diagnostic motivationnel et

11 Site de la conférence ITS-2020 : https://its2020.iis-international.org

12 Site de la conférence AIED-2020 : https://aied2020.nees.com.br/#/calls/general

rétroaction, agents pédagogiques interactifs et compagnons d'apprentissage, agents favorisant la métacognition et la motivation; 4) les contextes d'apprentissage comme les jeux éducatifs et la ludification, l'apprentissage collaboratif et les communautés de pratique, les environnements d'apprentissage immersifs et l'apprentissage tout au long de la vie; 5) les systèmes hybrides par lesquels les acteurs de l'éducation et les outils d'IA s'appuient et se complètent.

Ces recherches visent à réduire les efforts requis pour la réalisation des EIA à travers la diversification des fonctionnalités, l'automatisation des tâches et l'amélioration de la convivialité des outils de conception. L'usage des normes et des standards applicables aux EIA, promus par des organismes internationaux comme l'ISO et l'IEEE, peut y contribuer en favorisant la réutilisabilité et l'interopérabilité des composantes des EIA.

Enfin, le domaine de l'analyse des données d'apprentissage[13], en plein essor actuellement, améliorera la capacité à comprendre et à modéliser la personne apprenante et les stratégies pédagogiques, ce qui permettra aux équipes de conception pédagogique et aux équipes de développement informatique d'adapter les EIA existants ou de concevoir de nouveaux EIA plus rapidement et plus efficacement que par le passé.

13 Voir le chapitre 6 qui porte sur cette approche.

Références

Adomavicus, G. et Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 17*(6).

Aleven, V., McLaren, B., Sewall, J. et Koedinger, K. (2009). A new paradigm for intelligent tutoring systems: Example-tracing tutors. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Special Issue on Authoring Intelligent Tutoring Systems, 19(2), 105-154.

Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Harvard University Press.

Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R. et Pelletier, R. (1996). *Cognitive tutors : Lessons learned*. https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a312246.pdf

Anderson, J. R. et Pelletier, R. (2008). A development system for model-tracing tutors. Dans L. Birbaum (dir.), *Proceedings of the international conference of the learning sciences*. Carnegie Mellon University. http://repository.cmu.edu/psychology/78/

Basque, J., Dufresne, A., Paquette, G., Léonard, M., Lundgren-Cayrol, K. et Prom Tep, S. (2003). Vers un modèle conceptuel générique de système d'assistance pour le téléapprentissage. *Revue STICEF, 10*. http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2003/dufresne-05s/sticef_2003_dufresne_05s.pdf

Blessing, S. B. (2003). A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. Dans T. Murray, S. Blessing, et S. Ainsworth (dir.). *Authoring tools for advanced technology learning environments* (p. 93-119). Kluwer Academic Publishers.

Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-One tutoring. *Educational Researcher, 13*(6), 4-16. http://web.mit.edu/5.95/readings/bloom-two-sigma.pdf

Bourdeau, J., Mizoguchi, R., Psyché, V. et Nkambou, R. (2004). Selecting theories in an ontology-based ITS authoring environment. Dans J. C. Lester, R. M. Vicari, et F. Paraguacu (dir.), *Intelligent tutoring systems: Proceedings of the 7th international conference (ITS 2004)* (p. 150-161). Springer. https://r-libre.teluq.ca/1476/

Bourdeau, J., Pelleu-Tchétagni, J. et Psyché, V. (2014). *Le domaine des environnements d'apprentissage intelligents* (EAI). Université TÉLUQ.

Brassac, C. (2003). Lev, Ignace, Jerome et les autres... : vers une perspective constructiviste en psychologie interactionniste. *Technologies, idéologies, pratiques : revue d'anthropologie des connaissances, 15*(1), 195-214. http://www.sietmanagement.fr/wp-content/uploads/2016/04/tip_brassac_.pdf

Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques for adaptive hypermedia. *User Modelling and User Adapted Interaction, 6*(2-3), 87-129.

Brusilovsky, P., Kobsa, A. et Vassileva, J. (dir.). (1998). *Adaptive hypertext and hypermedia*. Kluwer Academic.

Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems. 11*(4). Site de l'IEEE. Récupéré le 15 décembre 2020 de https://ieeexplore.ieee.org/document/4081977/authors#authors

Dolog, P., Henze, N., Nejdl, W. et Sintek, M. (2003). *Towards the adaptive semantic Web. Lecture notes in computer science*. Springer.

Frankowski, D., Lam, S. K., Sen, S., Maxwell Harper, F., Yilek, S. et Riedl, J. (2010). *Recommenders everywhere: The Wiki lens community-maintained recommender system*. Récupéré en août 2010 de https://experts.umn.edu/en/publications/recommenders-everywhere-the-wikilens-community-maintained-recomme

Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction* (4e éd.). Holt, Rinehart & Winston.

Girard, J., Paquette, G., Miara, A. et Lundgren-Cayrol, K. (1999). Intelligent assistance for Web-based tele-learning. Dans S. Lajoie et M. Vivet (dir.), *Proceedings of AI-Ed'99, in AI and Education, Open Learning Environments* (p. 561-569). IOS Press.

Graesser, A. C., Person, N., Harter, D. et Tutoring Research Group. (2001). Teaching tactics and dialog in AutoTutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 12*, 257-279.

Griffiths, D., Beauvoir, P. et Liber, O. (2009, août). From reload to recourse: Learning from IMS learning design implementations. *Distance Education, 30*(2), 201-222. https://www.researchgate.net/publication/249016824_From_Reload_to_ReCourse_learning_from_IMS_Learning_Design_implementations.

Gugerty, L. (2006). Newell, Shaw and Simon's logic theorist: Historical background and impact on cognitive modeling. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings, 50*(9), 880-884. https://www.researchgate.net/publication/276216226_Newell_and_Simon%27s_Logic_Theorist_Historical_Background_and_Impact_on_Cognitive_Modeling

Hayashi, Y., Bourdeau, J. et Mizoguchi, R. (2009). Using ontological engineering to organize learning/instructional theories and build a theory-aware authoring system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 19*(2), 211-252.

Heffernan, N. et Koedinger, K. R. (2002). An intelligent tutoring system incorporating a model of an experienced human tutor. Dans S. Cerri, G. Gouardères et F. Paraguaçu (dir.), *Lecture notes on computer science : Vol. 2363. Intelligent tutoring systems: 6th International Conference* (p. 596-608). Springer.

Ivic, I. (1994), L. F. Vigotsky (1896-1934). *Revue trimestrielle d'éducation comparée, 24*(3/4). http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/vygotskf.pdf

Koedinger, K. et Corbett, A. (2006). Cognitive tutors. Dans K. Sawyer (dir.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (p. 61-77). Cambridge University Press.

Leroux, P. (2006). Micromondes et robotique pédagogique. Dans M. Grandbastien et J. Labat (dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (p. 117-138). Hermès.

Lindsay, R. K., Buchanan, B. G., Feigenbaum, E. A. et Lederbert, J. (1993, juin). DENDRAL: A case study of the first expert system for scientific hypothesis formation. *Artificial Intelligence, 61*(2), 209-261.

Lundgren-Cayrol, K., Paquette, G., Miara, A., Bergeron, F., Rivard, J. et Rosca, I. (2001). *Explor@ advisory agent: Tracing the student's trail*. Conférence WebNet 2001, Orlando, États-Unis.

Merrill, D. M. (1994). *Principles of instructional design*. Educational Technology Publications.

Mitrovic, A. (2010). Modeling domains and students with constraint-based modeling. Dans R. Nkambou, J. Bourdeau et R. Mizoguchi (dir.), *Advances in intelligent tutoring systems* (p. 63-80). Springer.

Mizoguchi, R. (2004). Le rôle de l'ingénierie ontologique dans le domaine des EIA [entretien réalisé par J. Bourdeau]. *Sciences et technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation (STICEF), 11*, 231-246. http://sticef.univ-lemans.fr/classement/speciaux.htm

Mizoguchi, R. et Bourdeau, J. (2000). Using ontological engineering to overcome common AI-ED problems. *Journal of Artificial Intelligence and Education, 11*, 107-121.

Murray, T. (1999). Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. *IJAIED, 10*, 98-129.

Murray, T., Blessing, S. et Ainsworth, S. (2003). *Authoring tools for advanced technology learning environments*. Kluwer Academic Publ.

Newell, A. et Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice- Hall.

Nkambou R., Bourdeau, J. et Psyché, V. (2010). Building intelligent tutoring systems: An overview. Dans R. Nkambou, J. Bourdeau et R. Mizoguchi (dir.), *Advances in intelligent tutoring systems* (vol. 308, p. 16). Springer.

Nkambou, R., Frasson, C. et Gauthier, G. (2003). CREAM-Tools: An authoring environment for knowledge engineering in intelligent tutoring systems. Dans T. Murray, S. Blessing et S. Ainsworth (dir.), *Authoring tools for advanced technology educational software: Toward cost-effective production of adaptive, interactive, and intelligent educational software* (p. 269-308). Kluwer Academic.

Ohlsson, S. (1994). Constraint-based student modeling. Dans J. E. Greer et G. I. McCalla (dir.), *Student modeling: The key to individualized knowledge-based instruction* (p. 167-189). Springer-Verlag.

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord. (2018). *Assessment of intelligent tutoring systems technologies and opportunities. Technical report*. Site de l'OTAN. https://www.sto.nato.int/publications/pages/Technical_Reports.aspx

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.

Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2010a). An ontology-driven system for e-learning and knowledge management. Dans G. Paquette, *Visual knowledge modeling for semantic Web technologies: Models and ontologies*. IGI Global.

Paquette, G. (2010b). Ontology-based educational modelling. Making IMS-LD visual. *Technology, Instruction, Cognition and Learning, 7*(3-4), 263-296. Old City Publishing, Inc.

Paquette, G. (2015). Competency-based personalization process for smart learning environments. Dans M. Spector, B. Lockee et M. Childress (dir.), *Learning, design, and technology. An international compendium of theory, research, practice, and policy*. AECT et Springer.

Paquette, G. et Bergeron, A. (1989). *L'intelligence artificielle : comprendre et prolonger l'intelligence humaine*, Télé-université.

Paquette, G., Crevier, F. et Aubin, C. (1994, novembre). ID knowledge in a course design workbench. *Educational Technology, 34*(9), 50-57.

Paquette, G., De la Teja, I. et Dufresne, A. (2000). Explor@: An open virtual campus. *Ed-Media conference*, Montréal.

Paquette, G. et Girard, J. (1996). AGD : A course engineering support system. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 96*, p. 382-391.

Paquette, G. et Magnan, F. (2008). An executable model for virtual campus environments. Dans H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski et D. Sampson (dir.), *International handbook on information technologies for education and training* (2e éd., p. 365-405). Springer.

Paquette, G., Pachet, F., Giroux, S. et Girard, J. (1996). EpiTalk: Generating advisor agents for existing information systems. *Journal of Artificial Intelligence in Education, 7*(3-4), 349-379.

Paquette, G., Rosca, I., De la Teja, I., Léonard, M. et Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Web-based support for the instructional engineering of e-learning systems*. WebNet'01 Conference, Orlando.

Paquette, G., Rosca, I., Mihaila, S. et Masmoudi, A. (2006). TELOS, a service-oriented framework to support learning and knowledge management. Dans S. Pierre (dir.), *E-learning networked environments and architectures: A knowledge processing perspective*. Springer-Verlag.

Paquette, G. et Tchounikine, P. (2002). Towards a knowledge engineering method for the construction of advisor systems. Dans S. Lajoie et M. Vivet (dir.), *Proceedings of AI-Ed'99, in AI and Education, Open Learning Environments*. IOS Press.

Piaget, J. (1936). *Le problème biologique de l'intelligence* (un des nombreux documents disponibles sur le site). Site de la fondation Jean Piaget. http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index.php

Piaget, J. (1975). Le fonctionnement de l'équilibration. *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement* (chap. 2). Site de la fondation Jean Piaget. http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/textes/index.php

Pirolli, P. et Russell, D. M. (1990). The instructional design environment: Technology to support design problem solving. *Instructional Science, 19*, 121-144.

Psyché, V. (2004). *CIAO, an interface agent prototype to facilitate the use of ontology in intelligent authoring system* [communication]. Annual Scientific Conference of the LORNET Research Network on Intelligent, Interactive, Learning Object Repository Networks (I2LOR), Montréal, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1493/

Psyché, V. (2007). *Rôle des ontologies en ingénierie des EIA : cas d'un système d'assistance au design pédagogique* [doctorat en informatique cognitive, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada].

Psyché, V., Mendes, O. et Bourdeau, J. (2003). Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance. *Sciences et technologies de l'information et de l'éducation pour l'éducation et la formation* (STICEF), 89-126.

Psyché, V., Mizoguchi, R. et Bourdeau, J. (2003). *Ontology development at the conceptual level for theory-aware ITS authoring systems* [communication]. AIED03, Sydney, Australia.

Psyché, V. et Ruer, P. (2019). L'apprentissage adaptatif intelligent. *Revue Le Tableau*. http://pedagogie.uquebec.ca/portail/letableau

Resnick, M. (2012). Reviving Papert's dream. *Educational Technology, 52*(4), 42-46.

Rochex, J.-Y. (1997). L'œuvre de Vygotski : fondements pour une psychologie historico-culturelle. *Revue française de pédagogie*. https://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_1997_num_120_1_1161

Rogers, C. (1972). *Liberté pour apprendre*. Dunod.

Russell, D. et Kelley, L. (1991). *Using IDE in instructional design: Encouraging reflective instruction design through automated design tools. Computer Science*. Semantic Scholar. https://www.semanticscholar.org/paper/Using-IDE-in-Instructional-Design%3A-Encouraging-Russell-Kelley/755c7c1d0ce2103432198cdae82660ef4ca36eaf

Santos, O. C., Boticario, J. G. et Barrera, C. (2005). The Standards-based architecture of the adaptive learning environment aLFanet. https://www.academia.edu/2400675/The_Standards-based_Architecture_of_the_Adaptive_Learning_Environment_aLFanet

Schraagen, J. M. C., Chipman, S. F. et Shalin, V. L. (dir.). (2000). *Cognitive task analysis*. Lawrence Erlbaum Associates.

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review, 24*(2), 86-97.

Sleeman, D. et Brown, J. S. (dir.). (1982). *Intelligent tutoring systems*. Academic Press. https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00702997/

Sottilare, R. A., Baker, R. S., Graesser, A. C. et Lester, J. C. (2018). Special issue on the generalized intelligent framework for tutoring (GIFT): Creating a stable and flexible platform for innovations in AIED research. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 28*, 139-151. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0149-9

Spector, M., Polson, M. et Muraida, D. (1993). *Automating instructional design*. Educational Technology Publications.

Stevens, A. L., Collins, A. et Goldin, S. E. (1982). Misconceptions in student's understanding. Dans D. Sleeman et J. S. Brown (dir.), *Intelligent tutoring systems*. Academic Press.

Van Joolingen, W. R. et de Jong, T. (2003). SimQuest: Authoring educational simulations. Dans T. Murray, S. Blessing et S. Ainsworth (dir.), *Authoring tools for advanced technology educational software: Toward cost-effective production of adaptive, interactive, and intelligent educational software* (p. 1-31). Kluwer Academic. http://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190676

Van Marcke, K. (1998). GTE: An epistemological approach to instructional modelling. *Instructional Science Journal, 26*(3-4), 147-191.

Vygotsky, L. S. (1978) *Mind in society: The development of higher psychological functions*. Harvard University Press.

Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views. *Psychological Review, 20*, 158-177.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems-computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*. Morgan-Kaufmann Pub. Co.

Woolf, B. (2009). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann Publishers Inc.

CHAPITRE 10

CONSIDÉRER LA DIVERSITÉ DE CONTEXTES ET DE CULTURES DANS LES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Isabelle Savard • Nancy Gagné

RÉSUMÉ

L'internationalisation de l'éducation résulte non seulement de la mobilité internationale des personnes apprenantes, des personnes enseignantes, des chercheurs et des chercheuses, mais aussi de l'intégration de dimensions internationales et interculturelles dans les programmes éducatifs. La formation à distance et la facilité d'accès aux environnements numériques d'apprentissage (ENA) favorisent cette internationalisation, car elles permettent d'éliminer les contraintes temporelles et géographiques et donnent lieu à des échanges médiatisés sous diverses formes (écrite, audio, vidéo). Ces ENA offrent un accès privilégié à une diversité de contextes et de cultures. Mais comment en exploiter le plein potentiel pédagogique? Comment peut-on éviter que des variables culturelles ou contextuelles fassent obstacle aux processus d'enseignement et d'apprentissage? Trois pistes de solution sont ici envisagées : rendre les différences culturelles et contextuelles explicites pour l'ensemble des acteurs (équipes de conception, personnes apprenantes, personnel enseignant), impliquer la personne apprenante dans son parcours d'apprentissage et soutenir le développement des compétences d'adaptation des différents acteurs. Ce chapitre présente d'abord la modélisation des concepts-clés pour la considération des variables culturelles et contextuelles. Il suggère ensuite des pistes pour une ingénierie pédagogique qui exploite les contextes et les cultures dans les ENA. Finalement, il décrit les compétences d'adaptation et propose des pistes d'utilisation des ENA pour les développer.

MOTS-CLÉS

Internationalisation de l'éducation; culture; contexte; ingénierie ontologique; environnement numérique d'apprentissage.

Introduction

L'internationalisation de l'éducation bat son plein. Elle résulte non seulement de la mobilité internationale des personnes apprenantes, des personnes enseignantes, des chercheurs et des chercheuses, mais aussi de l'intégration de dimensions internationales et interculturelles dans les programmes d'éducation formelle, du primaire aux études supérieures, et dans les programmes d'autres milieux de formation, notamment la formation en entreprise ou en milieu sociocommunautaire. Dans son rapport de 2018, le Bureau canadien de l'éducation internationale (BCEI) souligne une augmentation de 34 % des étudiants internationaux entre 2014 et 2017 (BCEI, 2018). Cette tendance s'observe aussi ailleurs dans le monde, comme l'indique l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2020) qui relève que 21 % des personnes nouvellement inscrites à la maîtrise (*master's degree*) seraient en situation de mobilité internationale. Au doctorat, cette proportion s'élèverait à 29 %. On voit également de plus en plus de projets de collaboration et d'échanges internationaux entre établissements, tous niveaux confondus et parfois même à partir de la petite enfance.

La formation à distance et la facilité d'accès aux environnements numériques d'apprentissage (ENA) favorisent cette internationalisation, car elles permettent d'éliminer les contraintes temporelles et géographiques et donnent lieu à des échanges médiatisés sous diverses formes (écrite, audio, vidéo).

Les contextes d'apprentissage et de transfert des apprentissages de même que la culture des participants (personnes apprenantes, enseignants et enseignantes) doivent être pris en compte dans les ENA ainsi que dans l'ingénierie pédagogique de ces environnements (IENA) et de celle des formations qui s'y déroulent.

Savard (2014a) et Savard *et al.* (2010, 2020) ont identifié des variables culturelles dans les pratiques pédagogiques et analysé leurs implications dans les pratiques de design pédagogique des formations et des ENA. Pour ces auteurs, les scénarios pédagogiques, les environnements d'apprentissage et les ressources pédagogiques sont dotés d'une culturalité, c'est-à-dire teintés à intensité variable de la culture des individus ou des groupes qui les ont conçus. Ces variables identifiées mettent en relief des différences dans les pratiques pédagogiques (par exemple, en ce qui concerne le rapport au temps ou à l'autorité, les rôles du professeur et de la personne apprenante) auxquelles sont liées des attentes, souvent implicites, qui peuvent mener à des malentendus constituant des obstacles aux processus d'enseignement et d'apprentissage (Savard, 2014a). Le tableau 10.1 présente ces différentes variables identifiées dans les pratiques pédagogiques.

Comme l'illustre le tableau 10.1, Savard (2014a) a regroupé ces différentes variables en trois catégories distinctes : dimensions de valeurs, pratiques habituelles et interactions humaines. Les variables peuvent être liées aux cultures nationales ou aux cultures professionnelles (par exemple, le design pédagogique). Il en sera question un peu plus loin dans la section 1.

TABLEAU 10.1 **Les variables dans les pratiques pédagogiques (adapté de Savard, 2014a, p. 184)**

Dimensions de valeurs		
Autoritaire	← Relation à l'autorité →	Égalitaire
Faible	← Tolérance à l'incertitude →	Grande
Individualisme	← Individualisme/collectivisme →	Collectivisme
Rigide	← Rapport au temps →	Flexible
Pratiques habituelles		
Connaissances (décomposition fine des savoirs)	← Cibles d'apprentissage →	Compétences (approche plus globale visant des savoirs-agir complexes)
Très détaillé et fixe, un contrat	← Plan de cours →	Inexistant
Grand groupe	← Rythme des activités d'apprentissage →	Individuel
Didactiques/théoriques	← Situations d'apprentissage →	Authentiques
Unidirectionnelle (Professeur ou professeure vers personnes apprenantes)	← Communication pédagogique →	Multidirectionnelle
Absente	← Coopération-collaboration →	Omniprésente
Absentes	← Rétroactions détaillées →	Fournies en continu
Uniques (examens)	← Moyens d'évaluation sommative →	Variés
Normative	← Interprétation des résultats →	Critériée
Interactions humaines		
Transmettre les savoirs	← Rôle du professeur ou de la professeure → Rôles variés	Guider la personne apprenante, agir comme mentor
Demeurer passif	← Rôle de la personne apprenante → Rôles variés	Participer activement, constamment
Responsabilité du professeur ou de la professeure	← Atteindre les cibles d'apprentissage → Responsabilité partagée	Responsabilité de la personne apprenante
Professeur ou professeure impose une sélection	← Ressources disponibles → Professeur ou professeure en propose une variété, la personne apprenante sélectionne	Propositions de ressources attendues de la personne apprenante

Les ENA mettent à profit de nombreux outils de partage et de collaboration (forums de discussion, blogues, réseaux sociaux, outils permettant le partage de documents ou la communication vidéo) qui multiplient les occasions d'échanges et de rencontres. Par la même occasion, ils multiplient les portes ouvertes aux malentendus qui peuvent constituer des obstacles aux processus d'enseignement et d'apprentissage. Ces ENA permettent toutefois de regrouper, autour de mêmes buts d'apprentissage, une diversité d'apprenants et d'apprenantes œuvrant dans des contextes bien différents. En effet, ces personnes apprenantes, chacune de leur côté, ont accès à une diversité de milieux de travail ou de pratiques, au sein desquels elles peuvent transférer leurs apprentissages.

Ces ENA offrent ainsi un accès privilégié à une diversité de contextes et de cultures. Mais comment en exploiter le plein potentiel pédagogique? Comment est-il possible d'éviter que ces variables culturelles ou contextuelles fassent obstacle aux processus d'enseignement et d'apprentissage?

Afin que tous et toutes puissent optimiser les bénéfices de cet accès privilégié à la diversité de contextes et de cultures, il s'avère nécessaire de développer des stratégies tant pour intégrer ces dimensions internationales et interculturelles dans les programmes que pour bien accueillir les étudiants et les étudiantes en mobilité internationale ou en préparer d'autres qui envisagent cette mobilité. Rogers *et al.* (2007) ont souligné que peu d'enseignants et d'enseignantes ainsi que peu d'apprenantes et d'apprenants sont conscients des différences culturelles et que cela peut nuire à l'enseignement et à l'efficacité des activités pédagogiques. Bien que ce fait soit clairement démontré, il existe peu de méthodes et d'outils favorisant l'adaptation interculturelle des comportements et des pratiques tant des étudiants et des étudiantes que du personnel enseignant et des directions d'établissements (Edmundson, 2007; Man, 2004; Subramony, 2004, 2017; Young, 2008a). Ainsi, ceux-ci sont régulièrement confrontés à des problèmes d'adaptation culturelle qui demeurent mal identifiés, ce qui les rend difficiles ou impossibles à régler. Une des stratégies qui semblent prometteuses consiste à rendre explicites ces différences de façon à conscientiser les directions, les enseignants, les enseignantes et les personnes apprenantes à celles-ci et à favoriser leur adaptation à l'interculturalité.

Il faut aussi souligner que l'internationalisation des programmes d'études, par l'intégration de dimensions internationales et interculturelles dans les programmes de formation, vise à préparer les apprenants et les apprenantes à interagir sur la scène internationale ou à en tenir compte dans leurs interactions locales. Au Québec comme ailleurs, les personnes apprenantes qui évoluent au sein de ces programmes doivent pouvoir prendre en compte non seulement une diversité de cultures, mais aussi une diversité de contextes. Pour cela, elles doivent développer de nouvelles compétences d'adaptation, notamment des compétences interculturelles. C'est aussi le cas des étudiants et des étudiantes en mobilité internationale, même s'ils cheminent dans des programmes disciplinaires qui n'intègrent pas nécessairement ces dimensions internationales et interculturelles.

En plus de l'adaptation culturelle et contextuelle, la mobilité internationale implique souvent l'apprentissage d'une langue seconde ou étrangère (L2) et le développement de compétences communicationnelles. Le fait d'étudier dans un environnement en L2 nécessite que l'apprenant ou l'apprenante puisse faire non seulement des apprentissages relativement au thème de la formation, mais aussi qu'il puisse apprendre à interagir avec d'autres personnes apprenantes et avec les

enseignants et les enseignantes dans la langue cible. L'apprentissage de la langue est d'ailleurs la motivation de nombreuses personnes qui choisissent d'étudier dans un contexte international.

On sait que les contextes d'apprentissage liés à la mobilité internationale permettent de développer la L2 du point de vue de l'aisance langagière, de la grammaire ou du vocabulaire (Collentine et Freed, 2004; Segalowitz et Freed, 2004), mais aussi des habiletés sociolinguistiques (Sasaki, 2007), de même que la perception de soi et du monde. Il s'agit d'apprentissages allant bien au-delà des aspects linguistiques (Neff et Apple, 2020). On note que les ENA, en contexte de mobilité internationale, fournissent de nombreuses occasions d'interactions pour la personne apprenante en lui permettant de travailler à la fois langue et contenu. Certains chercheurs et chercheuses ont pu observer que ces contextes d'apprentissage, même s'ils ne visent pas spécifiquement le développement de la L2, permettent parfois plus d'échanges authentiques que des cours de langue (Amgott, 2020; Guth et Helm, 2012). Par ailleurs, comme le souligne Kinginger (2004), l'apprentissage d'une L2 est indissociable de l'apprentissage de différentes variables culturelles. On souligne même que l'objectif des personnes apprenant une L2 n'est plus seulement d'être en mesure de communiquer, mais aussi de devenir un locuteur interculturel ayant accès à sa culture et à celle de l'autre (Avgousti, 2018). En effet, certains codes et certaines conventions de communication, qu'ils soient implicites ou explicites, varient d'une culture à l'autre. Il s'avère donc essentiel que tous les acteurs (personnes apprenantes et personnes enseignantes) puissent optimiser la riche expérience d'apprentissage proposée par les ENA en tenant compte des différents facteurs évoqués.

En résumé, on constate d'emblée que les ENA offrent des lieux et des occasions de rencontres interculturelles extraordinaires. De plus, le potentiel pédagogique offert par la diversité de contextes qu'ils rendent accessibles est d'un intérêt particulier. Toutefois, il y a lieu de se demander comment cette diversité pourrait être mieux exploitée à des fins pédagogiques.

Dans ce chapitre, trois pistes de solution sont envisagées : rendre les différences culturelles et contextuelles explicites pour l'ensemble des acteurs (équipes de conception, personnes apprenantes, personnel enseignant), impliquer la personne apprenante dans son parcours d'apprentissage et soutenir le développement des compétences d'adaptation des apprenants et des apprenantes ainsi que des enseignants et des enseignantes. Tout d'abord, la section 1 présente la modélisation des concepts-clés pour la considération des variables culturelles et contextuelles et insiste sur les distinctions ontologiques à faire entre les concepts de contexte et de culture afin que les connaissances qui en découlent puissent

être mises au service de l'apprentissage par le biais d'outils informatisés. La section 2 traite ensuite des pistes pour une ingénierie pédagogique exploitant les variables culturelles et contextuelles dans les ENA. Finalement, la section 3 s'intéresse aux compétences d'adaptation à développer par l'ensemble des acteurs pour considérer les cultures et les contextes ainsi qu'aux façons d'utiliser les ENA pour développer ces compétences.

1 La modélisation des concepts-clés pour la considération des variables culturelles et contextuelles

L'apprentissage en ligne dans les ENA, combiné à l'utilisation de technologies variées, notamment celles qui sont issues de l'intelligence artificielle (IA) et de l'analyse de données massives éducationnelles (ou fouille de données éducationnelles [FDE]) (Leitner *et al.*, 2017; Maseleno et al., 2018), ouvre la porte à la prédiction des comportements des personnes apprenantes et à l'adaptabilité des contenus et des scénarios de formation (Gros *et al.*, 2015; Rogers *et al.*, 2007; Williams *et al.*, 2011). Les possibilités ainsi offertes favorisent le transfert des compétences à divers contextes et l'adaptation interculturelle. En effet, les nombreux outils de partage et de collaboration en ligne multiplient les occasions d'échanges, de rencontres et de transferts à un point tel que l'on a parfois l'impression que la distance rapproche. Ces occasions engendrent également d'immenses corpus de données dont la collection et l'analyse peuvent produire des indicateurs d'intérêt sur le plan pédagogique (Plante *et al.*, 2018). De plus, l'apprentissage en ligne permet de regrouper des apprenants et des apprenantes qui souhaitent développer les mêmes compétences, mais qui évoluent dans des contextes différents, fournissant ainsi des possibilités pour approfondir certains apprentissages.

Pour bien saisir ces possibilités, le point qui suit se concentre sur les notions de contexte et de culture présentées dans la littérature au cours des dernières années et explique également pourquoi il est nécessaire de représenter explicitement : 1) la distinction entre les concepts de contexte et de culture, 2) le concept de configuration culturelle et 3) les particularités du concept de contexte externe.

1.1 La distinction entre culture et contexte

Les termes « culture » et « contexte » sont souvent employés un peu comme des synonymes, ce qui peut créer de la confusion. En distinguant clairement le contexte et la culture, il devient possible de développer des bases de connaissances sur différents contextes et cultures, qui pourront être utilisées dans les

ENA, séparément ou simultanément, au profit de l'apprentissage. La formation en sciences de la santé en est un bon exemple, en particulier dans le contexte de la douleur chronique où les besoins de flexibilité et d'adaptabilité sont bien identifiés et clairement transversaux, tant pour les personnes atteintes que pour les différents professionnels et professionnelles impliqués. Dans ce domaine, les spécialistes des différentes professions, le personnel enseignant ainsi que les cliniciennes et les cliniciens sont appelés à former des apprenants et des apprenantes et à traiter des personnes d'origines diverses (sociales ou culturelles, par exemple). Ils doivent ainsi adapter les formations qu'ils dispensent et leurs stratégies pédagogiques en conséquence. Pour ce faire, ils doivent développer de nouvelles compétences et s'outiller pour tenir compte de la diversité des contextes et des cultures qu'ils utiliseront pour favoriser les transferts d'apprentissage dans leur pratique interprofessionnelle et intercontextuelle. En effet, leur pratique leur impose parfois d'œuvrer dans différents contextes professionnels (en milieu hospitalier, en clinique, en milieu communautaire, etc.) et de considérer les différents contextes de vie des patients et des patientes ou de s'y adapter.

1.1.1 La définition des concepts de culture et de contexte

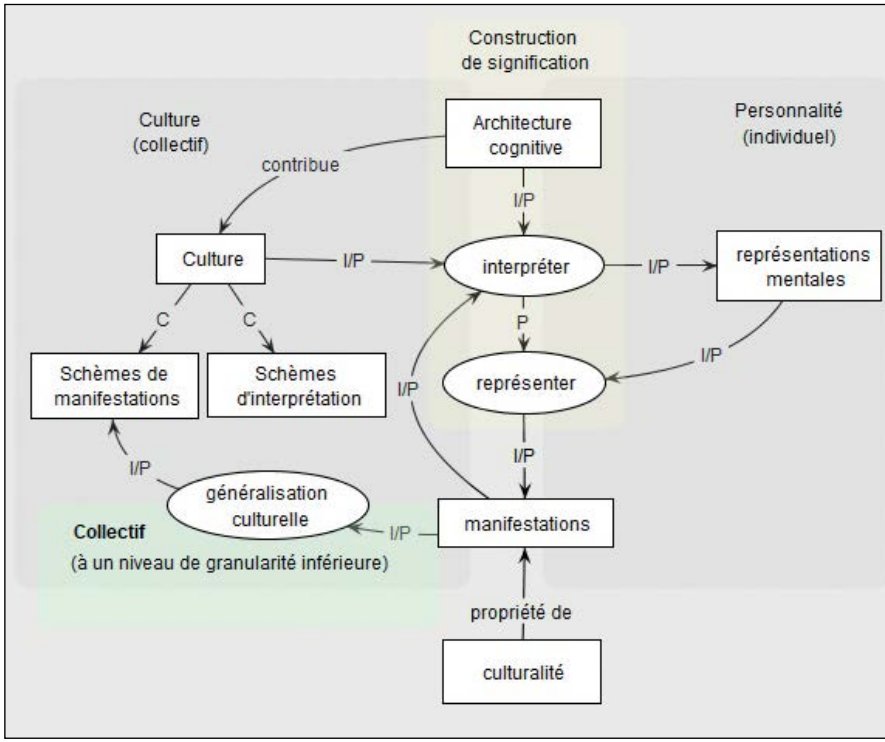
Un grand nombre de définitions de la culture sont proposées dans les écrits. Kroeber et Kluckhohn (1952) en ont recensé plus de deux cents et elles ont continué de se multiplier après 1952. Ces définitions ont évolué au fil du temps et, comme le souligne Alber (2002), plusieurs critiques ont permis de soulever différents problèmes qui leur étaient liés : les unes étaient trop évolutionnistes et ne permettaient pas d'analyser les cultures sur un pied d'égalité; les autres ne permettaient pas de souligner le caractère dynamique de la culture, évolutif dans le temps.

En réponse à ces critiques et en s'inspirant de Spencer-Oatey (2004), Savard *et al.* (2010) définissent la culture de la façon suivante :

> un ensemble évolutif, dans le temps et dans l'espace, de schèmes influençant le comportement de chacun des membres d'un groupe donné, son interprétation de la signification du comportement des autres individus ou groupes et les processus d'interprétation et de représentation qui lui permettent d'interagir avec son environnement. (p. 52)

Le modèle présenté à la figure 10.1 représente les concepts-clés de cette définition de la culture ainsi que les relations entre ces concepts. Il permet à la fois de comprendre comment la culture peut influencer l'apprentissage et l'enseignement et de comparer et d'analyser différentes cultures. Il a servi de source d'inspiration principale au travail de Savard et Mizoguchi (2016), représenté en partie dans la figure 10.2.

Savard (2014a) et Savard *et al.* (2010) considèrent ainsi la culture comme un ensemble évolutif de schèmes qui comprend deux sous-ensembles : les schèmes de manifestations et les schèmes d'interprétation. Par schème, ils entendent les représentations mentales abstraites qui aident à résoudre des problèmes et à guider les actions, tout en négligeant les détails. Ces schèmes sont formés et reproduits collectivement, mais ils sont appliqués de façon inégale par les individus qui forment le groupe. Les schèmes d'interprétation sont des représentations mentales abstraites de ce qui n'est pas directement observable et comprennent, notamment, les valeurs et les assomptions. Ils sont fréquemment tacites et intégrés et servent à évaluer et à interpréter le monde (produits et comportements). Les schèmes de manifestations sont des représentations mentales abstraites de ce que nous pouvons normalement observer; ils correspondent à des schèmes d'artefacts et de comportements. Le terme « représentations mentales » est utilisé dans la figure 10.1 pour faire référence à celles qui sont propres à l'individu, contrairement aux schèmes d'interprétation qui composent la culture et qui sont partagés par un groupe.



Légende : Lien C (se compose de); lien I/P (est intrant de/a pour produit); P (lien de précédence).

FIGURE 10.1 **Un modèle des concepts-clés de la culture (adapté de Savard et al., 2010, p. 53)**

Savard (2014a) explique la boucle présentée à la figure 10.1 de la manière suivante : la culture (en tant qu'ensemble de schèmes) sert d'intrant au processus d'interprétation, qui nous permet de construire nos représentations mentales du monde ou de notre environnement. Ces représentations mentales servent ensuite d'intrants au processus par lequel nous représentons ce monde, généralement dans le but de partager nos représentations mentales ou d'interagir avec d'autres individus. Le processus de représentation nous permet de produire des manifestations de la culture. Ces manifestations peuvent prendre la forme de comportements ou d'artefacts créés que l'on garde pour soi ou que l'on partage. Elles ne font pas partie de la culture au niveau de granularité considéré, mais elles ont la propriété d'en être teintées. On parlera alors de culturalité (Abdallah-Pretceille, 1999), c'est-à-dire de la propriété de ce qui est culturel. Les manifestations peuvent ainsi être réinterprétées et les connaissances restructurées, représentées à nouveau, toujours sous l'influence de ces schèmes qui composent la culture. Au fil du temps et après un certain nombre d'itérations, les manifestations pourront disparaître ou passer à un niveau supérieur, par un processus de généralisation, et servir de schèmes pour les niveaux inférieurs et faire ainsi partie de la culture. Certains auteurs parlent de mèmes[1] (Dawkins, 1976; Dennett, 1991, 2006), qui se transmettent un peu comme les gènes; d'autres considèrent que la culture n'évolue que par l'apprentissage et opposent nature et culture (Hofstede, 1984). Finalement, selon Tooby et Cosmides (1992), les êtres humains partageraient une architecture cognitive universelle, hautement organisée et dotée de mécanismes permettant de répondre aux différents inputs provenant de situations locales. Cette architecture est représentée à la figure 10.1 comme un intrant au processus d'interprétation et comme étant contributive à la culture.

Quant au contexte, il demeure également, encore aujourd'hui, un concept mal défini. Dans les diverses définitions recensées, deux grandes catégories sont souvent mentionnées : les définitions qui présentent le contexte comme étant interne à l'individu et celles qui le présentent comme lui étant externe. La première catégorie considère le contexte (interne) comme des représentations mentales d'un individu qui pourraient avoir un impact sur le processus d'apprentissage. Il est à noter que le contexte interne s'apparente aux « représentations mentales » illustrées dans la figure 10.1. La seconde catégorie interprète le contexte (externe) comme étant environnemental ou circonstanciel, et ayant également le potentiel d'avoir un impact sur le processus d'apprentissage.

Vu sous l'angle de l'approche de l'activité de Van Oers (1998), le contexte est

1 *Le Petit Robert* (2021) définit ainsi le mème : « idée, représentation mentale ou élément culturel qui se propage d'un individu à l'autre […] ».

appréhendé en tant que processus de contextualisation dynamique. L'auteur souligne l'importance de traiter de façon distincte deux paramètres principaux largement reconnus en sciences de l'éducation : d'une part, le contenu d'apprentissage et, d'autre part, la situation d'apprentissage. On peut voir le contexte en tant qu'activité d'apprentissage réunissant, notamment, le contenu et la situation. Le contexte peut également être vu comme une « photo » (donc statique) des différents paramètres (les acteurs, l'environnement physique ou virtuel, l'événement et ses buts, par exemple) qui caractérisent une activité d'apprentissage planifiée ou vécue. En effet, on note souvent d'importantes distinctions entre des activités d'apprentissage telles qu'elles sont planifiées ou scénarisées (avec tous leurs paramètres) et des activités d'apprentissage telles qu'elles sont réellement effectuées ou vécues (Savard, 2014b). Cela nous amène à insister sur le caractère dynamique des concepts de culture et de contexte et à souligner l'influence réciproque possible entre apprentissage et contexte, entre apprentissage et culture ou même entre contextes et cultures. Savard et ses collaborateurs (Savard, 2014a; Savard *et al.,* 2020; Savard et Mizoguchi, 2016, 2019) ont analysé ces interinfluences et les ont représentées explicitement, comme on le décrit dans ce qui suit.

1.1.2 La représentation ontologique des concepts de contexte et de culture

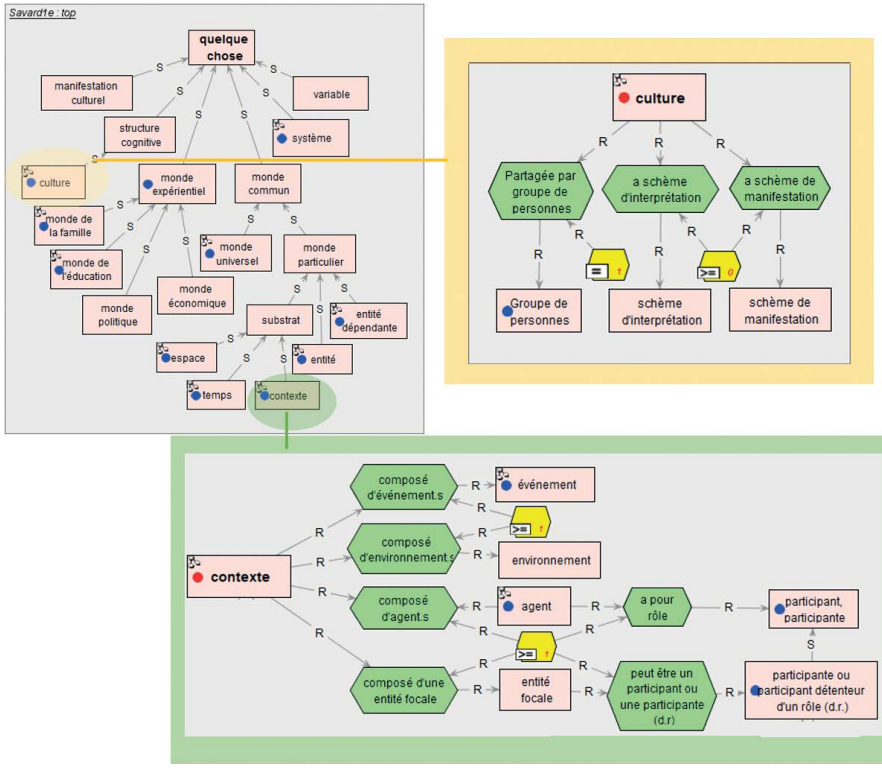
La littérature en IA présente différentes définitions du concept d'ontologie. Dans le cadre de ce chapitre, c'est celle de Gruber (1993), qui définit l'ontologie comme la spécification explicite d'une conceptualisation, qui a été retenue. Cette définition sous-entend qu'un important travail de conceptualisation doit précéder la construction de l'ontologie. Gruber précise que la conceptualisation est une vue abstraite et simplifiée du monde qu'on souhaite représenter. Il ajoute qu'une ontologie est une description des concepts et des relations qui peuvent exister entre eux pour un agent ou une communauté d'agents. L'*Ontology Web Language* (OWL) peut être utilisé pour représenter de façon explicite la signification de termes et les relations existant entre eux[2].

Savard et Mizoguchi (2016) ont élaboré une ontologie de haut niveau de la culture, dans laquelle ils ont modélisé les connaissances associées à ce concept selon une approche procédurale. Une telle approche permet d'expliciter les fonctionnalités de la culture et ouvre une porte à des solutions concrètes et pratiques pour l'adaptation culturelle dans les ENA. D'ailleurs, quelques-unes d'entre elles sont présentées dans la suite de ce chapitre, aux sections 2 et 3.

---

2 Voir le chapitre 7 où plusieurs ontologies sont considérées par Paquette comme utiles en ingénierie pédagogique.

Dans l'ontologie[3] présentée à la figure 10.2, la culture a comme attribut d'être partagée par un groupe de personnes; elle se compose de schèmes d'interprétation et de manifestation. Cette « configuration culturelle » sera expliquée plus en détail au point 1.2, mais il importe de souligner ici qu'un même individu est généralement influencé par différentes cultures.



Légende : Lien S (se compose de); lien R (régit).

FIGURE 10.2 **Les concepts de culture et de contexte dans l'ontologie de haut niveau (adapté de Savard et Mizoguchi, 2019, p. 4) [traduction libre]**

Le contexte, tel qu'il est représenté à la figure 10.2, fait référence au contexte externe qui renvoie à l'ensemble des circonstances qui encadrent un événement ou un objet, notamment un ou plusieurs agents qui ont le rôle de participant ou

3 L'ontologie a initialement été développée avec l'éditeur d'ontologies Hozo. Elle est présentée dans ce chapitre dans une adaptation conçue avec l'éditeur GMot. Les auteures tiennent à remercier Michel Léonard qui a fait cette adaptation.

de participante, un ou plusieurs environnements, un ou plusieurs événements et une « entité focale » qui peut être la participante ou le participant détenteur du rôle[4] ou l'événement.

Dans le but d'analyser les fonctionnalités du contexte et de la culture et d'ouvrir la porte à des solutions concrètes et pratiques d'adaptation, Savard et Mizoguchi (2019) ont représenté le contexte comme étant un substrat servant de support à l'existence d'autre chose, la culture dans le cas qui nous intéresse. En effet, chacun exprime sa ou ses cultures dans des contextes où l'intensité de leur influence peut varier en fonction des particularités du contexte. C'est seulement dans le contexte que la culture exerce une réelle influence. Sans le contexte, la culture n'a qu'une influence potentielle, non palpable.

La figure 10.2 montre également un concept de « monde commun », défini par Savard et Mizoguchi (2016, 2019). Cette partie du travail a été réalisée sur la base du « monde commun » décrit dans l'ontologie de l'éducation OMNIBUS développée par Hayashi *et al*. (2009). Dans ce monde, Savard et Mizoguchi ont modélisé des concepts communs à toutes les cultures, par exemple les concepts de temps et d'espace. En tant qu'êtres humains, nous évoluons dans une variété d'autres « mondes », chacun ayant ses propres particularités. Dans la figure 10.2, ces mondes forment le « monde expérientiel ». Les exemples illustrés dans cette figure sont le monde de la famille, le monde de l'éducation, le monde politique et le monde de l'économie. Au sein de ces « mondes », qui intègrent généralement une sous-culture, nous vivons des expériences différentes. L'interinfluence de ces différents mondes a amené Savard et Mizoguchi à modéliser le concept de configuration culturelle.

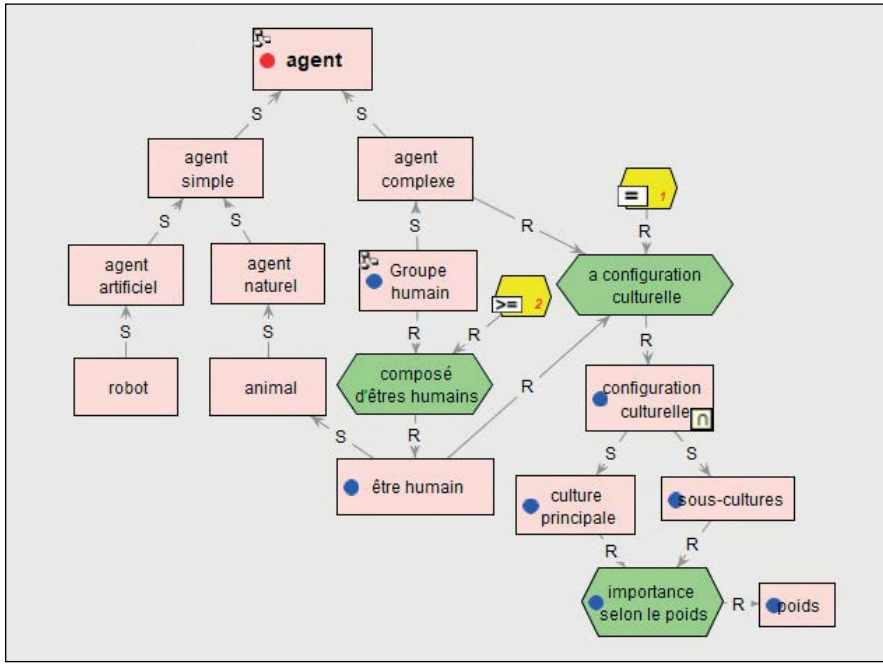
1.2 Le concept de configuration culturelle

En tant qu'êtres humains, nous sommes influencés par différentes cultures. Nous avons tous différents ensembles de schèmes qui influencent notre comportement et notre interprétation des comportements des autres ainsi que les processus d'interprétation et de représentation qui nous permettent d'interagir avec différents environnements (familial, professionnel, sportif, de loisirs, etc.). Ces différents ensembles de schèmes sont des sous-cultures. Comme le montre la figure 10.3, chaque agent humain, identifié comme participant au contexte dans la figure 10.2, a une configuration culturelle qui comprend une culture principale et différentes

4 L'expression « détenteur de rôle » (*role holder*) est définie dans Mizoguchi et al. (2007) comme une entité qui joue un rôle. Par exemple, dans un contexte donné, un joueur potentiel peut avoir un rôle, et lorsque cette entité joue ce rôle, elle devient un détenteur de rôle.

sous-cultures. Ainsi, la culture nationale d'une personne (par exemple, « japonais ») pourrait être sa culture principale et la culture professionnelle de cette personne (par exemple, « droit des affaires » ou « conception pédagogique »), une de ses sous-cultures.

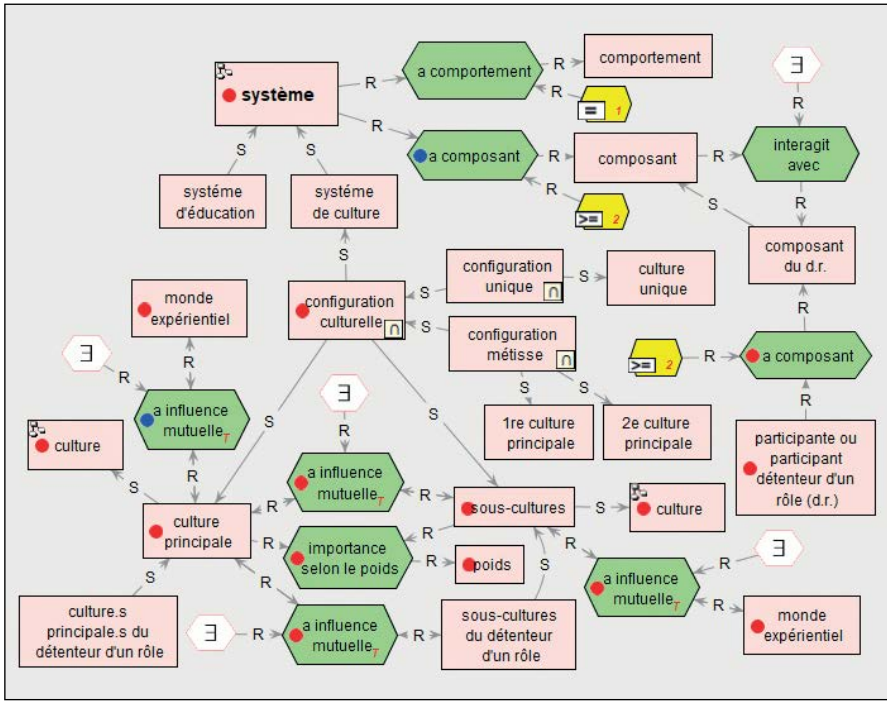
Il est également essentiel de modéliser la configuration culturelle qui est propre à un groupe (nommé « agent complexe » à la figure 10.3). En fait, la configuration culturelle d'un groupe n'est pas nécessairement la somme des configurations culturelles des individus qui composent le groupe. Par exemple, dans un groupe de travail international rassemblant des concepteurs et des conceptrices pédagogiques, la culture professionnelle aura probablement plus de poids que les cultures nationales des personnes qui y participent. Ces dernières s'adapteront les unes aux autres et aussi au contexte dans lequel le groupe travaille. Ainsi, la culture peut influencer le contexte. L'inverse est également vrai, le contexte pouvant influencer la culture. Par ailleurs, les sous-cultures peuvent être éphémères et « exister » pendant le temps qu'il faut pour mener à bien un projet ou un programme de formation.



Légende : Lien S (se compose de); lien R (régit).

FIGURE 10.3 **La configuration culturelle (adapté de Savard et Mizoguchi, 2019, p. 7) [traduction libre]**

La figure 10.4 montre en détail la distinction entre culture principale et sous-cultures. La culture principale exerce une certaine influence sur les sous-cultures et les mondes expérientiels, et chaque sous-culture influence le monde expérientiel auquel elle est rattachée. L'inverse est également vrai : le monde expérientiel peut influencer la sous-culture. Tout ceci est dynamique, comme le montre la figure 10.4. Ce sont des systèmes[5] qui interfèrent les uns avec les autres.



Légende : Lien S (se compose de); lien R (régit).

FIGURE 10.4 **La configuration culturelle dans l'ontologie de haut niveau (adapté de Savard et Mizoguchi, 2019, p. 8) [traduction libre]**

Savard et Mizoguchi (2019) soulignent que, pour les individus humains, la culture principale est souvent la culture nationale, celle dans laquelle ils ont grandi, qui a été utilisée pour leur éducation. Comme l'illustre la figure 10.4, la culture principale peut être métisse, composée de plus d'une culture (par exemple, un parent est d'une culture, l'autre parent est d'une autre culture). L'idée ici est de

5 *Le Petit Robert* (2021) définit le système comme un « ensemble de pratiques, de méthodes et d'institutions formant à la fois une construction théorique et une méthode pratique ».

permettre au modèle de prendre en considération le poids des différentes cultures et sous-cultures qui peuvent influencer plus ou moins fortement les comportements, l'interprétation des comportements et les processus d'interprétation et de représentation.

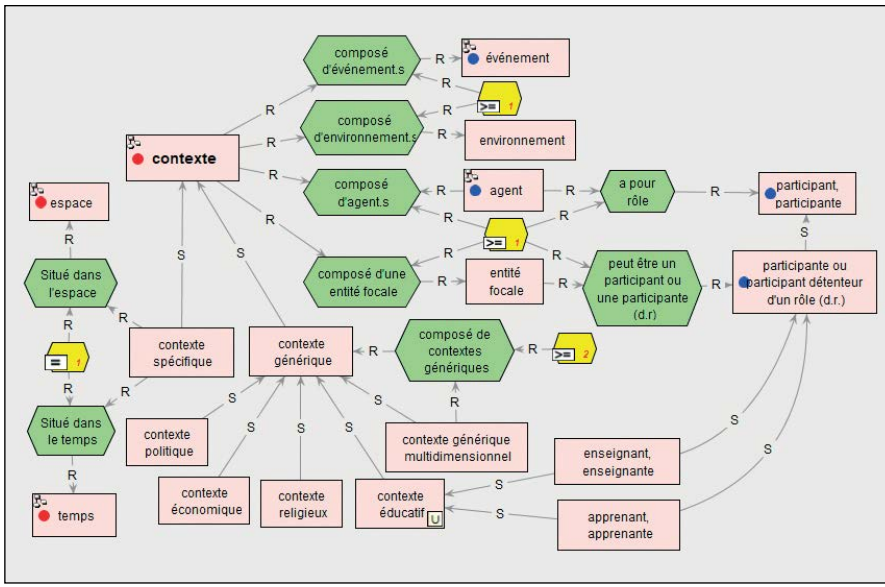
La configuration culturelle d'un individu ou d'un groupe sera ajustée en fonction du contexte. En effet, le groupe ou les individus s'adapteront en fonction du contexte. Par exemple, lorsqu'on interagit avec sa famille, la sous-culture du « monde expérientiel » de la famille a un poids plus important. Il est possible de supposer que les individus avec lesquels on interagit (et avec lesquels on a de nombreuses références culturelles en commun) comprendront les références aux événements ou aux expressions sans qu'on ait à les expliquer. Toutefois, lorsqu'on interagit avec un nouveau collègue d'une autre culture nationale, on ne peut pas utiliser les mêmes références sans les expliquer, on ne peut pas tenir pour acquis que cette personne adopte les mêmes règles (par exemple des règles de politesse), et on doit fournir ou demander des explications. Notre configuration culturelle s'ajuste donc selon le contexte et l'agent ou l'action faisant partie du contexte.

Il est donc essentiel de comprendre et de distinguer les concepts de culture et de contexte pour pouvoir utiliser pleinement leur potentiel synergique. Cette distinction peut aider à éviter de perdre du temps à essayer de résoudre un problème en ajustant les éléments contextuels (externes), alors que c'est la configuration culturelle qui nécessite des ajustements. Pour obtenir des paramètres externes et internes clairs, il faut faire une distinction nette entre les éléments contextuels (externes) et les éléments culturels (internes). En reconnaissant le contexte comme substrat de la culture, on reconnaît les fonctions et les rôles potentiels de chacun (contexte et culture) dans l'enseignement et l'apprentissage et on élargit l'horizon des possibilités de transferts efficaces de l'apprentissage et celui des occasions d'apprentissage plus profond. On s'assure aussi de ne pas utiliser les deux concepts comme s'ils étaient des synonymes et de ne pas créer une ambiguïté nuisible. On peut ainsi utiliser les deux, contexte et culture, dans leur plein potentiel synergique.

