
La Boîte Noire

Conception et expérimentation pédagogique de simulations informatiques adisciplinaires

Catherine Meyor*, Marc Couture**

**Département d'éducation et pédagogie
Université du Québec à Montréal
meyor.catherine@uqam.ca*

***UER Science et Technologie
Télé-université, Université du Québec
mcouture@teluq.ca*

RÉSUMÉ. Nous menons depuis trois ans, dans un cours d'épistémologie en formation des maîtres, une expérience pédagogique inédite : l'utilisation, en contexte d'apprentissage ouvert, d'une simulation informatique que nous avons conçue et dont nous avons développé diverses versions de plus en plus adisciplinaires. Après avoir présenté les origines de la simulation et les caractéristiques de ses versions successives, nous décrivons la formule pédagogique que nous avons proposée et raffinée au cours de ces trois années, où la résolution du problème posé par la simulation sert de prétexte – et de prélude – à une réflexion sur l'épistémologie. Nous dressons enfin un portrait des réponses des étudiantes et des étudiants à cette formule, en décrivant des caractéristiques répétées de solution que nous avons observées ou recueillies.

MOTS-CLÉS : formation des maîtres, épistémologie, simulation informatique, résolution de problème, apprentissage ouvert

Citer comme : Meyor, C. et Couture, M. (2007). La Boîte Noire. Conception et expérimentation pédagogique de simulations informatiques adisciplinaires. Dans P. Marquet, N. Hedjerassi, A. Jarlégan, E. Pacurar et P. Remoussenard (dir.), *Actes du congrès international Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Strasbourg, France : Association des enseignants et des chercheurs en sciences de l'éducation.

1. Introduction

Nous menons depuis trois ans, dans un contexte de formation des maîtres et à l'occasion d'un cours portant sur l'épistémologie, une expérience pédagogique inédite consistant en l'utilisation d'une simulation informatique, encore appelée boîte noire (BN), comme amorce prolongée au cours, ainsi qu'en la mise au point d'un contexte pédagogique adapté à l'usage de cette simulation et relevant de l'apprentissage ouvert. L'épistémologie étant en effet un domaine protéiforme de savoirs (Bruner, 2000 ; Develay, 2001 ; Fourez, 2003 ; Morin, 1992 ; Van Steenberghe, 1965 ; Vergely, 2000), nous avons choisi de l'aborder à partir de la démarche même des étudiants. C'est le sens du travail sur la modélisation informatique, celle-ci se donnant en même temps comme l'outil, l'occasion et la situation leur permettant d'agir, de (se) questionner (sur) les modalités de la connaissance, de réfléchir leur geste en la matière et de rendre explicites des postures relatives à cette dernière. Le contexte de classe, en l'occurrence des groupes d'étudiants hétérogènes car inscrits dans les divers champs de formation, nous a menés à répéter l'expérience en la raffinant d'une part sur le plan de la conception des simulations – moyennant le travail du caractère « adisciplinaire » des BN, celui du brouillage de toute signification avérée ainsi que celui du design de la simulation aux fins visées – et, d'autre part, sur le plan de l'approche pédagogique – en ajustant de façon toujours plus précise la forme de l'exercice aux objectifs et exigences du cours ainsi qu'aux réactions des étudiantes et des étudiants.

Dans ce qui suit, nous exposerons la progression de notre démarche, respectivement sous ses deux volets de la conception des BN et de la mise en place du contexte pédagogique, en en soulignant les points saillants. Les données que nous présentons sont des données préliminaires, recueillies selon la méthode de l'observation participante (Lessard-Hébert, Goyette et Boutin, 1990 ; Paillé et Mucchielli, 2003) dans le terrain de la classe où nous intervenons tous deux et exposées en termes de description narrative. Bien que notre action sur le terrain fait de nous des participants à l'expérience, elle n'en efface pas pour autant notre propriété et notre qualité d'observateurs, nous permettant de recueillir des appréciations, commentaires, attitudes et réactions écrits et oraux que nous prenons en considération pour mieux comprendre et mieux connaître ce terrain afin d'y apporter des modifications.

2. La conception des simulations informatiques

L'utilisation de simulations informatiques comme outils d'apprentissage date de plusieurs décennies. La nature et la complexité des phénomènes simulés, de même que la fidélité et le réalisme des simulations et des environnements auxquels elles sont intégrées, ont suivi l'évolution des capacités graphiques et de calcul des ordinateurs personnels. Il est aujourd'hui possible de se procurer sur le marché des simulations très réalistes de systèmes d'une grande complexité – des écosystèmes par exemple – que l'on peut mettre à la disposition des étudiants. Cette évolution a grandement accru la pertinence des simulations pour l'apprentissage ouvert ou

authentique (de Jong et van Joolingen, 1998; Jungck, 1991; Rieber, 2002). Ces usages de la simulation ont fait l'objet de nombreuses études portant notamment sur leur rôle, leur efficacité ou leur perception par les apprenants.