1.3 Les particularités du concept de contexte externe

La figure 10.5 montre que le contexte externe peut être générique ou spécifique. Alors que le contexte générique tend à être plus neutre, le contexte spécifique est situé dans l'espace et le temps. Cette figure montre également que le contexte comprend, comme précisé plus haut, un ou plusieurs agents qui ont le rôle de participant ou de participante, un ou plusieurs environnements, un ou plusieurs

événements ainsi qu'une entité focale[6] (Savard et Mizoguchi, 2019). Lorsque toute l'information est disponible, le contexte peut être planifié, mais s'il est imprévisible (Bazire et Brézillon, 2005), il peut être défini au fur et à mesure des besoins. Dans tous les cas, le contexte est le substrat de la culture. Le contexte et la culture sont tous deux dynamiques et évolutifs.



Légende : Lien S (se compose de); lien R (régit).

FIGURE 10.5 **Le concept de contexte externe dans l'ontologie de haut niveau de la culture (adapté de Savard et Mizoguchi, 2019, p. 5) [traduction libre]**

Les principales composantes du contexte externe représentées à la figure 10.5, sont les suivantes : agent, environnement, événement et entité focale. Elles sont brièvement décrites ici, sauf l'entité focale qui a déjà été présentée (point 1.1.2) :

– Un *agent* peut être simple ou complexe. Un agent simple peut être artificiel (par exemple, un robot) ou naturel (par exemple, un être humain). Comme il l'a été expliqué plus haut, chaque être humain est influencé par des cultures différentes. Un groupe peut être considéré comme un agent complexe.
– Un *environnement* peut être virtuel (par exemple, une plateforme d'apprentissage en ligne), hybride ou physique (par exemple, une salle de classe, un milieu

6 Il convient de rappeler que l'entité focale peut être un participant, une participante ou un événement.

de pratique). Il ne faut pas oublier que l'environnement est généralement créé par les êtres humains, donc influencé par leurs cultures.

– Un *événement* se compose d'un participant ou d'une participante et d'une action (figure 10.6). Le concept d'action est central ici. Bazire et Brézillon (2005) ont analysé 150 définitions du contexte afin d'en identifier les principales composantes. Ils en ont conclu que plusieurs de ces définitions concernent le comportement, qui est une action ou une activité cognitive (décision, résolution de problèmes ou construction de représentations). Comme mentionné précédemment, c'est précisément en relation avec l'action (ou l'activité cognitive) que le contexte peut être considéré comme le substrat de la culture. En effet, c'est dans et sur l'action que la culture exerce une influence.

Dans le modèle présenté par Savard et Mizoguchi (2019), partiellement illustré à la figure 10.6, l'action fait partie de l'événement qui, comme déjà montré à la figure 10.5, est un élément du contexte.

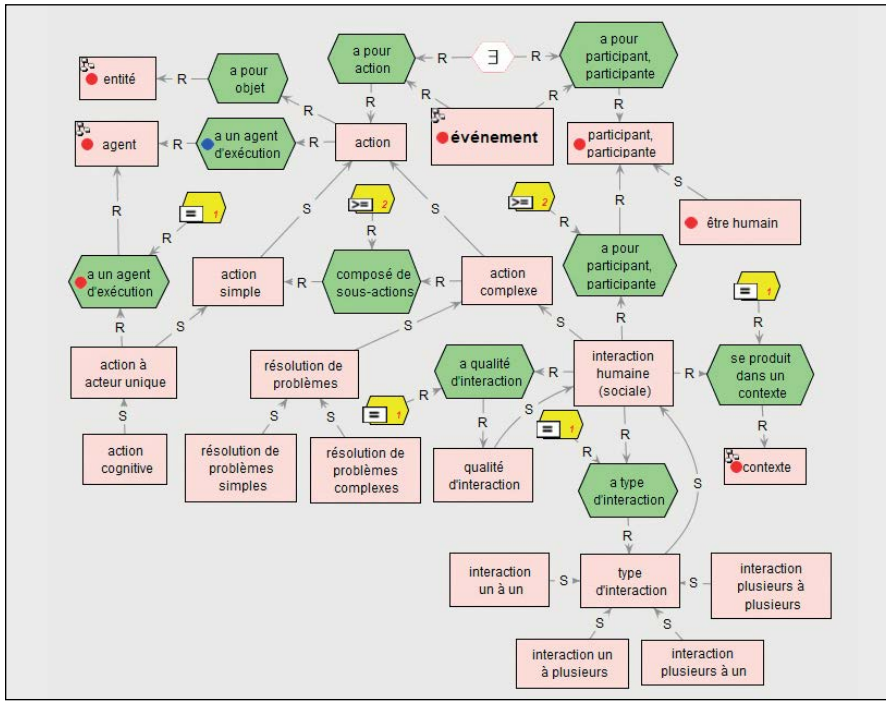


FIGURE 10.6 **L'action, partie intégrante de l'événement qui est un élément du contexte (adapté de Savard et Mizoguchi, 2019, p. 6) [traduction libre]**

La figure 10.6 montre également qu'une action peut être simple ou complexe :

– Parmi les actions simples, figure l'action à acteur unique impliquant un agent d'exécution. L'action cognitive est une sorte d'action à acteur unique. En outre, même si la figure 10.6 ne l'illustre pas, il faut souligner que les actions simples peuvent également être à acteurs multiples.
– Les actions complexes impliquent quant à elles deux ou plusieurs actions simples, en tant que sous-actions. La résolution de problèmes est une sorte d'action complexe ainsi qu'une interaction humaine (sociale) qui se produit dans un contexte.

Enfin, comme expliqué plus haut au sujet de l'entité focale, un contexte est déterminé en recueillant des entités pertinentes à une entité cible. Prenons l'exemple d'un concert du chanteur X. Le chant de X est exécuté dans le contexte du concert, mais il y a de nombreuses actions, comme le solo du guitariste, le travail de l'éclairagiste et l'énergie de la foule, qui créent l'événement. Si l'attention ne se porte pas sur l'action de chanter (ou de jouer), l'événement de concert reste juste un événement, et n'est pas un contexte. Quand des élèves apprennent lors de l'événement d'une leçon en classe, l'action d'apprentissage est accomplie dans le contexte de la leçon; si l'on ne se concentre pas sur l'action d'apprentissage, la leçon n'est alors qu'un événement. Par exemple, un projet en classe qui vise à créer un livre de recettes culinaires avec les élèves est un événement. Il devient un contexte si l'on précise que l'apprentissage du mode impératif (en langue) fait l'objet de la leçon. Un contexte ne peut pas être n'importe quoi en soi. Il n'émerge que s'il y a concentration sur une entité. Gilbert *et al*. (2011) abordent cette idée et discutent du contexte comme étant formé autour d'un événement central – un événement important ou typique – (une entité cible) qui attire l'attention des personnes apprenantes.

Les représentations explicites des concepts de culture et de contexte permettent de mieux les considérer et même de les exploiter dans l'ingénierie des ENA. Comme mentionné, l'utilisation de technologies variées offre diverses possibilités pour l'intégration des préoccupations de transfert et d'adaptation. En effet, les modèles de culture et de contexte peuvent servir tant à fournir de l'information aux utilisateurs et aux utilisatrices (par exemple, à l'équipe de conception pédagogique, au personnel enseignant ou aux personnes apprenantes) qu'à accumuler des informations qui permettent de perfectionner ces modèles et les bases de connaissances qui peuvent y être associées.

Blanchard *et al*. (2010), Edmundson (2007), Savard *et al*. (2008), Savard et al. (2014), Young (2008a) et d'autres ont déjà souligné l'importance de tenir compte de la culture dans les environnements où diverses personnes apprennent avec

divers enseignants et enseignantes. Nous y ajoutons la pertinence d'exploiter, à des fins pédagogiques, la variété de contextes pouvant s'inviter dans le scénario pédagogique par l'intermédiaire de la diversité de personnes apprenantes qui y sont rassemblées.

La section qui suit permet d'explorer différentes pistes pouvant guider la considération des variables culturelles et contextuelles dans les ENA.

2 Des pistes pour une ingénierie pédagogique exploitant les variables culturelles et contextuelles dans les ENA

La prise en compte des variables culturelles et contextuelles nécessite une attention particulière sur une variété de tâches qu'accomplissent les différents acteurs de l'ingénierie pédagogique. Aux fins de ce chapitre, les pistes pouvant guider la considération de ces variables sont regroupées en deux grandes catégories : les approches de scénarisation pédagogique des systèmes d'apprentissage (activité d'apprentissage, formation, programme de formation, etc.) et les méthodes d'ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage (IENA).

2.1 Les approches de scénarisation pédagogique des systèmes d'apprentissage

Simard et Basque (2008) et Savard (2014a) ont recensé deux grandes approches qui permettent de prendre en compte la culture des personnes apprenantes lors de la planification des systèmes d'apprentissage : l'approche d'uniformisation et l'approche d'adaptation.

L'approche visant l'uniformisation propose de développer des formations qui sont culturellement neutres et qui répondent aux besoins de toutes les personnes apprenantes. La prise en compte de la culture des apprenants et des apprenantes se fait donc en s'assurant que la formation est exempte d'éléments spécifiques à une culture ou à une autre (Eberle et Childress, 2007; Slay, 2002).

L'approche visant l'adaptation propose plutôt de concevoir des matériels pédagogiques adaptés ou adaptables à chaque culture (Edmundson, 2007; Goodear, 2001; Henderson, 2007; McLoughlin, 2007; Sabin et Ahern, 2002; Young, 2008b). Dans cette ligne de pensée, Simard et Basque (2008) ont recensé une série de recommandations pour l'adaptation culturelle et elles les ont présentées selon la structure de la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) proposée par Paquette (2002). Elles ont souligné le caractère contradictoire de certaines de ces recommandations et le fait qu'elles soient peu appliquées.

Il faut souligner d'emblée que l'adaptation est un processus complexe, et qu'il croît en complexité quand on cherche à s'adapter à une diversité. Pour guider le concepteur ou la conceptrice dans son processus d'adaptation, Savard (2014a) a proposé une méthode de traitement des variables culturelles en sept étapes, pouvant s'intégrer à la méthode de design pédagogique habituelle en conception pédagogique[7]. Ces étapes sont représentées à la figure 10.7.

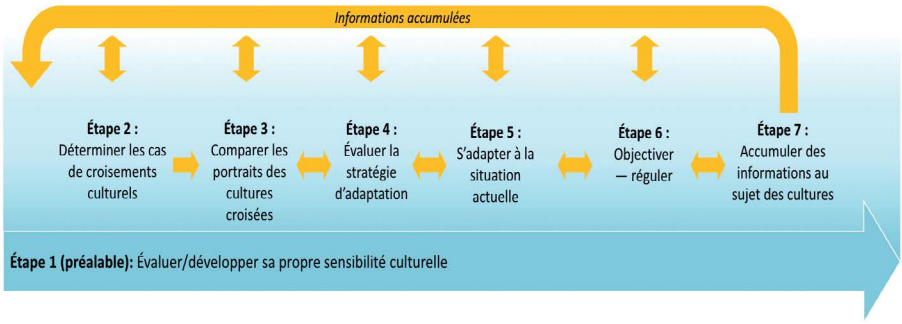


FIGURE 10.7 **La méthode de traitement des variables culturelles en sept étapes**

Partant du fait qu'on ne peut prendre en compte ce qu'on ignore, la première étape de la méthode de traitement des variables culturelles vise à prendre conscience de l'existence de variables. Powell (1997) définit la sensibilité culturelle comme la capacité d'un individu à voir le monde du point de vue d'une culture autre que la sienne. Il convient donc dans un premier temps d'évaluer sa propre sensibilité culturelle et ensuite de la développer.

La deuxième étape de la méthode vise à déterminer le cas de croisement culturel s'appliquant à la situation. Selon Savard (2014a), il existe deux grandes catégories de « croisements culturels » dans le design pédagogique : les croisements où l'on s'adresse à un groupe homogène de personnes apprenantes et ceux où l'on s'adresse à un groupe composé de personnes apprenantes d'origines culturelles diverses. L'auteure souligne que les cas les plus simples d'adaptation sont ceux où le concepteur ou la conceptrice s'adresse à un groupe homogène de personnes apprenantes de la même culture que la sienne. Le cas le plus complexe est celui où une équipe de concepteurs et de conceptrices d'origines culturelles diverses travaille en collaboration à la conception d'un scénario destiné à un groupe hétérogène d'apprenants et d'apprenantes d'origines culturelles diverses.

7 Pour une description détaillée des méthodes et de leur évolution, voir le chapitre 2.

Une fois le cas de croisement culturel identifié, il faut prendre connaissance des différences et des similitudes entre les cultures. La troisième étape de la méthode consiste à comparer, sur la base des variables identifiées, les portraits des cultures qui se croisent.

La quatrième étape de la méthode vise quant à elle à évaluer la stratégie d'adaptation à envisager. Sur la base des travaux d'Edmundson (2007), Savard (2014a) a proposé des grilles guidant l'évaluation de la complexité de l'adaptation, tant technique que pédagogique, d'un scénario.

Les étapes 2 à 5 de la méthode de traitement des variables culturelles (figure 10.7) ont servi de base à l'élaboration d'un scénario exécutable d'adaptation culturelle[8] (point 2.2.1). Ce scénario exécutable sert lui-même de base à un prototype de système conseiller qui accompagne l'équipe de conception pédagogique dans le processus d'adaptation culturelle.

2.2 Les méthodes d'IENA pouvant favoriser l'exploitation des variables culturelles et contextuelles à des fins pédagogiques

Savard et Mizoguchi (2019) soutiennent que les modèles de contexte et de culture devraient être intégrés dans l'architecture traditionnelle des systèmes tutoriels intelligents (STI) et, éventuellement, dans les systèmes fondés sur les connaissances reliés aux ENA ou intégrés à ceux-ci. En effet, ces modèles peuvent guider tant le travail des équipes de conception, que celui du personnel enseignant et des personnes apprenantes. Ainsi, on peut les utiliser avant, pendant et après le déroulement d'une formation.

Ces auteurs recensent deux façons principales d'utiliser ces modèles : l'approche planifiée, qui se caractérise par l'utilisation méticuleuse des connaissances déjà représentées selon des paramètres préétablis, ou l'approche émergente, qui permet d'utiliser les modèles comme base pour accueillir l'apprentissage émergent, tel qu'il est caractérisé par Williams *et al.* (2011), c'est-à-dire celui qui survient et qui permet d'atteindre les cibles d'apprentissage, mais qui n'était pas planifié.

---

8 Il est important de noter que, jusqu'ici, le terme « scénario » a été employé pour parler de scénarios pédagogiques à adapter ou à créer. À partir de maintenant, le terme « scénario » pourra désigner trois scénarios différents : le scénario pédagogique à adapter ou à créer, le scénario de conception, qui réfère à la méthode de design, et le scénario exécutable d'adaptation qui guide, augmenté des agents logiciels, le concepteur ou la conceptrice dans sa tâche d'adaptation aux variables culturelles (voir le point 2.2.1 qui suit). Il sera précisé chaque fois, selon le cas traité.

2.2.1 L'approche planifiée

Savard (2014a) a émis l'hypothèse qu'une méthode de traitement des variables culturelles pouvant se superposer au processus de design pédagogique permettrait aux concepteurs et aux conceptrices de prendre en compte et de traiter les variables culturelles, avec pour effets : 1) d'augmenter l'efficacité des scénarios, permettant ainsi à la personne apprenante de développer les compétences visées et de les appliquer dans sa pratique; 2) d'assurer un apprentissage significatif à la personne apprenante; 3) de favoriser l'équité, « toute personne [ayant] droit à une éducation et une formation de qualité qui respectent pleinement son identité culturelle » (UNESCO, 2002); 4) d'augmenter la réutilisabilité des ressources. Dans ce travail, l'auteure a systématisé le soutien apporté aux concepteurs et aux conceptrices pédagogiques à l'aide d'outils, basés sur une ontologie, qui permettent de rassembler les connaissances culturelles et de les utiliser pour conseiller ceux-ci afin qu'ils puissent prendre en compte et traiter les variables culturelles. En fait, c'est sur la base du modèle des concepts-clés de la culture (figure 10.1) que l'ensemble de ces travaux a été réalisé. Ces derniers ont d'abord permis d'identifier des variables culturelles inhérentes aux pratiques de design pédagogique, puis de les représenter sous la forme d'une ontologie, à partir de laquelle a été développée la base de connaissances (BC) nommée : « Diversité culturelle », qui regroupe de l'information sur les pratiques observées dans cinq régions francophones : le Québec, l'Île Maurice, la France, la Belgique et le Gabon.

Comme mentionné plus haut, Savard (2014a) a également proposé une méthode de traitement des variables culturelles, qu'elle a modélisée et utilisée dans le cadre d'un scénario exécutable d'adaptation culturelle mettant en scène différents agents logiciels qui guident l'équipe de conception pédagogique dans son processus d'adaptation. Comme l'illustre la figure 10.8, ces différents agents logiciels utilisent les connaissances représentées dans la base de connaissances « Diversité culturelle » pour comparer les pratiques dans deux pays et conseiller le concepteur ou la conceptrice qui souhaite accomplir une série de tâches lui permettant d'adapter un scénario pédagogique.

Ces agents logiciels ont été implantés dans le système d'exploitation pour le téléapprentissage TELOS (*TEle-Learning Operating System*) (Paquette et Magnan, 2008). Le principe central de TELOS est l'agrégation des ressources dans un scénario multiagent exécutable, où les acteurs réalisent des tâches en consultant et en produisant différents types de ressources.

Pour faciliter la lecture de la figure 10.8, rappelons que ces travaux renvoient à deux scénarios différents : le scénario pédagogique (planifié pour des personnes apprenantes) à adapter ou à créer, et le scénario exécutable d'adaptation cultu-

relle qui guide, augmenté des agents logiciels, le concepteur ou la conceptrice dans sa tâche d'adaptation aux variables culturelles.

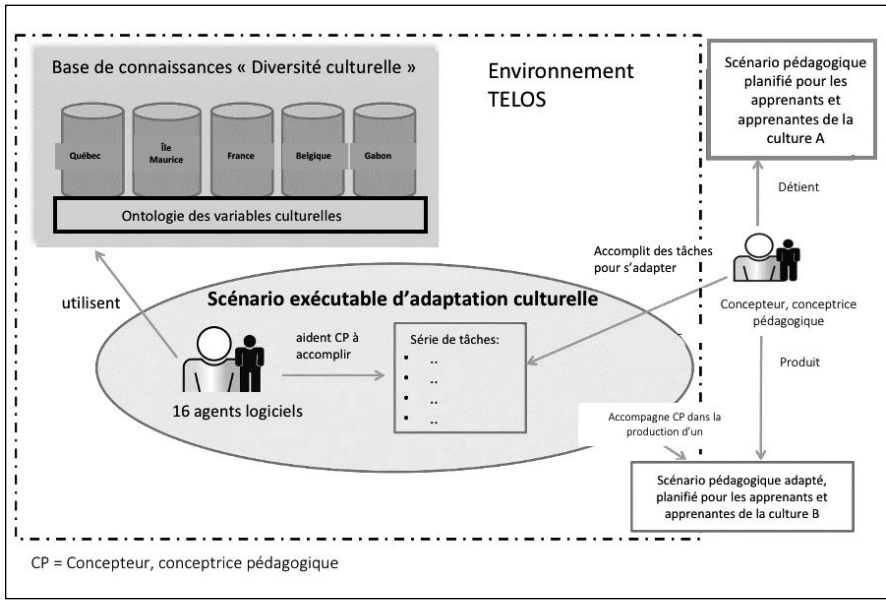


FIGURE 10.8 **Un scénario exécutable d'adaptation culturelle guidant le concepteur ou la conceptrice pédagogique dans sa tâche d'adaptation (adapté de Savard et al., 2020, p. 25) [traduction libre]**

Un des défis soulevés par Savard (2014a) concerne le maintien de la fiabilité et de la validité des informations contenues dans de telles bases de connaissances. Ce défi fait d'ailleurs l'objet de l'étape 7 de la méthode de traitement des variables culturelles (figure 10.7) : accumuler des informations au sujet des cultures.

La figure 10.9 illustre les stratégies que l'auteure propose pour assurer la mise à jour de ces informations. La première stratégie, classique, consiste à demander aux concepteurs et aux conceptrices qui utilisent la BC sur la diversité culturelle de remplir un questionnaire sur les variables culturelles. La deuxième stratégie est quant à elle valable si l'on a recours aux banques de scénarios pédagogiques partagés. Elle consiste à amener le concepteur ou la conceptrice à indexer les scénarios, conçus ou réutilisés, en fonction des variables culturelles. La troisième stratégie vise à demander au concepteur ou à la conceptrice de documenter la qualité et l'efficacité d'un scénario adapté, toujours en se reportant aux variables culturelles identifiées (et représentées dans l'ontologie). Ces trois stratégies per-

mettraient d'accumuler des données au sujet des valeurs que peuvent prendre les différentes variables dans les cultures et ainsi de mettre à jour les connaissances accumulées dans la BC. Les agents logiciels et l'équipe de conception pourraient ainsi compter sur des données plus valides et plus fiables.

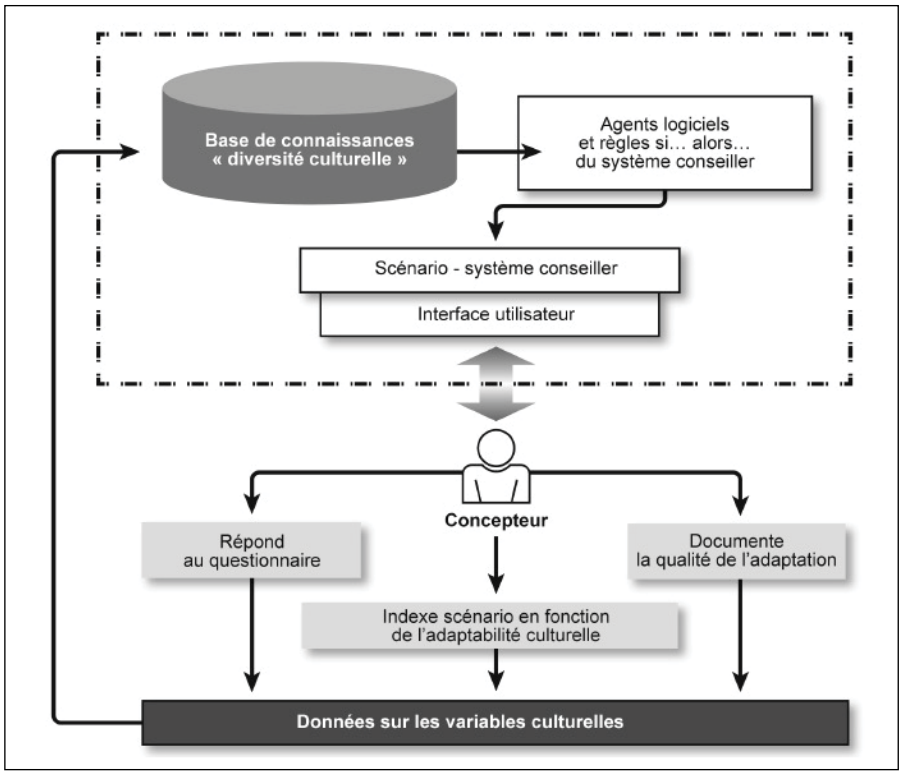


FIGURE 10.9 **Des stratégies pour augmenter la validité et la fiabilité des informations contenues dans la base de connaissances sur la diversité culturelle (Savard, 2014a, p. 220)**

Ces travaux de Savard s'appliquent dans des cas centrés sur le travail d'adaptation réalisé par des concepteurs et des conceptrices pédagogiques. Ils se centrent sur les différences culturelles entre personnes apprenantes et personnes enseignantes. La section 3 suggère des stratégies qui permettent de répondre aussi aux besoins d'adaptation des apprenants et des apprenantes, en prévoyant dans le scénario pédagogique des activités explicites d'adaptation favorisant la collaboration interculturelle.

Comme le proposent Forissier *et al.* (2013), l'approche planifiée permet également au concepteur ou à la conceptrice pédagogique de se centrer non seulement sur les différences culturelles, mais aussi sur les différences relatives aux contextes des personnes apprenantes. Celui-ci se centre alors sur une planification méticuleuse des activités de l'apprenant ou de l'apprenante en planifiant un scénario pédagogique susceptible de provoquer des ruptures de contextes (préétablies et prévues) chez ces personnes. Par exemple, dans un scénario pédagogique qui vise à observer une grenouille dans son milieu et à préciser son régime alimentaire, les équipes de recherche ont prévu des rencontres entre des élèves de la Guadeloupe, qui ont observé de toutes petites grenouilles végétariennes, et des élèves du Québec, qui ont observé de grosses grenouilles (des ouaouarons) qui sont des prédateurs opportunistes mangeant parfois des rats. Les chercheurs et les chercheuses font l'hypothèse que les ruptures de contextes vécues par les élèves lors de ces rencontres vont provoquer de nouveaux apprentissages. Avant le déroulement de la leçon, ces ruptures de contextes ont fait l'objet d'un travail de modélisation des connaissances, basé sur l'ingénierie ontologique, réalisé par l'équipe de conception en collaboration avec des spécialistes du sujet enseigné.

2.2.2 L'approche émergente

L'équipe de conception pédagogique peut également préparer des scénarios pédagogiques en tentant de faire une place aux variations imprévisibles, tant contextuelles que culturelles, qui pourraient émerger en cours d'apprentissage. Williams *et al.* (2011) soutiennent ce qui suit :

> Il est nécessaire de passer d'un environnement d'apprentissage monolithique dans lequel tout doit être contrôlé et prévisible à une écologie d'apprentissage, plus pluraliste, dans laquelle les domaines d'application [ou contextes d'apprentissage] et les modes d'apprentissage tant normatifs [prévisibles et planifiés] qu'émergents ont leur place, […]. (p. 54) [traduction libre]

Dans l'approche émergente, on peut imaginer des stratégies similaires à celles qui sont présentées à la figure 10.9, mais centrées sur l'apprenant ou l'apprenante qui interagit en réseau et en partie dans le rôle de concepteur de ses apprentissages. Certains événements, planifiés ou non, permettent d'accumuler des connaissances; d'autres, d'utiliser ces nouvelles connaissances au bénéfice de l'apprentissage. Par exemple, on peut penser à un CLOM collaboratif au sein duquel les échanges de portfolios ou des activités sur un même sujet, traités selon les contextes de transferts des apprentissages de différents participants et participantes, permettent d'abord d'accumuler des informations au sujet des

différents contextes et ensuite d'utiliser ces connaissances pour approfondir les apprentissages.

Dans une telle approche, il semble vital d'impliquer davantage les apprenants et les apprenantes, à la fois dans leur apprentissage et dans la planification de leurs parcours d'apprentissage tout au long de la vie, car ils peuvent fournir des informations sur les différents modèles (personnes apprenantes, domaine, pédagogie, contextes, cultures). Les portfolios et les environnements de conception pédagogique collaborative, qui favorisent la collaboration entre équipes de conception et personnes apprenantes, offrent des solutions constructives pour utiliser et faire évoluer ces modèles. Bien entendu, plus de recherches sont nécessaires avant de pouvoir offrir une variété d'outils complémentaires et utiliser de manière efficace et explicite les modèles de culture et de contexte. Toutefois, comme cela est souligné au chapitre 2, qui porte sur l'évolution des méthodes d'ingénierie pédagogique, différents chercheurs et chercheuses dans ce domaine ont déjà proposé des modèles ou des méthodes qui visent la flexibilité et l'implication de la personne apprenante.

Savard et Mizoguchi (2019) considèrent que les ontologies fournissent une bonne base pour l'intégration de l'approche planifiée et de l'approche émergente dans une écologie globale de l'apprentissage. En effet, une architecture qui intégrerait les ontologies comme base des modèles d'apprenants et d'apprenantes, de domaine, de pédagogie, de contexte et de culture, combinées à l'utilisation d'une variété d'outils technologiques, pourrait favoriser l'établissement de ces écologies d'apprentissage pluralistes décrites par Williams *et al.* (2011).

La section qui suit décrit des stratégies pour aider les personnes apprenantes, les équipes de conception et le personnel enseignant à développer des compétences d'adaptation, au sein même des ENA ou des portails de formation.

3 L'utilisation des ENA pour développer des compétences d'adaptation

L'exploitation de la diversité de contextes et de cultures à des fins pédagogiques nécessite le développement de compétences d'adaptation, tant chez les personnes enseignantes que chez les personnes apprenantes. Les ENA peuvent s'avérer très utiles pour le développement de ces compétences.

3.1 Les compétences d'adaptation à développer

On sait que le développement de compétences est complexe[9], qu'il se fait généralement sur le long terme et qu'il implique la mobilisation de différentes connaissances, habiletés et attitudes ainsi que la mobilisation de ressources physiques, humaines et spatio-temporelles (Basque, 2015; Scallon, 2004; Tardif, 2006). Ajoutons que, pour être reconnue compétente, une personne apprenante doit pouvoir mobiliser l'ensemble de ces ressources dans différents contextes. Elle doit pouvoir transférer ses compétences d'une situation à l'autre.

Il importe ici de souligner la distinction à faire entre deux grands types de transferts : le transfert vertical et le transfert latéral. Comme le soulignent Péladeau *et al.* (2005), le transfert vertical fait référence à la hiérarchie de la complexité; il implique la maîtrise de certaines connaissances de base et d'habiletés préalables, qui rend possible l'apprentissage d'habiletés de plus haut niveau ou le développement de compétences. Le transfert latéral fait référence à un transfert de la compétence dans un nouveau contexte, d'un niveau de complexité comparable au contexte dans lequel son développement a été complété. Tardif et Meirieu (1996) expliquent que « le transfert se produit lorsqu'une connaissance acquise [ou une compétence développée] dans un contexte particulier peut être reprise d'une façon judicieuse et fonctionnelle dans un nouveau contexte, lorsqu'elle peut être recontextualisée » (p. 2); ils font ici référence au transfert latéral.

Deux types de compétences d'adaptation susceptibles de favoriser l'exploitation de la diversité de contextes et de cultures à des fins pédagogiques dans les ENA sont décrites ici : les compétences interculturelles et les compétences communicationnelles. D'ailleurs, ces compétences pourraient être développées au sein même des ENA. Dans les paragraphes qui suivent, des précisions sont d'abord apportées au sujet de ces compétences à développer; des stratégies visant leur développement sont ensuite proposées.

3.1.1 Les compétences interculturelles

Pour Savard (2014a), la compétence interculturelle fait référence à la capacité d'interagir efficacement avec des gens de différentes cultures. Elle la définit comme étant « la capacité de comprendre et d'analyser les différences d'une autre culture, de s'y adapter, d'y évoluer et d'atteindre ces objectifs dans cette différence » (p. 52). Elle explique que pour pouvoir interagir dans un environnement d'apprentissage (dont un ENA) en prenant en compte les différentes va-

9 Le chapitre 8 présente une ontologie de la compétence.

riables culturelles, le participant ou la participante doit pouvoir : 1) expliquer les particularités de sa propre culture, 2) comparer ces particularités à celles des autres cultures et 3) adapter sa pratique en fonction des particularités des autres cultures.

Crandall *et al.* (2003) ont comparé les phases développementales de la compétence interculturelle selon trois modèles, à savoir ceux très connus de Howell (1982) et de Bennett et Paige (1993), ainsi que celui de Culhane-Pera *et al.* (1997) axé sur le développement de la compétence interculturelle chez les médecins de famille (tableau 10.2). Le portrait qui se dégage des phases développementales dans les trois modèles confirme que le développement de la compétence interculturelle se fait sur le long terme, graduellement, et qu'il nécessite de nombreuses occasions de pratique.

TABLEAU 10.2 **Phases développementales de la compétence interculturelle, selon trois modèles (Savard, 2014a, p. 52, une adaptation et une traduction libre de Crandall et al., 2003)**

Modèles		
Howell	**Bennett**	**Culhena-Pera *et al*.**
Incompétence Inconscience (niveau 1)	Déni (étape 1)	Ne sait pas que la culture influence les soins médicaux (niveau 1)
Incompétence conscience (niveau 2)	Défense/Minimisation (étapes 2 et 3)	Emphase minimale sur la culture en médecine (niveau 2)
Compétence Conscience (niveau 3)	Acceptation (étape 4)	Acceptation du rôle des croyances culturelles, des valeurs et des comportements dans la santé, la maladie et les traitements (niveau 3)
Compétence Inconscience (niveau 4)	Adaptation (étape 5)	Incorporation de la sensibilité culturelle dans la pratique médicale quotidienne (niveau 4)
Supercompétence Inconscience (niveau 5)	Intégration (étape 6)	Intégration de l'attention à la culture dans toutes les facettes de la vie professionnelle (niveau 5)

3.1.2 Les compétences communicationnelles

On sait qu'optimiser la participation à un programme ou à un cours dans un ENA dans le cadre de la mobilité internationale requiert des connaissances et des habiletés de communication. Simpson (2005) dénombre quatre systèmes sur lesquels le participant ou la participante s'appuie : les connaissances linguistiques des éléments structuraux liés à la langue (vocabulaire, grammaire ou syntaxe), les connaissances discursives (types de discours ou de textes), les connaissances liées à la technologie (fonctionnement des logiciels et des programmes) et les règles sociolinguistiques (conventions spécifiques et règles de parole d'un groupe donné dans une situation de communication).

Lorsque l'on parle de développer la compétence communicative dans les ENA, on fait référence aux aspects qui permettent de naviguer dans ces derniers et de participer de manière optimale aux activités qui s'y déroulent en multipliant les possibilités de communication et en facilitant l'émergence de pratiques linguistiques, multimodales, culturelles, interactionnelles et cognitives (Thorne, 2016). Certaines connaissances et habiletés permettent d'optimiser l'expérience interculturelle dans un ENA. Par exemple, les participants et les participantes dans un ENA doivent maîtriser différentes conventions liées aux genres des communications en ligne[10], qui sont parfois typiques de l'écrit, comme le courriel, ou de l'oral comme le clavardage. Ils doivent aussi pouvoir reconnaître la culture d'usage de l'ENA (différente de l'interaction face à face) (Thorne, 2016) et ainsi développer la compétence qui leur permet d'alterner le code, le registre et le style de communication en fonction de situations d'apprentissage variées (Darvin et Norton, 2015).

On pourrait de ce fait avancer l'hypothèse que de proposer d'intégrer dans des programmes et des cours des capsules d'apprentissage portant sur les différents systèmes (connaissances linguistiques, connaissances discursives, connaissances liées à la technologie et règles sociolinguistiques) permettrait aux participants et aux participantes d'acquérir les connaissances et de développer les habiletés nécessaires au développement de la compétence communicative dans les ENA, au moment où ils en ont besoin. D'autant plus que l'amélioration de la compétence communicative, avec ses quatre systèmes, contribuerait à augmenter l'efficacité des scénarios pédagogiques, à assurer un apprentissage significatif à la personne apprenante et à favoriser l'équité en offrant à tous les participants et les participantes les bases nécessaires afin d'optimiser leur expérience d'apprentissage dans un ENA.

---

10 Un courriel est plus lié au genre écrit alors qu'un outil de clavardage comprend des notions d'oralité.

3.2 Les stratégies en appui au développement des compétences d'adaptation

Différentes stratégies peuvent permettre de développer les compétences interculturelles et communicatives nécessaires à l'exploitation de la diversité culturelle à des fins pédagogiques. Deux d'entre elles sont ciblées dans les parties qui suivent : intégrer des activités pédagogiques dans les programmes et les cours; intégrer dans les ENA des modules de microapprentissage.

3.2.1 Intégrer des activités pédagogiques dans les programmes et les cours

Viser le développement des compétences d'adaptation à l'échelle des programmes d'études et des cours semble être une stratégie gagnante. En effet, on doit compter sur la mise en place d'une variété d'activités pédagogiques à cette échelle et qui s'étalent dans le temps. Par exemple, on peut envisager une formation d'accueil qui précise l'utilité de ces compétences d'adaptation et les moyens qui seront pris pour les développer, ou des ateliers de mi-parcours qui visent spécifiquement le développement de ces compétences et plus particulièrement le transfert vertical. D'autres occasions de pratique doivent être intégrées aux différents cours qui composent le programme et faire référence aux outils mis en place au niveau du programme. En effet, l'application des connaissances, des habiletés et des attitudes enseignées au niveau du programme doit être valorisée dans les différents cours. Idéalement, sur le continuum du programme, celles-ci devraient viser le transfert latéral, puis l'acquisition de l'habitude d'adaptations spontanées.

Il importe de souligner que les équipes de conception d'ENA et le personnel enseignant doivent eux aussi développer ces compétences d'adaptation pour que l'approche proposée dans ce chapitre fonctionne.

Du matériel d'apprentissage disponible en tout temps dans les ENA, et pour l'ensemble des clientèles, pourrait s'avérer utile et complémentaire aux différentes stratégies de développement de ces compétences d'adaptation.

3.2.2 Intégrer dans les ENA des modules de microapprentissage

L'ajout de modules de microapprentissage, au sein même des ENA, est également suggéré comme stratégie venant en appui au développement des compétences d'adaptation. Bien qu'aucune définition du microapprentissage ne fasse consensus, celui-ci se définit en général à partir des sept dimensions suivantes identifiées par Hug (2007) : sa durée limitée, son contenu délimité, sa place dans le programme, son format, sa place dans le processus, le média de diffusion employé et le modèle d'apprentissage retenu (Redondo *et al., 2020)*. Il n'y a pas consensus

quant à sa durée idéale, mais le temps d'apprentissage semble se situer en général entre une et dix minutes.

On pourrait donc définir le microapprentissage comme une modalité d'apprentissage de très brève durée, visant un contenu très restreint et utilisant des ressources médiatiques conséquentes offertes à la personne apprenante au moment où elle en a besoin lors d'une activité d'apprentissage, que celle-ci soit réalisée en classe ou dans un ENA. Les ressources peuvent se présenter sous forme de capsules d'apprentissage juste à temps, de courts textes, d'un module d'apprentissage numérique, d'un balado (*podcast*), d'une infographie ou d'une vidéo (Torgerson et Iannone, 2019). Les personnes apprenantes comme les personnes enseignantes pourraient avoir recours à cette modalité d'apprentissage à tout moment pour favoriser et faciliter l'application de compétences d'adaptation en développement.

On distingue quatre manières d'utiliser le microapprentissage : en préparation (soit avant un événement d'apprentissage), en suivi à un événement d'apprentissage (lorsque le besoin est identifié à la suite d'un événement d'apprentissage), comme formation en soi (optionnelle par rapport à l'événement d'apprentissage) ou comme soutien à la performance (pendant l'événement d'apprentissage) (Torgerson et Iannone, 2019). Ces quatre manières sont considérées comme pertinentes pour le développement des compétences interculturelles et communicationnelles.

Conclusion

Ce chapitre a souligné l'importance de bien distinguer les concepts de culture et de contexte de façon à pouvoir en utiliser le plein potentiel synergétique dans le développement d'ENA prenant en compte les diversités culturelles et contextuelles. Les ontologies présentées constituent un bon point de départ pour développer un système efficace de représentation des connaissances rattachées à ces concepts, comme le proposent Chandrasekaran *et al.* (1999).

De telles ontologies fournissent une base solide pour la considération des contextes et des cultures dans les scénarios pédagogiques ainsi que pour l'accumulation de connaissances sur les différents contextes et cultures. Ces connaissances ainsi accumulées et structurées facilitent le travail d'adaptation des différents acteurs (enseignants, enseignantes, concepteurs, conceptrices, personnes apprenantes, etc.). En effet, tous ne peuvent avoir toutes les connaissances nécessaires pour bien prendre en considération les variables contextuelles et cultu-

relles. Des outils technologiques basés sur ces connaissances permettent d'appuyer l'ensemble des démarches d'adaptation. Il importe maintenant de trouver les meilleures façons de mettre à jour ces connaissances et ces outils, qui doivent demeurer flexibles. Comme mentionné dans ce chapitre, impliquer la personne apprenante dans son adaptation et son apprentissage dans différents contextes apparaît être une solution incontournable. Idéalement, cette implication doit se faire à toutes les phases d'un programme : avant de l'entreprendre, pendant et après.

Ces différents travaux présentés s'intéressent à l'étude de systèmes en interaction, à savoir des agents cognitifs qui interagissent entre eux et avec des systèmes physiques et symboliques. Ils offrent de nombreuses et intéressantes pistes de recherche pour mieux exploiter la diversité de contextes et de cultures à des fins pédagogiques. Ce chapitre a fourni des balises pour une ingénierie pédagogique exploitant les cultures et les contextes des acteurs dans les ENA. Il a présenté des approches de scénarisation pédagogique et une méthode de traitement des variables culturelles pouvant se superposer aux méthodes de design pédagogique privilégiées par les équipes de conception. De plus, il a permis d'explorer des méthodes d'IENA pouvant favoriser l'exploitation de la diversité de cultures et de contextes à des fins pédagogiques. Enfin, il a analysé les compétences d'adaptation à développer par l'ensemble des acteurs des ENA et a proposé quelques moyens pour favoriser leur développement au sein même des ENA.

Références

Abdallah-Pretceille, M. (1999). *L'éducation interculturelle* (vol. 3487). Presses universitaires de France.

Alber, J.-L. (2002). Le concept anthropologique de « culture » : quelques repères et mises au point. *Terra cognita : quelle culture? Revue suisse de l'intégration et de la migration, 1,* 34-40.

Amgott, N. (2020). L2 multimodal composing abroad: Remixing languages, cultures, and identities. *L2 Journal, 12*(3). http://dx.doi.org/10.5070/L20047045

Avgousti, M. I. (2018). Intercultural communicative competence and online exchanges: A systematic review. *Computer Assisted Language Learning, 31*(8), 819-853

Basque, J. (2015). *Le concept de compétences : quelques définitions*. Projet MAPES (modélisation de l'approche-programme en enseignement supérieur), Réseau de l'Université du Québec. Portail de soutien à la pédagogie universitaire du réseau de l'Université du Québec. https://pedagogie.uquebec.ca/outils/le-concept-de-competences-quelques-definitions

Bazire, M. et Brézillon, P. (2005). Understanding context before using it. *International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context* (p. 29-40). Springer.

Bureau canadien de l'éducation internationale. (2018, août). Étudiants internationaux au Canada. *Recherche en bref du BCEI, 10*.

Bennett, M. J. et Paige, R. M. (1993). Towards ethnorelativism: A developmental model of intercultural sensitivity. Dans R. M. Paige (dir.), *Education for the intercultural experience* (2e éd., p. 21-71). Intercultural Press.

Blanchard, E. G., Mizoguchi, R. et Lajoie, S. P. (2010). Structuring the cultural domain with an upper ontology of culture. Dans E. G. Blanchard et D. Allard (dir.), *The handbook of research on culturally-aware information technology: Perspectives and models* (p. 179-212). IGI Global.

Chandrasekaran, B., Josephson, J. R. et Benjamins, V. R. (1999). What are ontologies, and why do we need them? *IEEE Intelligent Systems*, (1), 20-26.

Collentine, J. et Freed, B. F. (2004). Learning context and its effects on second language acquisition : Introduction. *Studies in Second Language Acquisition, 26*(2), 153-171.

Crandall, S. J., George, G., Marion, G. S. et Davis, S. (2003). Applying theory to the design of cultural competency training for medical students: A case study. *Academic Medicine, 78*(6), 588-594.

Culhane-Pera, K. A., Reif, C., Egli, E., Baker, N. J. et Kassekert, R. (1997). A curriculum for multicultural education in family medicine. *Family Medicine, 29*(10), 719-723.

Darvin, R., et Norton, B. (2015). Identity and a model of investment in applied linguistics. *Annual Review of Applied Linguistics, 35*, 36-56. https://doi.org/10.1017/S0267190514000191

Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. Oxford University Press.

Dennett, D. C. (2006). *Breaking the spell: Religion as a natural phenomenon* (vol. 14). Penguin.

Dennett, D. C. (1991). *Consciousness explained*. Little, Brown and Company.

Eberle, J. H. et Childress, M. D. (2007). Universal design for culturally-diverse online learning. Dans A. Edmundson (dir.), *Globalized e-learning cultural challenges* (p. 239-254). IGI Global.

Edmundson, A. (2007). The cultural adaptation process (CAP) model: Designing e-learning for another culture. Dans A. Edmundson (dir.), *Globalized e-learning cultural challenges* (p. 267-290). IGI Global.

Forissier, T., Bourdeau, J., Mazabraud, Y. et Nkambou, R. (2013). Modeling context effects in science learning: The CLASH model. Dans P. Brézillon, P. Blackburn et R. Dapoigny (dir.), *8th International and Interdisciplinary Conference CONTEXT 2013, Annecy, France* (p. 330-335). Springer.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. et Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education, 33*(6), 817-837.

Goodear, L. (2001). *Cultural diversity and flexible learning*. South West TAFE.

Gros, B., Kinushuk et Maina, M. (dir.). (2015). *The future of ubiquitous learning: Learning designs for emerging pedagogies*. Springer.

Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition, 5*(2), 199-220.

Guth, S. et Helm, F. (2012). Developing multiliteracies in ELT through telecollaboration. *ELT journal, 66*(1), 42-51.

Hayashi, Y., Bourdeau, J. et Mizoguchi, R. (2009). Using ontological engineering to organize learning/instructional theories and build a theory-aware authoring system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 19*(2), 211-252.

Henderson, L. (2007). Theorizing a multiple cultures instructional design model for e-learning and e-teaching. Dans A. Edmundson (dir.), *Globalized e-learning cultural challenges* (p. 130-154). IGI Global.

Hofstede, G. (1984). *Culture's consequences: International differences in work-related values* (vol. 5). SAGE.

Howell, W. S. (1982). *The empathic communicator.* Wadsworth Publishing Company.

Hug, T. (2007). *Didactics of microlearning*. Waxmann Verlag.

Kinginger, C. (2004). Alice doesn't live here anymore: Foreign language learning and identity reconstruction. *Negotiation of identities in multilingual contexts, 21(*2), 219-242.

Kroeber, A. L. et Kluckhohn, C. (1952). Culture: A critical review of concepts and definitions. *Papers. Peabody Museum of Archaeology & Ethnology, Harvard University*, 47(1), viii, 223.

Leitner, P., Khalil, M. et Ebner, M. (2017). Learning analytics in higher education – A literature review. Dans A. Pena-Ayala (dir.), *Learning analytics: Fundaments, applications, and trends* (p. 1-23). Springer.

Man, S. (2004). *Are preservice instructional designers adequately prepared for tomorrow's diverse learning audiences?: A cultural content analysis of textbooks (1993-2003) used for instructional design*. Semantic Scholar.

Maseleno, A., Sabani, N., Huda, M., Ahmad, R., Jasmi, K. A. et Basiron, B. (2018). Demystifying learning analytics in personalised learning. *International Journal of Engineering & Technology, 7*(3), 1124-1129.

McLoughlin, C. (2007). Adapting e-learning across cultural boundaries: A framework for quality learning, pedagogy, and interaction. Dans A. Edmundson (dir.), *Globalized e-learning cultural challenges* (p. 223-238). IGI Global.

Mizoguchi, R., Sunagawa, E., Kozaki, K. et Kitamura, Y. (2007). The model of roles within an ontology development tool: Hozo. *Applied Ontology, 2*(2), 159-179.

Neff, P. et Apple, M. (2020). Short-term and long-term study abroad: The impact on language learners' intercultural communication, L2 confidence, and sense of L2 self. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 1-17. https://doi.org/10.1080/01434632.2020.1847125

Organisation de coopération et de développement économiques. (2020). *Regards sur l'éducation 2020 : les indicateurs de l'OCDE (rapport n*o https://doi.org/10.1787/7adde83a-fr.).

Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. et Magnan, F. (2008). An executable model for virtual campus environments. Dans H. Adelsberger, B. Collis et J. M. Pawlowski (dir.), *Handbook on information technologies for education and training* (p. 363-403). Springer.

Péladeau, N., Forget, J. et Gagné, F. (2005). Le transfert des apprentissages et la réforme de l'éducation au Québec : quelques mises au point. *Revue des sciences de l'éducation, 31*(1), 187-209.

Plante, P., Mendoza, G. A. A., Noiseux, F. et Archambault, P. (2018). *Données analytiques et apprentissages : Système LRS et protocole xAPI pour le suivi des étudiants et l'amélioration constante de la formation.*

Powell, G. C. (1997). On being a culturally sensitive instructional designer and educator. *Educational Technology, 37*(2), 6-14.

Redondo, R. P. D., Rodríguez, M. C., Escobar, J. J. L. et Vilas, A. F. (2020). Integrating micro-learning content in traditional e-learning platforms. *Multimedia Tools and Applications, 1*-31. https://doi.org/10.1007/s11042-020-09523-z

Rogers, P. C., Graham, C. R. et Mayes, C. T. (2007). Cultural competence and instructional design: Exploration research into the delivery of online instruction cross-culturally. *Educational Technology Research and Development, 55*(2), 197-217.

Sabin, C. et Ahern, T. C. (2002). Instructional design and culturally diverse learners. *32nd Annual Frontiers in Education* (vol. 3, p. S1C-S1C). IEEE.

Sasaki, M. (2007). Effects of study-abroad experiences on EFL writers: A multiple-data analysis. *The Modern Language Journal, 91*(4), 602-620.

Savard, I. (2014a). *Modélisation des connaissances pour un design pédagogique intégrant les variables culturelles*. Télé-université.

Savard, I. (2014b). Soutenir la mise en place d'un programme de maîtrise en pédagogie universitaire des sciences de la santé offert à distance par et pour la diversité. Dans C. Potvin, M. Power et A. Ronchi, *La formation en ligne : les conseillers et ingénieurs pédagogiques, 20 études de cas* (p. 413-428). Presses de l'Université Laval.

Savard, I., Bourdeau, J. et Paquette, G. (2008). Cultural variables in the building of pedagogical scenarios: The need for tools to help instructional designers. Dans E. Blanchard et D. Allard (dir.), *Culturally-Aware Tutoring Systems* (CATS' 2008), Montreal, Canada, June 23-27, 2008 (p. 83).

Savard, I., Bourdeau, J. et Paquette, G. (2010). Modélisation des connaissances pour un environnement de conception pédagogique « conscient » des variables culturelles. *Les cahiers de l'ISC, 1,* 49-58.

Savard, I., Bourdeau, J. et Paquette, G. (2020). Considering cultural variables in the instructional design process: A knowledge-based advisor system. *Computers & Education, 145*, 103722. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103722

Savard, I. et Mizoguchi, R. (2016). *Ontology of culture: A procedural approach for cultural adaptation in ITSs* [communication]. 24th Conference on Computers in Education (ICCE), Mumbai, India.

Savard, I. et Mizoguchi, R. (2019). Context or culture: What is the difference? *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 14*(1), 23. https://doi.org/10.1186/s41039-019-0112-5

Savard, I., Paquette, G. et Bourdeau, J. (2014). An advisor system for cultural adaptation in instructional design. Dans E. G. Blanchard, I. Gasparini, A. Ogan et M. T. Rodrigo (dir.), *Proceedings of the Fifth International Workshop on Culturally-Aware Tutoring Systems (CATS2014)*.

Scallon, G. (2004). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences.* De Boeck Université Brussels.

Segalowitz, N. et Freed, B. F. (2004). Context, contact, and cognition in oral fluency acquisition: Learning spanish in at home and study abroad contexts. *Studies in Second Language Acquisition, 26*(2), 173-199.

Simard, C., et Basque, J. (2008). Cultural variables and instructional engineering. Dans T. T. Kid et I. Chen (dir.), *Social information technology: Connecting society and cultural issues* (p. 274-295). IGI Global. https://r-libre.teluq.ca/645/

Simpson, J. (2005). Conversational floors in synchronous text-based CMC discourse. *Discourse studies, 7*(3), 337-361.

Slay, J. (2002). Human activity systems: A theoretical framework for designing learning for multicultural settings. *Educational Technology & Society, 5*(1), 93-99.

Spencer-Oatey, H. (2004). *Culturally speaking: Managing rapport through talk across cultures*. A&C Black.

Subramony, D. P. (2004). Instructional technologists' inattention to issues of cultural diversity among learners. *Educational Technology*, 19-24.

Subramony, D. P. (2017). Revisiting instructional technologists' inattention to issues of cultural diversity among stakeholders. Dans A. D. Benson, R. Joseph et J. L. Moore (dir.), *Culture, learning, and technology: Research and practice* (p. 28-43). Taylor & Francis.

Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement. Chenelière Éducation.*

Tardif, J., et Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique, 98*(7), 4-7.

Thorne, S. L. (2016). Cultures-of-use and morphologies of communicative action. *Language Learning & Technology, 20*(2), 185-191.

Tooby, J. et Cosmides, L. (1992). The psychological foundations of culture. *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture, 19*.

Torgerson, C. et Iannone, S. (2019). *Designing microlearning*. American Society for Training and Development.

UNESCO. (2002). *Convention sur la protection et la promotion de la diversité des expressions culturelles.*

Van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and instruction, 8(*6), 473-488.

Williams, R., Karousou, R. et Mackness, J. (2011). Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 39-59.

Young, P. A. (2008a). Integrating culture in the design of ICTs. *British Journal of Educational Technology, 39*(1), 6-17.

Young, P. A. (2008b). The culture based model: Constructing a model of culture. *Journal of Educational Technology & Society, 11*(2), 107.

CHAPITRE 11

COMPRENDRE LES CLOM : REPÈRES POUR ABORDER LEUR CONCEPTION

France Henri

RÉSUMÉ

Ce chapitre aborde la problématique de l'apprentissage dans les CLOM[1] et l'associe à celle de la conception des ENA. La démarche analytique adoptée fournit des pistes ou des repères conceptuels et théoriques sur lesquels prendre appui pour se doter d'un cadre de conception des CLOM en phase avec les nouveaux besoins d'apprentissage et de formation tout au long de la vie. Le modèle éducatif du CLOM est analysé sous trois angles qui lui sont spécifiques : le contrat qui le définit, le contexte dans lequel il s'inscrit et l'apprentissage qui le caractérise. Cette analyse permet de dégager un premier repère voulant que le CLOM propose un modèle éducatif inédit, ouvert et autonomisant, mais peu facilitant. Par la suite, l'étude de la question cruciale des abandons dans les CLOM met en évidence un deuxième repère qui renvoie à deux motifs d'abandon déterminants : le manque d'autonomie et la maîtrise insuffisante des technologies pour apprendre. Un troisième repère est proposé sous la forme d'une conceptualisation théorique de l'autonomie incarnée dans le métier d'apprenant, un métier qui s'exerce tout au long de la vie.

MOTS-CLÉS

Modèle éducatif des CLOM; abandon dans les CLOM; environnement numérique d'apprentissage; apprentissage autonome; maîtrise des technologies numériques; métier d'apprenant.

1 L'acronyme CLOM (cours en ligne ouvert aux masses) est la traduction française de MOOC (*massive open online course*).

Introduction

Sous l'effet du numérique, tous reconnaissent l'évolution toujours plus rapide des connaissances et la transformation profonde de l'activité dans tous les secteurs de nos sociétés. Puisqu'on doit faire face aux changements, il est peu probable que l'on puisse vivre le reste de notre existence sur la seule base de ce que l'on a appris en contexte scolaire. Il faut pouvoir faire évoluer nos connaissances, réorienter nos compétences et s'adapter aux changements professionnels et sociétaux. Le besoin d'apprendre est permanent et l'apprentissage tout au long de la vie devient une nécessité. Dans ce contexte, bien que les connaissances soient accessibles partout et en tout temps, leur appropriation constitue un enjeu majeur et une problématique à dominer. En milieu de travail, par exemple, les changements suscités par le numérique génèrent des besoins d'apprentissage vitaux, allant de l'adaptation à la reconversion professionnelle vers de nouveaux métiers.

Les environnements numériques d'apprentissage (ENA) comme les CLOM ouvrent alors une voie porteuse. Tous y ont accès gratuitement et sans connaissances préalables. Accessibles en ligne, ils libèrent l'apprentissage des contraintes de temps et d'espace. Cette souplesse et cette ouverture peuvent toutefois s'avérer une limite importante, car elles exigent de la personne apprenante un solide capital d'autonomie et de responsabilité pour mener à bien son projet d'apprentissage. Dans cette perspective, la conception des CLOM représente un défi. Comment prendre en compte ce nouveau contexte où la personne apprenante doit apprendre à apprendre par elle-même tout en réalisant les apprentissages visés par le CLOM? Comment accompagner cette personne dans ce double défi? Comment lui offrir la possibilité de développer des pratiques d'autoformation en phase avec ses besoins tout en s'appropriant les nouvelles manières d'apprendre à l'ère numérique? Comment faciliter le développement de pratiques qui sont désormais requises au quotidien pour apprendre hors d'un contexte formel de formation?

Le présent chapitre aborde la problématique de l'apprentissage dans les CLOM, laquelle soulève une autre problématique qui est celle de la conception de ce type d'ENA. Sans prétendre apporter une réponse complète à ces questions, la démarche analytique adoptée fournit quelques pistes ou repères conceptuels et théoriques sur lesquels prendre appui pour se doter d'un cadre de conception des CLOM qui soit en phase avec les nouveaux besoins d'apprentissage et de formation tout au long de la vie. Ce chapitre est structuré en trois sections. Le modèle éducatif du CLOM est d'abord analysé sous trois angles qui lui sont spécifiques : le contrat qui le définit, le contexte dans lequel il s'inscrit et l'apprentissage qui le caractérise. De cette analyse émerge un premier repère voulant que le CLOM

propose un modèle éducatif inédit, ouvert et autonomisant, mais peu facilitant. Par la suite, la question cruciale des abandons dans les CLOM est abordée, fournissant un deuxième repère, le temps, qui renvoie à deux motifs d'abandon déterminants : le manque d'autonomie et la maîtrise insuffisante des technologies pour apprendre. Finalement, l'examen de la conceptualisation théorique de l'autonomie incarnée dans le métier d'apprenant conduit à un troisième repère : la reconnaissance et la valorisation du métier d'apprenant, un métier qui s'exerce tout au long de la vie.

1 Le CLOM, un modèle éducatif inédit

Conole (2013)qualifie le CLOM de « technologie de rupture », comme l'ont été l'Internet et les technologies mobiles, transformant le rapport à l'information, à la communication et au savoir. Cette innovation, d'approche connectiviste à l'origine, a vu le jour en 2008 à l'initiative des Canadiens George Siemens, Stephen Downes et Dave Cormier[2], créant une véritable onde de choc qui a touché de plein fouet le milieu universitaire. En proposant une nouvelle approche complètement ouverte, le CLOM remet en question le mode d'apprentissage en ligne ou à distance, abolit les filtres d'accès à la formation et transforme le rôle des acteurs. Ce modèle de cours en ligne ouvert à tous table sur un mode d'apprentissage autoformatif et se présente comme une ressource à utiliser de manière stratégique en fonction d'un projet personnel d'apprentissage ou de formation, levant les frontières entre apprentissage formel et apprentissage non formel. Sur le plan purement technologique, les plateformes de diffusion des CLOM ont la capacité de supporter les montées en charge qui résultent de sollicitations massives des participants et des participantes. Plus robustes, avec des architectures logicielles puissantes, elles peuvent adapter en permanence et en temps réel la bande passante en fonction du nombre de personnes qui les utilisent. Ces plateformes comportent également un ensemble de fonctionnalités qui permettent au participant ou à la participante de suivre le cours (naviguer, accéder aux ressources, échanger avec d'autres, évaluer les autres, être évalué, etc.) et de renseigner le diffuseur du CLOM sur l'activité de cette personne (enregistrement de la trace).

Dès 2011, réagissant à cette rupture, des universités américaines parmi les plus grandes (Harvard, MIT, Stanford), lancent une version du CLOM moins audacieuse sur le plan pédagogique que le CLOM connectiviste original. Tout en conservant l'aspect ouvert et massif, cette deuxième génération s'inscrit dans la tradition du

2 Pour un historique des CLOM : https://learn.canvas.net/courses/4/pages/the-original-moocs

modèle transmissif dont l'université a l'habitude. Pour distinguer ces deux types de CLOM, le modèle connectiviste original fut appelé en anglais cMOOC et le modèle dérivé, xMOOC[3]. La prolifération des CLOM, qualifiée par plusieurs de tsunami (Davidenkoff, 2014), inquiéta le milieu universitaire. L'accès aux cours n'exigeait plus d'être admis à l'université. Les étudiants et les étudiantes allaient pouvoir composer leur propre programme de formation à même l'offre grandissante de CLOM. Depuis, pour les entreprises et divers autres types d'organisations, les CLOM constituent une modalité de formation et de perfectionnement souple et valable. Destinés à un grand public, ils représentent une ressource d'apprentissage unique. Ouverts à tous, les CLOM sont accessibles sur tous les continents et rassemblent un public des plus hétérogènes. Ils recrutent professionnels et professionnelles, dilettantes, curieux et curieuses, parents, élèves, personnes retraitées, personnes incarcérées, etc. C'est ce qui fait leur attrait, leur intérêt, leur force, mais aussi leur faiblesse. En effet, l'hétérogénéité du public et la diversité des besoins posent un sérieux problème à ceux et celles qui ont comme tâche de les concevoir pour en faire une réelle expérience d'apprentissage et de développement personnel ou professionnel. Quelle démarche de conception pourrait être appliquée pour développer ce genre de cours?

Pour répondre à cette question, il faut d'abord mieux cerner et comprendre le phénomène des CLOM et sa singularité en s'interrogeant sur ce qui les caractérise, ce qui les distingue et ce que leur modèle éducatif a de particulier. À cet effet, la grille d'analyse inspirée de Bélisle *et al*. (1988), utilisée dans une étude de la vidéo dans les xCLOM par Charlier et Henri (2016), est appliquée ici à l'échelle des CLOM. Cette grille comporte trois composantes en interaction (figure 11.1), qui interviennent dans l'apprentissage et permettent de caractériser le modèle éducatif : 1) le contrat qui lie les parties, 2) le processus d'apprentissage et 3) le contexte d'apprentissage.

FIGURE 11.1 **Les composantes centrales de la grille d'analyse inspirée de Bélisle *et al*. (1988)**

3 Dans ce qui suit, les CLOM seront nommés, suivant ce modèle, cCLOM et xCLOM.

1.1 Le contrat, point d'entrée de l'analyse

Le contrat proposé à la personne apprenante dans le cadre d'un CLOM diffère sensiblement de celui qui s'applique aux cours universitaires traditionnels. Comprendre les termes du contrat propre aux CLOM permet de prendre la mesure de ce qui les distingue fondamentalement des cours de type traditionnel.

1.1.1 Le cours traditionnel, un lien fort

Le cours traditionnel met en relation, d'une part, l'établissement d'enseignement, dont la mission en est une de formation, et d'autre part, l'étudiant ou l'étudiante, qui a l'intention de satisfaire un besoin d'apprentissage. Les apprentissages à réaliser sont prescrits en fonction du domaine d'études, d'objectifs pédagogiques prédéfinis et d'un profil type d'étudiant ou d'étudiante qui sert de base à la sélection. Sanctionnés par l'établissement, les apprentissages sont prescrits par les programmes d'études. L'établissement prendra les mesures nécessaires pour assurer la qualité de l'enseignement et l'accompagnement de l'apprentissage requis pour l'atteinte des objectifs qui mèneront l'étudiant ou l'étudiante à la réussite et à l'obtention du diplôme ou de crédits universitaires. De son côté, l'étudiante ou l'étudiant, assigné à un groupe classe, s'engage à réaliser les apprentissages prescrits afin d'en obtenir la reconnaissance. L'échec survient lorsqu'il abandonne le cours ou lorsqu'il ne réalise pas les apprentissages prévus. Celui ou celle qui aura réussi obtiendra les crédits universitaires ou le diplôme à condition d'avoir acquitté les frais de scolarité exigés. Par ce contrat, les deux parties sont fermement et mutuellement engagées à la réussite et mettent les efforts requis pour assurer le succès du processus d'apprentissage.

1.1.2 Le CLOM, un contrat singulier au lien faible

Le CLOM met en relation deux entités inédites : le *diffuseur,* qui opère une plateforme numérique (edX, Coursera, FUN…), et le *participant*[4]. Pour le milieu éducatif, ce sont de nouveaux protagonistes aux statuts différents. Le contrat qui les lie se décline de manière assez élémentaire. Le diffuseur, qui peut être une organisation partenariale à visée lucrative ou non, un établissement d'enseignement supérieur ou non, ou une organisation sans vocation éducative, accepte l'inscription de toute personne qui désire suivre le CLOM. Il suffit de donner son nom

4 Dans la littérature, le terme « participant » est utilisé justement pour indiquer ce nouveau statut qui sied à l'apprenant ou à l'apprenante dans un CLOM. Dans ce chapitre, le terme « apprenant » ou « apprenante » (ou encore « personne apprenante ») est utilisé pour désigner le participant au CLOM dans son rôle d'apprenant ou d'apprenante.

et son adresse courriel. Cette inscription gratuite n'est soumise à aucun critère de sélection ni à aucune autre exigence pour le participant que celle d'avoir une connexion Internet. Le diffuseur s'engage à lui donner accès au site du cours et aux ressources pédagogiques qu'il contient pour une période donnée. Aucune assistance à l'apprentissage n'est offerte autre que celle qui pourrait provenir des interactions avec les pairs ou des outils d'autoévaluation disponibles dans l'environnement du CLOM. Le participant, dont on présume qu'il a l'intention de participer et d'apprendre, est libre de traiter le cours et son contenu selon son bon vouloir. Il peut réaliser les apprentissages proposés ou utiliser les ressources du cours ou d'autres ressources pour réaliser les apprentissages qu'il désire faire. Selon l'esprit du contrat, la notion de réussite ou d'échec n'existe pas. Les abandons, très nombreux, sont sans conséquence pour le participant. Toutefois, pour les équipes de conception et les établissements qui parrainent les CLOM, l'abandon est qualifié d'*échec*, comme c'est le cas dans le modèle éducatif traditionnel. On observe cependant une pratique croissante voulant que certains CLOM proposent une validation formelle des apprentissages moyennant l'acquittement de frais; la notion d'échec peut s'appliquer dans ces cas.

Il en ressort que la participation à un CLOM repose sur un contrat inédit, non contraignant pour les parties, et selon lequel les apprentissages attendus et les apprentissages réalisés, qui peuvent ne pas coïncider, ne sont pas, en règle générale, formellement validés. Ainsi, les CLOM peuvent être qualifiés d'environnements ouverts non seulement en matière d'accessibilité, mais également au sens d'une ouverture sur le plan pédagogique. Le faible taux d'achèvement ne permet toutefois pas de conclure que les apprenants et les apprenantes ayant abandonné ont échoué ou qu'ils n'ont rien retiré du CLOM. Il ne permet pas non plus d'avancer que les personnes qui ont terminé le CLOM ont réalisé les apprentissages proposés. Seul l'apprenant ou l'apprenante est en mesure de juger ou d'évaluer son apprentissage. Il lui revient d'identifier par lui-même et pour lui-même, selon des critères personnels et l'expérience vécue, ce qui représente la réussite pour lui ou ce qui lui procure un sentiment d'efficacité personnelle (Bentley *et al.*, 2014). Cette démarche autoréflexive, si elle est menée, relève de la seule et unique responsabilité de la personne apprenante.

1.2 Le processus d'apprentissage, point central de l'analyse

Les nombreux types de CLOM ont été regroupés dans diverses typologies (Quentin, 2014). Pour les besoins de la présente étude, l'analyse de l'apprentissage anticipé dans les CLOM se limite aux cCLOM et aux xCLOM qui se situent aux pôles opposés d'un continuum. Daniel (2012) distingue cCLOM et xCLOM de la manière suivante. Les cCLOM sont associés au connectivisme, une théorie d'apprentissage

qui met en avant le rôle de facilitateur des échanges que jouent les technologies du Web participatif, la production collective et l'auto-organisation des personnes apprenantes. Ils sont centrés sur les échanges entre participants. Les xCLOM sont quant à eux portés par des équipes de conception qui ont choisi de s'appuyer sur d'autres théories de l'apprentissage telles que le cognitivisme, le constructivisme et même le béhaviorisme; ils sont centrés sur le contenu proposé aux personnes apprenantes. Les cCLOM mettent l'accent sur la communication et la coconstruction des connaissances alors que les xCLOM, qualifiés de transmissifs, adoptent souvent une approche béhavioriste (Kesim et Altınpulluk, 2015).

Dans le cCLOM, le processus d'apprentissage s'inscrit résolument dans les pratiques de l'ère numérique et dans un monde connecté. Le réseau, composé de nœuds et de connexions, est utilisé comme métaphore centrale de l'apprentissage qui se produit dans des environnements flous composés d'éléments changeants (Siemens, 2005). Dans ce processus, le rapport au savoir prend forme dans une construction personnelle des apprentissages facilitée par l'accès à diverses ressources et par l'usage des technologies de partage, de réseautage et de collaboration. La personne apprenante est alors libre d'exploiter les ressources offertes dans l'environnement du CLOM sans toutefois s'y limiter. Tout au long de son processus d'apprentissage, elle peut créer son propre réseau de communication, structurer et gérer son propre apprentissage, ce qui lui permet de définir ses propres objectifs et les stratégies à mettre en place pour les atteindre (Kesim et Altınpulluk, 2015). Enseignant ou enseignante et personnes apprenantes font figure de partenaires de l'apprentissage. Selon McAuley *et al*. (2010), ce modèle démocratise les rapports, aplatit la hiérarchie, élimine les frontières entre les acteurs et accorde à l'apprentissage une dimension sociale.

Le xCLOM est généralement associé à un apprentissage transmissif qui se traduit dans la formulation d'objectifs prédéterminés par les équipes de conception et un choix de ressources dont le contenu est défini à l'avance. Il n'offre que peu ou pas de choix à la personne apprenante en ce qui concerne les apprentissages et les activités à réaliser. Bien que les interactions entre personnes apprenantes soient possibles sur les forums pour le partage de connaissances et une forme de coconstruction de connaissances, cette participation demeure accessoire. Le rapport au savoir se définit par une assimilation de connaissances présentées par le ou la « spécialiste », généralement sous forme de séquences vidéo. Le modèle reproduit la structure hiérarchique de la classe où le maître tient le rôle principal. Toutefois, le concept de classe est difficilement perceptible en raison du nombre illimité d'apprenants et d'apprenantes. La classe n'a plus de limite. En l'absence des repères qu'offre la classe pour accompagner son apprentissage, la personne apprenante doit se responsabiliser, s'interroger sur ce qu'elle souhaite apprendre ou réaliser, et en assumer la prise en charge.

Au regard de ces caractéristiques générales, on ne peut attribuer au xCLOM le même degré d'ouverture qui sied au cCLOM. Ainsi, cCLOM et xCLOM divergent quant à leur conceptualisation de l'apprentissage plus ouvert dans l'un que dans l'autre. Ils ont toutefois en commun un même facteur de réussite. Comme le soulignent Kessim et Altinpulluk (2015), les personnes engagées dans un CLOM doivent pouvoir se responsabiliser vis-à-vis de leur apprentissage, posséder une culture numérique et démontrer les compétences requises pour utiliser de manière efficace les technologies pour apprendre.

1.3 Le contexte, une condition déterminante de l'apprentissage

Werquin (2010) identifie trois contextes de réalisation des apprentissages – formel, non formel et informel – qui se distinguent par quatre conditions : le contenu d'apprentissage, les objectifs d'apprentissage, l'intentionnalité et le contrôle (tableau 11.1). L'apprentissage formel, réalisé en milieu éducatif, présente un contenu d'apprentissage structuré et organisé et des objectifs déterminés par le programme de formation. Dans ce contexte, l'apprentissage est intentionnel et soumis au contrôle extérieur à la personne apprenante. L'apprentissage non formel, réalisé hors du milieu éducatif, est lui aussi intentionnel. Il porte sur un contenu structuré et organisé, mais il poursuit des objectifs autodéterminés par la personne apprenante et exempts de contrôle. L'apprentissage informel, pour sa part, est non planifié et aléatoire. Il ne poursuit aucun objectif déterminé et est fortuit. Il n'est ni intentionnel, ni contrôlé, et se produit hors du milieu éducatif ou de formation.

TABLEAU 11.1 **Les conditions propres aux trois contextes d'apprentissage**

	Apprentissage formel	**Apprentissage non formel**	**Apprentissage non formel**
Contenu d'apprentissage	Structuré, organisé	Structuré, organisé	Non planifié, aléatoire
Objectifs d'apprentissage	Déterminés par le cursus	Autodéterminés par la personne apprenante	Non déterminés
Intentionnalité	Oui	Oui	Non
Contrôle	Oui	Non	Non

Les définitions proposées par Werquin (2010), mutuellement exclusives, permettent d'associer les CLOM au contexte d'apprentissage non formel qui mobilise chez la personne apprenante un degré d'autonomie et de responsabilisation plus élevé qu'en contexte formel ou non formel. Dans cette configuration, le rapport au savoir et à l'« apprendre » se voit modifié de manière significative.

1.4 Premier repère : le CLOM, un modèle éducatif inédit, ouvert et autonomisant, mais peu facilitant

Après les cCLOM connectivistes et les xCLOM transmissifs, de nombreuses variantes ont vu le jour, comme les tCLOM orientés vers la tâche, les pCLOM orientés vers le projet, les iCLOM pour un apprentissage par investigation, les sCLOM basés sur un apprentissage social, les cours en ligne d'accès restreint (*small private online course* [SPOC]) et les cours en ligne d'entreprise (*corporate open online course* [COOC]). Chacun de ces CLOM est empreint d'une conception spécifique de l'apprentissage, mais tous partagent le même modèle éducatif. Ils sont offerts dans une sphère grand public, gratuite et ouverte et, comme le propose Bruillard (2017), tous peuvent être conceptualisés comme une forme contemporaine du livre, à savoir un livre numérique réunissant un grand nombre de personnes, offrant des éléments à lire, à écouter et diverses formes d'interactions dans un espace collectif.

Envisagés comme des ressources pédagogiques, les CLOM proposent aux participants un lien contractuel faible, sans engagement à la réussite ni accompagnement de l'apprentissage de la part du diffuseur et sans aucune contrainte ou obligation de la part de l'apprenant ou de l'apprenante. Dans tous les cas, la personne apprenante qui s'engage doit pouvoir prendre en charge son apprentissage et faire preuve d'autonomie. Le modèle éducatif inédit et carrément avant-gardiste des CLOM se caractérise ainsi par son ouverture pédagogique et « renvoie à un ensemble de dispositifs flexibles et autonomisants dont la principale propriété est d'ouvrir à l'apprenant des libertés de choix pour qu'il puisse exercer un contrôle sur sa formation et sur ses apprentissages » (Jézégou, 2006).

Les CLOM s'avèrent toutefois des environnements d'autoformation peu facilitants, qui mettent à l'épreuve la capacité de se situer comme apprenant ou apprenante et de persévérer dans l'apprentissage. Sans accompagnement ou sans soutien, les personnes apprenantes doivent pouvoir lier le CLOM à un besoin personnel d'apprentissage et faire en sorte que ce besoin soit satisfait comme cela se produit dans un contexte non formel d'apprentissage. Elles doivent déterminer par elles-mêmes les objectifs qu'elles souhaitent atteindre et, dans la plupart des cas, faire une autoévaluation de leurs apprentissages. Sans que cela ne soit

explicitement énoncé, la personne apprenante se trouve dans une situation où elle doit donner un sens à son projet d'apprentissage qui, dans la plupart des cas, ne sera pas partagé et restera inconnu. Ce modèle éducatif crée sans contredit une situation problématique pour l'apprenant ou l'apprenante en déficit d'autonomie.

Le modèle éducatif des CLOM, inédit, ouvert, autonomisant, mais peu facilitant, constitue un premier repère pour orienter la conception de ce type de cours. Il renvoie au principe voulant que l'autonomie ne s'enseigne pas, qu'elle se développe à travers l'expérience. Éveillés à cette réalité, les concepteurs et les conceptrices de CLOM pourront se décentrer du contenu et s'employer à favoriser et à soutenir l'autonomie de la personne apprenante. Pour cela, il leur faudra élaborer des stratégies et définir des moyens qui amèneront la personne apprenante à cerner son propre projet d'apprentissage et à le réaliser de manière autonome. Ils leur proposeront ainsi de vivre l'expérience d'apprendre de manière autonome tout en apprenant à apprendre.

2 Percer les causes de l'abandon

Les CLOM dont on peut vanter l'ouverture ne semblent toutefois pas aussi féconds ou fructueux qu'on pourrait l'espérer. Le taux très élevé d'abandon vient altérer l'opportunité inédite de formation que ce type de cours représente. Pour intervenir en la matière, il importe de développer une meilleure compréhension du phénomène afin d'éclairer le concepteur ou la conceptrice et l'éveiller aux aspects à prendre en compte dans sa démarche de conception.

Certaines études évaluent le taux d'achèvement des CLOM à moins de 10 % du nombre d'inscrits; d'autres travaux situent ce taux entre 10 % et 20 % (Clow, 2013). Onah *et al*. (2014) soulignent toutefois que ces résultats ne font pas l'unanimité. Ils ne rendraient pas compte de la situation de manière réaliste et de nouvelles méthodes devraient être appliquées pour une mesure plus juste des abandons. Ces mêmes auteurs rapportent qu'un taux de persévérance de 45 % a été observé dans les CLOM offerts sur la plateforme Coursera, ce résultat ayant été obtenu en ne comptant comme « inscrits » que les participants qui se sont rendus au moins jusqu'à la première évaluation. Ils rapportent également avoir calculé un taux de réussite atteignant 70 % pour les personnes inscrites à l'option *Signature Track* de Coursera. Cette option permet d'obtenir une reconnaissance officielle décernée par les universités participantes moyennant des frais de 50 $.

Les différentes méthodes de mesure et manières de présenter les statistiques sur la participation et la réussite dans différents contextes et usages des CLOM

rendent difficiles les comparaisons entre les résultats. Les statistiques s'embrouillent davantage en l'absence de définitions communes des notions d'abandon, de persévérance, d'échec, de réussite et de participation. À titre d'exemple, Clow (2013) conçoit que le retrait d'un CLOM puisse être le signe qu'une apprenante ou un apprenant autodirigé a fait le choix de « sortir », plutôt que d'« abandonner », ayant atteint le niveau d'activité, d'engagement ou de participation qui lui sied. Dans ce cas, le « retrait » ne devrait pas être imputé au passif, mais plutôt à l'actif.

Il apparaît ainsi que les méthodes d'analyse quantitatives utilisées pour décrire la dynamique propre aux CLOM méritent d'être raffinées. En outre, comme le soulignent Onah *et al*. (2014), ces données ne permettent pas d'évaluer ni même de déceler les facteurs sous-jacents et les particularités qui peuvent intervenir dans la décision de persévérer dans un CLOM. Les études qualitatives, moins nombreuses mais plus significatives, tentent pour leur part de rendre compte de l'expérience vécue par les apprenants et les apprenantes et de comprendre les motifs d'abandon afin de dégager des pistes de solution. Quoi qu'il en soit, il semble évident pour ces auteurs qu'un modèle général de participation aux CLOM se dégage de l'ensemble des études. Il se résumerait ainsi : « plusieurs s'inscrivent, quelques-uns s'engagent et une petite minorité termine5 » (Onah *et al*., 2014, p. 4) [traduction libre].

Le point qui suit présente les motifs d'abandon recensés dans la littérature et les résultats d'études empiriques qui mettent en évidence la prévalence de quelques-uns de ces motifs.

2.1 Les motifs d'abandon

Onah *et al*. (2014) ont réalisé une recension des recherches qualitatives sur la participation aux CLOM, doublée d'une méta-analyse des données quantitatives sur les taux d'abandon. Ce travail a permis de cerner les motifs principaux d'abandon invoqués par des personnes ayant franchi l'étape de l'inscription au CLOM et d'identifier certains indicateurs prédicteurs d'abandons :

- *L'absence d'intention de terminer le CLOM*. L'inscription est motivée par la curiosité au sujet des CLOM en général ou par toute intention autre que de développer des connaissances traitées dans le cours.
- *Le manque de temps*. Des raisons extrinsèques au cours (professionnelles ou personnelles) ne permettent pas à la personne apprenante de compléter le cours. Le manque de temps est aussi lié à l'effort requis pour s'approprier le

5 « *Many enrol; fewer start out; a small minority complet*e » (Onah *et al*., 2014, p. 4).

matériel d'apprentissage. Ce motif est souvent invoqué par les personnes qui sont hautement motivées à terminer le CLOM.

- *Le niveau de difficulté du cours et le manque de soutien*. Le contenu du CLOM, d'un niveau de difficulté trop élevé, rend la compréhension difficile. Le manque de connaissances de base et l'insuffisance du soutien ne permettent pas de surmonter cette difficulté.
- *Le manque de compétences pour apprendre et de compétences numériques pour apprendre*. L'apprentissage en ligne requiert un niveau élevé d'autonomie qui fait défaut à plusieurs et entraîne l'abandon. Ce type d'apprentissage exige également que l'apprenant ou l'apprenante puisse travailler avec les technologies numériques. Même les personnes qui utilisent ces technologies sur une base quotidienne dans le cadre d'activités personnelles ou professionnelles peuvent se sentir dépassées. Ceci cause frustration et confusion et s'avère un motif important d'abandon.
- *Une mauvaise expérience*. Des comportements inappropriés des pairs dans les forums, l'absence d'orientation et de coordination dans les forums, la désintégration des groupes d'étude en raison des abandons, la mauvaise qualité du matériel d'apprentissage et les problèmes techniques de la plateforme sont signalés comme motifs d'abandon. En outre, comme le soulignent McAuley *et al.*, (2010), l'expérience du modèle démocratique qui aplatit la hiérarchie entre enseignant ou enseignante et personne apprenante s'avère déroutante pour certains.
- *Des attentes irréalistes*. Certains apprenants et apprenantes ont des attentes irréalistes face au CLOM qu'ils ont choisi et à leur capacité à réussir. Ces attentes sont généralement attribuables à une mauvaise compréhension des exigences du cours.
- *Le retard à démarrer le cours*. Les retardataires peuvent éprouver de la difficulté à se raccrocher au cours et obtenir des résultats qu'ils jugent insatisfaisants. Les groupes de soutien et les réseaux d'apprentissage ayant déjà été formés, ils ont de la difficulté à s'y intégrer et à s'orienter dans les forums où la discussion est déjà bien engagée.
- *L'évaluation par les pairs*. Les CLOM dont l'évaluation est basée sur la notation par les pairs accusent un taux de persévérance moins élevé. Certains n'apprécient pas cette pratique et notent que la formation pour évaluer les pairs est inexistante. D'autres ont été découragés par des commentaires peu aidants, méprisants ou condescendants sur leur travail, par l'absence de réponse à leur demande d'évaluation ou par la découverte du plagiat de leur travail.

En sus de ces motifs d'abandon, Onah *et al*. (2014) ont également identifié trois indicateurs de probabilité d'abandon :

– *La participation*. L'activité dans les forums permet d'apprécier le degré de participation. Elle fournit aussi des informations sur l'appropriation par les participants du sujet traité dans le cours et renseigne sur le développement des réseaux sociaux et sur les trajectoires de participation.
– *Les comportements*. L'analytique des données permet d'identifier des schémas d'activité, qui peuvent indiquer un engagement positif par rapport au CLOM lorsqu'ils révèlent une prise en charge par la personne apprenante de la direction de son apprentissage et des choix effectués en réponse à ses besoins. Les schémas de comportement qui dévient des attentes (absence de participation, par exemple) peuvent être des indicateurs d'un abandon imminent.
– *Les profils sociodémographiques*. Les données sociodémographiques sur les participants peuvent être utilisées pour identifier les profils à risque d'abandon, certains étant plus à risque que d'autres.

En conclusion, il apparaît clairement, selon Onah *et al*. (2014), que le désir authentique de suivre le cours et que la volonté d'y participer sont entravés principalement par le niveau de difficulté du cours, le manque de temps, l'insuffisance de compétences numériques et de compétences pour apprendre. L'absence de soutien vient se superposer à ces facteurs, contribuant de manière importante à l'augmentation des abandons. Forts des résultats qui précèdent, ces mêmes auteurs ont voulu poursuivre leurs travaux sur les motifs d'abandon et vérifier de manière empirique l'idée très répandue dans la littérature voulant que l'absence de soutien représente un facteur d'abandon, de même que certains autres facteurs.

2.2 La vérification empirique des motifs d'abandon

Pour mener la vérification empirique des motifs d'abandon précédemment identifiés, Onah *et al*. (2014) ont comparé les résultats de la participation à deux versions d'un même CLOM. Dans le premier cas, il s'agissait d'un CLOM traditionnel offrant le soutien minimal d'une personne tutrice ainsi qu'un soutien par les pairs en plus d'évaluations automatisées sous la forme de jeux-questionnaires réalisés sur une base optionnelle. Dans le deuxième cas, le CLOM était payant et offrait à de petits groupes d'apprenants et d'apprenantes un soutien en ligne synchrone, personnel et assidu; les personnes apprenantes avaient également accès à des jeux-questionnaires. Dans cette version payante, la participation a été légèrement supérieure à celle de la version traditionnelle. Contrairement aux attentes, la plupart des participants ayant payé pour le soutien n'ont pas eu recours aux interventions des personnes tutrices en temps réel ou n'ont pas participé aux forums animés par ces dernières. L'expérience a montré que le fait de payer ne garantit pas la participation et que le tutorat ne peut être considéré comme un facteur déterminant d'amélioration des apprentissages.

Cette même expérience a aussi montré, comme c'est le cas dans la plupart des CLOM, le déclin important de la participation du début à la fin du cours et cela pour les deux groupes. Elle a permis de valider d'autres motifs d'abandon recensés dans la littérature, dont le manque de temps associé à des raisons professionnelles ou personnelles qui s'inscrit en tête de liste des motifs d'abandon. Parmi les personnes qui invoquaient ce motif, plusieurs souhaitaient pouvoir continuer le cours par elles-mêmes en travaillant à leur propre rythme. Cette question de cadence de travail remet en cause la pertinence d'astreindre le CLOM au modèle classique du « cours » qui peut s'avérer utile pour permettre la collaboration, mais qui apparaît tout à fait inutile et sans flexibilité pour les apprenants et les apprenantes qui ne peuvent travailler selon le même calendrier. La possibilité de faire des choix et d'adapter le cours pour lui donner une structure plus souple accorderait à la personne apprenante plus de contrôle dans l'atteinte de ses objectifs.

L'étude qualitative menée par Eriksson *et al*. (2016) recoupe les résultats obtenus par Onah *et al*. (2014). Des entretiens en profondeur réalisés auprès d'apprenants et d'apprenantes ayant complété deux CLOM à des degrés différents révèlent quatre facteurs principaux d'abandon : la perception qu'a la personne apprenante du contenu du cours, sa perception du design du cours, sa situation sociale et sa capacité à trouver le temps pour gérer efficacement le temps pour participer au CLOM. Ce dernier facteur, qualifié par les chercheurs et les chercheuses de goulot d'étranglement, domine tous les autres. Il représente une entrave sévère, un obstacle majeur à l'achèvement du CLOM. La personne apprenante doit composer avec les exigences du cours qui rivalisent avec les attentes de sa vie de famille et de son activité professionnelle et, pour certains, avec la conduite d'autres études en parallèle. Ainsi, la poursuite de l'activité d'apprentissage menée dans le CLOM bat en retraite face aux impératifs d'autres activités. La difficulté à trouver et à gérer le temps de manière efficace serait également liée au niveau élevé du contenu du cours et aux pratiques d'apprentissage propres aux ENA. En somme, il apparaît qu'un contenu difficile à aborder et des pratiques d'apprentissage inefficaces ou peu développées ralentissent l'apprentissage et empêchent la personne apprenante de suivre le rythme du cours et d'y participer.

2.3 Deuxième repère : le temps, un facteur d'abandon qui en cache bien d'autres

Dans la littérature sur les CLOM, le facteur temps joue de manière importante et même dominante sur le taux d'abandon. Pour Nawrot et Doucet (2014) cités dans Pebayle et Rossini (2017), la mauvaise organisation du temps s'avère le facteur principal du taux d'abandon élevé dans les CLOM : « les participants procrastinent, sous-évaluent le temps nécessaire pour accomplir une tâche, essaient de faire trop, perdent leur temps » (p. 7). Dans leur étude des besoins d'aide des participants au

CLOM, Pebayle et Rossini (2017) font le même constat : les difficultés pédagogiques liées au temps concernent au moins la moitié des participants aux CLOM qu'ils ont étudiés. Les problèmes de gestion du temps sont liés aux difficultés du travail en groupe et de l'organisation de la charge de travail, à l'obligation de devoir travailler à une cadence régulière et à l'incompréhension du travail demandé.

L'étude menée par Veletsianos *et al.* (2016) classe le facteur temps comme premier motif d'abandon, suivi par la difficulté intellectuelle d'aborder certains matériels de cours. Il ressort des entretiens menés auprès d'apprenants et d'apprenantes que leur activité ne se limite pas à la plateforme du CLOM et que les difficultés liées au temps sont associées à des raisons tant intrinsèques qu'extrinsèques au cours. Cette étude montre que l'environnement d'apprentissage des personnes apprenantes se compose de trois sphères imbriquées (figure 11.2) :

– La première sphère se situe dans les limites physiques du poste travail. Dans cet espace, les apprenants et les apprenantes réalisent diverses activités : consultation du matériel du cours, prise de notes à la main ou à l'ordinateur, impression de certains documents du cours, constitution de dossiers, consultation d'ouvrages de référence et autres types de ressources et interaction avec des personnes de leur entourage pouvant contribuer à leur apprentissage.
– La deuxième sphère, plus large, celle de leur environnement en ligne, démontre que l'activité des personnes apprenantes en ligne s'étend au-delà de la plateforme du CLOM. Celles-ci tirent profit de la prolifération de ressources d'apprentissage dans Internet pour se créer un environnement plus riche. Le CLOM ne constitue pas l'unique composante de leur expérience d'apprentissage. Dans tous les CLOM étudiés, les apprenants et les apprenantes témoignent d'un recours généralisé aux moteurs de recherche et à Wikipédia qui, en particulier, s'impose comme manuel d'accompagnement. Ces ressources sont des compagnons logiques de leur cours et le point de départ de leur recherche lorsqu'ils éprouvent des difficultés de compréhension ou lorsqu'ils s'interrogent sur le contenu. En outre, en marge des forums de discussion du CLOM, les personnes apprenantes développent leur réseau personnel d'apprentissage. Elles forment de petits groupes d'étude ou rejoignent des réseaux sociaux d'intérêt similaire à celui du cours; elles y trouvent une source de soutien et d'inspiration. Bien que plusieurs CLOM soient conçus comme des dispositifs pouvant faire vivre aux apprenants et aux apprenantes une expérience ne requérant pas le recours à d'autres ressources que celles du CLOM, il semble que ces derniers, dans leurs stratégies, les conçoivent et les utilisent comme un nœud, important certes, dans un réseau plus étendu de ressources et d'occasions d'apprendre.
– La troisième sphère dépasse les limites du poste de travail des personnes apprenantes et de l'environnement en ligne élargi et enrichi qu'elles ont créé.

Cette sphère correspond à l'espace plus global de leur contexte de vie où elles se voient confrontées à de multiples engagements et responsabilités. C'est dans cet espace qu'elles négocient le temps à consacrer au CLOM, qu'elles établissent des priorités entre le travail, la vie personnelle et le cours. Le défi du partage du temps dont elles disposent place les personnes apprenantes face à un dilemme contraignant où elles doivent se résoudre à « voler » le temps à consacrer à certaines activités afin de pouvoir s'adonner à leur apprentissage.

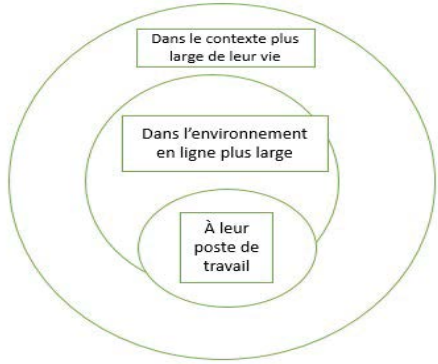


FIGURE 11.2 **Trois sphères de l'environnement du CLOM comportant des défis à relever pour la personne apprenante (Veletsianos *et al.*, 2016, p. 5)**

Ce découpage de l'environnent de la personne apprenante fournit une vision structurée de l'expérience d'apprentissage dans un CLOM. Il permet de mettre en évidence les dynamiques qui se jouent à l'intérieur de chacune des sphères, les divers niveaux d'engagement et les différentes stratégies mobilisées par l'apprenant ou l'apprenante en réponse aux défis à relever et aux obstacles à surmonter. Dans ces sphères, l'activité est prise en charge par l'apprenant ou l'apprenant et demeure sous son contrôle exclusif. Il fait des choix, planifie, organise et gère son activité de manière conséquente. Il est ainsi amené à faire l'expérience de l'autonomie et à prendre la responsabilité de son apprentissage.

Le modèle trisphérique de l'environnement de la personne apprenante confirme l'analyse de Kessim et Altinpulluk (2015) mentionnée plus haut voulant que les personnes qui décident de s'engager dans un CLOM de type connectiviste, transmissif ou autre, doivent pouvoir se responsabiliser face à leur apprentissage, posséder une culture numérique et faire un usage adéquat des technologies pour apprendre.

Si le temps et sa gestion apparaissent comme un facteur déterminant de l'abandon, l'autonomie demeure à l'avant-plan et se jumelle à la culture numérique et à la

maîtrise des technologies. L'abandon dans les CLOM doit être compris à la lumière de cette double problématique de l'autonomie et de la maîtrise des technologies, deux compétences lacunaires chez un fort pourcentage des apprenants et des apprenantes. Kessim et Altinpulluk (2015) en arrivent à une même conclusion : pour persévérer, les personnes apprenantes doivent avoir une forte capacité d'auto-apprentissage, laquelle s'ancre dans des dimensions psychologiques, affectives et cognitives, mais aussi dans un processus d'apprentissage connecté à un usage approprié de ressources numériques, toujours plus variées, toujours plus puissantes et qui ne cessent d'évoluer.

Pour la personne qui conçoit un CLOM, il apparaît important de comprendre que « le temps » comme motif d'abandon n'est que la pointe de l'iceberg et que la partie cachée en comporte d'autres. Les capacités d'apprendre et d'utiliser les technologies pour apprendre, lacunaires chez plusieurs, devraient être considérées comme les pivots, l'épicentre autour duquel les CLOM s'organisent, se structurent et se déploient. Pour la personne apprenante, ces capacités sont à la base d'un métier incontournable qu'elle devra pouvoir exercer tout au long de sa vie : le métier d'apprenant.

3 Conceptualiser l'« apprendre » et le métier d'apprenant

Autonomie, autoformation, agentivité, apprentissage autodirigé, autorégulation et autodirection sont autant de concepts auxquels se rapportent les auteurs et les auteures pour traiter des problématiques de l'apprentissage aujourd'hui et de l'apprentissage tout au long de la vie. Abraham *et al.* (2014) tentent de distinguer les concepts d'autonomie, d'autodirection, d'autorégulation et d'autoformation, alors que Carré (2010) cherche à les articuler dans un construit théorique. D'autres formulent des définitions qui renvoient à des activités, à des processus, à des capacités, à des compétences ou à des pratiques pédagogiques.

Dans cette section, la problématique de l'apprentissage et de l'autonomie de la personne apprenante est abordée du point de vue de la *posture* que celle-ci adopte face à son apprentissage. Cette posture est attribuable au fait que l'apprenant ou l'apprenante qui se présente comme un « praticien » exerçant un « métier » est appelé à maîtriser ce métier en développant certaines habiletés et en s'appropriant certains processus qui sont de nature psychosociologique. Dans cette perspective, les grands traits de la recherche sur les pratiques d'étude qui ont conduit à la conceptualisation du métier d'apprenant sont ici évoqués. L'importance de la construction du rapport au savoir est également abordée avant de présenter un répertoire des compétences et des pratiques d'étude liées au métier d'apprenant

qui ont été identifiées par la recherche. Pour compléter cette partie sur le métier d'apprenant, les motifs justifiant la reconnaissance effective et institutionnelle de ce dernier sont mis en avant, de même que la nécessité d'en prévoir la formation. En terminant, un troisième repère à l'intention des concepteurs et des conceptrices de CLOM amène à reconnaître qu'être apprenant ou apprenante est un métier que l'on exerce tout au long de la vie et que, comme tout métier, celui d'apprenant doit être appris.

3.1 Le métier d'apprenant, un solide référent pour le développement de la capacité d'apprendre par soi-même, tout au long de la vie

Pour exercer le métier d'apprenant, il faut avoir appris à apprendre par soi-même, de manière autonome hors du cadre éducatif, sans être soumis à des durées d'apprentissage fixes et à des règles de fonctionnement contraignantes. Comme tout métier, celui d'apprenant s'appuie sur des pratiques qui font de la personne apprenante un « praticien ».

On est apprenant ou apprenante comme on est médecin, comptable, menuisier, astronaute, enseignant ou enseignante. Le terme « métier d'apprenant » n'est pas abusif, surfait ou métaphorique. Il s'avère fondé. Les recherches en la matière l'ont montré. Être apprenant ou apprenante est un métier indispensable, un des plus vieux du monde et, sans doute, le seul métier durable aujourd'hui (Trocmé-Fabre, 1999). Il rend capable, tout au long de la vie, de relever les défis d'adaptation, de changement et de transformation que connaissent nos sociétés. Par ce métier, chacun peut réaliser son plein potentiel, contribuer au développement du potentiel collectif et s'engager dans une voie d'inclusion sociale. Sa pertinence n'est plus à démontrer, comme le rappelle Alava (1999, citant Herbert Gerjuoy, lui-même cité par Alvin Toffler) : « l'illettré de demain ne sera pas celui qui n'a pas appris à lire. Ce sera celui qui n'a pas appris à apprendre » (p. 9).

3.2 La recherche sur les pratiques d'étude et sur le métier d'apprenant

Dans une imposante note de synthèse, Alava et Romainville (2001) retracent l'évolution de la recherche sur les pratiques d'étude et sur la réussite des études universitaires, qui a ouvert la voie aux travaux visant à répertorier les savoir-faire mis en œuvre par la personne apprenante. Ces auteurs soulignent que, jusqu'au début des années 1970, la recherche sur les pratiques d'étude était presque inexistante : « on peut sans exagérer parler de désert de recherche dans le domaine des pratiques d'étude au supérieur » (p. 160). Au cours des décennies 1970, 1980 et 1990, des chercheuses et des chercheurs anglo-saxons, suédois, québécois et belges

ont contribué à la structuration conceptuelle et institutionnelle du *student learning*. Leurs travaux se sont intéressés à l'évolution de la pensée des étudiants et des étudiantes universitaires, à leur perception du monde, aux différentes stratégies qu'ils appliquent, aux facteurs de réussite à l'université, aux postures, aux attitudes et aux champs d'intérêt différents par rapport à leurs études et aux conceptions de l'apprentissage universitaire qui guident leurs pratiques d'étude. Ces recherches ont conduit à une classification des approches d'étude en trois types : l'apprentissage en surface, l'apprentissage en profondeur et l'approche stratégique.

Alava et Romainville (2001) notent que les recherches anglo-saxonnes ont pris appui sur des cadres théoriques issus de la psychologie cognitive alors que les recherches francophones ont emprunté deux approches différentes : l'une d'inspiration sociologique et l'autre se rapportant aux sciences de l'éducation. Cette dernière approche adopte des points d'entrée multiples pour traiter des questions relatives aux pratiques étudiantes, entre autres, l'efficacité de dispositifs innovants, l'aide méthodologique et les nouvelles technologies de l'information.

Alava et Romainville (2001) retiennent de ces recherches que d'être étudiant ou étudiante est un métier :

> L'apprentissage en milieu universitaire est une activité cognitive spécifique qui se construit en contexte disciplinaire et institutionnel. C'est aussi une activité sociale qui s'élabore dans une culture universitaire donnée et qui nécessite la maîtrise d'un métier d'étudiant permettant affiliation et socialisation. (p. 175)

Outre l'acculturation à la discipline et à l'université comme milieu social, le rapport au savoir intervient de manière déterminante dans la pratique du métier d'apprenant. Perrenoud (2004) considère le rapport au savoir comme un facteur de première importance dans l'apprentissage et les pratiques d'étude. Il le décrit comme « l'ensemble des relations affectives, cognitives et pratiques qu'un sujet entretient aux savoirs et à l'apprendre. [Ce rapport] est fait de dispositions, de goûts, d'attitudes, de représentations, d'habitudes, de désirs et de peurs face aux composantes du savoir » (p. 4).

Perrenoud (2004) observe que le savoir n'est jamais abordé de façon neutre, sans préjugés. Le rapport au savoir de la personne apprenante intervient de manière déterminante, car il agit sur le sens que l'apprenant ou l'apprenante donne à son apprentissage. Un rapport au savoir défensif, méfiant ou cynique face à une discipline, à une notion, à une orientation intellectuelle ou théorique peut constituer un handicap, un barrage presque infranchissable. La maîtrise du métier

d'apprenant implique la capacité à mobiliser son rapport au savoir, à le construire et à le faire évoluer dans une direction qui permette de surmonter ses réserves, de trouver un sens à son apprentissage et d'éprouver le plaisir d'apprendre.

3.3 Le métier d'apprenant et le répertoire de compétences et de pratiques d'étude

Le développement par la personne apprenante de ses compétences et de ses pratiques d'étude passe par la construction de stratégies diverses pour apprendre, gérer son temps et développer son projet de formation. Dans ce processus, selon Coulon (1997), la personne apprenante doit surtout développer la compétence qui permet de reconnaître quel type et quelle quantité de travail intellectuel il faut fournir et dans quel délai. Lorsqu'elle réussit à développer ses pratiques d'étude et à installer son activité dans des routines, elle indique alors qu'elle n'en est plus au stade de l'apprentissage du métier d'apprenant.

Dans le but de décrire les pratiques d'étude à l'université, Alava (1999) a mené deux enquêtes auprès de plus de 1 900 étudiants : l'une touchait des étudiantes et des étudiants nouvellement inscrits à l'université dans un programme offert sur campus; l'autre, des étudiantes et des étudiants inscrits à un programme d'études universitaires offert à distance. Les résultats de ces enquêtes montrent d'abord que les pratiques des étudiants et des étudiantes ne sont pas différentes, que l'on étudie en présence ou à distance. Cette observation indique que toutes ces personnes auraient des pratiques similaires et que, au moment d'entrer à l'université, elles ne maîtriseraient pas, pour la plupart, les habiletés qu'exige le développement de pratiques d'étude efficaces. Cette recherche montre ensuite que les pratiques d'étude observées recouvrent les mêmes grandes classes de l'activité « mathétique[6] », à savoir l'activité cognitive, informationnelle, interrelationnelle et sociale. Les compétences liées à ces activités ne doivent pas être isolées les unes des autres. Elles se croisent et se recoupent, montrant la singularité et la pertinence du concept de « métier d'étudiant ».

Les habiletés requises de la personne apprenante et mises en évidence par Alava (1999) lors de son enquête sont regroupées en quatre catégories :

– *Les habiletés cognitives* se rapportent aux tâches intellectuelles et matérielles nécessaires à la gestion des connaissances, à leur traitement cognitif et à la mémorisation des nouveaux savoirs. Savoir s'organiser, savoir adapter ses méthodes aux cours magistraux et être capable de participer et de garder une

6 Le concept de mathétique s'oppose à celui de didactique. Le terme, issu du grec, signifie apprendre. Il désigne un processus commun à tous les apprentissages.

trace utilisable des cours font partie des habiletés cognitives. L'enquête a révélé que près d'un quart des étudiants et des étudiantes rencontrent des difficultés dans la maîtrise de l'activité universitaire de base.

– *Les habiletés informationnelles*, aussi appelées habiletés documentaires et informationnelles, sont requises pour réunir les informations nécessaires à l'apprentissage (notes de cours, textes, ouvrages, etc.). La maîtrise documentaire est liée à la maîtrise de la « posture intellectuelle » propre aux études universitaires. Les étudiants et les étudiantes qui éprouvent des difficultés documentaires sont confrontés à des difficultés d'ordre cognitif. Ils sont dans l'impossibilité de trouver la documentation, se voient submergés par un vocabulaire spécifique et un travail intellectuel qui leur demande du temps et un effort appréciable. Ils éprouvent conséquemment un problème de gestion des études.
– *Les habiletés sociales* se rapportent à l'entrée dans la communauté, qui relève de l'apprentissage social au cours duquel l'étudiant ou l'étudiante doit tisser des liens sociaux avec d'autres pairs, négocier sa place dans un nouvel établissement, un groupe, une collectivité. Il doit découvrir les règles sociales implicites et entrer en interaction afin de participer à la coconstruction de ces mêmes règles. Cette nécessaire redéfinition sociale est souvent mal vécue ou mal perçue par les étudiants et les étudiantes : solitude ou isolement renforcent la difficulté à s'investir dans les études et à construire les habiletés constitutives du « métier d'étudiant ».
– *La gestion des études* est une spécificité des études universitaires. Comme le montre la figure 11.3, la gestion des études recouvre des habiletés s'appliquant à plusieurs domaines : au projet d'étude, au temps et à l'espace d'apprentissage, à la base de connaissances, aux stratégies cognitives, aux spécificités documentaires ainsi qu'au contrat didactique. Alava mentionne que cette compétence de gestion des études est fortement soulignée dans la description des pratiques d'étude à distance.

L'exercice du métier d'apprenant peut ainsi être conceptualisé comme l'intégration personnelle et contextuelle de techniques ou d'habiletés dans une « manière de faire » propre à chaque personne apprenante. Ces habiletés permettent à la personne apprenante de réaliser les activités scolaires et sociales nécessaires à la réalisation de sa tâche.

L'importance des compétences d'autodirection identifiées par Alava (2001) prend appui sur les travaux des théoriciens et des théoriciennes de l'autodirection des apprentissages pour mieux comprendre le rôle des pratiques informelles (au-delà du cours) et autonomes dans la maîtrise du métier d'étudiant. Sa re-

cherche montre que la mobilisation de compétences d'autodirection est un levier pour la réussite universitaire. Il cite en premier lieu les facteurs conatifs qui regroupent l'ensemble des aspects de mise en mouvement de la personne apprenante, plus précisément la motivation, l'engagement dans l'action et la structuration d'un projet d'apprentissage qui soutiennent sa démarche autonome. Ces éléments motivationnels doivent être mis en relation avec le regard que la personne apprenante porte sur sa propre capacité à apprendre seule, l'estime de soi et la perception de ses compétences, car ils interviennent comme des leviers d'une capacité à mettre en marche un projet autonome d'apprentissage. La motivation et le sentiment d'estime de soi sont ainsi des éléments déterminants dans la réussite.

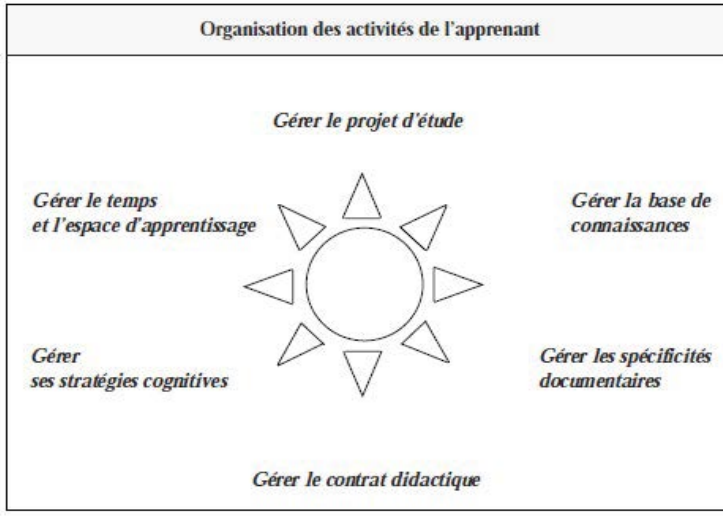


FIGURE 11.3 **La gestion des études (Alava, 1999, p. 11)**

Les données de l'enquête d'Alava (2001) sur les compétences d'autodirection ont permis de décrire le profil des étudiants et des étudiantes universitaires ayant réussi. Ces derniers sont motivés pour leurs études, ont du plaisir à apprendre et savent organiser leur vie en fonction des études. Ils ont un projet professionnel lié à leurs études et démontrent des compétences cognitives et métacognitives. Ils sont capables de gérer études et loisirs. Alava identifie trois groupes qui démontrent diverses facettes d'autodirection et d'orientation à l'autoformation :

> Les autonomes solitaires qui mobilisent les méthodes nécessaires pour apprendre et qui maîtrisent des conduites organisées mais individuelles.

> Les actifs concrets qui gèrent leur vie et leurs études et qui, pour s'engager, ont besoin de comprendre l'utilité et l'efficacité des activités.
>
> Les socio-apprenants organisés qui utilisent le groupe comme outil et média d'apprentissage et qui recherchent dans les activités scolaires un sens indispensable à l'apprentissage. (p. 9-10)

Les décrocheurs et les décrocheuses, pour leur part, ont des conduites hésitantes et non organisées :

> Ce sont des étudiants peu volontaires dans leur apprentissage et qui n'aiment pas les situations d'apprentissage. Ils ne sont pas sûrs de leurs capacités d'apprentissage même volontaires et ont besoin du groupe pour apprendre, même, et cela est paradoxal, s'ils ne se réjouissent pas de débattre avec un autre étudiant de ces apprentissages. (Alava, 2001, p. 10)

3.4 Troisième repère : la reconnaissance et la valorisation du métier d'apprenant

Perrenoud (2004) souligne que, comme dans tout métier, l'apprenant ou l'apprenante doit s'approprier les rites et le langage de son métier. Il doit en acquérir les routines et les pratiques afin de pouvoir s'acquitter de ses tâches de personne apprenante avec une certaine économie de temps et de moyens.

Les auteurs s'entendent aussi pour dire que le métier d'apprenant exige d'avoir la capacité d'apprendre à apprendre par soi-même et d'apprendre hors du cadre éducatif, sans être soumis à des durées d'apprentissage fixes et à des règles de fonctionnement contraignantes. L'exercice de ce métier vise la réalisation par chacun de son projet tout en offrant la possibilité de réaliser son plein potentiel, de contribuer au développement du potentiel collectif et de s'engager dans une voie d'inclusion sociale. Il renvoie à une identité, à une utilité et au droit d'être qui l'on est (Gaté, 2004).

L'apprenant ou l'apprenante s'approprie une part importante de son métier en marge des cours, selon le cadre de travail et de vie qu'il se construit. Certains ont eu, au cours de leur expérience antérieure, la possibilité de s'initier aux techniques et aux stratégies cognitives, méthodologiques et sociales inhérentes à l'acte d'apprendre. D'autres n'ont pas eu cette chance, ce qui a créé deux classes de personnes apprenantes.

Les interventions formelles et structurées visant à éliminer ce clivage ne sont pas courantes en milieu universitaire. Pour Alava (2001), bien que le problème ne soit pas démenti, les universités montrent des résistances à l'aborder de front. Dans sa critique du système universitaire français, cet auteur explique que le

refus de valoriser le développement et la maîtrise des capacités liées au métier d'étudiant serait inspiré par une logique de sélection sociale. Laisser jouer les inégalités méthodologiques agirait comme un filtre permettant d'écarter les étudiantes et les étudiants inadaptés au système universitaire. Ce serait une façon de montrer que l'université en tant qu'établissement d'enseignement supérieur se mérite et que la qualité des études est garantie. Un autre frein à la prise en compte du métier d'étudiant serait de nature corporatiste et se baserait sur des justifications théoriques ou disciplinaires où la méthodologie spécifique à la discipline rivaliserait avec une méthodologie transversale et générale, laquelle serait perçue comme une contrainte ou un carcan. Cette problématique que les universités évitent d'aborder de front fait également partie d'un des défis de la pédagogie universitaire qui s'emploie à penser de nouvelles modalités d'enseignement, d'interventions et d'accompagnement en soutien au développement des pratiques d'autodirection de l'apprentissage.

Le manque de préparation aux études universitaires demeurera un problème pédagogique, mais aussi social tant que l'on n'aura pas reconnu qu'être apprenant ou apprenante est un métier durable. Aucune solution valable ne pourra être élaborée tant que ce métier demeurera non explicité, dont l'apprentissage n'est pas reconnu, et tant qu'il sera considéré comme un métier occulté par l'apprentissage d'une discipline, d'une profession ou d'un métier « socialement reconnu » que la personne apprenante se prépare à exercer.

Alava (1999) soulignait qu'au cours des dix dernières années,

> l'émergence de la société de l'information, les évolutions économiques, l'essor des technologies de l'information et de la communication et la mise en exergue d'un besoin croissant d'autoformation permanente ont conduit l'école à valoriser les capacités métacognitives regroupées sous la formule « apprendre à apprendre ». (p. 9)

Bien que les recherches colligées sur le thème du métier d'apprenant remontent à une vingtaine d'années, elles sont toujours pertinentes. L'importance de pouvoir apprendre par soi-même dans le cadre d'un projet d'études ou tout au long de la vie est aujourd'hui généralement reconnue. Toutefois, cette reconnaissance n'est pas toujours accompagnée de gestes, de choix ou de décisions en réponse au plaidoyer d'Alava et au billet de blogue de Boudreault (2010). Il apparaît nécessaire de développer une attitude proactive et d'agir pour faire du métier d'apprenant un concept phare de la formation, ce qui amène à poser un troisième repère pour les équipes de conception de CLOM, à savoir la reconnaissance et la valorisation du métier d'apprenant et l'accompagnement pour en acquérir la maîtrise.

Conclusion

Notre analyse des CLOM permet de formuler trois repères à l'intention des personnes qui les conçoivent. Ces repères mettent en évidence des aspects incontournables pour comprendre la spécificité de ce type d'ENA ainsi que des repères pour articuler une approche de conception adaptée.

Le premier repère souligne l'aspect inédit du modèle éducatif du CLOM, à la fois ouvert, autonomisant, mais peu facilitant. L'apprentissage autonome, au cœur de ce modèle, s'avère une capacité qu'un grand nombre ne possède pas. L'apprenant ou l'apprenante capable de définir et de réaliser son projet d'apprentissage devient acteur de son apprentissage. Il n'est plus l'exécutant de tâches tracées à l'avance dans un scénario pédagogique, même quand celui-ci est très directif. Il joue à la fois les rôles de concepteur et d'artisan de son projet avec tout ce que cela comporte pour identifier, trouver et mettre en œuvre les moyens de le réaliser. Cette idée de personne apprenante autonome, souvent mise de l'avant, trouve dans les CLOM un contexte favorable. Mais devenir autonome, acteur de son apprentissage, ne va pas de soi, surtout lorsque l'on a été exposé dans ses expériences antérieures à des approches plutôt transmissives où l'acteur principal est l'enseignant ou l'enseignante. Ce dernier, en tant que concepteur du CLOM, se voit confronté à une redéfinition de son rôle et doit accepter l'incertitude inhérente à une pédagogie ouverte et à la liberté de choix. Il sera surtout une personne qui facilite et accompagne l'apprentissage, libérant la personne apprenante d'une dépendance par rapport à l'enseignant ou à l'enseignante, car, comme le précise Carré (2010), l'autonomie ne s'enseigne pas, elle se construit, se développe au fil d'expériences significatives. Le concepteur ou la conceptrice s'emploiera alors à susciter, à provoquer et à accompagner de telles expériences.

Le deuxième repère, étroitement lié au développement de l'autonomie, vise la maîtrise des technologies pour apprendre. Les études sur les motifs d'abandon mettent en évidence cette compétence qui se révèle lacunaire chez un grand nombre. Le temps et sa gestion, identifiés par les personnes apprenantes comme des facteurs déterminants de l'abandon, ne sont que des motifs de surface. En réalité, des carences en matière d'autonomie et de maîtrise des technologies seraient à la source des problèmes de temps invoqués pour justifier l'abandon. Ces deux carences s'influencent l'une et l'autre : le manque d'autonomie limite la capacité à développer la maîtrise des technologies pour apprendre et la faible maîtrise des technologies limite le développement de l'autonomie. Une telle observation a d'ailleurs été faite par Linard (2003) et rapportée par Henri (2019). Si la personne qui conçoit un CLOM doit faciliter et favoriser les expériences susceptibles de soutenir le développement de l'autonomie, elle doit également lier ces expériences

à l'usage efficace des technologies pour apprendre. Le concept de « littératie numérique[7] » doit être mobilisé pour couvrir l'ensemble des littératies possibles à l'ère numérique. Mieux encore, le concept de « translittératie », qui va au-delà de celui de littératie numérique, serait plus complet, la translittératie étant associée aux pratiques sociales et à la nature transversale des compétences induites par le numérique (compétences techniques, collaboratives, cognitives, sociales, organisationnelles, etc.). Pour Serres (2012), la translittératie est un métissage des littératies, une imbrication des cultures : « c'est le chaudron du numérique qui brasse, mélange et remixe toutes sortes de pratiques et de cultures » (p. 5).

Le troisième repère renvoie au métier d'apprenant[8], une conceptualisation théorique de l'autonomie incarnée dans le métier d'apprenant. Pour les concepteurs et les conceptrices de CLOM, il importe de reconnaître qu'être apprenant ou apprenante est un métier que l'on exerce tout au long de la vie et qu'il doit être appris et valorisé avec ses exigences de préparation, d'apprentissage, d'expériences qui caractérisent l'apprentissage de tous les autres métiers. À la fin de sa formation, la personne apprenante devrait être en mesure de réaliser, de manière fonctionnelle, les tâches de son métier d'apprenant et de parfaire les compétences liées à ce métier tout au long de sa vie. Quant à la personne qui conçoit un CLOM, elle doit respecter les cinq principes clés suivants, retenus par Henri (2019) en s'appuyant sur différents uteurs et auteures :

– reconnaître que, pour apprendre, il ne faut pas nécessairement « être enseigné », à la condition que la personne apprenante évolue dans un environnement humain et technique favorable (Linard, 2002);
– considérer l'autonomie comme un but de la formation (Poisson, 2003) et non pas comme un préalable à l'apprentissage;
– conceptualiser l'autonomie comme une métacompétence « éducable » qui ne peut être prescrite, mais qui peut se développer par entraînement (Linard, 2003);
– reconnaître que les technologies, omniprésentes dans tous les secteurs de la vie, participent au développement de l'autonomie, préparent à l'apprentissage tout au long de la vie et sont indispensables pour réinstrumenter l'apprentissage selon une visée autonomisante d'un nouveau rapport au savoir et aux connaissances (Väljataga et Fiedler, 2014);
– reconnaître les besoins en matière d'autonomie et d'usage efficace des technologies et en faire des objets explicites de conception au même titre et au même

7 Voir le chapitre 12 pour plus de détails sur le concept des littératies à l'ère numérique.

8 Voir le chapitre 12 qui traite également du métier d'apprenant.

niveau d'importance que les compétences disciplinaires ou professionnelles (Henri, 2019).

Les cinq principes qui se dégagent de cette analyse des CLOM pourront soulever un questionnement tout à fait fondé. Peuvent-ils s'appliquer plus largement à l'ensemble des ENA? N'y a-t-il pas des réserves à formuler quant à leur implantation? Leur caractère innovant, voire avant-gardiste, est-il compatible avec les systèmes éducatifs qui voudront adopter les ENA comme support de leur formation? Est-il réaliste de vouloir y faire appel pour renouveler la pratique pédagogique? Ce questionnement, tout à fait légitime, peut témoigner d'une certaine inquiétude, d'un réel malaise face au changement. En effet, il n'est pas aisé de reconnaître qu'il ne faut pas nécessairement « être enseigné » pour apprendre et de faire différents constats, à savoir que :

- l'autonomie doit être un but de la formation;
- il est contraignant de s'engager à faire en sorte que les technologies soient convoquées pour soutenir le développement de l'autonomie et préparer à l'apprentissage tout au long de la vie;
- il est également difficile d'accepter qu'un usage efficace des technologies soit une compétence indispensable qui se situe au même niveau d'importance que les autres compétences disciplinaires.

Une telle transformation est profonde; elle suppose la mise en œuvre d'un programme qui peut apparaître lourd. Les barrières, les réserves et les objections relativement à ces nouvelles pratiques ne seront sans doute pas d'ordre théorique ou conceptuel. Elles seront plutôt d'ordre pratique, technique et organisationnel. Pour y répondre, il sera avisé de faciliter la réflexion en amont du « design » des changements visés. Réussir cette transformation repose non seulement sur un leadership cohésif, mais aussi sur la participation de l'ensemble des acteurs. Il importe que la transformation des pratiques pédagogiques ne soit pas perçue comme une fin, mais plutôt comme un moyen de répondre au besoin de mieux vivre dans nos sociétés qui évoluent au rythme des transformations induites par le numérique.

Références

Abraham, E., Hoffert, C. et Laidebeur, A. (2014). *Accompagnement VAE, autoformation et usage numérique de ressources* [communication]. 8e colloque sur l'autoformation, Strasbourg.

Alava, S. (1999). Médiation(s) et métier d'étudiant. *Bulletin des bibliothèques de France, T.44*(1), 8-15. http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-1999-01-0008-001

Alava, S. (2001). Pratiques informelles d'études et autodirection des apprentissages : un autre regard sur le « métier d'étudiant ». Dans P. Carré, *La formation auto-dirigée : approches éducatives et cognitives* (vol. 1, p. 21-36). L'Harmattan. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00653172/document

Alava, S. et Romainville, M. (2001). Les pratiques d'étude, entre socialisation et cognition : note de synthèse. *Revue française de pédagogie*, (136), juillet, août, septembre, 159-180.

Bélisle, C., Butheau, R., Jourdan, R. et Rosado, E. (1988). *Communication médiatisée : étude de la pratique télévisuelle* [texte].

Bentley, P., Crump, H., Cuffe, P., Iwona, G., Jamieson, B., MacNeill, S. et Mor, Y. (2014). Signals of success and self-directed learning. *Proceedings EMOOCs2014* (p. 18-25).

Boudreault, H. (2010, 8 octobre). Le métier d'apprenant en formation professionnelle. *Didactique professionnelle* .https://didapro.me/2010/10/08/le-metier-dapprenant-en-formation-professionnelle/

Bruillard, É. (2017). CLOM une forme contemporaine de livres éducatifs. De nouveaux genres à explorer? *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge, 18*. https://dms.revues.org/1830

Carré, P. (2010). L'autodirection des apprentissages. Perspectives psycho-pédagogiques. Dans D. Poisson, A. Moisan et P. Carré (dir). *L'autoformation. Perspectives de recherche* (p. 117-169). Presses universitaires de France.

Charlier, B. et Henri, F. (2016). Rechercher, comprendre et concevoir l'apprentissage avec la vidéo dans les xCLOM. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 13*(23), 36-45. https://doi.org/10.18162/ritpu-2016-v13n23-03

Clow, D. (2013, avril). MOOCs and the funnel of participation. Dans D. Suthers, K. Verbert, E. Duval et X. Ochoa, *Third Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2013)*, (p. 85-189). http://oro.open.ac.uk/36657/1/dougclow-lak13-revised-submitted.pdf

Conole, G. (2013). *MOOCs as disruptive technologies : Strategies for enhancing the learner experience and quality of MOOCs*. http://www.um.es/ead/red/39/conole.pdf

Coulon, A. (1997). *Le métier d'étudiant : l'entrée dans la vie universitaire.* Presses universitaires de France.

Daniel, J. S. (2012). Making sense of MOOC: Musings in a maze of myth, paradox, and possibility. *Journal of Interactive Media in Education.* The Open University. http://www-jime.open.ac.uk/article/2012-18/

Davidenkoff, E. (2014). *Le tsunami numérique. Éducation. Tout va changer! Êtes-vous prêts?* Stock.

Eriksson, T., Adawi, T. et Stöhr, C. (2016). "Time is the bottleneck": A qualitative study exploring why learners drop out of MOOCs. *Journal of Computing in Higher Education*, 1-14. https://doi.org/10.1007/s12528-016-9127-8

Gaté, J.-P. (2004). À la rencontre des pratiques d'apprentissage. Réflexions à propos d'un modèle d'entretien de recherche à visée métacognitive. *Recherches & éducations, 8.* http://rechercheseducations.revues.org/347

Henri, F. (2019). Paradigmes et logiques de formation. Dans B. Albero, S. Simonian et J. Eneau (dir.), *Des humains et des machines : hommage aux travaux d'une exploratrice* (p. 391-402). Raison et Passions.

Jézégou, A. (2006). « Formations ouvertes » et « autodirection des apprenants » : synthèse d'un travail de recherche sur l'articulation entre ces deux dynamiques, en milieu éducatif institué [communication]. *7e colloque européen sur l'autoformation*. https://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00193168/

Kesim, M. et Altınpulluk, H. (2015). A theoretical analysis of Moocs types from a perspective of learning theories. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 186*, 15-19. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.056

Linard, M. (2002). Conception de dispositifs et changement de paradigme en formation. *Éducation permanente, 152*, 143-155.

Linard, M. (2003). Autoformation, éthique et technologies : enjeux et paradoxes de l'autonomie. Dans B. Albero (dir.), *Autoformation et enseignement supérieur* (p. 241-263). Hermès/Lavoisier. https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000276/document

McAuley, A., Stewart, B., Siemens, G. et Cormier, D. (2010). *The CLOM model for digital practice*.http://www.academia.edu/download/43171388/MOOC_Final.pdff

Onah, D. F. O., Sinclair, J. et Boyatt, R. (2014). Dropout rates of massive open online courses: Behavioural patterns. *6th International Conference on Education and New Learning Technologies, 14*, 5825-5834. http://wrap.warwick.ac.uk/65543/1/WRAP_9770711-cs-070115-edulearn2014.pdf

Pebayle, E. C. et Rossini, I. (2017). Besoins et dispositifs d'aide dans le contexte d'apprentissage des CLOM. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge, 19*(19). https://doi.org/10.4000/dms.1940

Perrenoud, P. (2004). Qu'est-ce qu'apprendre? *Enfance & psy, 24*, 9-17.

Poisson, D. (2003). Modélisation des processus de médiation-médiatisation : vers une biodiversité pédagogique. *Notions en questions, 7*, 89-101.

Quentin, I. (2014, 27 août). Critiques des typologies de MOOC. Site d'Isabelle Quentin. isabellequentin.wordpress.com/2014/08/27/critiques-des-typologies-de-mooc/

Serres, A. (2012, 7 septembre). *Repères sur la translittératie* [introduction au séminaire]. 5e Séminaire du GRCDI, La translittératie en débat : regards croisés des cultures de l'information (infodoc, médias, informatique) et des disciplines, Rennes, France. https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_01476798/document

Siemens, G. (2005). *Connectivism: A learning theory for the digital age*. http://itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Trocmé-Fabre, H. (1999). *Réinventer le métier d'apprendre*. Éditions d'Organisation.

Väljataga, T. et Fiedler, S. H. D. (2014). Creative re-instrumentation of collective learning activity. Dans D. K. W. Chiu, M. Wang, E. Popescu, Q. Li et R. Lau (dir.), *New horizons in Web based learning* (vol. 7697, p. 300-309). Springer. http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-43454-3_31

Veletsianos, G., Reich, J. et Pasquini, L. A. (2016). The life between big data log events. Learners' strategies to overcome challenges in MOOCs. *AERA Open, 2*(3). 2332858416657002. https://doi.org/10.1177/2332858416657002

Werquin, P. (2010). *Reconnaître l'apprentissage non formel et informel : résultats, politiques et pratique*s. Éditions OCDE.

CHAPITRE 12

UNE INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DES ENA POUR DES APPRENTISSAGES AUTONOMES TOUT AU LONG DE LA VIE

France Henri

RÉSUMÉ

Quels repères aideraient à concevoir des ENA capables de répondre à une nouvelle logique de formation centrée sur l'autonomie de la personne apprenante? Comment passer de la logique du cours enseigné propre à l'ingénierie pédagogique telle qu'elle est généralement pratiquée, à une logique plus ouverte de soutien au développement de l'autonomie? Comment renouveler l'ingénierie pédagogique pour la rendre plus pertinente et cohérente, mieux adaptée aux nouveaux contextes d'apprentissage qui caractérisent l'ère numérique? Ce chapitre met en avant l'autonomie de l'apprenant et de l'apprenante, la personnalisation de l'apprentissage et l'exploitation des potentialités des technologies. Dans cette perspective, une nouvelle ingénierie serait fondée sur le concept de translittératie tel qu'il a été défini par Sue Thomas *et al*. (2007). Pour ces auteurs, ce concept renvoie à « l'habileté à lire, écrire et interagir par le biais d'une variété de plateformes, d'outils et de moyens de communication, de l'iconographie à l'oralité en passant par l'écriture manuscrite, l'édition, la télévision, la radio et le cinéma jusqu'aux réseaux sociaux[11]». Il importe donc qu'une ingénierie pédagogique renouvelée permette à la personne apprenante d'exploiter les technologies non seulement pour définir et réaliser son projet d'apprentissage, mais aussi pour apprendre à apprendre de manière autonome, et cela tout au long de sa vie.

MOTS-CLÉS

Apprentissage autonome; personnalisation de l'apprentissage; développement de l'autonomie; usage des technologies; translittératie.

1 http://www.francoisguite.com/2007/12/la-translitteratie/

Introduction

À l'ère numérique, quelle logique de formation doit-on adopter et quelle ingénierie pédagogique peut-on appliquer pour accompagner la personne apprenante dans le développement de son autonomie? Quels types d'environnements numériques d'apprentissage (ENA) peut-on concevoir pour promouvoir et soutenir l'apprentissage autonome? Ces questions ciblent avant tout les finalités de la formation et la logique qui en découle. Elles interpellent autant les pratiques de conception que leurs fondements. En somme, elles invitent à revoir les méthodes d'ingénierie pédagogique.

Les diverses méthodes d'ingénierie pédagogique se distinguent surtout les unes des autres par la conception de l'apprentissage qu'elles privilégient. Toutefois, elles adoptent toutes sensiblement un processus de conception qui se veut méthodique et d'une logique rigoureuse. Comme Basque (2017) l'a relevé, ces méthodes font cependant l'objet de critiques assez sévères[2]. On leur reproche entre autres l'absence de références communes et le peu de recherches quant à leur impact sur l'apprentissage. À ces critiques, s'ajoute également l'absence généralisée de prise en compte d'une nouvelle manière d'apprendre qui se développe et s'installe sous l'effet du numérique. L'Internet, l'intelligence artificielle, les données massives, les objets connectés, les appareils mobiles et autres artefacts numériques ont ouvert la voie non seulement à un nouveau mode de vie et à de nouvelles manières de travailler, mais aussi à de nouvelles manières d'apprendre.

Ce chapitre tente de cerner les balises d'une ingénierie pédagogique qui serait actuelle, en phase avec les transformations de l'« apprendre » induites par l'usage des technologies. Comme il a été proposé dans une publication antérieure (Henri, 2019), ce nouveau paradigme ne limite plus la finalité de la formation à la maîtrise de compétences disciplinaires ou professionnelles[3]. Il incorpore des valeurs de développement personnel et de contribution sociale, et se donne comme finalité le développement de la capacité d'apprendre en mode autonome grâce à un usage efficace des technologies. Ce paradigme invite à promouvoir des modalités d'apprentissage toujours plus ouvertes, reconnaissant l'apprenant ou l'apprenante comme acteur de sa formation. Il incite également à revoir les méthodes d'ingénierie pédagogique dans cette perspective.

2 Voir les chapitres 2 et 5.

3 Voir aussi le chapitre 11.

De manière plus concrète, il s'agit de passer de la logique du cours enseigné, centrée sur des contenus prédéterminés et des apprentissages prescrits, à une logique centrée sur l'autodirection de l'apprentissage, plus spécifiquement sur l'autonomisation de la personne apprenante, la personnalisation de l'apprentissage et l'exploitation des potentialités des technologies pour apprendre. Ce renouvellement propose une ingénierie pédagogique mieux adaptée aux nouveaux contextes d'apprentissage ouvert qui caractérisent l'ère numérique.

Tout en soulignant la problématique de mise en œuvre de cette nouvelle ingénierie pédagogique, la première section de ce chapitre présente les points saillants du nouveau paradigme de formation qui s'ancre et s'articule dans une forte interdépendance entre autonomie et usage efficace des technologies. En lien immédiat avec cette nouvelle manière d'apprendre, la translittératie s'impose comme compétence maîtresse et comme pratique indispensable en soutien à l'apprentissage autonome et à un usage efficace des technologies pour apprendre. Comme le terme l'indique, la translittératie s'étend au-delà du concept de littératie qui se limite à la lecture, à l'écriture et au calcul en soutien à la capacité de communiquer à l'écrit et à l'oral. La translittératie englobe et croise différentes littératies : informationnelle, médiatique, informatique et numérique. Elle repose sur la capacité de lire, d'écrire et d'interagir au moyen de différents outils et supports, principalement numériques. La deuxième section pose des balises pour un possible renouvellement de l'ingénierie pédagogique afin d'en faire un moteur de changement. La troisième section présente une application des principes auxquels une ingénierie renouvelée peut se référer. Cet exercice entend montrer de manière concrète comment les objets de conception peuvent être repensés et les étapes du processus de conception redéfinies. En guise de conclusion, le pouvoir de choisir de l'apprenant ou de l'apprenante est présenté comme un élément clé de sa formation, car cette possibilité qui est offerte lui permet de devenir une personne apprenante autonome et responsable.

1 La formation à l'ère numérique

Carré (2010) faisait valoir il y a plus d'une décennie qu'un changement de paradigme de formation s'imposait : « face à la nouvelle donne économique, technologique et sociale, les observateurs s'entendent aujourd'hui pour poser l'exigence de l'autodirection de l'apprentissage et le développement des compétences des acteurs sociaux du XXIe siècle » (p. 123).

Il soulignait aussi ce qui suit (Carré, 2004, p. 48), citant Bandura (2002) :

> Les systèmes d'enseignement doivent changer leur priorité, et passer de la simple transmission d'information à la formation des apprenants pour qu'ils se forment eux-mêmes tout au long de la vie […] L'éducation à l'auto-direction est aujourd'hui vitale pour une société productive et innovante. (p. 48)

Carré positionne ainsi les capacités d'autodirection comme une clé pour se développer comme personne, pour se préparer à devenir une personne apprenante permanente, consciente et volontaire, manifestant une forte autonomie. L'apprenante ou l'apprenant n'est alors plus considéré comme un exécutant de tâches pédagogiques bien spécifiées et qui lui sont extérieures. Il devient un acteur capable de définir son projet et d'interpréter différents rôles au cours de son apprentissage. Cette vision de la formation rejoint les valeurs et la finalité d'un nouveau paradigme de formation que Linard (2002, 2003) défend dans ses écrits. Au chapitre des valeurs, ce paradigme se fonde sur le développement de la personne et le développement de sa contribution à la société; il se donne comme but l'autonomie et la capacité d'apprendre tout au long de la vie. Cette vision de la formation fait de l'acte d'apprendre un métier, et la prise en main de ce métier d'apprenant débute dès le bas âge.

L'application de l'autonomie comme mode d'apprentissage soulève toutefois des questions de fond. Comment peut-on développer cette capacité? De quelle liberté la personne apprenante peut-elle se prévaloir? La marge de liberté se limite-t-elle aux apprentissages prescrits ou va-t-elle au-delà? Cette problématique de l'autonomie devient plus complexe et s'avère incontournable lorsqu'elle est croisée avec l'usage des technologies comme outils privilégiés de l'activité autonome :

> […] l'instrumentation massive des activités par les TIC bouleverse en profondeur les conditions de production et de transmission des activités et des connaissances [… elle] oblige à prendre en compte, dans les conceptions théoriques et dans les pratiques sociales, les nouvelles formes d'autorégulation nécessaires aux nouvelles formes de complexité et d'autonomie suscitées par la généralisation des TIC […] la puissance des moyens [technologiques] débordant tout contrôle, elle se développe pour son propre compte et tend à devenir à elle-même sa propre fin. (Linard, 2003, p. 2)

Linard fait ainsi valoir qu'à l'ère numérique s'entremêlent la raison des fins et la raison des moyens. La capacité d'utiliser les technologies de manière efficace est posée comme condition (un moyen) pour la réalisation d'apprentissages autonomes (une fin), alors que l'autonomie serait de son côté une condition (un

moyen) pour un usage efficace des technologies (une fin). Le développement de l'autonomie s'incarne ainsi dans un processus circulaire, dans une interdépendance puissante entre autonomie et usage efficace des technologies, où basculent logique des fins et logique des moyens (figure 12.1).

FIGURE 12.1 **L'interdépendance entre autonomie et usage efficace des technologies**

En associant sans équivoque autonomie et usage efficace des technologies comme finalités de la formation, un nouveau paradigme se dessine, qui vient renforcer et confirmer la nécessité de se former tout au long de la vie, d'apprendre à apprendre par soi-même en tout temps et, de ce fait, d'exercer le métier d'apprenant, un métier qu'il faut apprendre dès le bas âge et exercer tout au long de la vie[4].

Rendre opératoire l'usage efficace des technologies comme but de la formation implique d'abord de décliner et de préciser ce que recouvre cette expression. Pour Codreanu *et al.* (2017), l'usage efficace des technologies mobilise deux processus : l'appropriation et l'acceptation. L'appropriation se rapporte à la maîtrise d'un outil alors que l'acceptation correspond à la décision de continuer à utiliser l'outil; l'appropriation précède l'acceptation. Pour ces auteurs, ces deux processus s'inscrivent dans une situation d'usage et participent à la maîtrise d'une forme de littératie. Ils ne sont toutefois pas suffisants pour couvrir le spectre des compétences,

4 Pour les conditions d'exercice du métier d'apprenant, voir le chapitre 11 (point 3.1, intitulé « Le métier d'apprenant, un solide référent pour le développement de la capacité d'apprendre par soi-même, tout au long de la vie »).

des pratiques et des processus requis pour un usage combiné et efficace d'un ensemble de technologies. Le concept de littératie et encore davantage celui de translittératie constituent des référents à mobiliser lorsqu'il est question d'usage efficace des technologies et d'apprentissage tout au long de la vie.

1.1 Littératie et translittératie

Pour appréhender cette réalité mouvante et effervescente, Delamotte *et al*. (2014) identifient deux approches complémentaires : l'approche analytique, qui se fonde sur l'identification et la distinction des nombreuses littératies et compétences mobilisées sur les réseaux numériques; l'approche globale et unifiée, qui s'appuie sur la translittératie, une pratique voisine des notions de « culture numérique » (*digital culture*) et d'« habileté numérique » (*digital literacy*).

L'approche analytique aborde la littératie comme un concept qui implique toujours des questions d'éducation et de formation. Dans un sens étroit, la littératie se définit comme l'alphabétisation liée à la maîtrise de l'information. Dans une approche plus ouverte et plus actuelle, cette « alphabétisation » se décline en différentes littératies ou « éducations » : littératie médiatique, littératie informatique, cyberlittératie, littératie de réseaux, littératie numérique, littératie de la santé, littératie des nouveaux médias… Comme en témoigne le tableau 12.1, les littératies sont multiples. Dans cette diversité, elles coexistent et se croisent malgré le fait que des usages distincts ayant un caractère particulier sont associés à différentes sphères d'activités. On note également dans ce tableau que la translittératie, traitée au même titre que chacune des diverses littératies liées au Web 2.0, est ainsi réduite à une littératie médiatique et de l'information.

Par ailleurs, dans une approche globale et unifiée, comme le soulignent Delamotte *et al.* (2014), les littératies cohabitent et donnent lieu à des pratiques littéraciques qui évoluent dans le temps et l'espace. Ce métissage des littératies se produit dans le contexte sociotechnique de l'hybridation des compétences, de la confusion des pratiques et de l'imbrication des cultures mobilisées par les utilisateurs et les utilisatrices sur les réseaux numériques (Serres, 2012). Aux yeux de cet auteur, la métaphore du « chaudron du numérique » qui brasse, mélange et remixe toutes sortes de pratiques et de cultures (p. 5) décrit bien le phénomène de translittératie illustré à la figure 12.2. On observe dans cette figure que des littératies cohabitent, se superposent et s'entrecroisent, sans être intégrées dans une conception ou un schéma structurés.

TABLEAU 12.1 **Les littératies voisines englobant des littératies liées au Web 2.0 (tiré de Le Deuff, 2012, p. 5-6)**

Literacy	Termes proches ou dérivés	Traduction possible
Information literacy	Informacy Infoliteracy	Maîtrise de l'information Culturelle informationnelle Éducation à l'information
Computer literacy	IT/information technology/electronic information literacy	Maîtrise des technologies informatiques. Culture informatique
Critical literacy[7]	Critical thinking	Éducation critique Esprit critique
Library literacy	Library/bibliographic instruction	Formation à la recherche en bibliothèque
Media literacy	New media literacy	Éducation aux médias
Network literacy	Internet literacy, hyper-literacy, bit literacy	Maîtrise des réseaux Culture des réseaux
Digital literacy	Digital information literacy/e-literacy[8]	Culture numérique Cyberculture
Visual literacy		Culture visuelle Éducation à l'image
Social literacy	Participatory media literacy Participation literacy Tag literacy	Litératie de participation (aux médias)
Transliteracy	MIL (Media and Information Literacy)	Translittératie Culture de l'information et des médias Littératie des médias de l'information

FIGURE 12.2 **La translittératie (tiré de Bros, 2018, affiche annonçant la conférence de l'auteur)**

Étroitement associée aux pratiques sociales plus qu'à un concept, la translittératie est un « phénomène social » qui permet de saisir la nature transversale des compétences induites par le numérique et de cibler des points de convergence dans les pratiques et les usages informationnels. Pour Delamotte *et al.* (2014), ces usages se partagent en trois champs de savoirs sur l'information : l'éducation aux médias (information comme actualité de masse), l'informatique (information comme code et donnée) et l'information documentaire (information comme document). Ces auteurs précisent que le préfixe « trans » suggère à la fois la quête de transversalité dans les démarches de recherche, d'appropriation et de réécriture de l'information, mais aussi et surtout la capacité de chacun à transférer des acquisitions antérieures dans divers environnements et contextes informationnels et techniques. Ils soulignent que cette vision rejoint la définition formulée par Thomas *et al.* (2007), cités par Delamotte *et al.* (2014) :

> [La translittératie est une] habileté à lire, écrire et interagir par le biais d'une variété de plateformes, d'outils et de moyens de communication, de l'iconographie à l'oralité en passant par l'écriture manuscrite, l'édition, la télé, la radio et le cinéma, jusqu'aux réseaux sociaux. (p. 147)

Ainsi décrite, la translittératie fournit une perspective unifiée pour réfléchir et étudier les nouvelles manières de penser la communication humaine générées par l'Internet.

La question qui se pose est de savoir comment penser la formation et les apprentissages translittéraciques pour en faire une voie vers l'autonomie et l'usage

efficace des technologies. Quelle instance éducative doit être responsable de ces apprentissages? Comment ceux-ci doivent-ils se réaliser? Dans quelles conditions? Pour le moment, selon Le Deuf (2012) citant Jenkins (2006), en milieu éducatif, ces apprentissages relèvent d'un curriculum caché[5], non explicite et non planifié; d'un curriculum dissimulé qui se réalise en marge du curriculum formel comme le serait un parcours de formation informel. À la suite de ces observations, il apparaît évident et nécessaire que les personnes qui conçoivent une formation considèrent la translittératie comme un objet d'apprentissage incontournable cohabitant avec les autres objets d'apprentissage prévus par la formation. Les concepteurs et les conceptrices ne doivent pas se fier à l'idée reçue voulant que les « natifs du numérique » aient une connaissance infuse des technologies, du langage et de la culture du numérique. Ceux-ci doivent « apprendre à apprendre » avec le numérique; apprendre à se connecter, à communiquer, à créer et à collaborer dans la perspective de réaàliser leurs propres apprentissages.

1.2 La translittératie comme pratique transparente et intelligible

Afin de mieux comprendre et favoriser le développement de la translittératie, Delamotte *et al.* (2014) proposent, de manière empirique, d'envisager ce phénomène comme un ensemble complexe de pratiques qui peuvent être inférées de l'observation d'événements et d'agir. Leur recherche prend appui sur l'hypothèse voulant que l'observation révèle de nouvelles compétences pouvant être générées par la mobilisation de différentes littératies. Ces chercheurs ont observé des groupes d'adolescents et d'adolescentes lors de la réalisation de tâches à forte prescription dans le cadre de travaux personnels encadrés et de projets pluridisciplinaires à caractère professionnel. Ils ont suivi durant une douzaine de semaines les projets qui se sont déroulés tant au sein qu'à l'extérieur de l'établissement scolaire, selon une planification imposée, mais aussi selon des séances de travail et un calendrier planifiés et autogérés par chacun des groupes. Leur étude a permis de dégager certains repères permettant de circonscrire les effets ou les potentialités de la translittératie, toujours dans la perspective du développement de la capacité d'apprendre tout au long de la vie et de manière autonome. Ils ont pu observer la présence de métacompétences et l'absence de certaines compétences pouvant contribuer au développement de la translittératie. Ils ont également pu identifier des compétences qui seraient induites par la translittératie ainsi que des pratiques décloisonnées de recherche d'information et étroitement adaptées au développement de la translittératie. Le tableau 12.2 rend compte des principaux résultats de cette recherche.

---

5 Selon Perrenoud (1993), le curriculum caché renvoie à des expériences formatrices qui produisent des apprentissages échappant à la conscience des principaux intéressés, maîtres, élèves et parents.

TABLEAU 12.2 **Quelques observations relatives aux compétences liées à la translittératie**

Présence de métacompétences	Absence de compétences	Compétences qui seraient induites par la translittératie	Pratiques décloisonnées de recherche d'information
Percevoir de manière autonome les pratiques possibles lors de l'usage de divers types de systèmes d'information Considérer ces systèmes les uns par rapport aux autres et en reconnaître la valeur Associer à ces systèmes la connaissance des procédures d'utilisation ou de manipulation de ces dispositifs techniques	Ne pas tester le potentiel informationnel de son environnement technologique • Sous-exploitation du potentiel informationnel de son environnement technologique • Découverte tardive de ce potentiel et des fonctionnalités qui auraient pu être utilisés	Apprendre dans une perspective à long terme • Capacité de pérenniser l'apprentissage dans une mémoire personnelle de travail • Application de procédures personnelles de traitement des contenus à des fins de réutilisation dans de nouvelles situations • Capacité de faire un retour sur soi et de projeter l'utilité de l'apprentissage en cours dans un usage à long terme • Mise à jour de soi (actualisation) et activation de stratégies de réorientation tout au long de la vie	Se détacher de sa capacité à chercher et à recevoir l'information de manière systématique ou mécanique Délaisser les pratiques en tunnel faites de multiples répétitions sans discernement de ce qui pourrait être fait autrement Être capable de se décentrer, de prendre de la distance par rapport à soi-même et à son propre point de vue

L'inclusion du développement des compétences translittéraciques dans les formations fait appel non seulement à de nouvelles préoccupations éducatives, mais aussi à de nouvelles approches pédagogiques incluant un changement de rôle de la personne apprenante. Bousquet (2015) mentionne que l'enseignant ou l'enseignante doit désormais savoir imaginer des situations complexes au cours desquelles les compétences translittéraciques sont susceptibles de se développer et d'être mises en pratique. Pour cela, dans une démarche autonome, il faut amener la personne apprenante à créer et à produire du contenu tout en comprenant le sens de ce qu'elle fait de même que le fonctionnement des technologies qu'elle utilise. Il lui faut apprendre à observer les nouveautés des outils numériques utilisés, être capable de les auto-expertiser, de projeter leur usage, allant au-delà de l'acquisition d'une simple culture technique.

Dans cette perspective du développement de la translittératie, Bousquet (2015) propose une grille d'analyse et de construction des projets translittéraciques réalisés par des personnes apprenantes; un exemple en est donné à la figure 12.3.

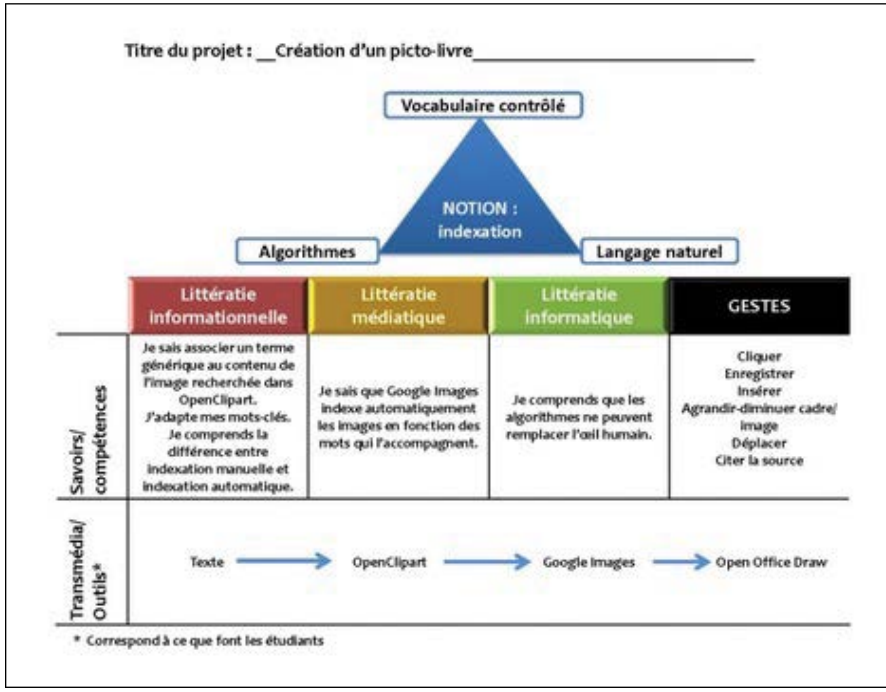


FIGURE 12.3 **La translittératie : définitions et formation (tiré de Morin, 2015)**

Les apprenants et les apprenantes ont comme projet de créer un picto-livre[6] autour de la notion d'indexation, laquelle renvoie à un vocabulaire contrôlé, à des algorithmes et au langage naturel. Pour réaliser ce projet, trois littératies sont mobilisées : informationnelle, médiatique et informatique. Pour chacune d'elles, les compétences et les savoirs visés sont verbalisés dans des termes accessibles à la personne apprenante. Les gestes qui peuvent être posés sont également identifiés de même que les outils technologiques utilisés tout au long du processus de création de ce picto-livre. Ce type d'exercice amène la personne apprenante à se décentrer, à objectiver ce qu'elle fait, à distinguer les différentes littératies, à développer une représentation des compétences qu'elle développe et à intégrer les technologies dans une suite féconde pour son projet. Une telle approche peut contribuer à réduire de manière significative le fossé entre les pratiques numériques scolaires et ses propres pratiques numériques sociales, favorisant les transferts de l'une à l'autre.

1.3 Des environnements numériques d'apprentissage personnalisés pour le développement de l'autonomie

Dans le cadre de leur enquête, Delamotte *et al*. (2014) constatent que les environnements technologiques mis à la disposition des personnes apprenantes par les établissements ne sont absolument pas adéquats. Près de 75 % des groupes d'apprenants et d'apprenantes communiquent hors de ces environnements en raison de leur austérité, des limites de leurs fonctionnalités et, surtout, de l'impossibilité de soustraire leurs pages personnelles à la lecture des enseignants et des enseignantes et de rendre invisible leur travail en cours de projet.

Les apprenants et les apprenantes stockent sur leur réseau social des informations, des données et des documents pour y revenir hors du temps scolaire et en informer les membres du groupe. Ils font usage de pages personnelles et de blogues pour y déposer toute ressource ou production utile au travail en cours. Le courriel est utilisé pour alerter les pairs du repérage, lors de la navigation Web, de documents jugés utiles au projet. Les personnes apprenantes créent ainsi des espaces de travail qui échappent à la lecture et à l'appréciation des enseignants et des enseignantes. Il se crée donc un contexte translittéracique qui a comme propriété de ne pas centrer l'organisation de savoirs autour d'un mode pédagogique uniquement transmissif et de ne pas amener l'enseignant ou l'enseignante à imposer les choix de thématiques et de productions.

---

6 Le picto-livre est composé de pictogrammes (dessins figuratifs ou représentations graphiques) rendant explicite un objet ou un message.

On assiste dans ce contexte au repositionnement du rôle de l'enseignant ou de l'enseignante, qui délaisse celui d'expert disciplinaire pour passer à celui de documentaliste et de conseiller. Il change ainsi ses modes d'interaction. Par rapport à la personne apprenante, il assure des tâches d'accueil, de soutien, de conseil et de médiateur. Il délaisse l'organisation didactique des savoirs et des activités au profit d'interventions d'aide méthodologique, tout en assurant quand même une organisation réalisée en amont. Ce nouveau cadre pédagogique participe au soutien de l'hypothèse voulant que les pratiques translittéraciques développées par la personne apprenante soient influencées par un modèle pédagogique qui se veut plus proche de l'accompagnement et du conseil que de la transmission de savoirs en soutien au développement de l'autonomie.

Ce cadre pédagogique, à retenir pour le renouvellement de l'ingénierie pédagogique, suggère de mettre à disposition des environnements d'apprentissage conséquents. Quels sont alors les types d'environnements les plus adéquats pour soutenir l'apprentissage autonome? Au moins trois types d'environnements sont susceptibles d'y contribuer selon Bejaoui (2017) : les environnements hétéroconçus, produits d'une ingénierie pédagogique réalisée par le concepteur ou la conceptrice, rendant possible la personnalisation de l'apprentissage; les environnements autoconçus, développés par les personnes apprenantes elles-mêmes pour réaliser leur projet d'apprentissage; les environnements hybrides, qui combinent les deux premiers types d'environnements.

Dans les *environnements hétéroconçus*, la personnalisation est opérée par un agent externe à la personne apprenante. Trois types d'agents externes peuvent être mobilisés pour personnaliser les apprentissages : un acteur humain, un système tutoriel ou un système conseiller[7]. Leur intervention vise à concevoir et à adapter pour l'apprenant ou l'apprenante un environnement qui lui permettra de personnaliser son apprentissage. Dans leur rôle de concepteur, ces agents s'emploient d'abord à faire des choix pour favoriser personnalisation et responsabilisation. À cet effet, une structure souple sera développée pour offrir à la personne apprenante la possibilité d'organiser son temps d'apprentissage, d'adapter les objectifs d'apprentissage ou même d'en formuler de nouveaux afin de répondre à des besoins particuliers. Une telle approche reconnaît à cette personne le droit d'exercer un plus grand contrôle sur son apprentissage et lui permet de s'engager dans une démarche d'autonomisation. Toutefois, sur le plan institutionnel, cette approche peut être problématique. La variété de choix qu'implique la personnalisation est antinomique avec la notion de « classe » où tous sont soumis au même

7 Voir les chapitres 6 et 9.

régime. Elle en dépasse les limites puisque, dans une telle démarche, tous n'évoluent pas au même rythme et poursuivent différents objectifs qui leur sont propres. Cette asynchronicité peut par ailleurs, de manière pratique, rendre la collaboration et le partage difficiles. Il faudra alors que l'agent externe, humain ou informatique, puisse offrir les ressources et les interventions d'accompagnement pour alléger ces difficultés ou y remédier.

Dans les *environnements autoconçus*, la personnalisation est opérée par la personne apprenante qui, selon cette approche, évolue dans le cadre des possibilités et des limites de l'environnement qui lui est proposé. Elle sera invitée à faire des choix et à formaliser son projet d'apprentissage en conséquence. Pour s'engager dans une telle démarche, elle doit donc y être préparée. Une assistance et un accompagnement pourront lui être offerts pour l'aider à identifier ses besoins et à développer les compétences qu'elle aura ciblées, mais aussi pour l'encourager à persévérer, à réévaluer ses besoins et à réaffirmer son engagement à apprendre. Ces interventions, qui sont cruciales, pourront l'amener à prendre conscience que l'apprentissage a des exigences particulières quant à la motivation, à l'engagement, à la persévérance et à l'autonomie.

Dans les *environnements hybrides*, la personnalisation relève d'une combinaison des deux approches précédentes. On retrouvera dans l'environnement d'apprentissage de la personne apprenante des activités, des ressources et des conseils prévus par le concepteur ou la conceptrice, agent externe, en fonction de son profil et de ses besoins. La possibilité pour l'apprenant ou l'apprenante de faire des choix y est également présente. Cette hybridation peut convenir à des personnes apprenantes qui n'ont pas encore développé tout leur potentiel d'autonomie.

Ce cadre pédagogique, à retenir pour le renouvellement de l'ingénierie pédagogique, fournit un contexte favorisant non seulement le développement de la translittératie, mais aussi la capacité à apprendre de manière autonome.

2 Pour une ingénierie pédagogique renouvelée : cap sur l'autonomie

Albero (2003) observait déjà une dichotomie idéologique au sein des approches d'ingénierie pédagogique : les unes centrées sur les contenus disciplinaires considérant l'autonomie comme un prérequis; les autres considérant l'autonomie comme une compétence à développer. Se posent alors la question de l'approche à adopter pour la conception des ENA de même que celle du rôle des agents humains (concepteur, conceptrice, personne apprenante, groupe d'apprenants

et d'apprenantes) et des agents informatiques artificiels pouvant intervenir dans la formation.

Une ingénierie pédagogique renouvelée aurait à recadrer sa conception de l'apprentissage pour se détacher des limites d'une vision normalisée et transmissive de l'apprentissage. Elle devrait revoir son approche selon laquelle l'enseignant ou l'enseignante contrôle l'apprentissage et en prend la responsabilité, envisageant les apprenants et les apprenantes comme des exécutants de tâches spécifiées plutôt que comme des acteurs de leur apprentissage (Linard, 2002). Selon cette auteure, une nouvelle ingénierie pédagogique doit pouvoir rompre avec cette manière d'aborder l'apprentissage et situer sa logique en positionnant la personne apprenante comme « pilote de son apprentissage ». De manière réaliste, un tel changement, complexe et polarisant, est susceptible de générer un choc culturel et de nombreuses incompréhensions.

2.1 Situer l'ingénierie pédagogique dans un modèle plus large

Le renouvellement de l'ingénierie pédagogique influe sur une structure ingénierique qui s'organise en trois niveaux selon Leclercq (2003a, 2003b) (figure 12.4) :

- Au niveau macro, l'ingénierie sociale exercée par les États traduit les visées politiques et économiques, les prescriptions, les orientations, les cadrages et les lois. Les enjeux à ce niveau sont ceux de l'intégration et de l'adaptation, du changement, de la production et de la reproduction sociale.
- Au niveau méso, l'ingénierie de formation est exercée par les établissements; on y interprète la prescription de l'ingénierie sociale qui se reflète dans les programmes d'études.
- Au niveau micro, l'ingénierie pédagogique est pratiquée par le personnel enseignant; on y fait la conception des enseignements à partir des prescriptions de l'ingénierie de formation. Dans ce contexte, l'ingénierie pédagogique concerne effectivement la relation pédagogique, à savoir le rapport entre les acteurs ayant charge d'enseignement et les acteurs en situation d'apprendre. Ce rapport se construit dans et par le processus « enseigner, former et apprendre ».

Quelles sont les avenues pour le renouvellement de l'ingénierie pédagogique, qui se situe au niveau micro de ce modèle d'ingénierie? Comme il est proposé dans une publication antérieure (Henri, 2019), loin d'être asservie à une logique descendante, l'ingénierie pédagogique pourrait devenir un puissant vecteur de changement pour autant qu'elle favorise et facilite des pratiques innovantes que les praticiens et les praticiennes du niveau micro pourraient faire remonter vers les acteurs du niveau méso qui, à leur tour, pourraient les relayer à ceux du niveau macro. L'ingénierie pédagogique opérerait ainsi comme une force ascendante, proposant une

approche émergente, dans un modèle d'ingénierie où les initiatives de l'échelon du bas seraient répercutées, discutées et négociées avec les acteurs des niveaux supérieurs. Cette démarche est envisageable à condition que soient levées les frontières entre les trois niveaux du modèle et que soit valorisée une articulation différente entre eux. Ainsi envisagé, le changement ne serait pas le résultat d'une prescription, mais plutôt l'aboutissement d'une construction collective discutée et négociée par les acteurs de tous les niveaux, reconnaissant que tout n'est pas à rejeter de l'ingénierie pédagogique telle qu'elle est pratiquée actuellement.

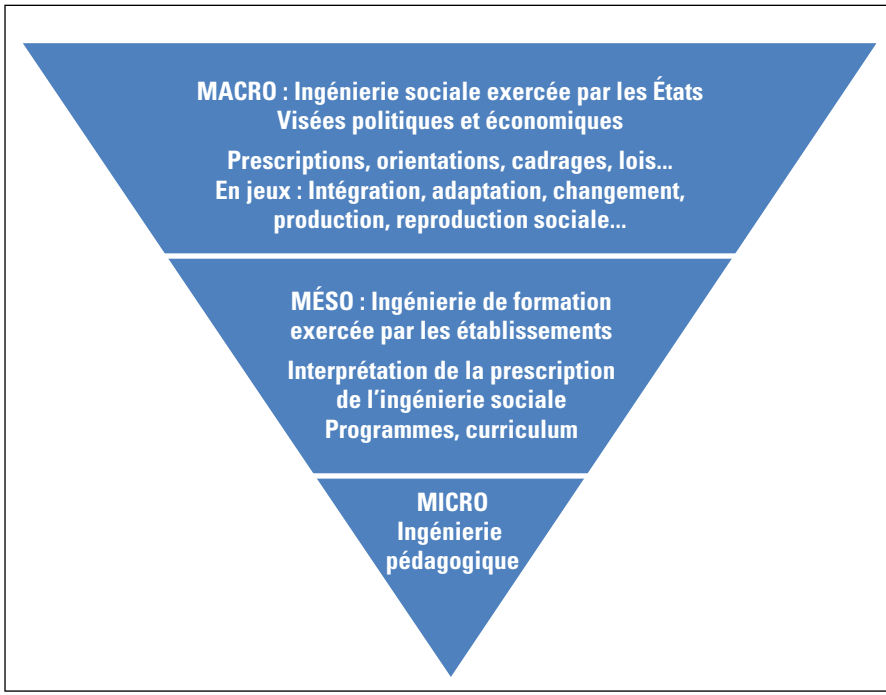


FIGURE 12.4 **Le modèle d'ingénierie à trois niveaux d'après le propos de Leclercq (2003a)**

Apparue avec la montée des environnements technopédagogiques, l'ingénierie pédagogique que l'on connaît aujourd'hui met en avant une forme de scientificité dans la conception. Elle se distancie de l'approche artisanale qui ne dispose pas d'outils et de méthodes capables de traiter la complexité des environnements technologiques. Elle apporte une interprétation « ingénieriale » de l'environnement d'apprentissage et se définit comme un domaine à la croisée de la conception pédagogique (design), de l'ingénierie cognitive et de l'ingénierie des systèmes

d'information (Paquette, 2002b[8]). En cela, elle en applique deux principes fondamentaux qui sont ceux de la cohérence et de la systématicité garante d'efficacité et de fiabilité. Elle organise et structure les diverses composantes en interaction dans les environnements et formule des prescriptions relatives à l'appropriation de connaissances et à l'acquisition de compétences. Ces prescriptions se traduisent dans une suite de tâches et composent le scénario pédagogique, pièce majeure de l'environnement et de la formation. L'évaluation occupe une place centrale dans la démarche de conception. Elle permet de vérifier le degré de correspondance entre la prescription pédagogique et les acquis de la personne apprenante, ainsi que de mesurer la fiabilité et l'efficacité de l'environnement. Cette finalité de l'évaluation a comme avantage d'assurer que chaque apprenant ou apprenante pourra satisfaire les exigences de la formation dans un environnement de qualité[9].

Tout en conservant cette approche rigoureuse, il apparaît intéressant de montrer que l'ingénierie pédagogique peut être un instrument de développement de capacités et de compétences attendues et requises à l'ère numérique tout en faisant de l'apprenant ou de l'apprenante l'acteur principal de son apprentissage.

2.2 Faire de l'ingénierie pédagogique un moteur de changement

L'ingénierie pédagogique n'exclut pas en soi l'application d'une pédagogie active et ouverte qui accorderait à l'apprenant ou à l'apprenante un statut d'auteur-acteur de son apprentissage. Mais ce n'est pas toujours le cas. Trois facteurs sont en cause :

- Le premier facteur relève de la conception de l'apprentissage privilégiée par l'enseignant ou l'enseignante (béhavioriste, cognitiviste, constructiviste ou autre) et de sa sensibilité à l'importance de la métacognition et de l'autonomie de la personne apprenante.
- Le deuxième facteur se rapporte aux méthodes elles-mêmes, orientées par une conception de l'apprentissage plus ou moins fermé ou plus ou moins ouvert.
- Le troisième facteur, le contexte institutionnel, limite de manière implicite l'objet de conception à la discipline ou au domaine de connaissances visés par la formation. Les méthodes mobilisées dans ce contexte, opérant pour la plupart selon le modèle ADDIE (analyse, design, développement, implantation et évaluation[10]), induisent une pratique de conception guidée par une logique

8 Voir aussi le chapitre 3.

9 Voir le chapitre 4.

10 Voir le chapitre 2.

didactique de structuration et d'aménagement du contenu afin de faciliter l'atteinte des objectifs d'enseignement. Sur le plan institutionnel, une telle pratique attend du personnel enseignant qu'il contrôle l'apprentissage et en prenne la responsabilité, évacuant le développement de l'autonomie et l'usage efficace des technologies comme fins et moyens de formation.

Évoluer vers un nouveau paradigme et une nouvelle logique de formation impliquerait dans un premier temps de reconnaître l'interdépendance du développement de l'autonomie et de l'usage efficace des technologies et, dans un deuxième temps, d'en faire des objets explicites d'apprentissage qui soient pris en compte au moment de la conception des ENA au même titre et au même niveau d'importance que les thématiques ou les contenus disciplinaires visés par la formation. Ainsi, le renouvellement de l'ingénierie pédagogique serait guidé par deux principes : le premier veut que l'autonomie ne soit pas un prérequis à la formation, mais plutôt un but de formation (Poisson, 2003); le second, mentionné plus haut, en appui au précédent, affirme que l'autonomie est « éducable » (Carré, 2003, 2010) tout comme l'est l'autodirection et que, si elle ne peut être prescrite, elle peut se développer par entraînement (Linard, 2003).

On objectera que les méthodes actuelles ne permettent pas à l'équipe de conception de prendre en charge le développement de l'autonomie et l'usage efficace des technologies à l'étape du choix des stratégies pédagogiques. À cela, on peut répondre que sur le plan pédagogique, il revient à l'équipe de conception d'orienter la formation. Ainsi, à l'étape de l'analyse, pierre angulaire de la démarche de conception, il est possible d'identifier les besoins des apprenants et des apprenantes en matière de développement de l'autonomie et d'usage efficace des technologies. Ces besoins à satisfaire, une fois explicitement formulés, pourront être considérés comme objets de conception. Toutefois, si ces besoins demeurent pour l'équipe de conception des préoccupations implicites et non formalisées, ils ne seront ni documentés ni validés par la méthode. Ils ne seront pas considérés comme des objets de conception « à travailler » pour soutenir le développement de l'autonomie et l'usage efficace des technologies.

Une ingénierie pédagogique renouvelée serait ouvertement et explicitement orientée vers un nouveau paradigme de formation. Elle répondrait à un besoin individuel, mais aussi sociétal pour la formation d'individus autonomes qui peuvent s'adapter au contexte économique, social et technologique qui ne cessera d'évoluer. Cette nouvelle ingénierie viserait à faire des personnes apprenantes des « acteurs, interprètes intentionnels de rôles à géométrie variable » (Linard, 2002, p. 3). Toutefois, ce changement représente un défi important qui doit être introduit de manière éclairée. La personne apprenante qui aura en bonne partie la responsabilité de son apprentissage sera invitée à adopter une autre posture et

à jouer un autre rôle. De son côté, le concepteur ou la conceptrice devra accepter l'incertitude inhérente à une pédagogie ouverte et à la liberté de choix. Les acteurs institutionnels et les responsables des décisions politiques auront pour leur part à lever un obstacle majeur à ce changement, celui de ne plus être guidé par le conservatisme reconnu qui les caractérise et de s'ouvrir à une nouvelle approche plus actuelle et adaptée à l'évolution que connaissent nos sociétés à l'ère numérique.

Le positionnement de l'ingénierie défini par Leclercq (2003b) permet d'entrevoir la levée de ces obstacles et la mise en œuvre de stratégies pour aboutir à des transformations profondes et prometteuses des systèmes éducatifs.

2.3 Oser le changement

En 2002, Linard invitait à évoluer vers un nouveau paradigme de formation et à repenser les dispositifs de formation. À cet effet, elle proposait de

> [repenser] l'ingénierie pédagogique qui, au nom de l'efficacité, considère les apprenants comme des agents rationnels, exécutants de tâches bien spécifiées, non pas comme des acteurs, interprètes intentionnels de rôles à géométrie variable. […] [Passer] de dispositifs objectifs, impersonnels, extérieurs aux sujets, à des dispositifs subjectifs, conscients et volontaires; de dispositifs ouverts remaniables et détournables vers des usages imprévus (p. 3). […] [S'ouvrir à l'idée que] l'apprenant est de loin son meilleur pilote. Il ne sait pas grand' chose au départ, mais il peut beaucoup, sinon tout, dès que son intelligence entre relation avec sa propre activité : à condition qu'il puisse les exercer dans un environnement humain et technique favorable, compétent et bienveillant. (p. 5-6)

Ce discours de Linard ne relève pas de l'utopie. À titre d'exemple, Henri (2019) cite deux projets réalisés dans des milieux forts différents : le premier a été mis en place dans un milieu extrêmement démuni et le second dans un milieu hautement technologique.

Le projet de recherche *Hole in the Wall* (HiW), mené par Kulkarni et Mitra (2015), a montré la capacité qu'ont les enfants, même les plus démunis, à réaliser de manière autonome des apprentissages portant autant sur des contenus de connaissances que sur l'usage efficace des technologies. Un ordinateur avec accès à Internet a été installé dans le trou d'un mur attenant à un quartier pauvre d'une ville de l'Inde. Un mois plus tard, les chercheurs ont constaté que les enfants, laissés sans supervision à la découverte de cet ordinateur, avaient déjà appris à l'utiliser en plus d'acquérir des notions d'anglais et de mathématiques. Quelques mois plus tard, ils ont pu observer chez ces mêmes enfants d'autres

apprentissages, en particulier un changement dans leurs interactions et leurs compétences sociales et la modification de leur système de valeurs.

Les *Fabrication Laboratories* (Fab Lab[11]), conçus par Gershenfeld (2012), sont des instruments de sensibilisation à la fabrication numérique personnelle et à la démocratisation de la conception à l'aide des technologies. Dans ces environnements, les utilisateurs et les utilisatrices peuvent devenir acteurs du do *it yourself* (fais-le toi-même). Ils sont auteurs plutôt que consommateurs de technologies. Ils sont également acteurs de leur apprentissage des technologies et de l'apprentissage du comment faire. En cela, les Fab Lab sont des vecteurs d'*empowerment* (autonomisation), de développement du pouvoir d'agir et de maîtrise du changement (Eychenne, 2012). Leur activité se situe entre activités scientifiques et activités techniques réalisées en laboratoire et entre activités sociales de formation et activités de bricolage réalisées dans le monde domestique (Lhoste et Barbier, 2016). Les ateliers de fabrication sont conçus et animés par des collectifs dont les membres proviennent d'horizons divers pour explorer et revendiquer de nouvelles formes de production et de circulation des savoirs. Ils offrent l'accès à une plateforme d'expérimentation, de développement et de prototypage rapide. La fabrication numérique réalisée par chacun des participants et des participantes n'a pas comme visée ultime l'impression 3D du produit fini, mais a plutôt pour finalité l'appropriation du processus de fabrication et la maîtrise de l'ensemble de la chaîne de production. Comme le souligne Eychenne (2012) citant Kelly (2010), derrière ce mouvement se pose une vraie remise en cause de notre système éducatif et de nos manières d'apprendre : « ce que nous apporte avant tout la technologie ne repose pas sur des solutions toutes faites, mais au contraire, sur le fait que la technologie nous pousse toujours à apprendre. La leçon de la technologie ne repose pas dans ce qu'elle permet de faire, mais dans le processus » (p. 21).

Les Fab Lab autant que les projets de type Hole in the Wall sont des réalités. Ce sont des exemples fort intéressants qui peuvent être associés aux approches constructiviste et socioconstructiviste de l'apprentissage. Ces expériences sont le fruit d'une ingénierie visant à soutenir un apprentissage différent et à valoriser la culture du « faire par soi-même », de l'initiative et de la prise en main de leur apprentissage par les personnes apprenantes. Elles mettent en avant une culture peu présente dans les systèmes éducatifs et qui appelle le changement. Une ingénierie pédagogique renouvelée serait assez puissante et pourrait être convoquée pour dynamiser l'apprentissage et devenir un moteur de transformation des systèmes éducatifs.

---

11 https://www.fablabs.io/labs; http://fab.cba.mit.edu/about/charter/

3 Une ingénierie pédagogique renouvelée : application pratique

Afin de rendre plus concrète et opératoire la thèse mise de l'avant dans ce chapitre, les principes d'une ingénierie pédagogique renouvelée ont été appliqués à une méthode existante, développée expressément pour la conception et le développement d'ENA. Il s'agit de la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (Paquette, 2002a), connue sous l'acronyme MISA , présentée au chapitre 4. Cette méthode considère toute composante de formation (programme, cours, module, activité pédagogique, ENA, etc.) comme un système dont elle structure la planification de manière rigoureuse. La MISA se distingue, entre autres, par sa démarche inédite de conception par objets et par le recours à la modélisation des connaissances. Elle suggère aussi des principes d'adaptation qui permettent de choisir et d'ordonnancer les activités de conception parmi les trente-cinq tâches de base proposées par la méthode. Celles-ci sont choisies par le concepteur ou la conceptrice en fonction des caractéristiques de son projet et guidées par des principes qui peuvent aussi être adaptés.

Comme le montre la figure 12.5, la conception selon la MISA évolue suivant quatre axes ou dimensions du système d'apprentissage : l'axe des connaissances et des compétences, l'axe pédagogique, l'axe médiatique et l'axe de la diffusion.

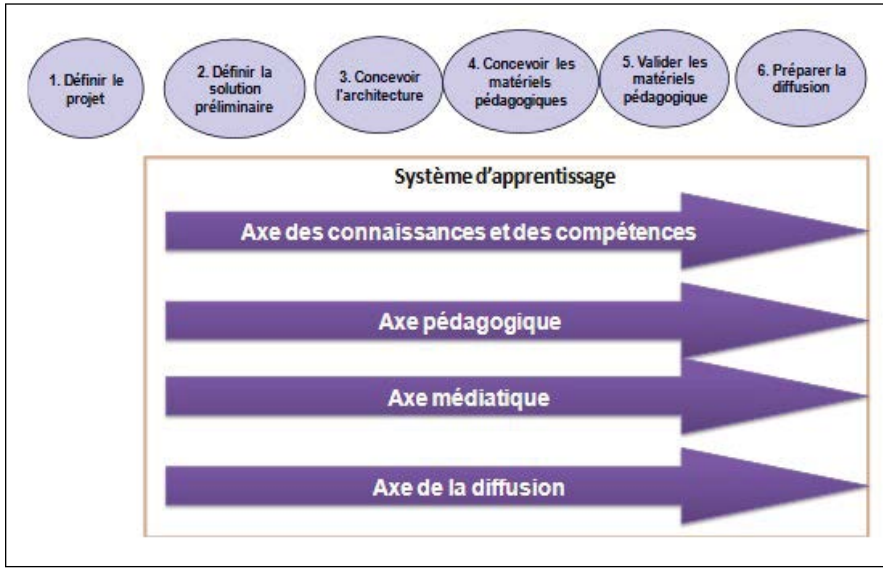


FIGURE 12.5 **La MISA : six phases et quatre axes de conception (tiré de Basque, 2017, diapo 8/43)**

La démarche de conception procède en six phases : définir le projet, définir la solution préliminaire, concevoir l'architecture, concevoir les matériels pédagogiques, valider les matériels pédagogiques et préparer la diffusion. Les résultats de chaque phase sont consignés dans des documents de planification appelés « éléments de documentation », lesquels, une fois rassemblés, constituent le devis du système d'apprentissage. Ces documents permettent aux différents spécialistes et corps de métier impliqués dans la conception de l'ENA de travailler efficacement de manière collaborative et, surtout, de prendre des décisions éclairées.

Les finalités du nouveau paradigme de formation ont été intégrées comme principes directeurs aux deux premières phases de la MISA et à ses quatre axes de conception.

3.1 Revisiter les deux premières phases de la MISA

Les deux premières phases de la MISA sont cruciales. Elles permettent au concepteur, à la conceptrice ou à l'équipe de conception de poser les assises du système d'apprentissage, lesquelles serviront de référence tout au long des quatre phases subséquentes de la méthode.

La première phase s'emploie ainsi à définir le problème de formation. Le concepteur ou la conceptrice procède à la collecte de données sur les besoins, les objectifs, les profils d'apprenantes et d'apprenants ciblés, le contexte de formation de même que le contexte institutionnel. Il prend également en compte tout autre aspect pertinent. Dans une ingénierie pédagogique renouvelée, la définition du problème serait élargie pour recueillir systématiquement des données sur l'autonomie des apprenants et des apprenantes, puisque son développement devient un objet de conception, et sur l'usage qu'ils font des technologies pour apprendre, qui est étroitement relié au développement de l'autonomie. La deuxième phase de la MISA procède à l'analyse du problème de formation tel qu'il a été défini au cours de la première phase, et à l'élaboration d'une solution préliminaire de formation. Le fruit de ce travail permet au concepteur ou à la conceptrice de préciser l'orientation des quatre axes du système d'apprentissage et de dresser une liste des ressources à fournir à la personne apprenante[12].

3.2 Élargir la portée des quatre axes de conception de la MISA

Les quatre axes de la MISA structurent la conception qui évolue progressivement de la phase 2 à la phase 6. Ce procédé permet d'assurer la convergence et la congruence des divers objets et interventions qui peupleront l'ENA.

---

12 Pour une description exhaustive de ces deux phases, voir Paquette, G. (s.d.).

Dans une ingénierie pédagogique renouvelée, l'orientation des quatre axes du système serait élargie pour inclure dans la solution de formation les prises de conscience relatives à l'autonomie que les personnes apprenantes pourront faire (objectivation de soi). Ces prises de conscience se rapportent à la personnalisation et à la responsabilisation de leur apprentissage, à l'usage qu'elles font des technologies pour apprendre, à l'apprentissage tout au long de la vie et à l'exercice du métier d'apprenant.

3.2.1 L'axe des connaissances et des compétences

À partir des modèles de connaissances et de compétences élaborés au cours des deux premières phases de la MISA, le concepteur ou la conceptrice entreprend le traitement de l'axe des connaissances et des compétences parallèlement au traitement des trois autres axes. En se référant aux objectifs d'apprentissage, il détaille le contenu d'apprentissage et clarifie les connaissances et les compétences visées. Une partie importante de ce travail peut également être réalisée par l'apprenant ou l'apprenante comme dans l'apprentissage par projet. Celui-ci agit alors comme concepteur de son apprentissage. Dans la perspective d'une ingénierie pédagogique renouvelée, le concepteur ou la conceptrice élargira ce corpus pour inclure des connaissances et des compétences relatives à l'autonomie de la personne apprenante, à l'apprentissage tout au long de la vie, à l'utilisation efficace des technologies en soutien à l'apprentissage et à une pratique réflexive capable de poser un regard critique sur son expérience.

3.2.2 L'axe pédagogique

Dans la MISA, l'axe pédagogique guide la conception des unités d'apprentissage. Deux types de scénarios sont élaborés : le scénario d'apprentissage à l'intention de la personne apprenante et le scénario d'accompagnement à l'intention de l'accompagnateur (enseignant, enseignante ou personne tutrice). Le scénario d'apprentissage présente de manière pédagogique et logique une suite d'activités d'apprentissage. L'apprenant ou l'apprenante y trouve essentiellement des consignes détaillées pour réaliser les activités, une liste de ressources à exploiter, la description des productions attendues et de l'évaluation qui en sera faite.

Le travail de conception implique d'abord de modéliser le scénario puis de le décrire textuellement dans des consignes à la personne apprenante. Selon sa conception de l'apprentissage, le concepteur ou la conceptrice pourra prévoir des choix d'activités ou laisser à la personne apprenante la formulation de ses objectifs d'apprentissage. Il pourra identifier les ressources qui permettront à la personne apprenante de s'informer sur l'apprentissage autonome et d'accom-

pagner ses prises de conscience sur son propre apprentissage. Pour assister ce travail réflexif, un questionnement pourra être proposé. Suis-je un apprenant ou une apprenante autonome? Apprendre tout au long de la vie, est-ce une nécessité? Utiliser les technologies de manière efficace pour apprendre est-il un incontournable?

Dans sa démarche, le concepteur ou la conceptrice invitera la personne apprenante à comprendre que l'amélioration de ses capacités d'apprendre lui permettra d'augmenter son efficacité. Dans cette perspective, il lui fournira les ressources pour l'amener à faire un retour sur lui-même, sur la construction continue de son savoir, sur ses aptitudes et sa propre personne de même que sur sa faculté de jugement et d'action (UNESCO, 1996). Cet exercice sera susceptible de préparer l'apprenant ou l'apprenante à devenir un praticien réflexif.

Dans une ingénierie pédagogique renouvelée, ce scénario, mis au service d'une pédagogie ouverte, prendrait toutefois une nouvelle vocation, celle d'accompagner la personne apprenante dans la personnalisation de son apprentissage et la définition de son propre scénario d'apprentissage. Le concepteur ou la conceptrice aurait alors comme tâche de développer un scénario-cadre à l'aide duquel la personne apprenante pourra élaborer son propre scénario.

Le scénario-cadre pourra prendre la forme d'un canevas, d'une maquette, d'un modèle ou de toute autre structure de référence que la personne apprenante utilisera pour définir et réaliser son projet d'apprentissage. À cet effet, il fournit une démarche, des conseils méthodologiques et des ressources. Il propose également à la personne apprenante, au terme de son projet, un retour réflexif sur la conception et la réalisation de son projet, sur ses apprentissages et sur ses gains en matière d'autonomie et d'usage efficace des technologies pour apprendre. Un bon exemple de ce type de scénario se trouve dans un cours de Basque (2016).

Cette nouvelle approche ne va pas de soi; elle doit être dûment accompagnée. À cet effet, le concepteur ou la conceptrice verra d'abord à préciser le profil de compétences et de connaissances que l'accompagnateur ou l'accompagnatrice doit posséder. Il devra également lui fournir un scénario-cadre d'accompagnement et des ressources en soutien à la démarche de personnalisation entreprise par la personne apprenante. Cet accompagnement amènera l'apprenante ou l'apprenant à une meilleure compréhension de son propre processus d'apprentissage, ce qui le conduira vers la conquête d'une plus grande autonomie et l'aidera à devenir une praticienne ou un praticien réflexif ayant prise sur ses apprentissages et sur le développement de sa pratique. Ce cheminement vers une pratique réflexive requiert de l'accompagnateur ou de l'accompagnatrice qu'il ait lui-même des capacités réflexives : écouter, expliciter ses propres modèles, situer la parole de l'autre,

l'aider à expliquer/expliciter, confronter les subjectivités à d'autres lectures, aider à objectiver, aider à envisager de changer, aider à accepter de changer ses conceptions, aider à intégrer le changement dans les pratiques, aider à intégrer dans l'organisation (Donnay et Charlier, 2006).

3.2.3 L'axe médiatique et de médiation

Dans la MISA, l'axe médiatique porte sur le traitement médiatique des connaissances et des différentes ressources pédagogiques de l'environnement d'apprentissage. Il vise à décrire les propriétés des divers objets présents dans l'environnement d'apprentissage, en précisant leur structure, leur contenu et leur forme concrète et en faisant appel à une variété de médias. Dans une nouvelle ingénierie pédagogique, cet axe élargirait son champ et sa portée au-delà des choix médiatiques. En fait, l'axe médiatique mobiliserait deux processus nettement distincts qui portent sur des objets différents : la médiatisation, qui s'intéresse au traitement médiatique, et la médiation, qui se penche sur les effets du traitement médiatique sur les personnes apprenantes et leur apprentissage.

La médiatisation se rapporte à la « mise en média »; elle est de l'ordre des moyens techniques et technologiques. Comme le souligne Peraya (2008), historiquement, la médiatisation dans le domaine de l'éducation et de la formation visait essentiellement la dimension des connaissances et des ressources mobilisées dans le cadre des apprentissages. Une deuxième dimension s'est ajoutée avec le développement des campus virtuels, à savoir des environnements virtuels de travail et d'apprentissage, des environnements technopédagogiques et plus récemment des ENA. La pratique de la médiatisation s'est ainsi complètement transformée. Outre la mise en média d'objets de granularité fine, elle traite l'ensemble du dispositif ou du système d'apprentissage pour créer des environnements complexes de taille imposante. Cette seconde dimension relève de l'ingénierie pédagogique qui conçoit et médiatise non seulement les objets présents dans l'environnement, mais aussi les fonctions de cet environnement. La littérature identifie huit fonctions génériques[13] qui caractérisent les activités d'apprentissage et d'enseignement pouvant être réalisées dans les ENA (Peraya, 2008) :

- information (donner aux apprenants des ressources pédagogiques, donc des connaissances déjà constituées);
- interaction sociale (communiquer, collaborer);
- production (transformer des ressources en connaissances au cours d'un processus matériel, symbolique et cognitif instrumenté);

13 Voir aussi le chapitre 7 pour la typologie des activités.

– gestion (des apprenants, des groupes, des dossiers scolaires, etc.) et planification (des acteurs, des ressources, des activités);
– soutien et accompagnement (pratique tutorale relative aux domaines technique, cognitif, organisationnel et méthodologique, socio-affectif et rationnel);
– émergence et systématisation de l'activité métaréflexive (considérée comme une aide à l'apprentissage);
– auto- et […] hétéro-évaluation;
– *awareness* (gérer et «faire circuler les signes de la présence à distance» (Jacquinot, 2002) de chaque intervenant dans l'environnement). (p. 5 et 6)

Aux dimensions de médiatisation des ressources mises à la disposition des personnes apprenantes dans l'ENA et de médiatisation des fonctions de l'ENA vient s'ajouter la *médiation*. Celle-ci est couramment entendue au sens d'une relation d'aide, d'une interface entre deux personnes : une personne aidée et une personne aidante. Dans un contexte d'apprentissage, elle se rapporte au rôle de médiateur de la personne enseignante, de la personne tutrice, de l'accompagnatrice ou de l'accompagnateur qui agit comme facilitateur entre la personne apprenante et l'objet de l'apprentissage. Il s'agit alors de médiation humaine[14]. Dans le contexte des ENA, la relation pédagogique s'établit entre trois entités spécifiques : les artefacts technologiques et les ressources numériques médiatisées ainsi que la personne apprenante et les facilitateurs autres que l'apprenant ou l'apprenante qui, eux aussi, utilisent l'ENA. Dans cette configuration, la médiation concerne les effets des formes de médiatisation sur les comportements humains (Peraya, 2008; Papi, 2018). On s'intéresse aux effets des artefacts technologiques, c'est-à-dire aux médiations technologiques[15] induites chez la personne apprenante. Dans cette perspective, les ressources technologiques et numériques occuperaient une position intermédiaire comparable à celle qu'occupe l'être humain dans un environnement d'apprentissage traditionnel non technologique ou non numérique.

Reconnaissant le caractère médiateur des ressources technologiques et numériques et leur effet sur la personne apprenante, la conceptrice ou le concepteur d'un ENA sera amené à déterminer les choix médiatiques et technologiques les plus adéquats aux objectifs poursuivis, au contexte, aux conditions spécifiques de l'apprentissage, au profil des apprenants et des apprenantes et à la présence de facilitateurs. Cette réflexion à caractère pédagogique menant aux meilleurs choix

14 Dans la MISA, cette médiation est définie dans le scénario du formateur ou de la formatrice, donc dans l'axe pédagogique; la conception des ressources pour soutenir les activités de médiation de cette personne se situent toutefois dans l'axe médiatique.

15 Le terme « médiation instrumentale » et aussi utilisé pour désigner la médiation technologique.

à faire ne peut être engagée sans avoir une bonne connaissance des effets des différents médias ou des différentes technologies sur les comportements cognitifs des personnes apprenantes, sur leurs attitudes et sur leurs réactions. Charlier *et al*. (2006) ont identifié cinq formes de médiation :

- la médiation sémiocognitive ou épistémique, qui porte sur la connaissance de l'objet;
- la médiation sensorimotrice, qui concerne les comportements gestuels et moteurs;
- la médiation praxéologique, qui est liée aux conditions de réalisation de l'action;
- la médiation relationnelle, qui a trait à la relation entre les sujets;
- la médiation réflexive, qui porte sur le sujet lui-même et qui implique une dimension métacognitive fondamentale pour les processus d'apprentissage.

Une nouvelle ingénierie pédagogique proposerait d'élargir le champ et la portée de l'axe médiatique en ajoutant aux processus de médiatisation les processus de médiation à prendre en compte lors de la conception d'ENA. Ainsi, l'axe médiatique ne serait plus distinct de l'axe pédagogique; ces deux axes devraient se développer en dépendance réciproque pour assurer la consistance de l'ENA.

3.2.4 L'axe de diffusion

La diffusion d'un ENA débute effectivement au moment de la mise en ligne de l'ENA et de l'accueil des personnes apprenantes via une plateforme de diffusion. L'axe de diffusion s'intéresse alors aux questions d'accès au système d'apprentissage, aux infrastructures nécessaires à sa diffusion et aux tâches de gestion de la formation. En outre, cet axe s'emploie à la coordination des médiations ou des rôles qui auront été confiés aux acteurs humains et non humains qui interviennent dans l'environnement, que ce soit sur le plan pédagogique, technique ou administratif.

Dans le processus d'ingénierie pédagogique, la conception qui se rapporte à l'axe de diffusion est tributaire des choix de conception de l'axe des connaissances et des compétences, de l'axe pédagogique et de l'axe médiatique. Ces choix auront été faits en fonction des possibilités techniques, administratives ou pédagogiques offertes par la plateforme qui servira de support à la diffusion de l'environnement.

TABLEAU 12.3 **Les objets de conception des quatre axes de la MISA et de la MISA renouvelée**

MISA	MISA RENOUVELÉE
Axe des connaissances et des compétences	**Axe des connaissances et des compétences**
· Connaissances et compétences liées à la thématique de l'ENA	· Connaissances et compétences liées à la thématique de l'ENA · Connaissances et compétences relatives au métier d'apprenant, à l'autonomie et à l'usage efficace des technologies
Axe pédagogique	**Axe pédagogique**
· Scénario des tâches à réaliser par la personne apprenante	· Scénario-cadre comme canevas permettant à la personne apprenante de définir son projet d'apprentissage et d'élaborer le scénario des tâches pour la réalisation de son projet. · Scénario de la médiation du formateur ou de la formatrice qui peut prendre diverses formes : – sémiocognitive ou épistémique (portant sur la connaissance de l'objet) – sensorimotrice (concernant les comportements gestuels et moteurs) – praxéologique (relativement aux conditions de réalisation de l'action) – relationnelle (ayant trait à la relation entre les sujets) – réflexive (portant sur le sujet lui-même et impliquant une dimension métacognitive fondamentale pour les processus d'apprentissage)
Axe médiatique	**Axe médiatique**
· Choix médiatiques et médiatisation pour véhiculer les contenus notionnels et soutenir la réalisation des tâches	· Choix médiatiques et médiatisation pour véhiculer les contenus notionnels et soutenir la réalisation des tâches · Choix médiatiques et médiatisation des ressources visant à soutenir diverses formes de médiation du formateur ou de la formatrice
Axe de diffusion	**Axe de diffusion**
· Coordination des rôles des acteurs · Infrastructures logistique, organisationnelle et technologique pour soutenir les interactions entre les acteurs et entre les acteurs et les ressources	· Coordination des rôles des acteurs · Infrastructures logistique, organisationnelle et technologique pour soutenir les interactions entre les acteurs et entre les acteurs et les ressources, incluant celles relatives à : – l'accompagnement au développement de l'autonomie et de l'usage efficace des technologies – la prise en compte de la variabilité des temporalités

Dans une ingénierie pédagogique renouvelée, il s'agira de coordonner, de mettre en place les infrastructures logistique, technologique et organisationnelle requises pour soutenir les interventions spécifiques à mener par le formateur ou la formatrice auprès des personnes apprenantes selon leur besoin tout au long de leur apprentissage. Plus spécifiquement, il faudra planifier l'infrastructure requise pour l'accompagnement à toutes les étapes de la personnalisation et de la réalisation du projet d'apprentissage, pour favoriser et faciliter la collaboration, le partage et tout type d'échange entre personnes apprenantes au sujet de l'expérience de l'apprentissage autonome, mais aussi pour soutenir l'exercice du métier d'apprenant, la réflexion et la réflexivité sur ses pratiques.

Une ingénierie pédagogique renouvelée implique la personnalisation, l'ouverture et la souplesse. À ce titre, la diffusion de l'ENA devrait permettre des temporalités variables, car tous n'évoluent pas de la même manière ni ne progressent au même rythme. Le temps est un facteur pédagogique que la conception et l'organisation générale de l'ENA doivent respecter. Le modèle classique de la classe, au cadre temporel immuable pour tous, devrait être écarté; la souplesse est de mise.

L'axe médiatique s'intéresse plus spécifiquement à la médiation technologique, alors que l'axe de diffusion prévoit orchestrer la médiation humaine pour accompagner les apprentissages liés à la thématique du cours, mais aussi pour soutenir les apprentissages se rapportant à l'autonomie et à l'usage efficace des technologies.

En guise de résumé, le tableau 12.3 présente une liste des objets sur lesquels portent les quatre axes de la MISA et de la MISA renouvelée. Dans ce tableau figurent les principaux ajouts à apporter à la MISA dans la perspective du renouvellement de l'ingénierie pédagogique.

Conclusion

Pour l'apprenant ou l'apprenante, le pouvoir de faire des choix, de personnaliser et de gérer son apprentissage constituent des éléments clés dans le développement de son autonomie. Choisir d'apprendre, c'est décider de prendre la responsabilité de son apprentissage, de définir ses objectifs, de s'organiser, de gérer son temps et de se donner une discipline et une méthode de travail. Si cette nouvelle manière d'envisager l'apprentissage peut paraître un défi de taille pour la personne apprenante, elle ne l'est pas moins pour les systèmes éducatifs qui peuvent hésiter à faire confiance aux apprenants et aux apprenantes, mais aussi à faire confiance

en leur propre capacité à relever le défi de l'autonomie dans l'apprentissage. Il existe toutefois des exemples qui peuvent être inspirants.

Le monde du travail s'est profondément transformé pour s'adapter aux changements des modes de vie et à l'évolution de la société. Des emplois ont disparu, supplantés par les technologies, de nouveaux domaines de compétences sont apparus, apportant de nouvelles possibilités de développement personnel. De nouveaux modes de travail sont implantés, délaissant l'organisation hiérarchique et les contrôles immédiats pour miser sur l'autonomie et la responsabilisation des travailleurs et des travailleuses. Le travail à distance et le travail à la maison sont désormais des pratiques courantes. Face à cette réalité nouvelle, les systèmes éducatifs évoluent trop lentement. Une part importante de l'apprentissage demeure limitée au cadre de la classe, sous la supervision du maître, acteur principal du processus. Toutefois, l'enjeu qui se dessine n'est pas uniquement d'ordre pédagogique et ne se situe pas exclusivement au niveau micro du modèle d'ingénierie de Leclercq (2003a). Il se localise surtout au niveau macro, dans l'ingénierie sociale, à travers les visées politiques et économiques des États, dont on peut souvent blâmer le conservatisme. Au niveau méso, celui de l'ingénierie de formation, où se trouvent les établissements, on se soucie davantage d'interpréter les orientations de l'ingénierie sociale que de les renouveler.

L'espoir et l'élan vers le changement se situent au niveau micro, dans l'ingénierie pédagogique, là où exercent les praticiens et les praticiennes de l'éducation. Les paramètres d'une ingénierie pédagogique renouvelée peuvent s'avérer stimulants pour eux et les inciter à adopter de nouvelles pratiques qui auront pu démontrer leur bien-fondé et induire les transformations souhaitées. Dans cette perspective, on peut regretter que l'évolution des finalités de la formation soit à la charge unique des praticiens et des praticiennes. Cette situation n'est toutefois pas nouvelle. Il y a plus de vingt-cinq ans, Fullan (1993), cité par Henri (2019), observait que la société pousse au changement de manière insistante, créant une pression constante et toujours croissante sur le système éducatif pour innover et mettre en œuvre les réformes qui s'imposent. Il notait que le système éducatif était marqué par le conservatisme comme pouvaient l'être les visions de certains responsables des décisions politiques tenant au maintien du *statu quo*. Il constatait que toute proposition de changement suscite des résistances et des attitudes défensives aboutissant le plus souvent à des changements superficiels qui, au mieux, connaissent des succès de courte durée.

Comme remède, Fullan (1993) proposait un changement d'état d'esprit, d'attitude et de perception du changement. Sans une modification de la conception du changement en éducation, le problème fondamental de la juxtaposition d'un monde

en transformation continue et du conservatisme inébranlable du système éducatif demeure insurmontable. Pour ce chercheur, il s'agit de penser le changement autrement pour l'inscrire dans la durée et mobiliser les acteurs dans une vision fédératrice, car le changement ne s'impose ni ne se commande. Il ne se résume pas à un plan. Il se conçoit d'abord comme un parcours, un cheminement dans le temps. Les tensions et les problèmes qu'il suscite peuvent être exploités comme une occasion de transformation, de croissance et de développement.

Dans ce long cheminement, la liberté des praticiens et des praticiennes à l'échelle microsociale est une source d'expérimentation, d'innovation et de transformation des pratiques. Cette créativité peut être soutenue par une ingénierie pédagogique renouvelée, par des méthodes susceptibles d'incarner une conception de la formation où l'autonomie et l'usage efficace des technologies sont considérés comme des aspects à part entière de la conception. Ces méthodes, encore à développer, seraient le fruit de recherches qui se préoccuperaient non seulement d'ancrer dans la démarche de conception un nouveau paradigme de formation, mais aussi de rendre ces nouvelles méthodes accessibles aux praticiens et aux praticiennes pour qui l'ingénierie pédagogique demeure une démarche difficilement abordable (Henri *et al.*, 2005). Les chercheurs et les chercheuses qui développeront ces méthodes devront prendre en compte l'acceptabilité des démarches de conception qu'ils proposeront et, idéalement, y inclure une forme d'accompagnement du concepteur ou de la conceptrice dans son désir d'innover.

Références

Albero, B. (2003). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur,* 139-159. https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000270/

Bandura, A. (2002). Human agency in adaptation and change in the electronic era. *European Psychologist, 7*(1), 2-16.

Basque, J. (2016). *Projet d'ingénierie technopédagogique* (cours TED 6313, section « Démarche d'apprentissage »). https://ted6313v3.teluq.ca/presentation-du-cours/

Basque, J. (2017, 8 mai). *Quelques critiques adressées aux méthodes classiques de design pédagogique et implications pour une nouvelle ingénierie pédagogique* [communication]. Colloque Vers une nouvelle ingénierie pédagogique pour les environnements numériques d'apprentissage (ENA), Montréal, Canada. https://r-libre.teluq.ca/1719/

Bejaoui, R. (2017). *Assistance à la conception de cours en ligne ouverts et massifs soutenant un apprentissage personnalisé* [thèse de doctorat, Université TÉLUQ, Québec, Canada]. http://r-libre.teluq.ca/1071/1/Bejaoui.pdf

Bousquet, A. (2015, 3 juin). *Translittératie, littératies et nous*. http://www.ardepmp.com/wp-content/uploads/2015/06/TRANSLITTERATIE-ARDEP-01-06.pdf

Bros, F. (2018). *Ce que le numérique fait à la littératie* [séminaire]. https://sfere.hypotheses.org/1401

Carré, P. (2003). L'autoformation accompagnée en APP ou les sept piliers revisités. Dans P. Carré et M. Tétart, M. (dir.), *Les ateliers de pédagogie personnalisés ou l'autoformation accompagnée en actes* (p. 125-146). L'Harmattan.

Carré, P. (2004). Bandura : une psychologie pour le XXIe siècle? *Savoirs, Hors série* (5), 9-50.

Carré, P. (2010). L'autodirection des apprentissages. Perspectives psycho-pédagogiques. Dans D. Poisson, A. Moisan et P. Carré (dir.). *L'autoformation : perspectives de recherche*. (p. 117-169). Presses universitaires de France.

Charlier, B., Deschryver, N. et Peraya, D. (2006). Apprendre en présence et à distance. *Distances et savoirs, 4*(4), 469-496.

Codreanu, E., Michel, C., Bobillier-Chaumond, M.-E. et Vigneau, O. (2017). L'acceptation et l'appropriation des ENT (espaces numériques de travail) par les enseignants du primaire. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, 24*(1), 13-49.

Delamotte, É., Liquète, V. et Frau-Meigs, D. (2014). La translittératie ou la convergence des cultures de l'information : supports, contextes et modalités. *Spirale : revue de recherches en éducation, 53*, 145-156.

Donnay, J. et Charlier, E. (2006). *Apprendre par l'analyse de pratiques : initiation au compagnonnage réflexif*. Presses universitaires de Namur; Éditions du CRP.

Eychenne, F. (2012). *Fab Labs : tour d'horizon*. Fing. https://fing.org/publications/tour-d-horizon-des-fab-labs.html

Fullan, M. (1993). Change forces: Probing the depths of educational reform. RoutledgeFalmer Publisher.

Gershenfeld, N. (2012). How to make almost anything: The digital fabrication revolution. *Foreign Affairs, 91*(6), 43-57.

Henri, F. (2019). Paradigmes et logiques de formation. Dans B. Albero, S. Simonian et J. Eneau (dir.), *Des humains et des machines : hommage aux travaux d'une exploratrice* (p. 391-402). Raison et Passions.

Henri, F., Gagné, P. et Maina, M. (2005). Étude d'usage du téléapprentissage en vue de la conception d'une base de connaissances sur le domaine. Dans P. Samuel (dir.), *Développement, intégration et évaluation des technologies de formation et d'apprentissage* (p. 31-61). Presses internationales Polytechnique.

Jenkins, H. (2006). *Convergence culture: Where old and new media collide*. NY University Press.

Kelly, K. (2010, 16 septembre). Achieving techno-literacy . *The New York Times*.

Kulkarni, S. et Mitra, S. (2015). *Access and quality in self organized learning environments formal education: Quality issues*. http://oasis.col.org/handle/11599/2074

Le Deuff, O. (2012). Littératies informationnelles, médiatiques et numériques : de la concurrence à la convergence? *Études de communication, 1*, 131-147.

Leclercq, G. (2003a). Interpréter et développer des dispositifs de formation. *Revue des sciences de l'éducation, 29*(3), 499-524.

Leclercq, G. (2003b). Quelques usages de l'activité d'ingénierie de formation. *Savoirs, 2,* 71-104. https://doi.org/10.3917/savo.002.0071

Lhoste, É. et Barbier, M. (2016). FabLabs. *Revue d'anthropologie des connaissances, 10*(1), 43-69.

Linard, M. (2002). Conception de dispositifs et changement de paradigme en formation. *Éducation permanente, 152*, 143-155.

Linard, M. (2003). Autoformation, éthique et technologies : enjeux et paradoxes de l'autonomie. Dans B. Albero (dir.), *Autoformation et enseignement supérieur* (p. 241-263). Hermès/Lavoisier. https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000276/

Morin, S. (2015, 1er juillet). Translittératie : définitions et formation. *L'Éveilleur*. Veille en enseignement supérieur, Service de soutien à la formation. Université de Sherbrooke. https://leveilleur.espaceweb.usherbrooke.ca/21747/translitteratie-definitions-et-formation/

Papi, C. (2018). Médiation et médiatisation : entretien avec Daniel Peraya. *Médiations et médiatisations, 1*(1), 102-102.

Paquette, G. (s.d.) *L'ingénierie cognitive des systèmes de téléapprentissage* (cours EDU 6014). http://edu6014.teluq.ca/teluqDownload.php?file=2014/07/EDU6014_ingenierie_cognitive.pdf

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Presses de l'Université du Québec.

Peraya, D. (2008). Un regard critique sur les concepts de médiatisation et médiation : nouvelles pratiques, nouvelle modélisation, 9(2). *Les enjeux de l'information et de la communication*.

Perrenoud, P. (1993). *Curriculum : le formel, le réel, le caché*. https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1993/1993_21.html

Poisson, D. (2003). Modélisation des processus de médiation-médiatisation : vers une biodiversité pédagogique. *Notions en questions, 7*, 89-101.

Serres, A. (2012, 7 septembre). *Repères sur la translittératie* [introduction au séminaire]. 5e Séminaire du GRCDI, La translittératie en débat : regards croisés des cultures de l'information (infodoc, médias, informatique) et des disciplines, Rennes, France. https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_01476798/document

Thomas, S., Joseph, C., Laccetti, J., Mason, B., Mills, S., Perril, S. et Pullinger, K. (2007). Transliteracy: Crossing divides. *First Monday, 12*(12). https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/2060

UNESCO. (1996). *L'Éducation : un trésor est caché dedans* [rapport à l'UNESCO de la Commission internationale sur l'éducation pour le vingt et unième siècle] (p. 42). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_fre

QUATRIÈME PARTIE

NOUVELLE MÉTHODE D'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Les deux chapitres de la partie finale de cet ouvrage présentent une proposition synthèse de renouvellement des méthodes d'ingénierie pédagogique centrée sur la conception, la réalisation et la diffusion des environnements numériques d'apprentissage (IENA). Ces nouvelles méthodes d'IENA seront fondées sur les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif. Les textes de cette partie visent également à définir les bases et l'architecture de l'une de ces méthodes, appelée MIENA. Celle-ci est structurée, d'une part, par des axes fondés sur les théories de design pédagogique et, d'autre part, par des cycles de conception-développement inspirés du « processus unifié » proposé en génie logiciel et des méthodes dites « agiles ». Des principes d'ingénierie adaptative ainsi que des mesures soutenant une ingénierie participative y sont intégrés. L'architecture proposée de la méthode est dirigée par les modèles et guidée par les connaissances et les compétences à acquérir par les personnes apprenantes. Les principales composantes du devis de l'ENA sont intégrées au Web des données ouvertes et liées.

Le **chapitre 13** intègre les idées développées dans les chapitres précédents en un ensemble cohérent définissant les orientations d'une nouvelle méthodologie d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA). Tenant compte de l'évolution des technologies et des théories de design pédagogique des quinze dernières années, les trois premières sections de ce chapitre survolent les méthodologies du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif, telles qu'elles se présentent aujourd'hui en identifiant les évolutions les plus utiles à retenir pour en dégager des principes pour le renouvellement des méthodes d'IENA. La dernière section intègre ces principes dans le but de jeter les bases d'une méthode spécifique appelée MIENA, qui se présente comme un processus unifié, agile, flexible et ouvert; une telle unification est facilitée par l'évolution relativement convergente de ces trois domaines.

Le **chapitre 14** présente la nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (MIENA) qui résulte des principes vus au chapitre

précédent. Après avoir identifié les acteurs, on y décrit les cycles et les axes qui servent à produire un devis des connaissances et des compétences, un devis pédagogique, un devis médiatique et un devis d'implantation. Ces axes sont intégrés dans des cycles menant chacun à un prototype de l'ENA qui est validé et dont les données d'utilisation sont réinvesties dans le cycle suivant. Le fil conducteur de la méthode est une gestion du projet en mode agile déterminant le nombre de cycles, l'évolution entre les cycles ainsi que le rôle des acteurs dans les cycles et dans les axes à l'intérieur de chaque cycle. Le chapitre est structuré en trois grandes sections : le tronc commun de la méthode, les spécialisations de la méthode et l'instrumentation de la méthode. La première section présente une vue d'ensemble de la méthode et de ses acteurs, les activités de gestion d'un projet d'ENA, les axes et les devis de la méthode, les éléments de documentation qui composent le devis général d'un ENA et, enfin, les principes d'opération et d'adaptation du processus d'IENA. La deuxième partie s'intéresse aux spécialisations de la méthode selon divers types d'ENA tels que les environnements intelligents d'apprentissage (EIA), les ENA interculturels et les CLOM. La troisième section décrit l'instrumentation qu'il sera nécessaire de créer pour soutenir la méthode.

CHAPITRE 13

ORIENTATIONS POUR RENOUVELER L'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE

Gilbert Paquette • Josianne Basque • France Henri

RÉSUMÉ

Ce chapitre réexamine les idées développées dans les chapitres précédents pour en extraire des orientations visant à renouveler les méthodes d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage (IENA). Ce travail prend en compte l'évolution des théories et des méthodes développées dans les domaines du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif. La synthèse des orientations retenues servira de base pour guider l'élaboration d'une méthode spécifique d'IENA, appelée MIENA. Celle-ci adoptera une structure flexible par axes où les théories de design pédagogique pourront être appliquées. La MIENA se déploiera selon des cycles de développement inspirés du processus unifié du génie logiciel et des méthodes agiles. Des principes d'ingénierie adaptative ainsi que des mesures soutenant une ingénierie participative y seront intégrés. La méthode se caractérisera par une architecture dirigée par les modèles, guidée par les connaissances et les compétences à acquérir par les personnes apprenantes et par son intégration au Web de données ouvertes et liées.

MOTS-CLÉS

Design pédagogique; génie logiciel; modélisation des connaissances; Web sémantique; ingénierie des environnements numériques d'apprentissage.

Introduction

Ce chapitre identifie, à partir des chapitres précédents, les orientations théoriques et les principales composantes qui fondent le renouvellement de l'ingénierie pédagogique, lequel est rendu nécessaire en raison de l'usage devenu incontournable des environnements numériques d'apprentissage (ENA). Il est désormais question d'« ingénierie » des environnements numériques d'apprentissage (IENA). Ce chapitre vise justement à jeter les bases de cette nouvelle méthodologie. Par méthodologie, on entend une classe de méthodes de même type, chaque méthode étant constituée d'un ensemble ordonné d'activités guidées par des principes visant à construire le même type de produit.

L'IENA est une méthodologie qui peut regrouper une variété de méthodes pour la conception des ENA[1]. Ces méthodes ont comme but commun de soutenir les travaux des équipes de conception d'environnements numérisés diffusés sur le Web et dont l'objectif est de favoriser l'apprentissage, par exemple des cours en ligne, des jeux sérieux, des simulations interactives éducatives, etc. Plus spécifiquement, un ENA vise à guider les personnes qui l'utilisent pour les amener à acquérir des connaissances et à soutenir le développement de nouvelles compétences. La modélisation des connaissances et des compétences à acquérir est par conséquent une opération centrale de l'IENA. L'ENA qui en émane est un artefact pédagogique qui, techniquement, prend la forme d'un logiciel parfois complexe dont la conception, la réalisation et l'implantation ne peuvent être menées à l'aide de méthodes intuitives et artisanales ou en reposant sur la seule créativité pédagogique des concepteurs et des conceptrices[2]. Pour développer un ENA, il faut désormais exploiter les possibilités technologiques et les méthodes d'ingénierie logicielle actuelles.

Une méthode d'IENA doit par conséquent être fondée sur la convergence de trois méthodologies : celle du design pédagogique scientifique, celle de l'ingénierie des connaissances et des compétences (ou génie cognitif) et celle du génie logiciel appliqué aux environnements Web. Comme en ont témoigné plusieurs chapitres de cet ouvrage, ces trois méthodologies ont considérablement évolué depuis le tournant de l'an 2000, alors que la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) fut définitivement stabilisée[3].

---

1 Voir le chapitre 1 pour la définition des concepts d'ENA et d'IENA.

2 Paquette (2004) souligne aussi ce besoin de mieux vaincre la complexité croissante des systèmes d'apprentissage par une méthode plus rigoureuse d'ingénierie pédagogique.

3 Pour plus de détails, voir le chapitre 3 ainsi que Paquette (2002a).

Ce chapitre vise à établir les orientations à retenir pour élaborer de nouvelles méthodes d'IENA. Les trois premières sections survolent les trois méthodologies complémentaires qui servent de base à ce travail d'élaboration, à savoir celles du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif, telles qu'elles se présentent aujourd'hui. Ces sections en identifient les évolutions les plus utiles pour l'IENA. La quatrième section résume les implications de ces nouvelles orientations pour établir les bases d'une nouvelle méthode spécifique d'ingénierie pédagogique des ENA, la MIENA[4].

1 Les orientations émanant de la méthodologie du design pédagogique

Dans cette section, on considérera d'abord l'évolution des travaux en sciences de l'éducation et en technologie éducative pour alimenter la formulation des principes et la définition des activités d'ingénierie pédagogique dont on doit tenir compte dans une démarche d'IENA. À cet effet, les théories de design pédagogique fournissent une vue d'ensemble des frontières de l'IENA et de ses composantes principales. Par la suite, on énoncera les principes de l'ingénierie adaptative qui visent à rendre possible le choix de différentes personnalisations et spécialisations de la méthode d'IENA. Enfin, on verra que certains principes de l'ingénierie participative impliquant des personnes représentant les futurs utilisateurs et utilisatrices doivent faire partie des activités de l'IENA.

1.1 Les théories de design pédagogique

Reigeluth et Carr-Chellman (2009) subdivisent les théories de design pédagogique en six catégories[5], ici contextualisées par rapport à l'ingénierie des ENA :

– Les *théories d'analyse de l'enseignement* concernent ce qui est généralement nommé « l'analyse de la situation initiale » dans le domaine du design pédagogique; elles portent sur le processus de collecte d'informations à mener pour soutenir la prise de décision sur ce que l'ENA devrait être.
– Les *théories de planification de l'enseignement* portent sur ce que devrait être le processus de création des plans d'enseignement, autrement dit sur le pro-

4 Une description de la MIENA fondée sur les orientations de ce chapitre fait l'objet du chapitre 14.

5 Voir le chapitre 1 pour plus de détails sur les termes originaux en langue anglaise. La traduction et la contextualisation des termes décrivant les six théories visent à mieux les adapter au contexte de l'IENA, plus spécifique que « l'enseignement » en général tel qu'il est envisagé par ces auteurs.

cessus de création de la structure d'un réseau d'unités d'apprentissage et de scénarios pédagogiques d'un ENA.

- Les *théories des événements d'apprentissage* s'intéressent aux méthodes d'enseignement et portent sur ce que devrait être la démarche d'apprentissage proposée aux personnes apprenantes dans l'ENA; ces théories ont pour fondement les *théories de l'apprentissage* qui, elles, portent sur les différentes façons d'apprendre.
- Les *théories de médiatisation des ressources* d'enseignement portent sur ce que devrait être le processus de création des ressources d'enseignement et d'apprentissage à inclure dans l'ENA.
- Les *théories d'implantation de l'enseignement* ont pour objet ce que devrait être le processus de diffusion de l'ENA.
- Les *théories d'évaluation de l'enseignement* portent sur ce que devrait être le processus d'évaluation de l'ENA.

Les diverses méthodes d'ingénierie pédagogique font normalement appel à une ou à plusieurs théories de chacune de ces catégories. Elles peuvent conseiller les personnes qui les utilisent dans leurs choix ou les laisser libres de choisir celles qu'elles privilégient compte tenu du contexte du projet d'ingénierie pédagogique à élaborer. Une méthode complète devrait s'appuyer sur les six catégories théoriques énoncées plus haut et souligner lesquelles y sont utilisées et pour quelles composantes de la méthode. Deux exemples de méthodes présentés dans cet ouvrage sont discutés dans les paragraphes qui suivent afin de mettre en évidence leur rapport avec les différentes catégories de théories de design pédagogique.

Dans la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA[6]) (Paquette, 2002a), on trouve des composantes qui permettent d'y appliquer les six catégories de théories, indirectement formulées par les conseils donnés aux équipes de conception qui en font usage dans les éléments de documentation (ED) de cette méthode. Une première théorie, l'analyse, peut être appliquée dans la phase initiale de définition du problème de formation et dans le processus de modélisation réalisé dans l'axe cognitif de la méthode, lequel mène à la production du devis des connaissances et des compétences à développer chez les personnes apprenantes. Les deuxième et troisième catégories de théories peuvent être appliquées dans l'axe pédagogique de la méthode, l'une par le processus de scénarisation, l'autre par le choix des événements d'apprentissage (et d'enseignement, s'il y a lieu) composant les scénarios pédagogiques. S'ajoutent trois autres catégories de

6 Le chapitre 4 fournit une présentation détaillée de cette méthode structurée en phases et en axes. On y trouve, à la figure 4.2, une vue d'ensemble de cette structure.

théories. Une théorie de médiatisation peut être appliquée dans l'axe médiatique par un processus de modélisation du format médiatique des ressources numériques d'apprentissage et d'enseignement. Une théorie d'implantation peut être utilisée dans l'axe de diffusion qui vise à préparer un plan de diffusion du système d'apprentissage. Enfin, une théorie d'évaluation de l'enseignement peut être partiellement utilisée en soutien à la planification des mises à l'essai du système d'apprentissage et à l'établissement d'un journal des révisions. Par ailleurs, les processus de la MISA sont en interaction avec trois processus externes à la méthode[7] : la *production des matériels* et la *gestion de la diffusion* de l'ENA, qui seront maintenus à l'extérieur de l'IENA, et la *gestion de projet* qui devra être internalisée en partie dans la méthode pour gérer l'évolution des différents axes.

Gibbons (2014) propose certaines différences dans l'application des théories de design pédagogique, comparativement à la MISA. Selon cet auteur, la méthode doit inclure une décomposition du système d'apprentissage en ses composantes fonctionnelles à concevoir et celles qui sont à développer. Il identifie sept « couches » génériques de design pédagogique (dont quatre correspondent aux axes de la MISA) :

- la couche « contenu », qui cerne la structure du domaine de connaissances à apprendre (axe des connaissances de la MISA);
- les couches « stratégie », « message » et « contrôle », qui correspondent à la définition de haut niveau des événements d'apprentissage, des messages reçus du système et des réponses possibles de la personne apprenante (axe pédagogique de la MISA);
- la couche « représentation », qui fournit l'information et sa signification sous une forme sensorielle (axe médiatique de la MISA);
- la couche « gestion des données », qui concerne les opérations d'enregistrement, d'analyse, de génération de rapports et d'emmagasinage des données (en partie, axe de diffusion de la MISA);
- la couche « média-logique », qui exécute et orchestre les opérations de l'ensemble des autres couches. Cette dernière n'a pas de correspondance dans la MISA, car cette méthode laisse ce rôle aux plateformes de diffusion des ENA.

Sur un autre plan, les *théories de l'apprentissage* décrivent les différentes façons dont on apprend : en agissant ou interagissant avec d'autres, en structurant ses connaissances, en consultant de multiples ressources, en observant un ou une spécialiste, en réfléchissant sur ses propres activités d'apprentissage, etc. En

7 Voir le chapitre 4, figure 4.5 décrivant les frontières de la MISA.

choisissant des plans d'enseignement et des types d'événements d'apprentissage, le concepteur ou la conceptrice qui utilise une méthode d'IENA fera implicitement le choix d'une ou de plusieurs théories de l'apprentissage dont il devrait prendre conscience. Dans la plupart des cas, il aura avantage à considérer différentes approches théoriques de l'apprentissage telles que le béhaviorisme, le cognitivisme, le constructivisme ou le socioconstructivisme. La méthode d'IENA proposée devra faire preuve d'ouverture face à tous les choix possibles quant aux théories de planification et de sélection des événements d'apprentissage. Elle devra aussi fournir une aide visant à amener les concepteurs et les conceptrices à prendre conscience de leurs conceptions de l'apprentissage, car ces dernières influencent leurs choix pédagogiques, en particulier leurs décisions de scénarisation pédagogique.

1.2 L'ingénierie adaptative

Les méthodes d'ingénierie pédagogique procèdent par phases ou couches de plus en plus précises au cours desquelles le système d'apprentissage à concevoir (dans ce cas-ci, un ENA) prend une forme de mieux en mieux définie. Par exemple, dans la MISA[8], la phase d'*analyse préliminaire* énonce d'abord les orientations de chacun des aspects du système d'apprentissage (SA) ainsi qu'une représentation préliminaire des connaissances et des compétences à acquérir par les personnes apprenantes, de même qu'une planification sommaire des événements d'apprentissage du SA. Puis, une *phase d'architecture* distribue les connaissances et les compétences entre ces événements d'apprentissage, attribue à chacun un scénario pédagogique, établit un premier plan pour le choix des ressources et un premier plan de diffusion du SA. La phase du *devis détaillé* : associe les connaissances et les compétences aux ressources; décrit les propriétés des activités et des ressources intégrées aux scénarios pédagogiques; établit la liste des ressources et le modèle médiatique de chaque nouvelle ressource numérique; réalise un ou plusieurs modèles de diffusion en regroupant les composantes et leurs interactions. La phase de *validation* permet la mise en test des nouvelles ressources médiatiques et, finalement, la phase du *plan de diffusion* prépare les diverses opérations de gestion de la diffusion du SA.

Une méthode générale comme la MISA ou celle de Gibbons permet de traiter une grande diversité de projets, d'où la nécessité de sélectionner soigneusement les activités du processus d'ingénierie à retenir en fonction du contexte du projet (ampleur, contraintes, ressources disponibles, etc.). Aussi, à la suite d'une pre-

8 Voir le chapitre 4, tableau 4.2.

mière phase de définition du projet et d'analyse préliminaire, doit-on déterminer quelles activités seront requises ainsi que le niveau de détail souhaitable du processus d'ingénierie. Des *principes d'adaptation*[9] permettent ainsi à l'équipe du projet de définir son propre cheminement dans les activités de la méthode selon la nature de son projet.

Dans le même esprit, la conception adaptative par « couches de nécessité » (Tessmer et Wedman, 1992) inclut les activités et les phases ou cycles de design pédagogique jugées nécessaires pour conduire à des solutions « suffisamment bonnes » plutôt qu'optimales, compte tenu des ressources en général limitées (budget, temps, personnel, ressources pédagogiques et matérielles, etc.) dont les équipes de conception disposent dans chaque projet. Dans un contexte où ces ressources seraient très limitées, une seule couche pourrait à la limite s'avérer possible[10]. Cette approche précise les facteurs suivants pour guider le choix des activités de conception dans les différentes couches (ou cycles) de la méthode : 1) les facteurs de *charge* (temps, durée et coûts de l'activité, personnel requis, etc.), 2) les facteurs de *rentabilité* (impact sur la performance, satisfaction du client, acceptabilité du projet, etc.) et 3) les facteurs de *pression* (normes à respecter, tolérance au risque, demande du client, etc.). La conception adaptative fournit une liste de principes à appliquer pour orienter la sélection des activités d'ingénierie pédagogique en tenant compte de l'ensemble de ces facteurs.

1.3 L'ingénierie participative

Dans la plupart des méthodes d'ingénierie pédagogique, la démarche est centrée sur la collaboration au sein d'une équipe de professionnels et de professionnelles. L'équipe, complétée par une ou un gestionnaire de projet, comprend souvent des spécialistes du domaine de connaissances, en pédagogie, en médiatisation ou encore en logistique de diffusion. Ces personnes interviennent à des degrés divers dans la plupart des cycles de conception, de réalisation ou de diffusion d'un ENA et dans la rédaction des devis produits par la méthode. Certaines des activités et certains des éléments de documentation concernent des principes et des opérations quant à la gestion de cette équipe.

Dans les méthodes d'ingénierie pédagogique, le travail de conception est souvent centré comme il se doit *sur* les besoins des personnes apprenantes (ainsi

9 Voir le chapitre 4, section 2.3.1.

10 Voir la section 8 du chapitre 2 portant sur l'approche d'adaptation des activités à réaliser au contexte du projet.

que sur ceux des facilitateurs et facilitatrices, s'il y a lieu[11]), mais il devrait aussi se faire avec les utilisateurs et les utilisatrices de l'ENA, en intégrant activement dans le processus de conception des personnes représentant les apprenants et les apprenantes bénéficiaires de la formation. L'engagement actif de ces personnes doit se faire dès les premières étapes du projet et tout au long de son cycle de vie.

Cette *conception participative* n'est pas une pratique courante, mais lorsqu'elle est retenue, elle doit être établie dès le départ en la situant sur un continuum de participation des utilisateurs et des utilisatrices aux activités de l'IENA, allant de sommaire à intensive, et tenant compte de critères tels que ceux énoncés par Baek *et al*. (2007) : 1) la forme des interactions (indirectes ou directes) entre les utilisateurs et utilisatrices et les équipes de conception, 2) la durée de l'implication des utilisateurs et des utilisatrices (courte ou à long terme), 3) la portée de leur intervention (sur des points précis ou sur l'ensemble du projet) et 4) le degré de contrôle dont disposent ces personnes sur le déroulement du projet (de très limité à très grand[12]). Très souvent, les personnes représentant les futurs utilisateurs et utilisatrices et celles qui demandent de créer l'ENA seront regroupées dans un comité de pilotage du projet qui participera à la validation des devis, des maquettes ou des prototypes produits aux différentes étapes du processus d'IENA et à la définition des phases suivantes du projet.

Le *métadesign* (Fischer, 2013) est une forme de conception participative où les utilisateurs et les utilisatrices contribuent activement au design évolutif et continu de l'ENA plutôt que d'être des consommatrices et des consommateurs passifs. L'ENA initial est une sorte de « semence » qui évolue avec les usages qu'on en fait. On pourrait aussi qualifier cette approche de scénarisation émergente[13]. Elle a le potentiel de contribuer à l'apprentissage du métier d'apprenant[14] grâce à la participation active des personnes apprenantes à la scénarisation des activités d'apprentissage.

La conception créative (design thinking[15]) est une autre forme de conception participative, qui adopte une approche humaniste et créative de collaboration.

---

11 Le rôle de facilitateur est assumé par une personne qui accompagne et soutient les personnes apprenantes dans leur démarche d'apprentissage. Il peut s'agir d'un enseignant, d'une enseignante, d'un formateur, d'une formatrice, d'une personne tutrice, etc.

12 Voir la section 4 du chapitre 2 pour plus de détails à ce sujet.

13 Voir la section 4 du chapitre 2 pour plus de détails sur le métadesign.

14 Comme il est défini au chapitre 12.

15 Voir la section 6 du chapitre 2 et le chapitre 2 pour plus de détails sur la conception créative (*design thinking*). Les termes « démarche design » et « pensée design » sont aussi utilisés pour traduire *design thinking* en français.

Elle propose notamment l'élaboration de plusieurs solutions alternatives visant l'atteinte des objectifs d'apprentissage chez les personnes apprenantes. Cette approche se veut fluide et organique et permet de rompre avec un processus d'ingénierie « à la chaîne » ou mécanique.

2 Les orientations émanant de la méthodologie du génie logiciel

L'ENA se définissant comme un système logiciel diffusé sur le Web, il importe de considérer les apports du génie logiciel (appelé aussi ingénierie des systèmes d'information) à l'IENA. Les sciences cognitives conçoivent les activités d'ingénierie comme un processus complexe de résolution de problèmes (Newell et Simon, 1972), souvent étudié comme tel en sciences de l'éducation (Romiszowski, 1981; Reigeluth et Rodgers, 1983, Tennyson, 1990; Merrill, 1994). Le « problème » auquel l'équipe de conception est confrontée consiste à construire un ENA favorisant l'acquisition de nouvelles connaissances et de nouvelles compétences par des personnes en apprentissage. Cette section retient quatre orientations des méthodes de génie logiciel qui participeront à la construction de l'ENA : le processus unifié du génie logiciel, l'architecture logicielle dirigée par les modèles, l'approche agile et le pilotage du processus de génie logiciel par les données.

2.1 Le processus unifié du génie logiciel

Tout environnement logiciel est construit au cours d'un processus qui débute par une définition plus ou moins précise du problème de formation sur la base de l'analyse des données dont on dispose sur ce dernier. Par la suite, l'équipe de conception développe plusieurs solutions possibles qui se concrétisent dans des devis, des schémas fonctionnels ou des prototypes qui feront l'objet d'une évaluation cyclique en continu. Elle décompose aussi l'ENA en modules en précisant les liens qui existent entre eux. Ainsi, à partir de buts abstraits initiaux, l'équipe de conception formule des spécifications concrètes et finales, passant d'une série d'approximations de plus en plus précises jusqu'à obtenir un devis complet du logiciel qui regroupe toutes les composantes nécessaires à la réalisation et à l'implantation de l'environnement logiciel.

Le processus dit unifié[16] est sans doute la méthodologie la mieux développée et la plus utilisée en ingénierie des systèmes d'information. Il se caractérise de

16 Voir la description du « processus unifié » (*Rational Unified Process* [RUP]) à l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_unifié

la manière suivante : un pilotage fondé sur des cas d'utilisation du futur logiciel par ses utilisateurs et utilisatrices, une démarche centrée sur l'architecture du système, l'élaboration d'une variété de modèles visuels, en général utilisant un langage visuel tel que UML[17] (*Unified Modeling Language*), et une approche itérative et incrémentale.

Cette démarche générale est congruente à l'enchaînement des théories de design pédagogique présenté plus haut : on passe d'une phase de diagnostic ou d'analyse préliminaire, à une définition des orientations du système d'information fondée sur les cas d'utilisation prévus, puis à une architecture du système logiciel où l'on trouve en particulier des diagrammes des objets numériques et de séquencement des interactions utilisateur-système. Sur cette base, on passe à la réalisation et à la programmation du système, puis à une simulation et aux tests de validation, pour aboutir enfin à l'implantation et à l'exploitation du système. Le processus unifié est donc cyclique, produisant des versions successives du système de plus en plus élaborées.

Certaines méthodes d'ingénierie pédagogique comme la MISA s'inspirent de ces principes d'ingénierie des systèmes d'information en les adaptant à la conception des systèmes d'apprentissage. Les processus de conception s'exécutent alors en parallèle et par itérations successives appelées « livraisons ». La MISA décrit précisément les produits de ces processus par des tableaux, des textes ou des modèles visuels appelés « éléments de documentation » (ED). La contribution des ED au devis général du SA est précisée dans un modèle graphique des processus qui les organise par phases semblables à celles du modèle ADDIE[18], de même que par axes (cognitif, pédagogique, médiatique ou de diffusion). L'élaboration progressive de l'architecture du SA au moyen de « couches » de plus en plus précises, permet de pallier les problèmes associés à un développement hâtif des matériels pédagogiques. Enfin, le processus d'ingénierie produit des devis pour la programmation des composantes logicielles et prépare leur mise en place dans un environnement technologique de diffusion.

---

17 Il s'agit d'un « langage de modélisation graphique à base de pictogrammes conçu comme une méthode normalisée de visualisation dans les domaines du développement logiciel et en conception orientée objet ». (https://fr.wikipedia.org/wiki/UML_(informatique))

18 Voir le chapitre 2 pour la présentation du modèle ADDIE (analyse, design, développement, implantation, évaluation).

2.2 L'architecture logicielle dirigée par les modèles

L'emploi d'outils de génie logiciel de haut niveau mène à une « architecture dirigée par les modèles[19] », qui peut diminuer ou même supprimer la codification traditionnelle dans un langage de programmation, laquelle demande désormais un effort moins important par rapport à l'ensemble des phases du développement d'un système logiciel.

En design pédagogique des ENA, cette approche prend la forme d'un système auteur dans lequel on insère des composantes des modèles et des devis de l'ENA, ce qui évite la programmation, mais le plus souvent au prix d'une uniformisation des ENA. L'usage des systèmes de gestion de contenu (*content management systems* [CMS]) permet une plus grande diversité entre les ENA. Divers systèmes auteurs permettent aussi de réaliser des ENA spécialisés sous forme de CLOM (cours en ligne ouverts massivement ou, en anglais, *massive open online courses* [MOOC]), de jeux sérieux ou d'environnements « intelligents » d'apprentissage. Très peu cependant intègrent une aide méthodologique aux équipes de conception, une lacune généralisée que le présent ouvrage vise à combler par la proposition d'un processus d'IENA qui pourrait être intégré dans les systèmes auteurs ou accompagner leur utilisation.

Il faut souligner l'importance d'élaborer les scénarios pédagogiques de l'ENA en s'appuyant sur une ou plusieurs théories des événements d'apprentissage et en les représentant visuellement sous la forme de modèles graphiques. Par exemple, la « théorie de la présentation des composantes » (*Component Display Theory)* de David Merrill (1983) a permis à ce chercheur de construire plusieurs outils numériques[20] dirigés par les modèles de cette théorie, lesquels produisent sans programmation, uniquement par paramétrage, des scénarios d'apprentissage dans lesquels les personnes apprenantes et les personnes enseignantes interagissent directement. Dans le même esprit, le système TELOS[21] développé à l'Institut LICEF permet à un concepteur ou à une conceptrice, en entrant ses données dans des interfaces Web, de scénariser un ENA exécutable qui peut être immédiatement mis en diffusion.

---

19 Voir le concept de *model-driven architecture* dans Kleppe et al. (2003).

20 Voir la description des « coquilles de transaction d'enseignement » (*instructional transaction shells*) dans Li et Merrill (1990).

21 Le système TELOS (Paquette, 2010) intègre un ensemble d'outils pour la création d'environnements Web pour l'apprentissage, la conception ou le travail. Il permet la création d'ENA multiacteurs pour la conception ou le suivi de cours, alors que la plupart des ENA sont monoauteurs, destinés à un seul type de personne apprenante.

2.3 L'approche agile

Face à la complexité de la conception des systèmes d'information, les utilisateurs et les utilisatrices demandent d'arriver plus rapidement à des résultats, critiquant, souvent avec raison, la lourdeur des méthodes de design logiciel. Une méthode utilisant le processus unifié (PU ou, en anglais, RUP) est toujours largement utilisée, surtout pour la réalisation d'importants projets informatiques. De plus en plus, toutefois, les méthodes agiles tempèrent l'excès de rigidité des plans à trop long terme. Elles ne proposent pas un retour à la programmation artisanale d'antan, mais s'inspirent des valeurs fondamentales du *Manifeste pour le développement Agile de logiciels* (Beck *et al.,* 2001[22]), lequel propose notamment de :

– travailler régulièrement avec les utilisateurs et les utilisateurs ou les personnes qui les représentent tout au long du projet;
– accueillir positivement les changements de besoins exprimés par les utilisateurs et les utilisatrices, même tard dans le projet;
– livrer fréquemment un prototype opérationnel selon des cycles de quelques semaines à quelques mois, avec une préférence pour les plus courts, comme principale mesure de progression d'un projet;
– reconnaître seulement les meilleures architectures, spécifications et conceptions émergentes[23], venant d'équipes autoorganisées;
– réfléchir à intervalles réguliers avec l'équipe de développement pour déterminer les moyens qui permettent de devenir plus efficaces et pour adapter le mode de fonctionnement en conséquence.

L'une des critiques, justifiée, faite à la MISA et à d'autres méthodes de design pédagogique a mené également à la proposition de méthodes d'ingénierie pédagogique dites « agiles » ou de « prototypage rapide[24] ». L'IENA doit s'inspirer de ces propositions et des méthodes agiles élaborées en génie logiciel.

2.4 Le pilotage du processus de génie logiciel par les données

L'évolution récente des sciences de l'information nous indique l'importance des données massives ou mégadonnées (*big data*). À titre d'exemple, l'essor des CLOM

---

22 On trouvera le manifeste agile à l'adresse suivante : http://agilemanifesto.org/iso/fr/principles.html

23 De façon analogue, certains proposent un apprentissage émergent dans des espaces numériques autoorganisés d'interaction entre des personnes et des ressources, ce qui suggère que le design pédagogique doit être également un processus émergent (Williams *et al.*, 2011).

24 Voir la section 3 du chapitre 2 pour plus de détails à ce sujet.

permet désormais la collecte massive des données sur le comportement des personnes apprenantes. On parle ici d'« analytique de l'apprentissage » dont les résultats serviront à améliorer la qualité des systèmes d'information et, en particulier, des cours en ligne et des ENA.

L'exploitation « intelligente » des données en éducation, notamment des traces laissées par les personnes apprenantes dans les plateformes logicielles, résulte de l'informatisation croissante des activités humaines, conséquence du développement du Web et de l'abondance des données. Ainsi, à l'instar de nombreuses organisations, le monde de l'éducation s'inscrit dans un courant de société plus global qui vise à prendre de meilleures décisions par l'exploitation des données.

Dans ce contexte, le pilotage de l'IENA par les données vise à analyser des données recueillies dans les ENA sur les personnes apprenantes (caractéristiques sociales, comportement scolaire, diplômes, préférences, intérêts personnels, etc.), sur les ressources pédagogiques (connaissances traitées, compétences visées, caractéristiques médiatiques, etc.) ainsi que sur le processus d'apprentissage (date et durée des activités, ressources consultées, interactions sociales, résultats évalués des travaux, commentaires dans les forums, etc.).

L'analytique de l'apprentissage permet de trouver et d'extraire des structures afin d'interpréter les données et d'en faire une analyse prédictive. L'analyse peut se faire à l'aide de tableurs, d'outils statistiques et autres, mais ces méthodes sont fastidieuses et limitées. Par ailleurs, l'augmentation des capacités de calcul et l'émergence de la science des données, de l'apprentissage automatique[25] et de l'intelligence artificielle (IA) offrent de nouvelles technologies pour construire des modèles à partir des données, qui peuvent être utilisés dans plusieurs processus d'IENA. L'utilisation de ces technologies demande toutefois des habiletés techniques encore peu répandues et les résultats qui en découlent présentent actuellement certaines limitations.

Le pilotage de l'IENA par les données et l'analytique de l'apprentissage, quelles que soient les techniques utilisées, présentent de nombreux avantages pour le monde de l'éducation[26]. Leurs principales applications incluent l'amélioration des contenus d'apprentissage, le suivi de la progression dans la formation, la prédiction et la détection des problèmes d'apprentissage, l'intervention et la recommandation d'activités et de ressources, l'évaluation des compétences et la rétroaction aux utilisateurs et aux utilisatrices et, finalement, la personnalisation

25 Pour plus d'information, voir : https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique

26 Pour plus de détails, voir le chapitre 6 ainsi que Chatti *et al.* (2013).

et l'adaptation des ENA en fonction des caractéristiques et des besoins des personnes apprenantes.

3 Les orientations émanant de la méthodologie du génie cognitif

L'ingénierie des connaissances, parfois qualifiée de « génie cognitif », renvoie à une méthodologie qui s'est développée dans la foulée de l'évolution des systèmes d'information de plus en plus capables d'effectuer un traitement des connaissances. Cette section en examine trois aspects : la représentation des connaissances, centrale dans la plus récente génération du Web, le Web sémantique, la modélisation typée des objets, nécessaire à une méthode d'IENA et, finalement, la modélisation des méthodes et des processus d'IENA.

3.1 Le Web sémantique

Comme indiqué à la figure 13.1, on distingue trois générations qui ont marqué l'évolution du Web et, par conséquent, celle des ENA :

- Le Web 1.0, ou *Web de documents*, permet de diffuser des documents sous la forme de pages Web en langage HTML, disposant d'adresses URI[27], et communiquant par le protocole de communication HTTP.
- Le Web 2.0, ou *Web social,* qui s'ajoute à cette infrastructure de base, met l'accent sur la communication entre personnes sur les réseaux sociaux au moyen de blogues, de wikis, etc. Ces interactions se font sous forme de messages de formats variés qui forment une couche de surface non structurée.
- Le Web 3.0, ou *Web sémantique*, repose quant à lui sur ces deux premières générations et traite directement les connaissances, soit la sémantique derrière la syntaxe de surface des documents et des messages.

Cette évolution intégrée du Web social et du Web sémantique qui se combinent dans le Web 4.0 est importante pour l'apprentissage à l'aide des ENA.

Dans le Web sémantique, le traitement des connaissances permet de gérer, de façon intégrée, non seulement les connaissances factuelles (données et informations), mais aussi les connaissances abstraites de plus haut niveau, à savoir les concepts, les procédures, les principes, les méthodes et les modèles intéressant une communauté de personnes ou une organisation. Les personnes, les

27 Identifiant uniforme de ressource (*Uniform Resource Identifier*).

organisations, les objets matériels ont leurs alias identifiés par leurs URI qui les représentent sur le Web. Le Web sémantique rend ainsi disponibles des moyens de rechercher des ressources d'information ou des personnes par les connaissances dont elles disposent.

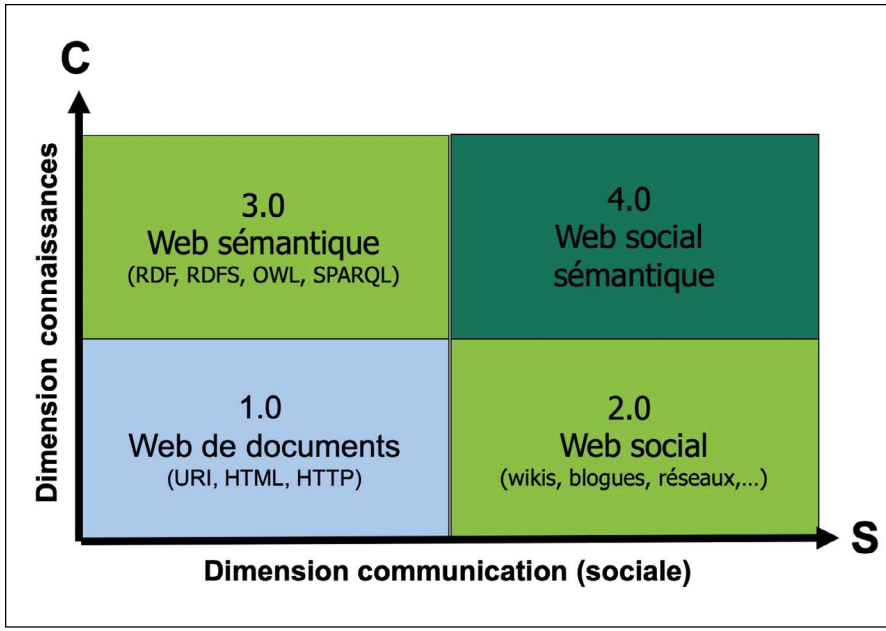


FIGURE 13.1 **L'évolution des technologies Web**

Le principe de base du Web sémantique consiste à représenter les connaissances traitées dans les pages, les documents et les messages du Web en utilisant les méthodes et les outils du génie cognitif. En décrivant la sémantique des ressources Web au-delà de leur syntaxe, les personnes apprenantes peuvent traiter les informations du Web au moyen de recherches plus intelligentes, plus structurées grâce au traitement des connaissances derrière les mots et les textes. Un concept important du Web sémantique est le « Web de données ouvertes et liées (Web DOL)[28] », dans lequel les schémas de données qui alimentent les pages Web sont mis en réseau, plutôt que simplement les pages de surface mises en relation par des liens Internet.

28 Voir les chapitres 7 et 8 pour plus de détails.

3.2 La modélisation typée des objets

Depuis longtemps, les travaux en sciences de l'éducation distinguent divers types de connaissances, de faits, de concepts, de procédures, de principes, de théories et de méthodes, tout comme le font les sciences cognitives et de l'information. L'intention derrière cette classification est d'associer des stratégies pédagogiques en fonction des types de connaissances visées par l'apprentissage. Divers types de langages visuels sont utilisés en ingénierie des connaissances, notamment pour spécifier les connaissances visées par l'apprentissage dans un ENA. En ingénierie pédagogique, un langage de représentation des connaissances doit être suffisamment général pour s'appliquer aux divers types de connaissances et de modèles des connaissances dans les différents domaines du savoir que peut traiter un ENA.

La représentation des connaissances joue un rôle central dans l'apprentissage. Elle peut servir à diagnostiquer ou à évaluer l'état des connaissances et des compétences d'une personne apprenante à tout moment de sa démarche d'apprentissage. Elle peut également lui fournir une représentation structurée de l'ENA au moyen de pages Web fondées sur le modèle des connaissances. Enfin, elle peut aussi être utilisée par la personne apprenante pour construire son propre modèle des connaissances d'un domaine à partir de ses recherches sur le Web.

De nombreux praticiens et praticiennes estiment que la représentation des connaissances et des compétences faisant l'objet de la formation est une activité centrale de l'IENA, à laquelle il faut consacrer davantage d'attention et de temps que ce qui peut être observé dans les pratiques actuelles[29]. À cet effet, plusieurs citent en exemple l'usage du langage de modélisation par objets typés (MOT) (Paquette, 2002b) et des outils de modélisation visuelle développés au LICEF[30], tels que GMOT. Le langage MOT offre la possibilité d'intégrer dans un même modèle différents points de vue (déclaratif, procédural, stratégique) sur les connaissances. De plus, ce langage intègre les principales méthodes de représentation utilisées dans d'autres langages (cartes conceptuelles, algorithmes, arbres de décision, systèmes de règles). Cette généralité permet de construire une variété de modèles à partir d'un petit nombre de types de connaissances et de liens qui peuvent être établis entre elles. Le langage MOT a donné lieu à trois générations d'outils de modélisation. Le plus récent, le multi-éditeur GMOT, offre cinq types d'éditeurs de modèles :

---

29 Voir la section 2.2 du chapitre 5.

30 Pour plus de détails sur ces outils, consulter : http://lice.licef.ca/index.php/gmot-motplus-et-mot/

– L'*éditeur de diagrammes* informels permet de créer des cartes de connaissances dont les entités et les liens sont non typés.
– L'*éditeur de modèles MOT* permet de construire des modèles semi-formels qui respectent totalement la syntaxe et la sémantique du langage MOT.
– L'*éditeur de graphes RDF/RDFS et l'éditeur d'ontologies OWL-DL* permettent de construire des modèles visuels d'ontologies qui respectent la grammaire de ces langages du Web sémantique définis par le W3C.
– L'*éditeur de scénarios* permet de créer des modèles formels de scénarios d'apprentissage et d'enseignement multiacteurs d'un ENA, exécutables par un système auteur approprié.

L'ingénierie des connaissances à l'aide de GMOT sert ainsi aux équipes de conception à construire divers modèles visuels dans la MISA, lesquels jouent un rôle-clé dans la conception d'un SA. On y construit quatre modèles principaux : un modèle des connaissances et des compétences[31] visées, distribuées ensuite entre les unités d'apprentissage et les ressources du SA; les modèles de scénarios pédagogiques, qui décrivent les activités des acteurs et les ressources qu'ils utilisent et produisent dans ces activités; les modèles médiatiques des ressources Web nécessaires à l'apprentissage; les modèles des processus logistiques de diffusion du SA lorsqu'ils seront mis en opération.

3.3 La modélisation des méthodes et des processus d'IENA

L'ingénierie des connaissances offre aussi la possibilité d'expliciter les connaissances sous-jacentes à des méthodes en utilisant un langage et des outils logiciels de modélisation graphique. Le modèle de toute méthode permet de représenter son processus, dans lequel sont spécifiées des connaissances procédurales (les sous-processus), des connaissances conceptuelles (les intrants et les produits des sous-processus) et des connaissances stratégiques (les principes régissant l'exécution des sous-processus).

L'essor du Web DOL, ou Web sémantique, a apporté un ensemble croissant de modèles sous la forme d'ontologies qui offrent une description plus élaborée des connaissances que les typologies. On y trouve notamment des ontologies pour

31 Voir le chapitre 3, figure 3.4, pour la démarche de modélisation et le chapitre 8 concernant la modélisation des compétences à partir d'un modèle des connaissances.

décrire les propriétés des personnes utilisant le Web (ontologie FOAF), leurs interactions dans les réseaux sociaux (ontologie SIOC) ainsi que la description de certains types d'ENA comme les jeux sérieux (ontologie Ludo[32]).

Dans cet ouvrage, une ontologie pour la scénarisation pédagogique (ontologie SCEN[33]) et une ontologie de définition des compétences (ontologie COMP-2020[34]) ont été présentées; elles réutilisent certaines des classes et des propriétés d'autres ontologies ou vocabulaires déjà définis sur le Web. Par exemple, un scénario pédagogique est défini comme une sorte de collection (un ensemble d'activités et de ressources) dans le vocabulaire DCMI (*dcmi:Collection*), une méthode pédagogique dans le vocabulaire DCT (*dct:MethodOfInstruction*) et aussi une ressource d'apprentissage dans le vocabulaire MLR (*mlr1:Ressource_d'apprentissage*). Une activité pédagogique est une sorte d'événement dans l'ontologie DCMI (*dcmi:Event*) et un acteur est un agent à la fois dans DCT (*dct:Agent*) et dans FOAF (*foaf:Agent*).

Cette intégration présente trois avantages : 1) elle permet de préciser un concept ou une propriété comme une sous-classe d'une propriété ou d'un concept défini dans un autre vocabulaire, ce qui en clarifie le sens; 2) elle permet d'éviter de tout redéfinir en se référant à des ontologies pertinentes définies ailleurs sur le Web; 3) elle facilite l'interopérabilité des applications qui utilisent différents vocabulaires.

4 Les bases de la nouvelle méthode d'IENA

Dans cette section, les orientations retenues dans les trois sections précédentes serviront à jeter les bases d'une nouvelle méthode spécifique d'IENA, appelée MIENA. La méthode sera structurée par des axes permettant d'y appliquer des théories de design pédagogique et à travers des cycles de développement inspirés du processus unifié du génie logiciel et des méthodes agiles. La méthode intégrera des principes d'ingénierie adaptative ainsi que des mesures d'ingénierie partici-

32 Ces ontologies sont décrites sommairement au chapitre 7, section 3, et dans le référentiel d'ontologies LOV (2020).

33 L'ontologie pour la scénarisation pédagogique SCEN est décrite à titre d'exemple au chapitre 7, section 4, et dans un rapport de recherche présenté au GTN-Québec (Paquette et Léonard, 2014).

34 L'ontologie de définition des compétences COMP-2020 est présentée au chapitre 8 avec certaines des applications de ses versions antérieures COMP-2007 et COMP-2014.

pative guidées par les données. Elle sera dirigée par les modèles et fondée par les connaissances et les compétences cibles. Le processus de la méthode sera modélisé et intégré au Web DOL.

4.1 Une méthode structurée selon la classification des théories de design pédagogique

Les différentes catégories de théories de design pédagogique établies par Reigeluth et Carr-Chellman (2009) permettent de définir la structure générale de la méthode. Celle-ci comportera quatre axes (cognitif, pédagogique, médiatique et d'implantation), décrits par autant de sous-processus, ainsi qu'un *sous-processus de gestion* plus flexible et plus ouvert que dans les activités de la MISA qui l'a précédée.

Certains aspects des théories d'analyse de l'enseignement et d'autres des théories d'évaluation de l'enseignement pourront être appliqués dans le sous-processus de gestion du projet d'IENA qui servira d'épine dorsale à la méthode. Le sous-processus de gestion se déploie sur plusieurs cycles, chacun traitant les quatre axes à des degrés variables. Chaque cycle mènera à la production d'un nouveau prototype d'ENA et d'un devis de l'ENA dont les données résultant de l'activité des utilisateurs et des utilisatrices seront analysées et réinvesties dans le cycle suivant.

L'*axe cognitif* sera guidé dans chaque cycle par une théorie d'analyse de l'enseignement (ou d'analyse préliminaire) qui permettra d'alimenter le sous-processus de spécification des connaissances et des compétences à acquérir par les personnes apprenantes dans l'ENA.

L'*axe pédagogique* sera guidé à la fois par les théories de planification de l'apprentissage (macroscénarisation) et les théories d'élaboration des événements d'apprentissage (microscénarisation). Les premières guideront l'équipe de conception pour produire la structure d'un cours ou d'un programme, ou si l'on préfère un « réseau des unités d'apprentissage (UA) ». Les secondes l'aideront à élaborer les scénarios pédagogiques des unités d'apprentissage regroupant les événements, leurs acteurs et les ressources qu'ils utilisent et produisent lors de ces événements.

L'*axe médiatique* sera guidé par une théorie de médiatisation propre au type particulier de système d'apprentissage prenant ici la forme d'un environnement en ligne diffusé sur le Web. Ce sous-processus devra permettre de préciser à quelle génération du Web il est destiné : Web de documents, Web social ou Web sémantique. Il conduira à la production d'un devis médiatisé sous la forme d'une maquette ou d'un prototype concrétisant les scénarios de l'axe pédagogique.

L'*axe d'implantation*, guidé par une théorie d'implantation, devra spécifier un modèle de l'infrastructure technologique, pédagogique et humaine de l'environnement d'accueil de l'ENA. Ce modèle d'implantation devra également spécifier comment pourra se faire l'intégration de l'ENA à l'environnement personnel d'apprentissage (EPA) des personnes apprenantes et, le cas échéant, à l'environnement institutionnel dans lequel celles-ci évoluent.

4.2 Un processus unifié par des cycles de développement

L'IENA vise à résoudre les problèmes de conception, de réalisation et d'implantation des ENA sur le Web. Un ENA doit soutenir l'ensemble des interactions[35] des personnes apprenantes et des facilitateurs et facilitatrices, entre eux et avec des ressources elles-mêmes numérisées et accessibles sur le Web. Il regroupe une variété de composantes logicielles, certaines conçues spécifiquement pour les apprentissages visés, d'autres réutilisant des progiciels à usage général comme un traitement de texte ou un logiciel de présentation, ou donnant accès à des documents numérisés et à des services de communication. L'IENA doit donc intégrer certains principes du processus unifié de l'ingénierie des systèmes d'information (ou génie logiciel).

La MIENA adoptera plusieurs des apports du processus unifié du génie logiciel qu'utilisait la MISA, mais en s'inspirant davantage de la souplesse du processus unifié et en y intégrant des méthodes dites « agiles » :

- L'élaboration progressive de l'ENA au moyen de « couches » de plus en plus précises du devis et de l'ENA sera proposée comme démarche de la méthode.
- Les processus de conception s'exécuteront largement en parallèle et par itérations successives appelées *cycles*, chaque cycle précisant de plus en plus les devis et les prototypes de l'ENA.
- La méthode décrira précisément les produits (« biens livrables ») de ces processus par des tableaux, des textes ou des modèles visuels appelés *éléments de documentation* (ED). Une banque de ressources ouverte regroupera les ED parmi lesquels les équipes de conception choisiront ceux qui composeront chaque cycle de développement.

---

35 Le fait que certaines de ces ressources se situent à l'extérieur du Web (dans un laboratoire physique, une excursion en forêt, une activité avec une maquette physique 3D, une participation à un séminaire…) ne change pas la nature fondamentale virtuelle et numérique de l'ENA.

– Le rôle des ED dans le devis général de l'ENA sera précisé par ses composantes et en spécifiant dans quel sous-processus (cognitif, pédagogique, médiatique, d'implantation ou de gestion) il se situe.
– Même si la réalisation médiatique de l'ENA finale et son implantation seront externes à la méthode d'IENA, celle-ci en fera la planification par l'élaboration des devis médiatiques et de diffusion.

L'IENA sera définie comme un processus cyclique où chaque cycle est un sous-processus qui réexamine tour à tour les produits des axes cognitif, pédagogique, médiatique et d'implantation. De chaque cycle résulteront un nouveau devis et un nouveau prototype de l'ENA. Les prototypes seront de plus en plus élaborés, tout comme dans le processus unifié en génie logiciel. Dans un cycle donné, les devis ayant servi à produire le prototype serviront d'intrants et seront réévalués pour définir les devis d'un nouveau prototype.

Les ED qui soutiennent la gestion d'un projet d'IENA fourniront un fil conducteur pour la gestion des cycles du processus global, autour duquel se grefferont les activités de conception des axes de l'IENA. De façon analogue au processus unifié, chaque cycle comportera des activités d'ingénierie s'intéressant successivement aux composantes d'analyse, aux modèles des connaissances et des compétences, aux composantes du modèle pédagogique, aux modèles médiatiques et aux modèles d'implantation. De façon analogue au processus unifié, en progressant d'un cycle à l'autre, l'accent se déplacera de l'analyse initiale vers le modèle des connaissances et compétences visées dans l'ENA, le modèle pédagogique et les modèles médiatique et d'implantation.

Les ED du processus d'IENA seront définis de manière à tenir compte de la forme spécifique d'un ENA en tant que système logiciel sur le Web. L'axe médiatique en particulier tiendra compte des fonctionnalités générales offertes par les logiciels Web. Les particularités pédagogiques et médiatiques des différents types d'ENA (environnements nomades, réseaux sociaux, réalité augmentée ou virtuelle, jeux sérieux, environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA), CLOM, etc.) pourront faire l'objet d'ED spécifiques à chacun, permettant ainsi de spécialiser la méthode.

4.3 Une méthode agile axée sur le prototypage rapide

La méthode d'IENA s'inspirera des méthodes agiles et de prototypage rapide élaborées à la fois en génie logiciel et en design pédagogique. Dans ces méthodes, des prototypes sont conçus tout au long du processus d'ingénierie. Ils servent entre autres à élucider et à définir progressivement les besoins et les exigences

des personnes demandant de créer un ENA, qui peuvent ainsi affiner leur compréhension des orientations du projet, ainsi que ceux des personnes qui utiliseront l'ENA, qui peuvent alors mieux cerner leurs objectifs d'apprentissage et les exprimer.

Le nombre de cycles de conception requis sera déterminé selon le type et l'ampleur du projet d'IENA. On peut prévoir un ou deux cycles pour une formation qui regroupe quatre ou cinq unités d'apprentissage, jusqu'à de nombreux cycles, par exemple pour un programme de plusieurs cours. La décision quant au nombre de cycles est laissée à l'équipe d'ingénierie, qui sera guidée par les principes d'adaptation et de spécialisation du processus d'ingénierie fournis dans la méthode.

Au début de chaque cycle, les ED de gestion prévoient que l'on peut modifier le nombre de cycles prévu. Dans un nouveau cycle, on pourra produire de nouvelles versions des ED les plus importants et autant de versions du devis de l'ENA et de prototypes que nécessaire. Ces ED de gestion servent également à décider quels ED des quatre axes seront produits dans ce cycle, comment seront évalués le devis et l'ENA résultant du cycle et quelles données seront recueillies pour alimenter le cycle suivant.

4.4 Une méthode d'ingénierie adaptative

Une méthode d'IENA qui veut pouvoir s'appliquer à une grande diversité de projets doit permettre à l'équipe de conception de faire au préalable le choix des ED et de leur contenu à réaliser en fonction de chaque projet, ceci afin de déterminer quelles activités seront requises ainsi que le niveau de détail souhaitable pour chacune. Des *principes d'adaptation*[36], dits de *personnalisation de la démarche*, seront élaborés pour aider les équipes de conception à définir un cheminement qui leur est personnel dans les activités de la méthode selon la nature de leurs projets. Par exemple, parmi les trente-cinq activités décrites dans les ED de la méthode, on pourra ne retenir que les six ou sept les plus essentielles.

Dans l'IENA, en comparaison avec la MISA, on mettra davantage l'accent sur de tels principes d'adaptation dans le but de limiter l'ampleur du processus quant au nombre de cycles et quant au choix des activités de chaque cycle. Par exemple, une utilisation en classe de l'ENA, en présence du professeur ou d'un autre facilitateur ou facilitatrice, dispensera de considérer certains des ED destinés à définir des formes d'autoformation, alors qu'un apprentissage à distance nécessitera

36 Voir le chapitre 4, section 2.3.

au contraire une grande attention à ces questions. Le choix d'une formation individuelle plutôt qu'en collaboration réduira le travail de définition des moyens de communication à prévoir pour la diffusion de l'ENA. Le développement d'un programme de formation comportant plusieurs cours demandera un devis des connaissances et des compétences très développé, alors que son devis pédagogique se limitera aux deux premiers cycles, puisque la démarche sera reprise avec plus de détails pour chacun des cours du programme. À l'opposé, une unité d'apprentissage de quelques heures permettra possiblement de procéder rapidement à travers une seule phase.

De façon à faciliter une conception adaptative des ENA, l'IENA sera structurée en un tronc commun regroupant les activités essentielles dans la plupart des projets, et un certain nombre de spécialisations étendant ce tronc commun à des activités et à des ED nécessaires à certaines catégories d'ENA. Cette approche vise à éviter la multiplication de méthodes spécialisées disparates pour chaque type d'ENA. Les principes d'adaptation du processus d'ingénierie du tronc commun proposeront des choix de spécialisations de l'IENA répondant aux préoccupations expliquées dans certains des chapitres précédents :

– La *personnalisation de l'apprentissage dans les ENA* en fonction des caractéristiques des personnes apprenantes est la préoccupation centrale dans les environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA[37]). Dans l'IENA, il s'agit de prévoir une spécialisation du processus d'ingénierie visant à personnaliser les parcours d'apprentissage en y ajoutant des activités conditionnelles, voire des parcours alternatifs guidés par les connaissances et les compétences acquises par chaque personne apprenante[38]. Cette personnalisation peut se réaliser par un guidage à l'aide des mégadonnées d'apprentissage[39] pour offrir des parcours personnalisés d'apprentissage. La personnalisation est aussi visée par les principes de la *conception universelle de l'apprentissage*[40] qui vise à établir des possibilités d'apprentissage égales pour tous les individus par une approche flexible, ajustée aux besoins chaque personne apprenante dans le

37 Voir le chapitre 9, section 4, et le chapitre 6, section 4.

38 Voir le chapitre 8 qui propose des choix de ressources et d'activités d'apprentissage guidés par les compétences de la personne apprenante.

39 Voir le chapitre 6 qui propose une ingénierie pédagogique guidée par l'analyse automatique des données massives ou mégadonnées recueillies dans les traces des activités d'apprentissage.

40 La conception universelle de l'apprentissage (*Universal Design for Learning* [UDL]) est présentée dans Rose et Meyer (2002). Voir la section 2.3.1 du chapitre 5 et le site du CAST à ce sujet : http://www.cast.org/.

cadre de scénarios d'apprentissage multiples et ouverts et d'environnements d'apprentissage riches.

– La *prise en compte des contextes et des cultures* amène d'autres formes de spécialisations de l'IENA en fonction d'aspects spécifiques du contexte des projets pédagogiques, tels que le milieu de diffusion de l'ENA (équipe de professionnels et de professionnelles, entreprise, école, université, etc.), le profil des personnes apprenantes visées (âge, origine socioculturelle, expérience des technologies, etc.), le domaine de connaissances concerné (artistique, technique, médical, éducatif, etc.), les types de modèles de diffusion (à distance, en ligne, en classe, en communauté de pratique, hybride, etc.), les types d'environnements d'apprentissage (multimédias éducatifs, cours en ligne, simulations éducatives, environnements d'apprentissage « ludifiés » ou jeux sérieux, apprentissage mobile, etc.). Notons également que plusieurs praticiens et praticiennes de l'ingénierie pédagogique proposent aussi que le processus d'IENA lui-même soit adapté aux équipes de conception selon leur degré de familiarisation avec le domaine du design pédagogique.
– Les *cours en ligne ouverts massivement* (CLOM) constituent une catégorie d'ENA en plein essor; ils nécessitent une spécialisation de la méthode d'IENA très différente des contextes scolaires habituels. Ici, on n'« enseigne » pas à la personne apprenante, qui apprend de façon autonome à l'aide des technologies. Celles-ci, omniprésentes dans tous les secteurs de la vie, rendent possible l'apprentissage tout au long de la vie. Il s'agit donc de réinstrumenter l'IENA selon la visée autonomisante[41] d'un nouveau rapport au savoir et aux connaissances.

4.5 Une méthode participative pilotée par les données

La conception participative et le pilotage par les données des projets d'ingénierie éducative ne sont pas pratique courante. Ces approches sont cependant nécessaires sous une forme ou une autre. Elles sont aussi liées, puisque les données les plus essentielles ne peuvent provenir que des personnes utilisant l'ENA, en premier lieu aux personnes apprenantes et en second lieu aux facilitatrices et aux facilitateurs impliqués dans les scénarios pédagogiques. Lorsque l'ENA est en diffusion, on voudra recueillir le maximum de traces d'utilisation. Pour ce faire, il faut donc que le processus d'IENA prévoie d'inclure dans l'ENA un mécanisme de traçage et d'évaluation des apprentissages qui fournira en temps réel ou en différé des données sur les utilisateurs et les utilisatrices provenant de ces personnes

41 Voir à cet égard le chapitre 12 ainsi que Henri (2019), Väljataga et Fiedler (2014) et le chapitre 14, section 2.3.

elles-mêmes. L'équipe d'IENA pourra se servir de ces données pour améliorer l'ENA, y compris son dispositif de collecte de données.

Les méthodes de conception participative, comme le métadesign ou la conception créative (*design thinking*), proposent d'intégrer activement dans le processus d'IENA des personnes représentant les apprenants et les apprenantes bénéficiaires de la formation. Ces personnes pourront collaborer avec les équipes de conception à l'ensemble du projet ou sur certains points critiques. En particulier, à la fin d'un cycle, lorsque le devis de l'ENA et un prototype auront été produits, elles pourront l'expérimenter, leurs traces d'utilisation seront recueillies et on leur demandera d'analyser leur expérience. Ces données piloteront la préparation du prochain cycle du processus de l'IENA.

Dans la plupart des démarches d'ingénierie pédagogique, l'activité de conception est nettement séparée de celle de la diffusion d'un ENA. Lorsque le contexte d'implantation de l'IENA le permet, on aura avantage à expérimenter très tôt l'ENA en diffusion auprès d'un plus grand nombre de personnes apprenantes en situation réelle. Par exemple, dans le cas d'un CLOM, chaque cycle de l'IENA pourra se terminer par une mise en diffusion auprès d'un grand nombre de personnes apprenantes; leurs données seront réinvesties dans le processus d'ingénierie du cycle suivant. Seule l'obtention de données massives permettra l'application des techniques d'apprentissage automatique[42] qui faciliteront l'ajustement des connaissances et des compétences visées, la détection de catégories d'apprenants et d'apprenantes et la recommandation de ressources appropriées. Autrement, l'analytique de l'apprentissage à partir d'un petit nombre d'apprenants et d'apprenantes devra recourir à des analyses statistiques traditionnelles combinées à une étude des données réalisée par le ou la gestionnaire du projet d'IENA, responsable de la préparation du cycle suivant.

4.6 Une méthode dirigée par les modèles

La MIENA appliquera une architecture dirigée par les modèles, qui permettra de décrire l'ENA et ses devis avec une grande précision et en limitant le plus possible sa programmation à des situations exceptionnelles. La modélisation par objets typés effectuée à l'aide d'un outil logiciel tel que GMOT permettra de construire

42 L'apprentissage automatique (ou apprentissage statistique) est un champ d'études de l'intelligence artificielle (https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle) qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques pour donner aux ordinateurs (https://fr.wikipedia.org/wiki/Ordinateur) la capacité d'« apprendre » à partir de données : https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique

des modèles graphiques qui représenteront les axes de la méthode : le modèle des connaissances et des compétences définira l'axe cognitif; le modèle du réseau des unités d'apprentissage et des scénarios pédagogiques sera au cœur de l'axe pédagogique; le modèle médiatique de l'ENA et le modèle d'implantation dessineront l'articulation et l'intégration de l'ENA développé dans l'infrastructure de diffusion.

Plus les modèles seront élaborés, plus on réduira les activités de programmation, notamment en intégrant les modèles dans un système auteur comme Moodle ou Open edX[43] ou dans un progiciel de gestion de contenu comme WordPress, Joomla ou Drupal[44] qu'il suffira de paramétrer.

Dans l'axe cognitif, le modèle des connaissances et des compétences, ou devis cognitif, donnera sa cohérence à l'ENA en coordonnant les diverses formes de contenus des unités d'apprentissage, préparant ainsi la réalisation du modèle pédagogique et du modèle médiatique de l'ENA. Ce modèle cognitif se précise d'un cycle à l'autre de développement, à partir de modèles pouvant d'abord être informels (cartes conceptuelles), puis semi-formels (en langage MOT), jusqu'à la formalisation des connaissances sous la forme d'une ontologie (langages RDFS ou OWL).

Les modèles des trois autres axes se précisent également d'un cycle à l'autre. Dans l'axe pédagogique, on passera des cartes conceptuelles, aux modèles semi-formels en langage MOT, jusqu'à la représentation visuelle de scénarios à l'aide de GMOT en mode exécutable. S'ils sont importés dans un système auteur, les modèles de scénarios offriront aux personnes apprenantes ainsi qu'aux facilitateurs et aux facilitatrices une interface Web pour réaliser en ligne les activités d'apprentissage ou d'enseignement. Dans le même esprit, les premières versions informelles des modèles médiatiques seront représentées en langage semi-formel MOT et décriront les pages Web, leurs composantes médiatiques et leurs hyperliens entre pages, documents, services Web et outils composant l'ENA. Le modèle pourra guider la réalisation concrète de l'ENA dans un progiciel de gestion de contenu.

4.7 Une méthode intégrée au Web sémantique

Une méthode d'ingénierie pédagogique fait un large usage de classifications, de taxonomies ou de typologies pour offrir des choix aux équipes de conception et

---

43 Open edX est une plateforme pour produire des ENA de type CLOM : https://en.wikipedia.org/wiki/edX?oldid=617960483

44 Voir https://www.wpbeginner.com/showcase/best-cms-platforms-compared/ pour une description des systèmes.

leur faire des recommandations quant aux types de composantes à y intégrer. À titre d'exemple, la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) est fondée sur seize typologies réparties selon les quatre axes de la méthode : types de connaissances et de compétences visées; types de scénarios, d'activités et de ressources pédagogiques; types de composantes médiatiques; types d'activités, d'acteurs et de ressources de diffusion[45].

Ces dernières années, l'essor du Web DOL (ou Web sémantique) a apporté un ensemble croissant de modèles sous la forme d'ontologies qui généralisent les typologies et peuvent être utilisées comme composantes d'une méthode d'ingénierie des ENA. Les ontologies offrent une description plus approfondie des connaissances que les typologies au moyen de classes d'objets et de relations entre les classes ou définissant les propriétés des classes d'objets. Les ontologies peuvent être décrites formellement en utilisant les langages du Web sémantique (RDFS et OWL) et leurs versions graphiques intégrées dans le langage de modélisation GMOT.

Dans la MIENA, on proposera aux équipes de conception de nouvelles ontologies qui leur offriront des choix pour décrire, entre autres, les propriétés des personnes apprenantes et des autres acteurs, les types d'activités ou d'événements d'apprentissage, ou encore les catégories d'ENA. On leur proposera notamment une ontologie pour la scénarisation pédagogique et une ontologie de définition des compétences[46].

Ces ontologies de la méthode seront liées à des ontologies ou à des vocabulaires disponibles sur le Web DOL, en précisant des liens de spécialisation d'une classe d'une ontologie de l'IENA avec une classe d'une autre ontologie. On décrira les personnes apprenantes d'un ENA en lien avec l'ontologie FOAF qui décrit les propriétés des personnes et des documents qu'elles produisent. On spécifiera leurs activités sur les réseaux sociaux en lien avec les classes et les propriétés de l'ontologie SIOC (*Semantically-Interlinked Online Communities*), laquelle décrit les interactions des usages dans les réseaux sociaux. On utilisera l'ontologie Ludo[47] pour décrire des ENA ou des unités d'apprentissage d'un ENA sous la forme de jeux sérieux.

---

45 Ces typologies sont présentées au chapitre 7, section 1.

46 L'ontologie de définition des compétences COMP-2020 est décrite au chapitre 8; l'ontologie pour la scénarisation pédagogique est présentée à titre d'exemple au chapitre 7, section 4, et dans un rapport de recherche présenté au GTN-Québec (Paquette et Léonard, 2014).

47 Ces ontologies sont décrites sommairement à la section 3 du chapitre 7 et dans le référentiel LOV (2020).

Cette intégration des ontologies du processus d'IENA dans celles du Web sémantique comporte plusieurs avantages. Ainsi, elle permet de préciser le sens en lien avec un ou plusieurs autres vocabulaires, de réutiliser des définitions disponibles sur le Web et auxquelles plusieurs personnes ont contribué et, finalement, de faciliter l'interopérabilité des applications qui pourront utiliser plus d'un vocabulaire.

4.8 Une méthode décrite dans un modèle graphique des scénarios de conception

Un modèle de la MIENA sera construit à l'aide du logiciel GMOT, plus spécifiquement avec la fonction de modélisation de scénarios. Il s'agira cette fois d'un scénario générique de conception à l'intention de l'équipe de projet et non d'un scénario pédagogique ou d'apprentissage. Le scénario présentera les activités de gestion par lesquelles les cycles de développement d'un ENA et la progression dans les axes seront définis. Ces activités se réaliseront par la sélection des ED à produire parmi ceux qui sont inclus dans une banque d'ED constituant un référentiel commun pour tous les usages de la méthode. Ce référentiel d'ED sera enrichi d'autres ressources de conception qui décriront des activités à réaliser dans des projets spécialisés de développement d'ENA (par exemple, des CLOM, des jeux sérieux, etc.) ou adaptées aux personnes utilisant la méthode (par exemple, des concepteurs et des conceptrices novices en matière d'IENA).

Conclusion

Les trois premières sections de ce chapitre ont défini les orientations à retenir dans la méthodologie de l'IENA, et donc dans toutes les méthodes qui se réfèrent à cette méthodologie qui vise à construire de la formation en ligne à l'aide des ENA. Pour la MIENA en particulier, les bases décrites à la section 4 fonderont l'architecture de cette méthode d'IENA qui sera présentée au chapitre suivant. Cette méthode intégrera des concepts, des processus et des principes issus des domaines du design pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif. Ces notions seront intégrées en un processus unifié, agile, flexible et ouvert. Leur unification sera facilitée par l'évolution relativement convergente de ces trois domaines, ce qu'ont démontré les trois premières sections du chapitre.

Le tour d'horizon de ces trois méthodologies fondatrices de l'IENA, en insistant sur leur évolution des dernières années, sera utile aux chercheurs et aux chercheuses qui s'impliquent dans l'IENA et qui doivent consulter l'évolution des travaux dans des champs voisins de leur spécialisation propre. L'IENA est en effet une méthodologie interdisciplinaire. L'intégration qui en est faite pour définir les

bases de la MIENA sera également utile aux praticiens et aux praticiennes de l'IENA, même si l'on décidait d'utiliser d'autres méthodes. Ils et elles pourront se servir de la section 4 du chapitre pour adapter leur démarche d'ingénierie aux principes qui y sont développés.

La MIENA, dont les bases ont été esquissées ici, représentera un progrès important par rapport à la MISA, même si elle héritera de ses fonctionnalités les plus importantes[48]. Avec le recul, cette dernière apparaît maintenant trop rigide, adaptée à de grands projets d'ingénierie pédagogique qui impliquent des équipes nombreuses disposant de beaucoup de temps. L'évolution des technologies du Web des quinze dernières années nous permet et demande une plus grande flexibilité qu'il importe maintenant de concrétiser tout en conservant la rigueur et la cohérence nécessaires pour réaliser des ENA de qualité et capables d'évoluer de façon rapide.

48 L'architecture de la MIENA est décrite au chapitre 14.

Références

Baek, E.-O., Cagiltay, K., Boling, E. et Frick, T. (2007). User-centered design and development. Dans M. Spector, D. Merrill et J. J. G. Van Merriënboer (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 659-670). Erlbaum.

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W. *et al*. (2001). *Manifeste pour le développement Agile de logiciels*. Site du Manifeste. Récupéré le 21 avril 2021 de http://agilemanifesto.org/iso/fr/manifesto.html

Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U. et Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 4*(5-6), 318-331.

Content Management Systems (CMS). (2021). Récupéré le 15 avril 2021 de https://www.wpbeginner.com/showcase/best-cms-platforms-compared/

Fischer, G. (2013). Meta-design: Empowering all stakeholder as co-designers. Dans R. Luckin, P. Goodyear, B. Grabowski, N. Winters, Y. Mor, J. Underwood et S. Puntambeker (dir.), *Handbook on design in educational technology* (p. 135-145). Routledge.

Gibbons, A. S. (2014). *An architectural approach to instructional design*. Routledge.

Henri, F. (2019). Paradigmes et logiques de formation. Dans B. Albero, B., S. Simonian et J. Eneau (dir.), *Des humains et des machines : hommage aux travaux d'une exploratrice* (p. 391-402). Raison et Passions.

Kleppe, A. G., Warmer, J. B. et Bast, W. (2003). *MDA explained. The model driven architecture: Practice and promise*. Addison-Wesley.

Li, Z. et Merrill, M. D. (1990). Transaction shells: A new approach to courseware authoring. *Journal of Research on Computing in Education, 23*(1), 72-86.

LOV (2020). *Linked open vocabularies*. Récupéré le 19 octobre 2020 de https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/.

Merrill, M. D. (1983). Component display theory. Dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models* (p. 279-333). Erlbaum.

Merrill, M. D. (1994). *Principles of instructional design.* Educational Technology Publications.

Newell, A. et Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall.

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *La modélisation des connaissances et des compétences, un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3), 45-55.

Paquette, G. (2010). An ontology-driven System for e-learning and knowledge Management. Dans G. Paquette, *Visual knowledge modeling for semantic Web technologies: Models and ontologies*. IGI Global.

Paquette, G. et Léonard, M. (2014, mars). *Ontologie de description et vocabulaire de métadonnées pour les scénarios pédagogiques* [rapport de recherche]. GTN-Québec. https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2397836

Reigeluth, C. M. et Rodgers, C. A. (1983). The elaboration theory of instruction: Prescriptions for task analysis and design. *NSPI Journal, 19*(1), 16-26.

Reigeluth, C. M. et Carr-Chellman, A. A. (dir.). (2009). *Instructional-design theories and models: Building a common knowledge base* (Vol. III). Routledge.

Romiszowski, A. J. (1981). *Designing instructional systems*. Kogan Page.

Rose, D. H. et Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Tennyson, R. D. (1990). Integrated instructional design theory: Advancements from cognitive science and instructional technology. *Educational Technology, 30*(7), 9-15.

Tessmer, M. et Wedman, J. F. (1992). Decision-making factors and principles for selecting a layer of instructional development activities. *Performance & Instruction, 38*(2), 77-85.

Väljataga, T. et Fiedler, S. H. D. (2014). Creative re-instrumentation of collective learning activity. Dans D. K. W. Chiu, M. Wang, E. Popescu, Q. Li et R. Lau (dir.), *New horizons in Web based learning* (p. 300-309). Springer. https://link.springer.com/10.1007/978-3-662-43454-3_31

Williams, R., Karousou, R. et Mackness, J. (2011). Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 39-59.

CHAPITRE 14

ARCHITECTURE D'UNE NOUVELLE MÉTHODE D'INGÉNIERIE DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE : LA MIENA

Gilbert Paquette • Josianne Basque • France Henri

RÉSUMÉ

Ce chapitre décrit l'architecture d'une nouvelle méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage, appelée MIENA. Les principales composantes de cette méthode se présentent suivant quatre axes : axe cognitif, axe pédagogique, axe médiatique et axe d'implantation. Ces axes se déploient dans des cycles successifs, chacun menant à la production d'un devis et d'un prototype de l'ENA de plus en plus complet. La méthode propose une approche de gestion du projet d'IENA en mode agile, qui fournit le fil conducteur permettant de choisir le nombre de cycles et d'établir le contenu des devis et des prototypes et leur évolution d'un cycle à l'autre. Cette approche permet de préciser, à l'intérieur de chaque cycle, les types d'acteurs impliqués dans la réalisation de chacun des axes. Dans le dernier cycle, on met l'accent sur la médiatisation finale et sur la planification de l'implantation de l'ENA. L'architecture de la méthode permet de la spécialiser en l'adaptant à certaines catégories d'ENA. Trois de ces spécialisations sont présentées dans ce chapitre ainsi que certains instruments nécessaires pour soutenir les personnes faisant usage de la méthode.

MOTS-CLÉS

Ingénierie pédagogique; environnements numériques d'apprentissage; méthode pédagogique; théories d'enseignement; technologie éducative.

Introduction

L'ingénierie pédagogique est un processus méconnu, exigeant et relativement complexe comme le sont les diverses formes d'ingénierie. La construction d'un pont, l'établissement d'un diagnostic médical ou le développement d'un système informatique impliquent des processus complexes qui nécessitent une méthode élaborée. De la même manière, la construction des environnements numériques d'apprentissage (ENA) a ses spécificités et met en œuvre une multiplicité de démarches. Les méthodes d'ingénierie pédagogique déployées pour ce faire se doivent d'être appliquées de manière à la fois souple et rigoureuse.

Ce chapitre présente l'architecture de la méthode proposée, appelée MIENA, qui comporte un tronc commun d'activités d'ingénierie pédagogique pouvant être coordonnées de différentes façons afin de soutenir la réalisation d'une grande variété de projets d'ENA. Dans cette perspective, des principes d'adaptation sont formulés pour permettre de configurer des démarches « à la carte », simples ou élaborées, selon l'ampleur et les besoins des projets à réaliser. De plus, la méthode entend faciliter le travail des personnes qui l'utilisent en leur offrant une instrumentation à partir de librairies d'objets pédagogiques pouvant être intégrés comme composantes des devis des ENA (Paquette, 2004).

Par ailleurs, puisque l'évolution technologique permet l'intégration plus étroite des processus de conception et de diffusion des ENA en rendant possible l'utilisation de composantes de la méthode en cours même de diffusion de l'ENA, dans une forme presque achevée, il est alors permis de relever et de prendre rapidement en compte les actions des personnes apprenantes, de même que de recueillir divers types de données qui alimenteront le nouveau cycle de conception de l'ENA après diffusion ou en cours même de diffusion. Cette particularité de la nouvelle méthode proposée dans ce chapitre favorise l'adoption d'une forme de conception émergente et participative impliquant les personnes apprenantes elles-mêmes.

Les lignes de force d'une nouvelle méthode d'IENA émergent de la synthèse des orientations développées dans cet ouvrage. Celles-ci reposent sur trois fondements théoriques[1] propres à la méthodologie d'IENA elle-même et se résument de la manière suivante :

– Premier fondement : le design pédagogique scientifique

1 Voir Paquette (2002a) et le chapitre 3 pour une description détaillée de ces fondements.

- Donner la possibilité aux personnes utilisant la méthode de concrétiser les théories de design pédagogique[2] dans des axes ou des activités d'ingénierie de la méthode.
- Adopter une ingénierie participative[3] qui implique les utilisateurs et les utilisatrices ainsi que d'autres parties prenantes (formateurs, formatrices, gestionnaires, etc.).
- Intégrer des principes d'ingénierie adaptative[4] pour faciliter la prise en compte de la diversité des contextes dans lesquels s'inscrivent les projets d'IENA, tout en autonomisant les utilisateurs et les utilisatrices de la méthode.

– Deuxième fondement : le génie logiciel (ou ingénierie des systèmes d'information)
  - S'inspirer du caractère rigoureux et itératif du processus unifié (RUP, 2021).
  - Adopter une architecture logicielle dirigée par les modèles[5].
  - Intégrer la souplesse des méthodes de conception agiles et de prototypage rapide[6].
  - Assurer le pilotage par les données des processus d'ingénierie[7].

– Troisième fondement : l'ingénierie des connaissances (ou génie cognitif)
  - Étendre les typologies d'objets pédagogiques à des ontologies et utiliser les nouvelles possibilités offertes par le Web sémantique[8].
  - Intégrer la modélisation graphique par objets typés (Paquette, 2002b) pour spécifier les connaissances et les compétences à acquérir par les personnes apprenantes, ainsi que pour produire la scénarisation pédagogique, les modèles médiatiques et les modèles d'implantation[9].

---

2 Voir le chapitre 1, section 2.1.2, pour plus de détails sur ces théories, ainsi que Reigeluth et Carr-Chellman (2009).

3 Voir le chapitre 5 et Baek *et al.* (2007), ainsi que le chapitre 2 et Fischer (2013), Buchanan *et al.* (2013) et Brown et Green (2020).

4 Voir le chapitre 2 ainsi que Tessmer et Wedman (1992).

5 Voir le concept de *model-driven architecture* dans Kleppe *et al.* (2003).

6 Voir le chapitre 2 ainsi que Beck *et al.* (2001) et Williams *et al.* (2011).

7 Pour plus de détails, voir le chapitre 6 ainsi que Chatti *et al.* (2013).

8 Voir les chapitres 7 et 8 pour plus de détails.

9 Voir Paquette (2002b; 2014) ainsi que les chapitres 3 et 8.

- Intégrer les ontologies d'objets du modèle de la méthode aux ontologies et aux vocabulaires du Web de données ouvertes et liées pour en préciser le sens et favoriser l'interopérabilité des applications[10].

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) (Paquette, 2002a) a été conçue au cours des années 1990 sur la base de ces trois fondements théoriques[11]. Les orientations rapportées plus haut offrent de nouvelles pistes pour l'élaboration d'une nouvelle méthode d'IENA, la MIENA, mais ne remettent pas en cause l'épine dorsale de la MISA. Ainsi, on peut voir la MIENA comme une actualisation de la MISA lui donnant une grande capacité d'adaptation.

Le chapitre se présente en trois grandes parties : la méthode cadre ou tronc commun de la méthode, les spécialisations de la méthode et l'instrumentation de la méthode.

1 Le tronc commun de la méthode

Cette section présente d'abord une vue d'ensemble de la MIENA. Ce cadre constitue le tronc commun de la méthode, qui pourra être utilisé tel quel dans un grand nombre de projets d'IENA. Dans certains cas, il faudra spécialiser les activités de la méthode en retranchant, ajoutant ou modifiant certaines activités et les éléments de documentation (ED) qui seront produits.

En distinguant « tronc commun » et « spécialisations », un premier effet de flexibilité est obtenu par rapport à une certaine rigidité que l'on trouve dans d'autres méthodes d'ingénierie pédagogique, comme la MISA[12], et dont il est nécessaire de s'éloigner. Des principes d'opération et d'adaptation intégrés au tronc commun de l'IENA auront également ce même effet de flexibilité recherché. Le déroulement générique du processus de l'IENA par cycles successifs sera aussi décrit.

Par la suite, cette section présentera les activités de gestion d'un projet d'IENA de même que les axes de la méthode sous la forme de scénarios de conception permettant à différents acteurs de produire les éléments de documentation (ED) de chacun des cycles. Elle décrira finalement les principes d'adaptation de la méthode et illustrera à travers deux exemples l'application de ces principes d'adaptation.

10 Voir les chapitres 7 et 8.

11 Voir le chapitre 4 pour une présentation de la MISA et le chapitre 3 qui porte sur les fondements de l'IENA.

12 Voir le chapitre 4 et Paquette (2002a).

1.1 Une vue d'ensemble de la MIENA

Le processus central de la MIENA part de la formulation d'une demande pour construire un ENA, provenant généralement d'une organisation (par exemple, une université ou une entreprise). Comme l'indique la figure 14.1[13], différents types d'acteurs réaliseront des activités dans le processus central pour produire certaines composantes du devis et de l'ENA.

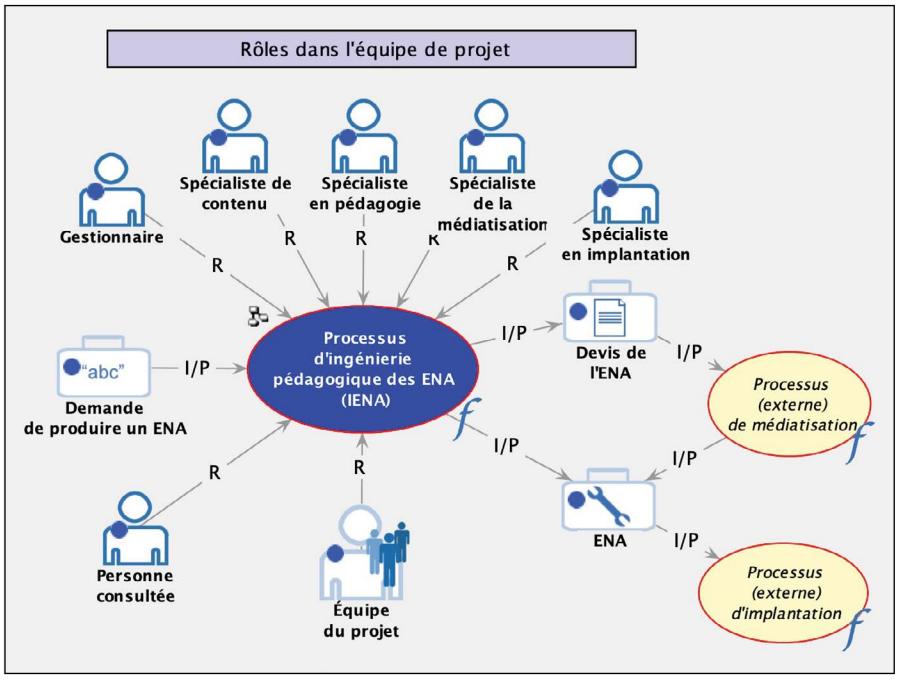
Dans d'autres cas, la complexité de l'ENA demandera l'implication de spécialistes en médiatisation et en programmation agissant dans un processus externe à la méthode. Bien qu'il ne fasse pas partie comme tel de l'IENA, ce processus externe aura comme intrant le devis de l'ENA produit par la MIENA. Dans la plupart des cas, la mise en œuvre de l'ENA fera aussi appel à un processus d'implantation pour l'intégrer dans les systèmes informatiques et logistiques d'une organisation ou dans l'environnement informatique personnel de chacune des personnes apprenantes. Ce processus est aussi externe à la MIENA, mais il se fonde sur le devis d'implantation préparé par la MIENA.

Dans la MIENA proposée, on trouve l'identification explicite de rôles qui étaient implicites dans d'autres méthodes telles que la MISA. Ainsi, les rôles de spécialiste de contenu (ou de la matière), de spécialiste en pédagogie (incluant les rôles de concepteur et de conseiller pédagogique), de spécialiste de la médiatisation et de spécialiste en implantation correspondent aux différents axes de la méthode. Ces axes demeurent les mêmes que dans la MISA, mais leurs activités sont modifiées pour tenir compte du fait que le système d'apprentissage (SA) à développer est spécifiquement un ENA, c'est-à-dire un environnement numérique sur le Web. Le rôle de gestionnaire, assumé généralement par un ou une technologue de l'éducation, est particulièrement important ici pour adapter la méthode et la personnaliser, de même que pour planifier les travaux et définir le rôle des personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices dans le processus, notamment pour la validation des produits qui émaneront du processus même d'ingénierie.

Soulignons qu'il n'y a pas de correspondance entre les rôles et les personnes réelles faisant partie de l'équipe d'IENA. Celles-ci peuvent à la limite assumer plus d'un rôle ou tous les rôles si elles ont les expertises requises ou si l'ENA est de faible ampleur ou complexité. Elles peuvent aussi ne tenir qu'un seul rôle ou encore plus d'un rôle (par exemple, gestionnaire et spécialiste en pédagogie). Inversement, plus d'une personne peut assumer le même rôle; on pense ici au

13 Les modèles des figures 14.1, 14.3 et 14.4 ont été réalisés avec l'éditeur visuel de scénarios inclus dans l'outil GMOT (Paquette, 2010). Pour plus de détails sur cet outil, consulter http://lice.licef.ca/index.php/gmot-motplus-et-mot/

travail en équipe pour la modélisation des connaissances et des compétences ou la scénarisation pédagogique, et cela particulièrement dans les grands projets où il s'agit de construire un ENA pour un programme de formation complet constitué de plusieurs cours ou unités d'apprentissage (UA).



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un acteur régit une activité).

FIGURE 14.1 **Les acteurs et le processus de l'IENA**

Dans la nouvelle méthode, les phases de la MISA sont remplacées par des cycles de gestion de projet en mode agile. Comme l'indique la figure 14.2, un cycle (C1, C2…) commence toujours par une activité de gestion pilotée par les données obtenues lors de l'évaluation des résultats du cycle précédent. Lors du premier cycle, ces données proviennent de la demande de développement d'un ENA qui aura été formulée, puis seront précisées au besoin par une analyse du contexte du projet. Pour les autres cycles, les données sont celles qui auront été colligées lors de la validation du devis et du prototype (s'il y a lieu) produits à la fin du cycle précédent. Ces données incluent aussi les révisions nécessaires qui peuvent résulter d'une évolution des objectifs du demandeur ou des personnes représentant les

futurs utilisateurs et utilisatrices. Il arrive souvent que les objectifs se précisent à la lecture des premiers devis ou lors de la présentation des prototypes.

Chaque cycle contient un certain nombre d'activités regroupées selon des axes et assumées en général par différents acteurs. Les axes constituant les sous-processus de base de la MIENA peuvent être décrits de la manière suivante :

– L'axe cognitif a pour but de modéliser les connaissances et de produire un profil de compétences qui feront l'objet des apprentissages à l'aide de l'ENA.
– L'axe pédagogique établit un modèle de la structure de l'ENA et des scénarios pédagogiques de chaque UA qui composent l'ENA.
– L'axe médiatique établit un modèle des composantes médiatiques de l'ENA et de leurs liens avec les documents et avec les différents types d'outils et de services utilisés dans l'ENA.
– L'axe d'implantation établit un plan d'implantation de l'ENA dans un ou plusieurs contextes.

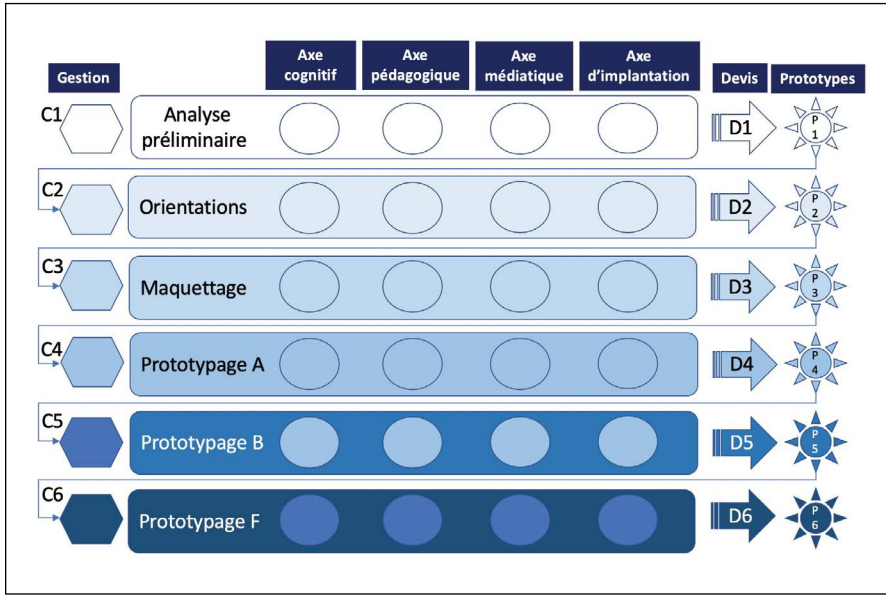


FIGURE 14.2 **L'architecture de la MIENA**

D'un cycle à l'autre, les produits de chaque cycle se précisent. Le cycle initial peut ne consister qu'à élaborer un devis prenant la forme d'un document de quelques pages. Le cycle suivant conduira à la production d'un devis détaillé re-

groupant plusieurs ED et une maquette de l'ENA. Les cycles suivants permettront de produire des devis détaillés de plus en plus précis et des prototypes interactifs de plus en plus développés, jusqu'aux produits finaux.

Dans le processus de la MIENA, les devis accompagnent chaque maquette ou prototype. Contrairement à ce que l'on peut souvent observer dans les projets de développement des environnements Web, le processus laisse à la fin du dernier cycle une documentation complète de l'ENA à l'intention des personnes qui en réaliseront la médiatisation, en assureront l'implantation ou qui procéderont à une révision mineure ou majeure de l'ENA.

Le processus de la MIENA implique également des activités à réaliser dans chacun des quatre axes qui contribuent à des degrés divers à chaque cycle selon le niveau de maturité des prototypes qui sont produits. Dans les premiers cycles, l'accent est mis sur l'axe cognitif (ce qui doit être appris) en interaction avec l'axe pédagogique (comment cela sera appris). Dans les derniers cycles, l'accent se déplace sur la médiatisation et l'implantation. Le processus d'évaluation de l'ENA est concrétisé en traitant l'axe de gestion qui prévoit des plans et des validations des devis, des maquettes et des prototypes, dont le résultat constitue un registre de révisions à réinvestir au début du cycle suivant.

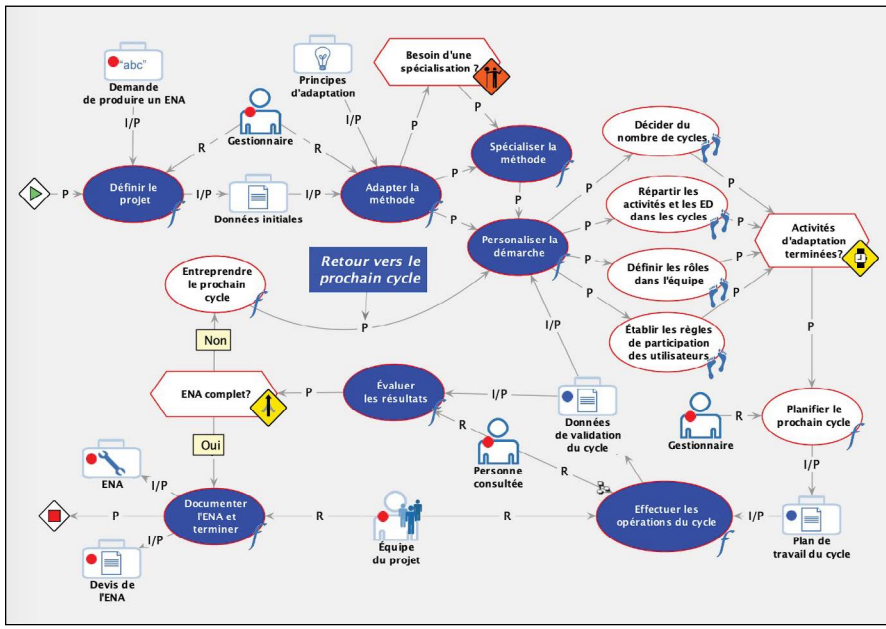
1.2 Les activités de gestion d'un projet d'IENA

Les activités de gestion réalisées au début de chaque cycle sont primordiales dans la MIENA. La figure 14.3 présente un modèle du flux du processus itératif de la MIENA[14] qui situe ces activités de gestion dans leur contexte. Elles sont pilotées par l'acteur gestionnaire à partir des données initiales issues de la demande de produire un ENA ou, lors des cycles suivants, à partir des données de validation du cycle précédent; elles ont pour but de produire le plan de travail de chacun des cycles du processus.

Les principales activités de gestion consistent à adapter la méthode au contexte du projet d'IENA (par exemple, à son ampleur, aux ressources disponibles, aux types de personnes apprenantes, etc.). Cette adaptation est nécessaire dans tous les projets d'IENA pour établir les cycles du processus et les activités qui devront être réalisées dans chacun d'eux. Les activités et les ED pouvant être produits

14 Les modèles des figures 14.3 et 14.4 représentent les acteurs, les activités qu'ils régissent (lien R vers l'activité), les ressources qu'ils utilisent et produisent (lien I/P pour « intrant ou produit ») ainsi que l'ordonnancement des activités (lien P pour « précède ») géré par des conditions (hexagones). Pour examiner le flux des opérations, il faut suivre les liens P et I/P à partir du symbole de départ (triangle vert) jusqu'au symbole de terminaison (carré rouge).

dans chaque axe sont énumérés plus loin, mais sans être répartis de façon rigide dans des phases fixées à l'avance comme dans la MISA. Outre cette personnalisation de la démarche de conception, une autre forme d'adaptation optionnelle de la méthode consiste à la spécialiser pour produire certains types particuliers d'ENA comme les CLOM, les environnements intelligents pour l'apprentissage (EIA) ou des environnements adaptés à certains contextes socioculturels.



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un acteur régit une activité); P (précède).

FIGURE 14.3 **Le flux du processus itératif de la MIENA**

En somme, les activités de gestion de la MIENA consistent à adapter la méthode en établissant le nombre de cycles nécessaire à la réalisation du projet, en répartissant les activités et les ED de gestion et ceux des quatre axes dans les cycles retenus, en définissant les rôles et les responsabilités des membres de l'équipe et en établissant les règles de participation des personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices. Ces rôles et même le nombre et le contenu des cycles pourront être réexaminés au début de chacun des cycles suivants, lors des prochaines activités de gestion et de planification du cycle.

L'ordre de ces activités d'adaptation sera établi au moment de leur exécution. Si une spécialisation a été retenue, elle précédera les autres activités d'adapta-

tion, car elle impliquera en général des ajouts, des retraits ou des modifications aux activités et aux ED de certains axes. La spécialisation retenue aura aussi une influence sur le nombre de cycles, les rôles des membres de l'équipe et les règles de participation des utilisateurs et des utilisatrices. Une fois l'adaptation de la méthode terminée, avec ou sans spécialisation, les différentes décisions seront intégrées dans le plan de travail du cycle dont la réalisation va débuter, ce qui est le but de cette activité de gestion.

On entreprendra alors la réalisation du cycle, ce qui implique des interventions de la part des spécialistes pour produire les ED prévus pour ce cycle dans le plan de travail. Ces interventions sont menées individuellement ou en équipe de projet. Des interventions émanant des personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices sont également prévues dans le plan de travail, au minimum pour la validation et la révision des produits résultant des activités du cycle. À la fin du cycle, le devis et l'ENA sont produits et les données de révision sont obtenues pour amorcer le prochain cycle. Si l'ENA est jugé satisfaisant, on produit une version finale du devis et un ENA prêt pour l'implantation.

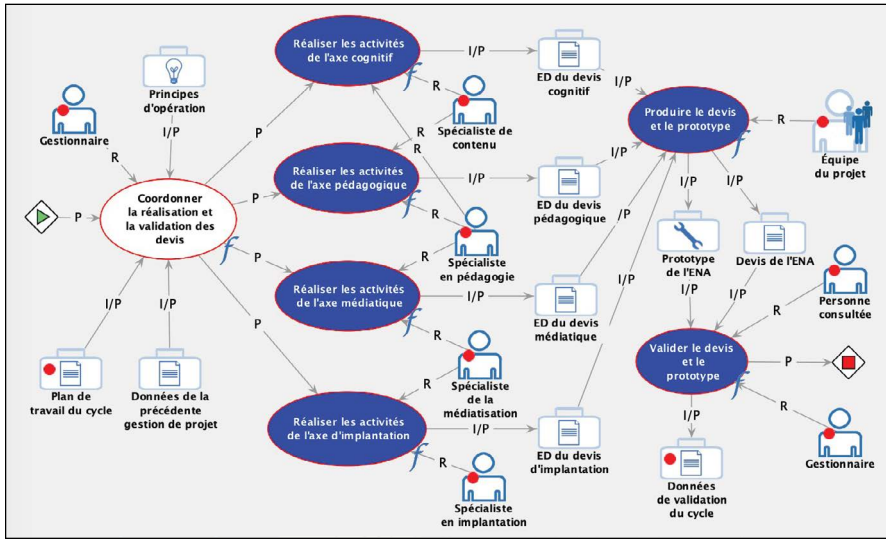
Les principes d'adaptation de la méthode présentés à la section 1.4 servent de guide au gestionnaire et à l'équipe de projet. Par exemple, la figure 14.2 illustre six cycles dans le processus global, ces cycles pouvant être nécessaires à la réalisation de projets de grande envergure. Il est toutefois possible de choisir de réaliser un projet en moins de cycles lors de la première activité de gestion et également par la suite. Ainsi, dans un projet de moyenne ampleur, on pourra regrouper les trois premiers cycles et offrir à la fin un devis et une maquette, puis on regroupera les trois cycles de prototypage en un ou deux cycles pour offrir une ou deux versions successives de l'ENA.

1.3 Les axes, leurs produits et les principes d'opération

On présentera maintenant le processus d'IENA qui s'applique à un cycle typique, une fois le plan de travail du cycle disponible et les données initiales ou de révision obtenues lors de la validation précédente. Comme l'indique la figure 14.4, le ou la gestionnaire de projet, guidé par des principes d'opération, coordonne la réalisation et la validation des devis et du prototype produits au cours du cycle.

Les activités des sous-processus décrivant les activités des quatre axes sont réalisées par les personnes assumant les rôles respectifs de spécialiste de contenu (axe cognitif), de spécialiste en pédagogie (axe pédagogique), de spécialiste en médiatisation (axe médiatique) et de spécialiste en implantation d'ENA (axe d'implantation). Dans une approche participative, des personnes représentant

les futurs apprenants-utilisateurs de l'ENA pourraient se joindre à l'équipe. L'ensemble de ces acteurs réalise les devis correspondants des quatre axes, chacun regroupant un ou plusieurs ED. Ces devis sont intégrés par l'équipe de projet pour produire le devis et le prototype résultant du cycle. Ces produits du cycle sont ensuite validés par des personnes représentant les utilisateurs et les utilisatrices, regroupées dans un comité de pilotage, pour obtenir les données de révision qui serviront d'intrants au prochain cycle ou qui permettront de terminer le projet.



Légende : I/P (intrant ou produit d'une activité); R (un acteur régit une activité); P (précède).

FIGURE 14.4 **Le processus de réalisation d'un cycle de la méthode**

Comme dans la MISA, les ED peuvent ici aussi prendre la forme de textes, de tableaux, de schémas ou de modèles graphiques. Les documents textuels peuvent être remplacés ou complétés par des enregistrements sonores ou des vidéos présentant le contenu d'un ED. Les ED sont décrits pour chacun des axes dans les paragraphes qui suivent.

Toutefois, contrairement à la MISA, les activités et les ED ne sont pas associés de façon fixe aux cycles et aux axes. Ils y sont rattachés uniquement par l'identification de l'axe (C, P, M, I) et un numéro d'ordre. Cette façon de faire permettra de les répartir librement dans les cycles lors des activités de gestion menées au début de chaque cycle. Les activités de gestion sont numérotées de la même façon et sont attribuées tout aussi librement dans les différents cycles.

Cinq tableaux[15] (un pour l'ensemble des activités de gestion et un pour chacun des quatre axes) permettront au gestionnaire de sélectionner les ED qui devront être inclus dans chacun des cycles (tableaux 14.1 à 14.5). Les ED sont largement inspirés de la MISA, mais sont en nombre plus restreint (il y en a vingt-huit) et adaptés à la situation plus spécifique d'un système d'apprentissage (SA) prenant toujours la forme d'un ENA diffusé sur le Web. Les préalables entre les ED ont aussi été réduits par rapport à ceux de la MISA afin d'augmenter la flexibilité de la méthode.

Par ailleurs, comme dans la MISA où les ED sont évolutifs, plusieurs versions du même ED16 pourront être produites dans des cycles différents (par exemple, pour la deuxième activité de l'axe pédagogique identifiée P-2, on pourrait prévoir que les versions P-2.1 et P-2.2 de cet ED seront respectivement produites aux cycles 2 et 3).

15 Ces ED sont des ressources d'aide à la réalisation des activités de conception. Il serait possible de les intégrer dans un référentiel de ressources libres géré par un logiciel tel que COMÈTE (Paquette *et al.*, 2014).

16 Les numéros de ces ED sont suivis d'un astérisque dans les tableaux 14.1 à 14.5.

TABLEAU 14.1 **Grille de sélection des activités de gestion de projet**

Numéro	Contenu	Format	Préalables[17]	Source dans la MISA[18]
G-1	*Objectifs de la formation* : priorités de la formation, date de livraison, durée de vie, ampleur, secteur et type de formation	Texte bref	Demande de l'ENA (G-0)	ED 100 ED 102
G-2*	*Organisation du développement de l'ENA* : ressources et outils de conception et de médiatisation de l'ENA, plan de participation des utilisateurs et des utilisatrices, organisation du travail d'équipe	Texte structuré	G-1, P-3, M-2, I-2	ED 330
G-3*	*Plan des livraisons* : liste des cycles et, pour chacun, description du devis et du prototype visé, ED par axe, période de conception, réalisation, mise à l'essai, révision, plan de travail du cycle suivant	Tableau des cycles	G-1, P-3, M-2, I-2	ED 340
G-4*	*Analyse coûts-avantages-impacts* : coûts de développement, revenus de diffusion, seuil de rentabilité, avantages et impacts anticipés	Tableau et liste	G-2, G-3	ED 242
G-5*	*Plan de validation et de tests* : but et objet des tests, destinataires, périodes de préparation/tests/analyse, critères d'évaluation, évaluations, scénario des tests	Texte structuré, modèle GMOT	G-3, devis, maquette ou prototype de l'ENA	ED 540
G-6*	*Registre des changements postvalidation* : demandeur, type, description, évaluation des demandes de révision, décision, suivi et répartition des révisions	Tableau des demandes	G-4, G-5, devis, maquette ou prototype de l'ENA	

17 Les préalables à la réalisation de l'activité sont synthétisés graphiquement à la figure 14.5, section 1.4.

18 La numérotation des ED de la MISA est celle présentée au chapitre 4 et leur contenu est présenté en détail dans Paquette *et al.* (2000).

TABLEAU 14.2 **Grille de sélection des activités de l'axe des connaissances et des compétences**

Numéro	Contenu	Format	Préalables	Source dans la MISA
C-1	*Orientations du modèle cognitif* : but de la modélisation, type de connaissances, d'habiletés, de modèles, liste de connaissances	Texte énonçant les orientations	Demande de l'ENA, entrevues avec les demandeurs	ED 210
C-2*	*Modèle cognitif principal* : connaissances et liens typés, habiletés associées aux connaissances principales	Modèle GMOT	C-1, C-3, G-1, P-3, ontologie des modèles	ED 212
C-3*	*Profil de compétences* : connaissance, habileté, niveau de performance, compétence avant formation et compétence visée	Tableau	C-2, ontologie de la compétence	ED 214
C-4*	*Contenu des unités d'apprentissage* : répartition des connaissances et des compétences dans les UA	Sous-modèles GMOT pour les UA	C-2, C-3, P-3	ED 310
C-5*	*Contenu des ressources* : association des connaissances et des compétences aux ressources des UA	Sous-modèles GMOT des ressources	C-4, P-5	ED 410

TABLEAU 14.3 **Grille de sélection des activités de l'axe pédagogique**

Numéro	Contenu	Format	Préalables	Source dans la MISA
P-1	*Profil des apprenants et des apprenantes* : nombre de profils et, pour chacun, langue, culture, disponibilité, scolarité, âge moyen, attitudes générales, expérience des technologies, style d'apprentissage	Tableau par profil	Demande de l'ENA, entrevues avec les demandeurs	ED 104
P-2	*Orientations pédagogiques* : concept intégrateur, type du réseau d'unités d'apprentissage, types de scénarios d'apprentissage (collaboration, évaluation, ressources, adaptabilité)	Texte énonçant les orientations	P-1, G-1, C-1, ontologie de la scénarisation pédagogique	ED 220
P-3*	*Réseau des UA* : structuration en modules des activités des acteurs et des ressources; règles de démarche, de collaboration, d'évaluation et d'adaptation	Modèle GMOT, énoncés des règles	P-2, C-2, C-3	ED 222
P-4*	*Propriétés des UA* : profil des apprenants et des apprenantes visé, durée, évaluation, collaboration, sous-modèle des connaissances, lien avec le scénario, type de scénario, mode de diffusion de l'ENA	Tableau de propriétés par UA	P-3, C-4	ED 224
P-5*	*Scénarios pédagogiques des UA* : pour chaque UA, structuration des activités des acteurs et des ressources utilisées et produites	Modèles GMOT	P-4, M-2, I-2	ED 320
P-6*	*Propriétés des activités* : pour chaque activité d'un scénario pédagogique, type d'activité, durée, mode d'évaluation et consignes	Tableaux référant aux consignes à intégrer dans l'ENA	P-5	ED 322
P-7*	*Propriétés des ressources* : pour chaque ressource, type de ressource, UA d'appartenance, statut de la médiatisation, demande de droits	Tableau par ressource	P-5	ED 420

TABLEAU 14.4 **Grille de sélection des activités de l'axe médiatique**

Numéro	Contenu	Format	Préalables	Source dans la MISA
M-1	*Matériels numérisés et ressources documentaires à utiliser* : identifiant, source, fonction dans l'ENA, support, type d'accès, technologie utilisée	Tableau par ressource	Entrevues, questionnaires, documents	ED 108
M-2	*Orientations médiatiques* : type d'ENA, type de réseau de communication, interactivité, types de ressources numérisées	Texte énonçant les orientations	M-1, P-2	ED 230
M-3*	*Liste des ressources de l'ENA* : statut, type, destinataire, composition, UA d'utilisation	Tableau par ressource	M-2, P-5, I-2	ED 430
M-4*	*Modèles médiatiques des ressources* : pour chaque ressource à médiatiser, modèle de ses composantes et éléments médiatiques, établissement des hyperliens	Modèle GMOT	M-3, G-4, G-5	ED 432
M-5*	*Composantes médiatiques* : pour chaque ressource, liste des composantes, de leurs éléments médiatiques, leurs adresses, leur type, leur état, leur statut et leurs documents sources (URL)	Tableau des composantes par ressources	M-4	ED 434 ED 436

TABLEAU 14.5 **Grille de sélection des activités de l'axe d'implantation**

Numéro	Contenu	Format	Préalables	Source dans la MISA
I-1	*Contexte du système de formation* : individuel, institutionnel (type), virtuel/présentiel, infrastructure technologique, projet et cours connexe, ressources et services disponibles	Rapport textuel élaboré	Entrevues, questionnaires, documents	ED 100 ED 106
I-2	*Orientations de l'implantation* : type de modèle de diffusion, type de média social, acteurs de la diffusion, milieu et horaire de diffusion, composition des groupes, évaluation des personnes apprenantes, évaluation de l'ENA	Texte énonçant les orientations	I-1, C-1, P-2	ED 240
I-3*	*Modèles de diffusion* : construction d'un graphe des acteurs, de leurs rôles et de leurs tâches, des outils et des services qu'ils utilisent ou rendent disponibles aux autres acteurs lors de la diffusion	Modèle GMOT	I-2, P-5, M-4	ED 440
I-4*	*Tableau des acteurs de la diffusion* : pour chaque acteur, son type, ses tâches, les ressources, services ou moyens de communication utilisés ou fournis à d'autres acteurs	Tableau par acteur	I-3	ED 442 ED 444 ED 446
I-5	*Plan d'implantation pédagogique* : intégration à la base de connaissances d'un établissement, inscription des personnes apprenantes, constitution des groupes, gestion des facilitateurs et des facilitatrices, évaluation des apprentissages	Textes structurés	I-4, C-5, P-5	ED 610 ED 620
I-6	*Plan d'implantation matérielle* : gestion de l'ENA et des ressources numériques, soutien technique, gestion des ressources, gestion de la qualité, gestion du matériel promotionnel	Fiche de l'ENA, référence aux fichiers numériques	I-5, M-4	ED 630, ED 640

Cinq principes d'opération de la méthode gèrent la succession des activités de production des ED entre les axes et entre les cycles :

– *Principe d'opération 1*. Le processus de conception procède en spirale, par itérations successives, de l'abstrait vers le concret jusqu'à la production du devis final et de l'ENA, à partir des demandes de l'ENA, précisées par une analyse

des profils des apprenants et des apprenantes (P-1), des ressources disponibles (M-1) et du contexte de formation (I-1).

– *Principe d'opération 2*. La définition des principes d'orientation de chacun des quatre devis (C-1, P-2, M-2, I-2) assure la cohérence de l'ENA. Ces principes sont particulièrement utiles non seulement pour assurer la qualité de l'ENA, mais aussi pour coordonner le travail lorsque le développement s'étale sur plusieurs cycles et implique la participation de plusieurs types de spécialistes. En général, l'usage de ces principes réduit le temps de transmission des informations d'une personne à une autre.
– *Principe d'opération 3*. Chaque sous-processus correspondant aux axes de la méthode se concentre sur la définition d'un des quatre devis de l'ENA. Le devis pédagogique se fonde sur le devis cognitif qui contient un modèle des connaissances et des compétences. Le modèle et les scénarios pédagogiques sont indépendants du choix des types de médias et de ressources de l'ENA, qui sont précisés dans le devis médiatique, lequel offre un plan précis de l'ENA. Le devis d'implantation définit l'ENA dans son contexte, en précisant les ressources, les outils, les moyens de communication et les services de soutien à la diffusion de l'ENA.
– *Principe d'opération 4*. Bien qu'ils soient indépendants et qu'ils jouent des rôles différents dans un ENA, les quatre devis des axes doivent être solidement coordonnés en vue d'obtenir un ENA qui atteint ses objectifs. Le modèle des connaissances et des compétences joue un rôle unificateur important à cet égard. Un sous-modèle est associé à chaque unité d'apprentissage, définissant ainsi le contenu sur lequel vont porter les scénarios d'apprentissage. Le devis pédagogique est également coordonné avec le devis médiatique de l'ENA par l'intermédiaire des scénarios d'apprentissage où les ressources numériques à médiatiser, ou à récupérer de banques de ressources libres, sont associées aux activités d'apprentissage.
– *Principe d'opération 5*. La synchronisation dans le développement des quatre devis est très importante. Elle est assurée par l'approche de développement progressif par l'intermédiaire des cycles.

1.4 Les principes d'adaptation de la méthode

Les principes d'adaptation de la méthode permettent de répartir les ED des tableaux 14.1 à 14.5 dans un certain nombre de cycles, avec la seule restriction des liens de précédence qui existent entre eux, identifiés dans les tableaux et illustrés à la figure 14.5.

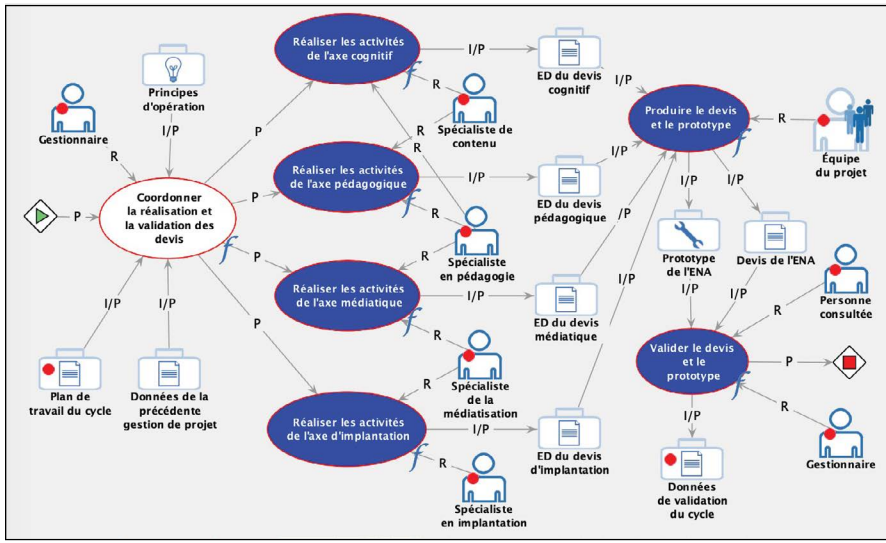


FIGURE 14.5 **Une vue d'ensemble des ED et de leurs liens de précédence**

La méthode inclut sept principes d'adaptation :

– *Principe d'adaptation 1*. L'ampleur et la nature du projet d'IENA, définies dans les ED initiaux de chaque axe, déterminent le nombre de cycles dans lesquels seront répartis les activités et les ED des tableaux 14.1 à 14.5. Un cycle d'analyse préliminaire est presque toujours nécessaire. Les ED peuvent être répartis librement dans un certain nombre de cycles, pour autant que l'on respecte les liens de précédence illustrés à la figure 14.5, dont le nombre a été réduit le plus possible pour permettre une meilleure adaptation que dans la MISA.

– *Principe d'adaptation 2*. La plupart des projets utiliseront les huit ED évolutifs G-2*, G-3*, C-2*, C-3*, P-3*, P-5*, M-4* et I-3* (indiqués à la figure 14.5). Ceux-ci peuvent être répartis sur un ou plusieurs cycles du projet, alors que d'autres projets nécessiteront de produire la majorité des ED répartis sur trois ou plusieurs cycles du projet. Les ED évolutifs sont généralement produits en plus d'une version d'un cycle à l'autre pour tenir compte de l'évolution des autres axes.

– *Principe d'adaptation 3*. Les ED de chacun des axes sont réalisés séquentiellement, comme indiqué à la figure 14.5; les premiers ED d'un axe n'apparaissent qu'au premier cycle d'un projet et les derniers se concentrent vers la fin du projet.

– *Principe d'adaptation 4*. Dans un même axe, certains ED peuvent être réalisés en parallèle, par exemple G-4 et G-5, P-6 et P-7 ou I-4 et I-5. Certains sont

complémentaires d'un ED précédent. Par exemple, M-5 décrit en un tableau de propriétés les composantes du modèle médiatique développé en M-4. Ces ED sont optionnels ou peuvent être reportés au dernier cycle à l'intention des spécialistes de la médiatisation ou du personnel d'implantation de l'ENA.

– *Principe d'adaptation 5*. Dans un cas bien précis, au cœur de la définition d'un ENA, les ED C-2 et C-3 (modèle des connaissances et profil de compétences) sont réalisés en interaction avec l'ED P-3 (réseau des unités d'apprentissage), et ce, en de multiples versions dans plus d'un cycle.
– *Principe d'adaptation 6*. Un certain ordonnancement existe entre les axes, représenté à la figure 14.5 par des liens de précédence interaxes. Le choix des orientations du devis cognitif (C-1) précède le choix des orientations pédagogiques (P-2), ceux-ci précédant le choix des orientations médiatiques (M-2) ainsi que le choix des orientations de l'implantation (I-2). Cet ordonnancement n'est pas total puisque les orientations de l'implantation (I-2) influencent le choix des ressources (M-3). Inversement, le modèle médiatique (M-4) influence le modèle de diffusion (I-3).
– *Principe d'adaptation 7*. D'un cycle à l'autre du projet, l'accent se déplace des ED des axes cognitif et pédagogique vers les ED des axes médiatique et d'implantation.

1.5 Deux exemples d'adaptation de la méthode

Deux exemples d'application de ces principes d'adaptation seront maintenant présentés, en illustrant à la figure 14.6 la répartition des ED par cycle pour un projet d'ENA typique de taille moyenne comportant quatre ou cinq UA. Le schéma de la figure 14.2 est ici réutilisé, cette fois en incluant seulement quatre cycles.

– Le premier cycle (C1) (*analyse préliminaire*) vise à produire un devis préliminaire (D1) sur la base d'une analyse de la demande d'ENA (G-1) et d'une première version de l'organisation de son développement (G-2.1). On y définit les orientations des quatre axes (C-1, P-2, M-2 et I-2), un premier modèle des connaissances (C-2.1) et un premier profil de compétences (C-3.1) fondé sur les profils des apprenants et des apprenantes (P-1). Un premier modèle du réseau des unités d'apprentissage (P-3.1), un inventaire des ressources disponibles (M-1) et une description du contexte d'implantation de l'ENA (I-1) complètent l'analyse préliminaire du projet.
– Le deuxième cycle (C2) (*maquettage*) vise à produire un premier devis d'architecture (D2) et une maquette de l'ENA (M) sur la base d'une révision de l'organisation du projet (G-2.2) et d'un plan des livraisons (G-3) où trois autres cycles sont planifiés. Un plan de tests (G-5.1) est préparé et une révision de la

maquette (G-6.1) est réalisée en fin de cycle. Dans ce cycle, on prévoit réaliser un modèle des connaissances (C-2.2) et un profil de compétences (C-3.2) plus développé dont le contenu sera réparti dans des UA mieux définies (P-3.2 et P-4.1). Une première version du modèle des scénarios d'apprentissage est élaborée (P-5.1). Après avoir dressé une liste de ressources numériques (M-3.1) à intégrer telles quelles ou avec modifications mineures dans l'ENA, un premier modèle médiatique de l'ENA (M-4.1) est élaboré. Aucune activité de l'axe d'implantation n'est nécessaire à ce stade.

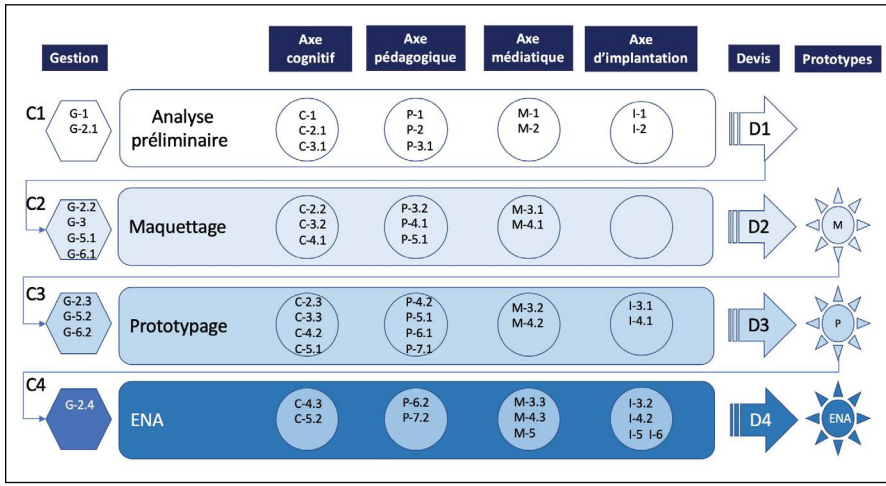


FIGURE 14.6 **Un exemple d'adaptation de la MIENA en quatre cycles**

– Le troisième cycle (C3) (*prototypage*) a pour but de produire un devis détaillé (D3), puis un prototype de l'ENA (P), en utilisant les résultats d'une nouvelle version des activités de gestion (G-2.3, G-5.2, G-5.3). On doit noter que l'activité d'analyse coûts-avantages (G-4) n'est retenue dans aucun cycle de ce type de projet. Les modèles des connaissances et des compétences des UA (C-2.3, C-3.3, C-4.2) sont approfondis à la lumière de l'évaluation de la maquette (M). Des compétences préalables et visées sont associées aux ressources des UA (C-5.1). Le devis pédagogique est précisé (P-4.2 et P-5.1) et une description des activités (P-6.1) et des ressources (P-7.1) à intégrer dans le prototype d'ENA est préparée. La liste des ressources (M-3.2) et le modèle médiatique de l'ENA (M-4.2) serviront à construire le prototype. Un modèle sommaire d'implantation est également esquissé (I-3.1 et I-4.1).
– Le quatrième cycle (C4) (*ENA*) a pour but de produire l'ENA sur la base de la validation et des révisions du devis et du prototype (P) réalisé au cycle 3.

L'association des connaissances et des compétences aux UA (C-5.1) et aux ressources (C-5.2) est définitivement arrêtée, ainsi que les propriétés des activités (P-6.2) et des ressources (P-7.2) des UA. La liste des ressources et le modèle médiatique de l'ENA sont stabilisés et un tableau des composantes médiatiques est préparé à l'intention de l'équipe de médiatisation. Le modèle de diffusion (I-3.2) et le tableau des acteurs (I-4.2) sont révisés et des plans d'implantation pédagogique (I-5) et d'implantation matérielle (I-6) sont préparés à l'intention de l'équipe d'implantation de l'ENA.

La figure 14.7 présente un autre exemple plus léger d'IENA pour lequel seulement deux cycles ont été jugés nécessaires.

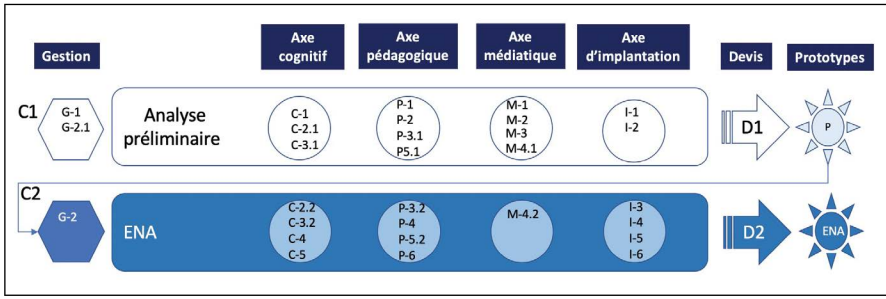


Figure 14.7 UN EXEMPLE D'UNE ADAPTATION DE LA MIENA EN DEUX CYCLES

Certains ED ne sont pas produits et seulement cinq ED devront être soumis à plus d'une version. On suppose ici qu'un prototype d'ENA est élaboré dès le premier cycle à l'aide d'un outil auteur, sans qu'il soit nécessaire de faire une analyse coûts-avantages (G-4) ou d'organiser le développement (G-2) au premier cycle, ni d'élaborer un tableau des ressources (P-7) ou des composantes médiatiques (M-5). Après évaluation du prototype (G-5 et G-6) à la fin du premier cycle, on organise le développement du second cycle (G-2) pour produire l'ENA. Seuls les ED centraux C-2, C-3, P-3 et P-5 et M-4 font l'objet d'une seconde version au cours du second cycle de développement de l'ENA.

2 Les spécialisations de la méthode

Plusieurs chapitres de cet ouvrage ont traité de formes particulières d'ENA, et plus spécifiquement les chapitres 9, 10, 11 et 12. Les études présentées invitent à spécialiser la MIENA pour mieux l'adapter aux différentes réalités. Pour ce faire,

on doit d'abord modifier la banque d'ED en augmentant leur nombre, en remplaçant certains d'entre eux ou encore en modifiant certains autres par une forme plus spécialisée. Outre cette extension des ressources de conception, des modifications au sous-processus de gestion ou à ceux des axes de la méthode pourront également être proposées.

Cette section présente les orientations de trois spécialisations de la méthode. La première s'intéresse au cas où l'ENA prend la forme d'un environnement intelligent pour l'apprentissage (EIA), qui intègre des dispositifs de personnalisation de la démarche d'apprentissage. La deuxième vise une ingénierie des ENA qui tient compte des différences culturelles et contextuelles, que ce soit entre les personnes apprenantes ou entre les équipes de conception de l'ENA et les personnes apprenantes. La troisième porte sur la conception d'ENA favorisant l'autonomie dans l'apprentissage, notamment la conception des CLOM.

2.1 Les spécialisations pour la personnalisation des apprentissages dans les EIA

La personnalisation des apprentissages offerte par les EIA prend une très grande variété de formes[19] qui demanderaient plusieurs ouvrages pour en couvrir tout le champ. Une architecture d'ENA pour la personnalisation des apprentissages fait toutefois consensus dans les travaux sur les EIA (Wenger, 1987). Elle est fondée sur l'interaction entre quatre composantes : un modèle des connaissances du domaine traité dans l'ENA, un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante, un modèle des interventions pédagogiques et un modèle de communication et de l'interface entre l'EIA et la personne apprenante.

Toute spécialisation de la MIENA pour la personnalisation des apprentissages doit assurer la présence de ces quatre modèles dans les activités de conception d'un ENA prenant la forme d'un EIA. Cette section n'examine ici qu'une des formes particulières que peut prendre cette spécialisation, soit celle qui est intégrée au scénario pédagogique (P-3 et P-5) d'un ENA sous la forme d'agents conseillers à base de règles pédagogiques[20].

– *Le modèle des connaissances du domaine traité dans l'ENA*, appelé également modèle des connaissances de l'expert, contient les concepts, les procédures et les principes du domaine de connaissances que vise l'apprentissage (par exemple, les mathématiques, la physique ou les langues). Il peut être struc-

19 Voir le chapitre 9.

20 Cette approche des EIA a été implantée à l'aide du système TELOS (Paquette et Magnan, 2008); le système auteur TELOS est présenté à la section 4 du chapitre 9.

turé et formalisé selon diverses techniques : une hiérarchie de concepts, une ontologie, une méthode de résolution de problèmes, etc. Ce modèle détermine la structure du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante visé et du modèle pédagogique attendu.

Dans les activités du tronc commun de l'IENA, le modèle du domaine correspond à l'axe cognitif dont les activités de conception servent à élaborer un modèle des connaissances du domaine sur lequel sera greffé un profil des compétences visées. Il sert également à caractériser les activités d'apprentissage et les ressources des scénarios pédagogiques quant aux connaissances et aux compétences visées. Il n'est donc pas nécessaire de spécialiser le tronc commun de la méthode à cet égard.

– *Le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante* regroupe et structure tout ce que le système sait sur la personne apprenante, en se basant sur les inférences qu'elle fait à partir de ses interactions dans l'interface utilisateur de l'EIA. Les connaissances recherchées sur la personne apprenante portent sur son état cognitif, métacognitif ou affectif. Les travaux réalisés dans le domaine ont permis de distinguer plusieurs approches principales de modélisation de l'apprenant ou de l'apprenante dans un système tutoriel intelligent (STI). Dans le cas de personnalisation considéré ici, la partie principale du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante est constituée d'une partie des connaissances et des compétences contenues dans le modèle du domaine, soit celles qu'il maîtrise à un moment donné. Si la personne apprenante reçoit une évaluation positive du système ou d'une personne tutrice à la suite d'une activité ou de la production d'une ressource, son modèle des compétences sera mis à jour. Le modèle de l'apprenant ou de l'apprenante pourra aussi comprendre des informations sur son progrès dans les activités de l'ENA, son activité de collaboration dans les forums ou ses préférences en matière de communication.

  Dans le tronc commun de l'IENA, il n'y a aucune activité permettant de construire un modèle de l'apprenant ou de l'apprenante. Comme celui-ci est essentiel à la définition d'un EIA, il faudra donc que les concepteurs d'une spécialisation de la MIENA prévoient une telle activité de conception et décrivent l'ED spécialisé qui en résultera, lequel sera ajouté à l'axe pédagogique. Cet ED (P-8-EIA[21]) définira le contenu de ce modèle de même que les activités d'évaluation qui en fourniront les données. Par exemple, une activité de prétest au début de l'ENA, ou en continu de temps à autre, permettra d'évaluer comment la personne apprenante

21 Les ED ajoutés aux ressources de conception pour les spécialisations porteront un nouveau numéro, différent de ceux du tronc commun, comme P-8, et une indication de la spécialisation, ici « -EIA ». Pour les ED des deux autres sections de ce chapitre, on utilisera « -cult » dans la section 2.2 et « -aut » dans la section 2.3.

se comporte au regard des compétences visées incluses dans le modèle du domaine ou d'autres aspects du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante.

– *Le modèle des interventions pédagogiques* compare les informations des modèles du domaine et du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante pour faire des choix concernant les stratégies à adopter et les recommandations à faire. Ces choix sont conditionnés par certains éléments concernant la personne apprenante, qui permettent de décrire à tout moment l'état de son modèle de l'apprenant ou de l'apprenante : la trace de ses actions dans les activités de l'ENA, l'état de ses connaissances et de ses compétences ainsi que ses caractéristiques personnelles (personnalité, motivation, préférences de modes d'apprentissage et de modes de communication, etc.). Le modèle pédagogique assure la planification dynamique des actions d'assistance à la personne apprenante. Il adapte la stratégie ou la tactique pédagogique à appliquer en fonction des besoins et des préférences de cette dernière. Dans le cas particulier de personnalisation retenu ici, le modèle pédagogique prend la forme d'un ensemble de règles définissant chaque agent. Celles-ci sont insérées à des points critiques (UA, activité) des scénarios d'apprentissage et se mettent en action lorsque des événements qu'elles ont prévus se produisent, par exemple quand une ressource est consultée ou lorsqu'une activité est réalisée.

  Ici également, il faudra ajouter au tronc commun de l'IENA un ED permettant de greffer des agents conseillers au réseau des UA et aux scénarios d'apprentissage. Cet ED (P-9-EIA) consistera à choisir les points d'insertion de chaque scénario et, pour chacun, à définir les règles qui constitueront le modèle des interventions pédagogiques de chaque agent. Chaque règle sera formée d'une condition évaluée au regard du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante et d'une action de recommandation d'une ressource à consulter ou d'une activité à réaliser selon l'état de ce modèle.

– *Le modèle de communication et de l'interface* entre l'EIA et la personne apprenante ainsi que les interactions qui s'y produisent se concrétisent dans l'interface utilisateur, déclenchés par le modèle médiatique de l'ENA. Ce modèle utilise les données des autres modèles pour présenter des tâches, des problèmes, des informations à la personne apprenante. Inversement, le modèle obtient de cette dernière des informations sur ses activités, ce qui permet à l'EIA de lui fournir de l'assistance sous forme de conseils ou en adaptant l'interface utilisateur.

  Cet aspect essentiel d'un EIA devra être programmé à partir du modèle médiatique, à moins de disposer d'un système auteur. Un tel système sera configuré en proposant à l'équipe de conception une interface qui intégrera les données de définition du modèle de l'apprenant ou de l'apprenante (ED P-8-EIA) et celles du modèle des interventions pédagogiques (ED P-9-EIA). Sur cette base, le

système assurera la communication avec la personne apprenante ainsi qu'avec les autres acteurs au cours de la diffusion de l'EIA.

Diverses autres spécialisations peuvent être réalisées pour des systèmes auteurs d'EIA dont les méthodes sont différentes de celle qui vient d'être présentée. Chacune d'entre elles devrait être analysée, ce qui permettrait d'étendre l'arsenal méthodologique de l'IENA.

2.2 Les spécialisations en fonction des différences culturelles et contextuelles

Les ENA favorisent l'intégration des dimensions internationales et interculturelles en éducation, en éliminant les contraintes temporelles et géographiques. De plus en plus, les formations sont diffusées sur plusieurs continents auprès de personnes habitant différents pays, mettant en contact des personnes apprenantes, des formateurs, des formatrices, des concepteurs et des conceptrices provenant de différentes cultures et réalisant leurs activités dans une variété de contextes.

Une méthode d'IENA doit rendre explicites ces différences culturelles et contextuelles pour l'ensemble des acteurs impliqués dans les parcours d'apprentissage. Elle doit aussi soutenir le développement de leurs compétences d'adaptation aux différences culturelles et exploiter la richesse de ces différences dans les activités d'apprentissage. Sur un autre plan, les moyens d'expression médiatique doivent tenir compte des variétés de formes dans l'expression des différentes cultures.

Peu de concepteurs et de conceptrices pédagogiques sont toutefois conscients des différences culturelles, de sorte que les spécialisations de la MIENA doivent les sensibiliser à l'importance de prendre en compte de différentes façons les dimensions interculturelles des activités et des processus de conception.

Les activités de conception de l'axe cognitif de la MIENA doivent tenir compte du fait que les scénarios pédagogiques, les activités d'apprentissage et les ressources pédagogiques sont dotés d'une culturalité, c'est-à-dire qu'ils sont teintés de la culture des personnes ou des groupes qui les ont conçus. Pour pouvoir identifier ces différences culturelles, les personnes apprenantes ainsi que les concepteurs et les conceptrices doivent se créer une représentation des connaissances et des compétences liées à l'adaptation culturelle. Un ED spécialisé (C-7-cult) permettra à l'équipe de conception d'identifier les variables culturelles qu'elle privilégie dans l'ENA[22] (relation à l'autorité, tolérance à l'incertitude, individualisme/collectivisme, rétroaction détaillée, rôle de la personne apprenante, etc.),

22 Voir le chapitre 10 ainsi que Savard (2014) et Savard *et al.* (2020).

puis d'énoncer la compétence d'adaptation nécessaire aux personnes apprenantes compte tenu des différences culturelles entre elles et les concepteurs et les conceptrices de l'ENA.

Par ailleurs, l'activité de gestion du projet d'ENA (G-3) prévoira que des personnes représentant des apprenants et des apprenantes de la diversité culturelle collaboreront à cet ED afin d'identifier les croisements culturels dans le design pédagogique de l'ENA. Ces données pourront ensuite être rendues explicites en les associant à des UA (C-4) et à des ressources (C-5) de l'axe pédagogique. Des objectifs d'adaptation culturelle leur seront par conséquent associés en plus des connaissances et des compétences visées propres au domaine d'étude.

L'axe pédagogique de la MIENA doit tenir compte de la diversité culturelle lors des activités de planification de l'ENA (P-3 et P-5). Deux approches principales peuvent être utilisées : 1) élaborer des scénarios pédagogiques culturellement neutres[23], exempts d'éléments spécifiques à une culture; 2) implanter une approche adaptative visant plutôt à concevoir des ENA dont les composantes sont adaptées ou adaptables à chaque culture. La spécialisation de la méthode offrira aux équipes de conception un ED spécialisé (P-8-cult) présentant un ensemble de stratégies, d'activités et de ressources pédagogiques issues de la recherche en éducation[24] et pouvant être intégrées dans les scénarios pédagogiques selon ces deux approches.

Outre ces ED spécifiques à la spécialisation de la méthode, la plupart des ED du tronc commun devront être sensibles à l'intégration de la dimension culturelle. En particulier, l'axe médiatique devra faire un très large usage de graphiques et de schémas culturellement neutres. On devra y utiliser des modes de communication simples ne demandant pas une connaissance approfondie de la langue d'enseignement. L'axe d'implantation devra favoriser la présence d'animateurs et d'animatrices en ligne agissant comme médiateurs entre la culture de conception et les possibles multiples cultures des personnes apprenantes.

2.3 Les spécialisations favorisant l'autonomie dans l'apprentissage par la conception d'ENA de type CLOM

L'accès à des ENA comme les CLOM a ouvert une voie nouvelle à l'apprentissage, à laquelle tous ont accès gratuitement, sans connaissances préalables et sans

---

23 Voir aussi à ce sujet les travaux sur la conception universelle (Rose et Meyer, 2002) et le site WikiTEDia https://wiki.teluq.ca/wikitedia/index.php/Conception_universelle_de_l%27apprentissage

24 Voir une synthèse de ces recommandations pour le design pédagogique dans Simard et Basque (2008).

contraintes de temps ni d'espace. Cette souplesse et cette ouverture exigent toutefois de la personne apprenante beaucoup d'autonomie et de responsabilité, en même temps qu'elles offrent des possibilités nouvelles pour développer ces capacités et apprendre le « métier d'apprenant » qui lui servira tout au long de sa vie.

Les CLOM proposent un nouveau modèle éducatif[25] ouvert, autonomisant, mais peu facilitant, qui se caractérise par trois dimensions :

– Premièrement, les CLOM présentent un caractère non contraignant, ni pour l'établissement, ni pour la personne apprenante. Seule la personne apprenante peut évaluer son apprentissage et décider des composantes de l'ENA qui représenteront une réussite pour elle.
– Deuxièmement, le processus d'apprentissage proposé peut varier sur un continuum allant d'un contenu très structuré à transmettre (les xCLOM), jusqu'à un contenu peu structuré, axé sur la communication et la coconstruction des connaissances par les personnes apprenantes (les cCLOM). Mais dans tous les cas, à des degrés divers, l'apprentissage prendra forme par une construction personnelle où la personne apprenante sera libre d'exploiter les ressources offertes dans l'ENA du CLOM sans toutefois s'y limiter.
– Troisièmement, le contexte d'apprentissage est non formel[26]. Le contenu d'apprentissage est structuré et organisé jusqu'à un certain point, mais les objectifs d'apprentissage sont autodéterminés par la personne apprenante qui en garde le contrôle selon son intentionnalité propre.

Une spécialisation de la MIENA par les CLOM nécessite d'adapter le tronc commun de la méthode à ce nouveau modèle éducatif.

Tout d'abord, un certain nombre d'activités de conception et d'ED doivent être écartés de la spécialisation de la méthode ou, au contraire, être privilégiés ou adaptés lors de la préparation d'un ENA en mode CLOM :

– Parmi les activités de gestion de la MIENA, l'analyse coûts-avantages-impacts (G-4) est particulièrement importante pour assurer une diffusion massive du CLOM en y consacrant des ressources de développement suffisamment attractives de façon universelle. Par contre, le plan de validation et de tests (G-5) et le registre des changements postvalidation (G-6) ne peuvent être réalisés au début qu'à propos du fonctionnement technique du CLOM, puisqu'on ne peut en général prévoir quel sera le type d'apprenants et d'apprenantes. Il est donc peu utile d'intégrer au premier cycle des personnes représentant les futurs

25 Voir le chapitre 11 ainsi que Charlier et Henri (2016).

26 Voir les définitions proposées par Werquin (2010).

utilisateurs et utilisatrices pour effectuer des validations. Cependant, après chaque diffusion massive d'un CLOM, on pourra y appliquer des techniques d'analytique des apprentissages27 pour obtenir des données d'utilisation en vue de préparer un cycle de développement subséquent qui soit conséquent.

– Tous les ED des axes cognitif, pédagogique et médiatique demeurent utiles à la conception d'un CLOM, mais les choix de conception seront spécialisés en fonction du type de CLOM. Le devis pédagogique et le devis médiatique ne peuvent toutefois se fonder sur le profil des apprenants et des apprenantes (P-1), sauf après la première diffusion. Les propriétés et les consignes des activités (P-6) ainsi que l'utilisation des ressources proposées (P-7) doivent être particulièrement soignées compte tenu du contexte d'autoapprentissage inhérent à tous les types de CLOM.
– L'axe d'implantation sera peu élaboré puisque le contexte d'implantation (I-1) de ce type d'ENA est imprévisible. On pourra toutefois y définir le rôle et les propriétés des acteurs de la diffusion (I-4), par exemple un animateur ou une animatrice de communauté pour les forums et l'accès aux activités, un service de soutien technique du CLOM ou un responsable de l'évaluation des apprentissages lorsque le CLOM donne lieu à des crédits de la part d'un établissement d'enseignement.

Ensuite, au-delà de l'adaptation des ED du tronc commun de la MIENA, de nouveaux ED spécialisés dans la préparation des ENA de type CLOM deviendront nécessaires et seront axés plus largement sur l'apprentissage autonome et la pratique des technologies numériques d'apprentissage, une dimension essentielle aux CLOM, mais aussi, plus largement, à tous les ENA[28] :

– Dans l'axe cognitif, on ajoutera à la banque des activités de conception et des ED une tâche de l'IENA visant à identifier des connaissances et des compétences relatives à l'autonomie de la personne apprenante, à l'utilisation efficace des technologies en soutien à l'apprentissage et à une pratique réflexive permettant à l'apprenant ou à l'apprenante de poser un regard critique sur son expérience (ED C-6-aut). Ces connaissances et ces compétences « autonomisantes », visées par le CLOM ou un autre type d'ENA, serviront à orienter les choix pédagogiques et médiatiques, de concert avec les connaissances et les compétences propres au domaine d'apprentissage.

---

27 Voir le chapitre 6.

28 Voir le chapitre 12 qui tente de cerner les balises d'une ingénierie pédagogique actuelle, en phase avec les transformations de « l'apprendre » induites par l'usage des technologies. Voir aussi Henri (2019).

– Dans l'axe pédagogique, le modèle éducatif des CLOM impliquera que l'équipe de conception laisse aux apprenants et aux apprenantes une large ou une totale latitude quant aux objectifs, aux activités et aux ressources d'apprentissage, ce qui leur permettra de développer leur autonomie. De plus, l'équipe de conception de l'IENA devra fournir aux personnes apprenantes les ressources nécessaires pour les amener à faire un retour sur elles-mêmes, sur la construction continue de leur savoir, de leurs aptitudes et de leurs compétences générales de jugement et d'action. Ces activités de conception seront préparées dans un ED (P-8-aut) qui s'intégrera aux activités de scénarisation (P-3 et P-5) en prenant la forme d'un scénario-cadre qui fournira une démarche, des conseils et des ressources et, surtout, un retour réflexif sur les apprentissages et sur les gains en matière d'autonomie et d'usage efficace des technologies pour apprendre.
– L'axe médiatique porte sur la mise en média de toutes les composantes d'un CLOM ou d'un ENA[29]. Outre les activités de conception du tronc commun de l'IENA, la médiatisation des activités et des outils d'interaction sociale fera l'objet d'un nouvel ED de l'axe médiatique (M-3-aut) qui spécialisera l'ED M-3. On prévoira également dans cet ED des accès à des tutoriels de formation sur les outils technologiques utilisés dans le CLOM.
– L'axe d'implantation prévoit orchestrer la médiation humaine pour soutenir les apprentissages sur les connaissances du domaine. Dans les CLOM et les ENA en général, il importe de soutenir l'apprentissage de l'autonomie, ainsi que l'usage efficace des technologies. Dans un CLOM ou un ENA en autoformation, l'enseignement par un professeur, une professeure ou une personne tutrice est exclu. Ces fonctions d'enseignement ou de tutorat humain doivent être remplacées par un travail collaboratif entre pairs favorisant une entraide sur les plans technique et pédagogique. La MIENA utilisera un nouvel ED (M-6-aut) pour définir diverses formes de présence à distance de chaque apprenant ou apprenante. Elle préparera dans le CLOM ou l'ENA une méthode d'autoévaluation et une méthode d'évaluation par les pairs permettant de mettre en contact des personnes apprenantes compatibles. Elle leur proposera par la suite des activités de collaboration visant la maîtrise des technologies et un retour métacognitif sur leurs activités d'apprentissage.

Il existe plusieurs façons de spécialiser la MIENA pour la conception des CLOM, et plus largement pour la conception des ENA en autoapprentissage, visant à incarner une formation où l'autonomie et l'usage efficace des technologies par la personne apprenante sont considérés comme des aspects à part entière de la conception. Nous n'en avons effleuré ici que certains aspects.

---

29 Pour plus de détails, voir le chapitre 12 ainsi que Peraya (2008).

3 L'instrumentation de la méthode

Les sections précédentes ont offert une vue d'ensemble de la MIENA. Le processus multiacteur au cœur de la méthode a été présenté aux figures 14.1, 14.3 et 14.4 et les activités et les ED du tronc commun de la méthode ont été énumérés aux tableaux 14.1 à 14.5, leur réalisation étant guidée par des principes d'opération. Certains principes d'adaptation et de spécialisation de la méthode ont également été énoncés pour le choix des activités et leur répartition dans des cycles de développement.

Étant donné la complexité de l'ingénierie d'un ENA, les personnes utilisant la méthode doivent être davantage soutenues. Cette section indique quelques pistes pour l'instrumentation qui devra être développée à l'intention de ces personnes utilisant la MIENA :

– *Modèles de la méthode*. La figure 14.2 présente une grille générique d'organisation de la méthode qui permet de définir une grande variété de cas particuliers et de méthodes spécialisées, dont deux exemples ont été présentés aux figures 14.6 et 14.7. Une façon d'instrumenter l'adaptation de la MIENA consistera à fournir à l'acteur gestionnaire un outil interactif lui permettant de produire de tels modèles de la méthode à partir de la banque des ED présentée dans les tableaux 14.1 à 14.5 auxquels il faut ajouter les ED spécialisés. Cet outil de conception offrira aux équipes de conception des conseils personnalisés selon la nature et l'ampleur de leur projet d'ENA.
– *Description des activités et des ED*. Chacun des vingt-huit ED du tronc commun de la méthode qui ont été présentés brièvement dans les tableaux 14.1 à 14.5 doit être décrit beaucoup plus précisément. Outre cette description élaborée, comme pour la MISA[30], mais en les modifiant en fonction de la spécificité des ENA, on proposera des gabarits de textes ou de tableaux ainsi que des exemples de modèles des connaissances, de réseaux d'unités d'apprentissage et de scénarios pédagogiques, de modèles médiatiques et de modèles de diffusion que les équipes de conception pourront réutiliser et adapter.
– *Ontologies et typologies*. Dans les ED seront intégrés des choix offerts par les ontologies et les typologies[31] qui seront documentées, notamment en ce qui concerne les types de modèles des connaissances (C-2), les profils de compétences (C-3), les profils des apprenants et des apprenantes (P-1), les réseaux d'UA (P-3), les scénarios d'apprentissage (P-5) ainsi que les types d'activités

30 Voir la description plus détaillée des axes et des ED dans Paquette (2002a).

31 Voir les typologies et les ontologies présentées dans les chapitres 7 et 10.

d'apprentissage (en P-6), de ressources (P-7 et M-3), de composantes médiatiques (M-4 et M5), de contextes de formation (I-1) et de modèles de diffusion (I-3).

– *Sous-processus des axes*. Le processus général de la figure 14.4 devra être développé en sous-processus pour chacun des quatre axes. Chaque sous-processus « standard » pourra être adapté au type de projet selon les choix offerts dans les ED par les ontologies et les typologies ou déterminés par les types de spécialisations.
– *Référentiels de scénarios d'apprentissage*. Une banque de modèles de scénarios d'apprentissage en lien avec les profils des compétences à acquérir par les personnes apprenantes sera développée[32]. Les équipes de conception pourront utiliser ces scénarios-cadres pour paramétrer un prototype d'ENA en y ajoutant des activités et des ressources spécifiques à leur projet.

Conclusion

Ce chapitre a présenté l'architecture d'une nouvelle méthode d'ingénierie des ENA, appelée MIENA, élaborée sur la base d'orientations extraites de l'ensemble des chapitres de cet ouvrage. Il a décrit le tronc commun de la méthode ainsi que trois spécialisations pour le développement d'EIA permettant la personnalisation des apprentissages, pour des ENA sensibles à la diversité culturelle et pour des ENA soutenant le développement de l'autonomie dans l'apprentissage, notamment dans des CLOM. Beaucoup d'autres spécialisations de la méthode sont évidemment possibles. Des pistes ont également été identifiées pour fournir une instrumentation de soutien à l'utilisation de la méthode par les différents acteurs impliqués dans les projets d'IENA.

Des recherches devront être conduites pour fournir une instrumentation complète de la MIENA et pour en valider les principales composantes. Entre-temps, ce chapitre pourra contribuer à la formation de spécialistes en technologie éducative et en informatique cognitive. Il pourra également soutenir la pratique des ingénieurs et des ingénieures pédagogiques en répondant à certaines de leurs interrogations ou de leurs propositions[33].

32 Voir Paquette (2014).

33 Voir le chapitre 5 qui rapporte les recommandations de praticiens et de praticiennes d'expérience.

Références

Baek, E.-O., Cagiltay, K., Boling, E. et Frick, T. (2007). User-centered design and development. Dans M. Spector, D. Merrill et J. J. G. Van Merriënboer (dir.), *Handbook of research on educational communications and technology* (p. 659-670). Erlbaum.

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W. et al. (2001). *Manifeste pour le développement Agile de logiciels*. Site du Manifeste. http://agilemanifesto.org/iso/fr/manifesto.html

Brown, A. H. et Green, T. D. (2020). *The essentials of instructional design: Connecting fundamental principles with process and practice* (4e éd.). Routledge.

Buchanan, R., Cross, N., Durling, D., Nelson, H. G., Owen, C., Valtonen, A., Boling, E., Gibbons, A. S. et Visscher-Voerman, I. (2013). Design. *Educational Technology, 53*(5), 25-42.

Charlier, B. et Henri, F. (2016). Rechercher, comprendre et concevoir l'apprentissage avec la vidéo dans les xCLOM, *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 13*(23), 36-45. Récupéré le 4 mai 2021 sur le site de la Revue : https://doi.org/10.18162/ritpu-2016-v13n23-03

Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U. et Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 4*(5-6), 318-331.

Fischer, G. (2013). Meta-design: Empowering all stakeholder as co-designers. Dans R. Luckin, P. Goodyear, B. Grabowski, N. Winters, Y. Mor, J. Underwood et S. Puntambeker (dir.), *Handbook on design in educational technology* (p. 135-145). Routledge.

GMOT (2021). *GMOT, MOTplus et MOT*. site du laboratoire LICÉ. Récupéré en mars 2021 de http://lice.licef.ca/index.php/gmot-motplus-et-mot/.

Henri, F. (2019). Paradigmes et logiques de formation. Dans B. Albero, S. Simonian et J. Eneau (dir.), *Des humains et des machines : hommage aux travaux d'une exploratrice* (p. 391-402). Raison et Passions.

Kleppe, A. G., Warmer, J. B. et Bast, W. (2003). *MDA explained. The model driven architecture: Practice and promise*. Addison-Wesley.

Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique : pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2002b). *La modélisation des connaissances et des compétences, un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec.

Paquette, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3), 45-55. https://www.ritpu.ca/img/pdf/art4Paquette-2.pdf

Paquette, G. (2010). Ontology-based educational modelling: Making IMS-LD visual. *Technology, Instruction, Cognition and Learning, 7*(3-4), 263-293.

Paquette, G. (2014). A competency-based ontology for learning design repositories. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 5*(1), 55-62. https://r-libre.teluq.ca/363/

Paquette G., Léonard, M., De la Teja, I. et Dessaint, M. P. (2000). *Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage MISA 4.0 : description des éléments de documentation* [rapport de recherche]. Institut LICEF. https://r-libre.teluq.ca/2248/

Paquette, G. et Magnan, F. (2008). An executable model for virtual campus environments. Dans H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski et D. Sampson (dir.), *Handbook on information technologies for education and training* (2e éd., p. 365-403). Springer.

Paquette, G., Miara, A. et Bergeron, F. (2014). COMETE – An educational search engine on the Web of linked data. *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology, 16*(4), 2-5. https://r-libre.teluq.ca/292/

Peraya, D. (2008). Un regard critique sur les concepts de médiatisation et médiation : nouvelles pratiques, nouvelle modélisation. *Les enjeux de l'information et de la communication, 9*(2), supplément 2008. https://lesenjeux.univ-grenoble-alpes.fr/2008/supplement-a/12-un-regard-critique-sur-les-concepts-de-mediatisation-et-mediation-nouvelles-pratiques-nouvelle-modelisation/

Rational Unified Process (RUP). (2021, 15 avril). Dans *Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_unifié

Reigeluth, C. M. et Carr-Chellman, A. A. (dir.). (2009). *Instructional-design theories and models: Building a common knowledge base* (Vol. III). Routledge.

Rose, D. H. et Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Savard, I. (2014). *Modélisation des connaissances pour un design pédagogique intégrant les variables culturelles*. [thèse de doctorat en informatique cognitive, Université TÉLUQ, Canada]. https://r-libre.teluq.ca/362/

Savard, I., Bourdeau, J. et Paquette, G. (2020). Considering cultural variables in the instructional design process : A knowledge-based advisor system. *Computers & Education, 145*, 103722. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103722

Simard, C. et Basque, J. (2008). Cultural variables and instructional engineering. Dans T. T. Kidd et I. Chen (dir.), *Social information technology : Connecting society and cultural Issues* (p. 274-295). IGI Global. https://r-libre.teluq.ca/645/

Tessmer, M. et Wedman, J. F. (1992). Decision-making factors and principles for selecting a layer of instructional development activities. *Performance & Instruction, 38*(2), 77-85.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*. Morgan-Kaufmann Pub. Co.

Werquin, P. (2010). *Reconnaître l'apprentissage non formel et informel : résultats, politiques et pratiques*. Éditions OCDE. Site de CICIC. Récupéré le 4 mai 2021 de https://www.cicic.ca/docs/oecd/rnfil.fr.pdf

Williams, R., Karousou, R. et Mackness, J. (2011). Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 39-59.

EN GUISE DE CONCLUSION

INTÉGRATION DE L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DANS LA PRATIQUE ÉDUCATIVE

France Henri • Gilbert Paquette • Josianne Basque

Le but de cet ouvrage était de présenter un ensemble de repères applicables au renouvellement de l'ingénierie pédagogique des environnements numériques d'apprentissage (IENA) utilisés en formation à distance, ce à quoi les auteurs et les auteures des chapitres ont contribué par diverses propositions en ce sens.

La première partie a établi un inventaire des connaissances développées en technologie éducative et en design pédagogique au cours des récentes décennies. Cet inventaire a permis à la fois de clarifier la terminologie du domaine traité dans le présent ouvrage, de discerner les théories de design pédagogique toujours valides et de mettre en évidence les nouveaux fondements et principes d'une ingénierie pédagogique dédiée à la conception des ENA.

La deuxième partie a rapporté des propositions formulées par des praticiens et des praticiennes dans le but d'améliorer le processus d'ingénierie des ENA. Puis, dans cette même perspective, ont été mises en avant des propositions de chercheurs et de chercheuses visant à actualiser les approches technopédagogiques afin de les mettre en phase avec l'évolution rapide des technologies numériques, en particulier avec l'essor de la « science des données » fondée sur les avancées en intelligence artificielle et sur l'évolution du Web vers le Web sémantique.

La troisième partie a traité de trois cas d'ingénierie pédagogique des ENA où le processus de conception requiert d'être « spécialisé » : le cas des environnements intelligents d'apprentissage (EIA), celui des cours libres ouverts aux masses (CLOM) et celui des formations en ligne qui prennent en compte les contextes et les cultures des personnes apprenantes ainsi que des formateurs et des formatrices. Chacun de ces cas de conception requiert l'application d'une approche pédagogique spécialisée. Il revient alors à l'équipe de conception de l'ENA de définir ses nouvelles tâches de conception et les nouvelles interven-

tions de soutien à l'apprentissage ou d'accompagnement à mener auprès des apprenants et des apprenantes sur le plan individuel ou collectif. De manière plus concrète, dans le cas des environnements intelligents d'apprentissage (EIA), le modèle veut que la personne apprenante soit invitée à réaliser une démarche d'apprentissage personnalisée. Le concepteur ou la conceptrice doit alors lui fournir une instrumentation et une assistance qui lui permettent de personnaliser sa démarche. Dans le cas des CLOM, la personne apprenante dispose d'une liberté totale; ce modèle d'ENA exige qu'elle soit autonome et entièrement responsable de son apprentissage. Le concepteur ou la conceptrice aura alors comme tâche d'accompagner les personnes apprenantes qui le désirent dans la planification de leur apprentissage, par exemple dans la définition de leurs intentions et dans la formulation de leurs objectifs ainsi que dans l'identification des ressources en soutien à leur apprentissage. Dans le cas des formations en ligne qui prennent en compte les contextes et les cultures des personnes apprenantes et des formateurs et formatrices, il faudra donc, au moment de la conception, identifier les variables culturelles en jeu et se doter d'une méthode de traitement de ces variables[1]. Ces trois cas ont permis de mettre en évidence une problématique de conception qui se situe à deux niveaux : celui des concepteurs et des conceptrices de méthodes d'ingénierie pédagogique et celui des concepteurs et des conceptrices d'ENA qui utilisent ces méthodes d'ingénierie pédagogique. Les premiers doivent prévoir les diverses spécialisations pour répondre à la variété des ENA et inclure dans leur méthode une documentation et une instrumentation pour soutenir les seconds dans la réalisation des tâches de conception s'appliquant à chaque cas.

La quatrième et dernière partie a présenté une synthèse des orientations formulées dans cet ouvrage pour le renouvellement de l'ingénierie pédagogique des ENA. Le directeur et les directrices de l'ouvrage ont ainsi dégagé l'architecture d'une nouvelle méthode d'ingénierie pédagogique désignée par l'acronyme MIENA (méthode d'ingénierie des environnements numériques d'apprentissage). Celle-ci adopte une structure souple pouvant être adaptée aux différents milieux de formation, aux divers types d'ENA, mais aussi aux degrés de maîtrise variables que peuvent en avoir les concepteurs et les conceptrices qui souhaitent l'appliquer. La MIENA se distingue ainsi par sa malléabilité, car elle peut être adaptée aux diverses théories de design pédagogique, selon des cycles de développement en nombre et en complexité variables, tout en étant toujours centrée sur les connaissances et les compétences à acquérir par les personnes apprenantes. En somme, la MIENA est une méthode unifiée, agile, participative et adaptable à une grande variété de situations possibles.

---

1 À titre d'exemple, on pourra consulter la méthode proposée par Savard et Gagné au chapitre 10.

Les auteurs et les auteures qui ont contribué au présent ouvrage proposent un profond renouvellement de l'ingénierie pédagogique classique qui se veut en phase avec l'évolution des technologies et des sciences de l'apprentissage. Ce renouvellement implique des changements majeurs dans les pratiques de conception de la formation qui ont cours dans les milieux de l'éducation formelle et non formelle. Le recours à l'ingénierie pédagogique présente en effet des défis pédagogiques, technologiques et organisationnels indéniables qui sont le plus souvent sous-estimés.

Afin d'assurer une intégration réussie de cette pratique qui entend contribuer de manière significative à optimiser le potentiel pédagogique de la formation en ligne et à assurer une meilleure qualité de l'apprentissage, ces défis doivent d'abord être circonscrits. Quelques éléments de réflexion sur cette problématique sont énoncés dans ce qui suit.

Le recours à une méthode d'ingénierie pédagogique en contexte de formation à distance en ligne : un incontournable

Du point de vue de l'ingénierie pédagogique, une formation constitue un véritable « système d'apprentissage », au sens où il s'agit d'un ensemble de composantes cognitives, pédagogiques, technologiques et logistiques qui sont interdépendantes et organisées en fonction d'un but commun, à savoir celui de favoriser l'apprentissage. Ainsi, la conception de tous les types de formations s'avère une activité de résolution de problèmes que l'on peut qualifier de complexe[2]. Cette complexité s'accroît lorsqu'il s'agit de formations à distance en ligne pouvant prendre la forme d'ENA de divers types. L'équipe de conception doit alors prendre en compte de nombreuses variables de natures diverses. Sur le plan pédagogique, on pense, par exemple : aux caractéristiques des personnes apprenantes; aux objectifs d'apprentissage; aux types de connaissances et de compétences à développer par les apprenants et les apprenantes; à la nature et à la complexité des contenus et au type de stratégies pédagogiques à retenir. S'ajoute à ces variables le format médiatique à privilégier en soutien aux modalités d'interaction en ligne entre, d'une part, les personnes apprenantes et les ressources d'apprentissage et, d'autre part, entre les personnes apprenantes et les formateurs et les formatrices qui les accompagnent dans leur démarche d'apprentissage. Parmi ces variables, il faut également compter le choix des modalités et des technologies pouvant assurer

2 Jonassen, D.H. (2008). Instructional design as design problem solving: An iterative process. *Educational Technology*, 48(3), 21-26.

le suivi de la démarche d'apprentissage des personnes apprenantes. Sur le plan strictement organisationnel et logistique, d'autres variables doivent aussi être considérées : la disponibilité des ressources temporelles, humaines et financières requises pour la conception des ENA, leur développement, leur évaluation et leur implantation. S'y ajoutent les attentes institutionnelles et les contraintes logistiques et technologiques que le concepteur ou la conceptrice se doit de respecter.

On peut le constater, la formation en ligne fait appel à des systèmes d'apprentissage particulièrement complexes. Pour les concevoir et les développer tout en assurant un alignement optimal entre les diverses composantes, on ne peut compter uniquement que sur des approches intuitives et artisanales. Il faut pouvoir recourir à des méthodes d'ingénierie dédiées spécifiquement à ce mode de formation, capables de guider une démarche de conception qui soit rigoureuse et qui permette d'optimiser la qualité pédagogique des ENA en résultant. Toutefois, on doit être conscient que l'intégration d'une nouvelle ingénierie pédagogique dans les divers contextes de formation implique le recours à un processus d'appropriation de la méthode qui exige temps et efforts de la part du concepteur ou de la conceptrice ainsi qu'un processus de transformation de la pratique de conception qui n'est pas banal.

Les particularités de l'intégration de l'ingénierie pédagogique des ENA dans les différents contextes de formation

Les défis de l'intégration de l'ingénierie pédagogique des ENA sont propres à chaque contexte de formation. La situation est fort différente selon que l'apprentissage se déroule en milieu d'enseignement collégial et universitaire, dans les écoles primaires et secondaires, dans les entreprises et les organisations, ou encore dans le cadre d'une formation personnelle en ligne sur les réseaux.

En milieu d'enseignement collégial et universitaire, la pandémie de la COVID-19 a propulsé la formation à distance, autrefois marginale, au rang de nécessité selon des logiques d'optimisation des coûts et des itinéraires de formation, de façon à répondre aux besoins de formation du plus grand nombre. En adoptant cette modalité de formation, le modèle de formation et d'opération de l'établissement universitaire ou collégial s'est vu fortement transformé, causant d'importants bouleversements, surtout lorsque le changement s'est vu introduit sans préparation suffisante. La transposition des modes traditionnels de formation en présence vers une formation en ligne se limitant à des exposés par vidéoconférence s'est révélée un expédient commode dans les circonstances, avec toutefois le désavantage de répandre une vision unique et très étroite de la forme que peut prendre

la formation à distance et du potentiel pédagogique que recèlent aujourd'hui les technologies numériques pour soutenir l'apprentissage dans des situations de formation à distance. Une telle situation a eu pour effet de généraliser et de dévaloriser la formation à distance, alors qu'il ne s'agit que d'une des formes qu'elle peut prendre. Dans les universités et les collèges à distance qui ont développé une pratique de formation à distance diversifiée, le recours aux méthodes d'ingénierie pédagogique demeure nécessaire et largement à faire. Comme mentionné précédemment, l'implantation de ces méthodes est incontournable pour assurer une conception et une diffusion efficaces de ce type de formation et l'exploitation de son plein potentiel pédagogique. La formation en ligne requiert que tous les acteurs s'ouvrent à l'adoption de nouvelles pratiques et au développement de nouvelles compétences, ce qui pourra avoir pour effet d'induire au sein de l'organisation une nouvelle dynamique qui n'est pas toujours simple à implanter.

Dans les écoles primaires et secondaires, l'usage des ressources d'apprentissage numérisées s'est répandu depuis plusieurs années, mais les enseignantes et les enseignants sont souvent laissés à eux-mêmes pour s'approprier cette démarche qui oblige une transformation profonde de leur pratique pédagogique. À titre d'exemple, les approches de « pédagogie inversée » qui combinent pour l'élève l'usage des ENA à domicile et les rencontres en classe offrent une solution mariant socialisation des élèves et usage des technologies. Ces pratiques sont encore peu répandues et demanderaient, pour le personnel enseignant, une formation en ingénierie pédagogique et un accompagnement qui permettrait de maîtriser les compétences requises pour la nécessaire articulation entre technologie et psychopédagogie. Dans le contexte actuel, les improvisations forcées par la pandémie et les critiques subséquentes à l'égard de la formation en ligne révèlent plus que jamais la nécessité d'introduire des méthodes d'ingénierie pédagogique adaptées au milieu scolaire.

Dans les entreprises et les organisations où le e-learning s'implante progressivement depuis le début des années 2006[3], différentes situations peuvent être observées. Les grandes entreprises ont généralement une unité organisationnelle dédiée à la formation de leur personnel et, parfois, de leurs clients. Ces unités ont souvent adopté ou développé leur propre méthode d'ingénierie pédagogique. Elles cherchent ainsi à améliorer leurs méthodes de formation à l'aide des ENA. À cet effet, on note sur le Web des blogues et des échanges dans les réseaux dédiés pour le partage d'idées portant sur la formation, sur la formation des for-

3 Basque, J. et Brangier, E. (2006). Faut-il et comment développer le e-learning en entreprise? Dans C. Lévy-Leboyer (dir.), *RH: Les apports de la psychologie du travail* (pp. 433-452). Paris: Éditions d'Organisation. https://r-libre.teluq.ca/735/

mateurs et des formatrices de même que sur les recherches et l'évolution du domaine de l'ingénierie pédagogique. Les entreprises, particulièrement les PME, ont aussi recours à des firmes spécialisées en conception de formations, qui ont aussi, comme les grandes entreprises, souvent développé leur propre méthode d'ingénierie pédagogique. Ces firmes sont souvent aux prises avec les attentes et les contraintes imposées par leurs clients, ce qui rend difficile l'implantation cohérente d'une méthode d'ingénierie pédagogique.

Quant à la *formation personnelle en ligne sur les réseaux*, en phase avec les nouveaux besoins d'apprentissage et de formation tout au long de la vie, elle présente certaines exigences, soulignées au chapitre 11, le plus souvent sous-estimées par les concepteurs et les conceptrices de CLOM et d'autres types d'ENA dédiés à la formation non formelle. La formation personnelle en ligne s'avère un modèle éducatif à la fois ouvert, autonomisant, mais peu facilitant. La maîtrise des technologies pour apprendre est une compétence vitale, mais qui se révèle lacunaire chez un grand nombre de personnes apprenantes et de personnes enseignantes. Les concepteurs et les conceptrices d'ENA doivent davantage reconnaître qu'être apprenant est un métier que l'on exerce tout au long de la vie. Ce métier se doit d'être appris et valorisé avec ses exigences de préparation, d'apprentissage et d'expériences qui caractérisent l'apprentissage de tous les métiers.

Dans l'ensemble de ces contextes, les difficultés que rencontrent les praticiens et les praticiennes de l'ingénierie pédagogique sont nombreuses, comme en témoignent les résultats de sondages rapportés au chapitre 5 de même que dans Bourcier et Basque (2020[4]) : contraintes de budget et d'échéances irréalistes; manque d'agilité du processus d'ingénierie pédagogique mis en œuvre dans les milieux; absence de formation en ingénierie pédagogique chez plusieurs acteurs; manque d'outils d'aide à la décision et de soutien à la conception; absence de plateformes intégrant des principes d'ingénierie pédagogique pour soutenir le travail de ces acteurs; incompréhension des nouveaux rôles et des nouveaux métiers en ingénierie pédagogique, qui se révèle une source de tension au sein des équipes regroupant des personnes aux expertises et aux fonctions variées, etc.

Ces informations provenant du terrain montrent bien la nécessité d'adopter une démarche d'intégration de l'ingénierie pédagogique dans la pratique qui soit réfléchie et qui respecte les particularités de chaque milieu ou contexte.

---

4 Bourcier, N. et Basque, J. (2020). Les projets de formation à distance: vecteurs de conflits en milieu de travail? *Médiations & médiatisations*, 4, 9-26. https://revue-mediations.teluq.ca/index.php/Distances/article/view/128

Il est difficile de cerner avec précision l'ampleur du changement et de l'adaptation qu'implique l'adoption de l'ingénierie pédagogique dans sa manière d'aborder la conception, le développement et la diffusion de la formation, d'autant plus que les défis qu'elle présente varient forcément selon les contextes. Toutefois, il est possible d'anticiper, à titre illustratif, l'ampleur des effets de son implantation à la lumière de ce qui a pu être observé dans les universités qui, en raison de la pandémie, ont adopté le modèle de la formation à distance.

Certaines études ont montré que les universités ayant opté pour la formation à distance ont été confrontées à des changements qui touchent à la fois l'organisation elle-même de l'établissement universitaire, la tâche des enseignants et des enseignantes et les manières d'apprendre des apprenants et des apprenantes. Dans tous les cas, l'adoption du modèle de formation à distance, qui va de soi avec le recours à l'ingénierie pédagogique pour le développement de la formation, a un effet sur la formation des acteurs de l'ingénierie pédagogique.

Les effets de la formation à distance en ligne sur l'organisation de l'établissement universitaire

L'étude menée par Peraya et Peltier (2020[5]) sur l'implantation de la formation à distance dans les établissements d'enseignement souligne que les universités offrant un enseignement présentiel qui utilisent les ENA s'approprient progressivement et à des degrés divers le processus d'hybridation des formations alliant l'enseignement présentiel à la distance. Ces auteurs notent qu'un soutien doit être offert aux enseignants et aux enseignantes afin de les aider à maîtriser non seulement les nouveaux outils, mais aussi les logiques sous-jacentes aux ENA qui ne sont pas celles de la formation présentielle. Ils observent également que l'empressement à développer les projets de mise à distance mène souvent les universités à la simplification d'un processus complexe et à sa réalisation par des acteurs insuffisamment formés et informés des écueils auxquels ils pourraient se heurter. L'étude de Pelletier et Mesny (2021[6]) sur l'institutionnalisation de la formation à distance

5 Peraya, D. et Peltier, C. (2020). Ingénierie pédagogique : vingt fois sur le métier remettons notre ouvrage… *Distances et médiations des savoirs, 29.* https://journals.openedition.org/dms/4817

6 Pelletier, P. et Anne Mesny, A. (2021). *COVID19 et institutionnalisation de l'enseignement à distance dans les universités « traditionnelles » québécoises.* Communication présentée au Colloque « Défis et enjeux actuels de la gestion universitaire », 88e congrès de l'ACFAS, Sherbrooke, Canada. https://r-libre.teluq.ca/332/

dans les universités québécoises de tradition présentielle depuis le début de la pandémie est particulièrement éclairante. Elle met au jour différentes logiques institutionnelles : l'accessibilité à l'éducation supérieure, l'internationalisation de la concurrence, la collaboration interorganisationnelle et la réduction des coûts. Ces universités doivent adopter une méthode d'ingénierie pédagogique (souvent improvisée) et vivre une transformation profonde, voire une rupture, qui influe tant sur la structure de l'organisation de l'établissement universitaire que sur son activité. Cette transformation profonde a également des effets sur le personnel enseignant et les personnes apprenantes, ainsi que sur les concepteurs et les conceptrices pédagogiques y œuvrant. Désormais, l'établissement universitaire doit aussi opérer dans un contexte de concurrence internationale accrue. Aux États-Unis, et dans plusieurs autres pays, nombreuses sont les universités qui ont développé une offre consistante de cours et de programmes de formation à distance. Ce phénomène a provoqué l'éclatement des frontières géographiques de l'enseignement supérieur et, encore plus, de la formation en entreprise, créant une concurrence accrue entre les pays, mais aussi entre les établissements d'un même pays. Dans ce contexte, la collaboration interorganisationnelle entre les établissements d'un même pays est apparue nécessaire pour le partage d'expertises, de contenus, de services et d'infrastructures dans la perspective du développement de la qualité de la formation et de la réduction des coûts. Ainsi, pour l'établissement universitaire, l'offre d'une formation à distance fait figure d'un choix stratégique qui contribue à son positionnement. Ce choix soulève toutefois de nombreux enjeux : pédagogiques (efficacité de l'apprentissage), professionnels (identité du professeur ou de la professeure, relation à l'enseignement et gouvernance pédagogique), stratégiques (positionnement de l'établissement universitaire), économiques (gestion des coûts et anticipation des revenus) et organisationnels/légaux (conventions de travail, rémunération, division et standardisation du travail, etc.). Il en résulte une complète réorganisation de l'activité.

Une fois ce choix fait, la principale question qui se pose pour l'établissement universitaire est de savoir comment implanter une formation à distance qui soit actuelle. C'est ici qu'intervient la MIENA, une méthode issue de la recherche et de la pratique, pour le choix d'un modèle pédagogique et de technologies capables de soutenir l'apprentissage. Les technologies privilégiées seront celles qui facilitent l'accès au contenu de formation, ainsi que la communication, la participation, la collaboration entre personnes apprenantes, de même que les interventions d'accompagnement de l'apprentissage. L'ingénierie pédagogique sera nécessairement en phase avec l'évolution des technologies pour le développement d'ENA. Tout au long de ce processus, l'établissement de formation devra s'assurer de la disponibilité et de la formation de ressources compétentes à tous les niveaux : technologique, pédagogique et administratif.

Dans ce contexte, il importe que l'établissement universitaire clarifie dès le départ le processus de conception quant aux aspects suivants : la méthode d'IENA qui sera appliquée, les modes de fonctionnement en équipe, la distribution des rôles entre les personnes enseignantes et les divers spécialistes impliqués aux différentes étapes et, finalement, le soutien à la démarche d'ingénierie pédagogique des ENA qui sera fourni par l'établissement, sans omettre d'inclure les infrastructures technopédagogiques et organisationnelles requises.

Les effets de la formation à distance en ligne sur la tâche des enseignants et des enseignantes

Pour les enseignants et les enseignantes, le recours aux ENA comme véhicule de leur enseignement à distance transforme radicalement leur pratique et leur rôle. En milieu universitaire, comme le rapportent Lafleur et ses collègues (2019[7]), on attend des enseignantes et des enseignants qu'ils soient des spécialistes de contenu. Généralement peu outillés pour offrir leur enseignement en ligne, ils doivent dès lors apprendre à enseigner dans le cadre d'un autre paradigme et à concevoir un enseignement qui sera véhiculé par des plateformes utilisant les nouvelles technologies numériques. Cette situation soulève chez le personnel enseignant de nombreux questionnements sur les éléments-clés d'un cours à distance, son organisation, les stratégies pédagogiques à mettre en place, les méthodes d'évaluation à distance et l'organisation des travaux de groupe à distance.

En sus de ces défis à surmonter, l'enseignant ou l'enseignante qui décide de concevoir un ENA devra s'approprier et appliquer une méthode d'ingénierie pédagogique comme la MIENA. Ce faisant, sa tâche ne se limitera plus à élaborer le contenu de la formation et à en faciliter l'apprentissage. La personne enseignante se voit désormais impliquée à toutes les étapes du processus de conception et de création des ENA et sous tous ses aspects. Appelée à travailler et à composer avec une équipe regroupant divers spécialistes, elle n'est plus l'unique responsable de la création des ENA qui véhiculent son enseignement et instrumentent l'apprentissage qu'elle a conçu.

Dans ces équipes, les technopédagogues, spécialistes de l'ingénierie pédagogique, assistent l'enseignant ou l'enseignante dans la conception et la planification de son enseignement. Il en résulte une scénarisation de la démarche d'apprentissage qui se présente à la personne apprenante comme une suite d'activités réalisées en puisant dans un éventail de ressources mises à sa disposition. En marge

---

7 Lafleur, F., Grenon, V. et Samson, G. (dir.) (2019). *Pratiques et innovations à l'ère du numérique en formation à distance*. Presses de l'Université du Québec.

de ce scénario d'apprentissage, l'enseignante ou l'enseignant est invité à définir le scénario d'accompagnement qui prévoit l'assistance dont les personnes apprenantes pourront bénéficier tout au long de leur parcours; cette assistance peut être prise en charge par l'enseignante ou l'enseignant lui-même ou confiée à une personne tutrice. Dans la réalisation de ses tâches, il interagira également avec des spécialistes de la médiatisation et sera impliqué dans les diverses décisions relatives aux choix des technologies et des médias utilisés non seulement pour véhiculer le contenu d'apprentissage, mais aussi pour soutenir ses interactions à distance avec les personnes apprenantes de même que la collaboration qui s'établira entre les personnes apprenantes. Ce travail d'équipe, fruit d'une ingénierie pédagogique bien maîtrisée, est essentiellement guidé par l'objectif commun d'assurer la qualité de l'ENA, laquelle se mesure à l'aune de son efficacité en ce qui concerne l'apprentissage et la satisfaction des personnes apprenantes. On le voit, le processus de conception, de médiatisation et de diffusion des ENA pose ses exigences et renvoie l'enseignant ou l'enseignante à une nouvelle pratique qui ne s'improvise pas. Cette pratique exige de s'adapter à un changement majeur. La personne enseignante doit désormais maîtriser la démarche de l'ingénierie pédagogique, l'appliquer pour concevoir son projet d'enseignement et partager ce projet pour le réaliser avec d'autres spécialistes impliqués dans le développement de l'ENA.

Ce nouveau contexte n'est pas sans toucher l'enseignant-concepteur dans son identité, dans sa relation à l'enseignement et dans la gouvernance pédagogique. L'enseignant ou l'enseignante doit être au fait du rôle, des responsabilités et des tâches attribués à chacun des acteurs qui constituent l'équipe de réalisation d'un projet d'IENA. C'est à cette prise de conscience que contribue l'utilisation de la MIENA. Ainsi, afin de faciliter la transition d'un modèle d'enseignement présentiel vers un modèle d'enseignement et d'apprentissage à distance, Basque (2004[8]) souligne l'importance pour le personnel enseignant de disposer d'outils d'aide à la réalisation des tâches inhérentes au processus d'ingénierie pédagogique, notamment d'outils de modélisation des connaissances, comme GMOT[9], qui apportent une aide précieuse à la structuration du contenu d'apprentissage et à la scénarisation de la démarche d'apprentissage.

---

8 Basque, J. (2004). En quoi les TIC changent-elles les pratiques d'ingénierie pédagogique du professeur d'université? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 1*(3), 7-13. https://r-libre.teluq.ca/636/

9 https://gmot.teluq.ca/

Les effets de la formation à distance en ligne sur les manières d'apprendre des apprenants et des apprenantes

Pour les apprenants et les apprenantes, les ENA sont de nouveaux objets à découvrir, à s'approprier et à exploiter. Ce sont des objets virtuels à la source de leur apprentissage désormais réalisé à distance, sans le contact direct avec l'enseignant ou l'enseignante dont le rôle devient celui d'un facilitateur de l'apprentissage. Ce rôle étant parfois optionnel, comme dans les CLOM, il importe dès lors que les personnes apprenantes puissent développer les compétences requises non seulement pour apprendre avec les technologies, mais aussi pour apprendre de manière autonome.

La mise en place d'un dispositif d'accompagnement de la personne apprenante prend une importance décisive. Ce dispositif s'avère incontournable pour amener l'apprenant ou l'apprenante à réagir efficacement face à cette exigence d'autonomie et à se familiariser avec les autres fonctions de l'ENA. Comme le souligne Gérin-Lajoie (2021[10]), citant de nombreuses recherches, l'accompagnement, trop souvent oublié ou négligé, offre une réponse aux divers besoins des personnes apprenantes. Il vise à créer une présence et une plus grande proximité qui contribuent à réduire l'abandon des apprenants et des apprenantes et à développer leur autonomie. Basque (2004[11]), pour sa part, observe que la conception du dispositif d'accompagnement n'est pas une tâche futile. Ce travail suppose la mise en place d'interventions de tutorat soutenues par les technologies, lesquelles peuvent être réalisées par une personne tutrice ou par l'enseignante ou l'enseignant lui-même. Le dispositif d'accompagnement pourra également faciliter et favoriser le soutien collaboratif entre personnes apprenantes, une précieuse ressource de soutien à l'apprentissage dans ses aspects cognitifs, sociaux et motivationnels.

Comme le mentionne Henri (2019[12]), apprendre par soi-même dans une culture Web et un contexte caractérisés par une surabondance de contenus de natures diverses « exige un solide savoir-faire informationnel et la maîtrise d'opérations cognitives pour repérer, explorer, départager, choisir, lier, croiser, analyser et traiter le foisonnement des contenus » (p. 228). Il en résulte un apprentissage qui de-

---

10 Gérin-Lajoie, S. (2021). *L'encadrement des étudiants en formation à distance : un oublié dans la crise?* Communication présentée au colloque « L'enseignement supérieur en contexte de la pandémie COVID-19 : naviguer entre les défis et les opportunités », 88e congrès de l'ACFAS, Sherbrooke, Canada. https://r-libre.teluq.ca/2285/

11 Basque, J. (2004), op. cit.

12 Henri, F. (2019). Quel changement à l'ère du numérique? Quelle ingénierie pédagogique pour y ré¬pondre?, *Médiations et médiatisations*, 2, 227-235. https://revue-mediations.teluq.ca/index.php/Distances/article/view/102/48

vient une construction personnelle favorisant un développement de l'autonomie et un usage efficace des technologies qui répond au besoin individuel de formation, mais plus largement au besoin de la formation de citoyens autonomes capables de s'adapter au contexte économique, social et technologique qui ne cesse d'évoluer toujours plus rapidement. L'autonomie de la personne apprenante menant à la prise en charge de son apprentissage constitue le socle psychopédagogique d'une ingénierie pédagogique qui n'est plus celle du « cours enseigné », mais bien d'une ingénierie pédagogique capable de répondre aux besoins de la personne apprenante en matière de développement de l'autonomie et d'usage efficace des technologies pour apprendre.

Les effets de la formation à distance en ligne sur la formation des acteurs de l'ingénierie pédagogique

L'implantation de la formation en ligne a un impact important non seulement sur les rôles des personnes apprenantes et des personnes enseignantes, mais aussi sur les compétences requises de la part des acteurs qui doivent les concevoir, les réaliser et les implanter. Ceux-ci, dans la plupart des cas, auront été formés dans un domaine en général fort différent de celui du design pédagogique. Une méthode d'IENA doit donc pouvoir s'adapter aux compétences initiales des personnes qui l'utilisent et favoriser leur évolution avec le temps.

Des points de vue divergents de chercheurs et de chercheuses (Peraya et Peltier, 2020[13]; Villot-Leclercq, 2020[14]) montrent qu'il faut pousser plus avant la recherche sur les besoins des personnes qui font usage des méthodes d'ingénierie pédagogique. L'objet principal de ces travaux serait la façon dont les acteurs s'approprient ces méthodes dans différents contextes institutionnels afin d'identifier les difficultés rencontrées et d'arriver à prévoir et à mettre à leur disposition l'instrumentation qui leur permettra d'exploiter le plein potentiel de l'ingénierie pédagogique.

Bien que de telles recherches débordent le cadre du présent ouvrage, on peut estimer que la MIENA représente un progrès important par rapport à son ancêtre, la MISA, qui a été présentée au chapitre 4, tout en maintenant certaines de ses fonctionnalités essentielles. Avec le recul, cette dernière méthode, conçue au début des années 2000, apparaît maintenant trop rigide, adaptée à de grands projets d'ingénierie pédagogique impliquant des équipes nombreuses disposant de beau-

13 Peraya, D. et Peltier, C. (2020), op. cit.

14 Villiot-Leclercq, E. (2020). L'ingénierie pédagogique au temps de la Covid-19, *Distances et média¬tions des savoirs, 30*. http://journals.openedition.org/dms/5203

coup de temps et de moyens. Même si, au fil du temps, plusieurs de ses utilisations ont permis d'en simplifier l'usage pour la conception des ENA, la flexibilité de la MIENA demeure un choix avantageux; cette flexibilité facilite une appropriation progressive par ses utilisateurs et utilisatrices. Comme indiqué dans les exemples du chapitre 14, un concepteur ou une conceptrice novice peut utiliser la MIENA d'abord avec une équipe réduite qui réalise un ou deux cycles de développement, en utilisant une partie seulement des éléments de documentation prévus par la méthode. Par la suite, il pourra faire croître ses compétences en utilisant la MIENA dans des projets plus élaborés qui mobilisent un plus grand nombre d'activités et de ressources d'ingénierie pédagogique fournies dans la méthode.

Quelques remarques en guise de clôture

Les défis de l'intégration de l'ingénierie pédagogique des ENA ont été précédemment définis dans le seul cas des universités. Malgré ses limites, cet exposé permet néanmoins de saisir l'ampleur des défis que peut représenter l'implantation d'une nouvelle ingénierie pédagogique, comme celle que propose la MIENA, dans les autres milieux ou contextes éducatifs. Des recherches restent à mener pour étudier justement les méthodes d'implantation d'une ingénierie pédagogique renouvelée.

Il faudrait cerner les défis spécifiques à chacun des milieux et des contextes pour en arriver à une intégration réussie de l'ingénierie pédagogique des ENA dans la pratique éducative. D'autres travaux pourraient être réalisés pour décrire et structurer le processus à mettre en œuvre dans chaque milieu. Nous ne disposons pour le moment que de peu de repères pour guider l'implantation d'une nouvelle ingénierie préconisée dans le présent ouvrage. Toutefois, les écrits scientifiques dans le domaine de la diffusion des innovations en milieu éducatif et les recherches menées dans les années 1980 et 1990 sur le processus d'intégration des ordinateurs et des TIC dans les écoles fournissent quelques pistes qui permettraient d'amorcer ce travail. On peut citer, à titre d'exemple, les travaux réalisés par une équipe de l'Institut LICEF dans le cadre du projet de recherche-action *L'école informatisée clés en main*[15] qui ont mené notamment à la formulation de recommandations pour favoriser l'intégration de telles innovations (Basque,

15 Basque, J. et Rocheleau, J. (1996). Le projet École informatisée clés en main : pourquoi et en quoi une recherche-action? Dans Puimatto, G. et Bibeau, R. (dir.), *Comment informatiser l'école?* (p. 93-112). Centre national de documentation pédagogique (CNDP et Les Publications du Québec.

1996[16]) et à l'élaboration d'une démarche d'intégration des TIC dans les écoles (Rocheleau et Basque, 1998[17]).

Il importe de poursuivre les recherches sur le processus d'ingénierie pédagogique des ENA afin de s'assurer que les méthodes qui en résulteront soient non seulement ergonomiques et d'un usage facile, mais aussi en phase avec l'évolution technologique et l'avancement des connaissances en sciences de l'apprentissage. Dans cette perspective, des recherches sur la MIENA dont l'architecture est décrite dans cet ouvrage pourraient être menées dans le but d'optimiser sa convivialité afin d'en faciliter l'adoption par les acteurs de l'ingénierie pédagogique. Ce faisant, l'usage même de la MIENA permettrait d'améliorer tant la qualité des apprentissages réalisés par les personnes apprenantes que l'acquisition de nouvelles compétences de conception par les concepteurs et les conceptrices d'ENA.

Soulignons enfin que l'ingénierie pédagogique s'inscrit directement dans le vaste mouvement irréversible vers des sociétés du savoir axées sur l'apprentissage humain. Si, grâce à l'Internet, l'accès à l'information et aux connaissances n'a presque plus de limites, la problématique de l'apprentissage humain n'en est pas pour autant diminuée. L'information disponible sur le Web ou ailleurs doit être transformée en connaissances et en compétences par chaque individu. Ceci implique un effort de construction mentale effectué à partir d'informations diversifiées. L'apprentissage consiste à transformer ces informations en connaissances et en compétences. Les compétences d'une personne, soit sa capacité à acquérir, à traiter et à communiquer ses connaissances, constituent sa principale richesse ainsi que celle des organisations et des nations.

***

Nous souhaitons que cet ouvrage consacré à l'ingénierie pédagogique, processus incontournable pour faciliter l'apprentissage, puisse contribuer à une meilleure utilisation des puissants moyens à notre disposition pour apprendre, pour aider à apprendre ou pour concevoir par la recherche de nouveaux moyens d'apprendre.

---

16 Basque, J. (1996). *Stratégies d'intégration des technologies de l'information et des communications à l'école : trente recommandations*, École informatisée Clés en mains du Québec inc. https://r-libre.teluq.ca/2355/

17 Rocheleau, J. et Josianne Basque, J. (1998). *Une démarche d'intégration des technologies de l'informa¬tion et des communications dans une école*. École informatisée Clés en mains du Québec inc.. https://r-libre.teluq.ca/2349/

L’intérieur est imprimé sur du papier Enviro 100 % postconsommation traité sans chlore, accrédité Éco-Logo et fait à partir de biogaz.
La couverture est imprimée sur du carton Tango certifié FSC®.

Achevé d’imprimer en 2022
sur les presses des Copies de la Capitale
à Québec