Une des caractéristiques des simulations utilisées dans ces études est qu'elles sont généralement associées à un contenu disciplinaire riche et complexe. En fait, beaucoup de ces simulations ont été conçues avant tout dans un objectif d'apprentissage des concepts disciplinaires, et non de développement d'habiletés génériques liées à la résolution de problème ou à la démarche de recherche (voir, par exemple White, 1993; Windschitl et Andre, 1998). Même les simulations présentées comme génériques (Tennyson et Breuer, 2002) sont malgré tout fortement empreintes d'un contenu disciplinaire. Toutefois, l'effet de cet ancrage disciplinaire – ou de son absence – sur la pertinence de ces simulations pour l'apprentissage authentique, ou encore sur des dimensions de l'activité des apprenants comme l'imagination et l'affectivité, rarement associées à la démarche de recherche, n'a fait l'objet d'aucune étude systématique.

À côté de ces simulations de haut de gamme, pourrait-on dire, on retrouve des simulations de portée beaucoup plus réduite, visant à faciliter l'apprentissage d'un nombre limité de concepts ou d'habiletés. On retrouve également quelques rares exemples de simulations de portée générale mais où les éléments disciplinaires ont été grandement simplifiés; de telles simulations ont été expérimentées auprès d'élèves du primaire (Johnson, Moher, Cho, Edelson et Russell, 2004).

2.1. Généalogie de la conception des BN sur trois années

Pour notre part, nous souhaitons utiliser la simulation comme outil susceptible d'amener des apprenants de niveau universitaire à mettre en pratique et à réfléchir sur tous les aspects d'une démarche de type recherche ou résolution de problème. Compte tenu de la provenance très diverse des apprenants et de notre volonté de susciter chez eux une réflexion portant sur tous les aspects de la connaissance, dans le contexte d'un cours sur l'épistémologie, il fallait éviter que le caractère disciplinaire ne vienne interférer avec le processus. Nous avons donc été amenés à développer nos propres simulations (Couture, 2006).

Au départ, nous nous sommes inspirés des travaux de Désautels et Larochelle (1992), qui avaient proposé et expérimenté en classe une simulation appelée l'Énigmatique. En fait, la première simulation que nous avons réalisée reprenait à peu de choses près le concept de Désautels et de ses collaborateurs, soit celui d'un objet caché dont on doit déterminer la nature et les propriétés en le bombardant d'« entités » dont on observe les trajectoires (figure 1). En dépit de sa présentation plutôt abstraite – une conséquence en bonne partie des limites des technologies informatiques de l'époque –, cette simulation présentait un caractère disciplinaire très marqué, associé à la physique, les « entités » étant associées d'emblée par les apprenants à des projectiles (billes...) ou à des rayons lumineux, ce qui amenait ceux qui avaient déjà étudié la physique à puiser dans leurs connaissances en ce domaine pour produire leurs explications.

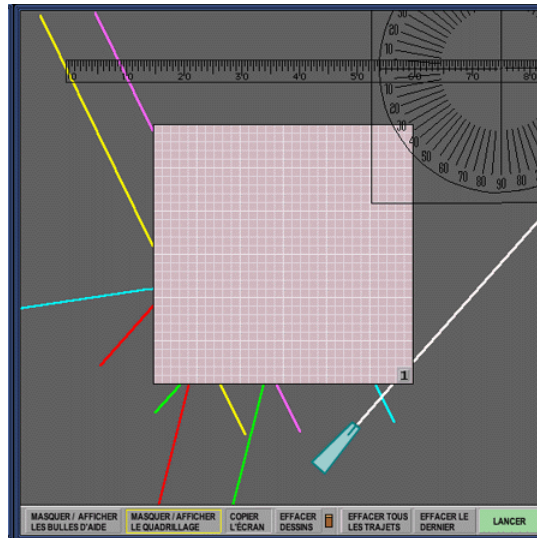


Figure 1. Première version de la BN, inspirée des travaux de Désautels et de ses collaborateurs. Des « entités », dont on ne voit que la trajectoire, peuvent être lancées dans toutes les directions ; elles peuvent dévier en passant sous le carré.

La seconde simulation que nous avons développée (figure 2) s’inspirait également d’un phénomène naturel observé « naïvement » par l’un de nous mais dans ce cas la présentation (abstraite également) ne suggérait pas aussi clairement un phénomène précis; en témoigne le fait que les étudiants ont évoqué ou retenu pour leurs explications des phénomènes naturels très divers, relevant souvent du vivant.

Ces deux simulations ont été utilisées en même temps, lors de la première année d’expérimentation, chacune étant utilisée par la moitié des apprenants. La seconde s’étant révélée beaucoup plus riche – et plus ouverte – sur le plan des interprétations possibles, nous avons, pour la seconde année de l’expérimentation, élaboré une simulation (figure 3) proche de la précédente sur le plan de la présentation graphique mais fondée cette fois non plus sur un phénomène précis et observé, mais sur la perception intuitive que l’un de nous avait d’une classe de phénomènes¹

Finalement, une réflexion sur ce processus que l’on pourrait qualifier de détachement du référent nous a amenés à concevoir et expérimenter une simulation (figure 4) ne correspondant à aucun phénomène connu ou envisagé. Cette simulation peut être qualifiée d’adisciplinaire, la seule référence disciplinaire étant constituée des lois de la mécanique employées pour la modélisation du mouvement des « entités ». En effet, celles-ci possèdent des masses et subissent des forces qui en modifient le mouvement, au sens des lois de la mécanique, mais ces forces ne correspondent pas à celles que l’on peut observer dans la nature.

1. Il est utile de souligner que nous ne détenons pas de connaissances scientifiques relatives aux phénomènes ayant servi de base (ou de référent) à ces deux simulations.

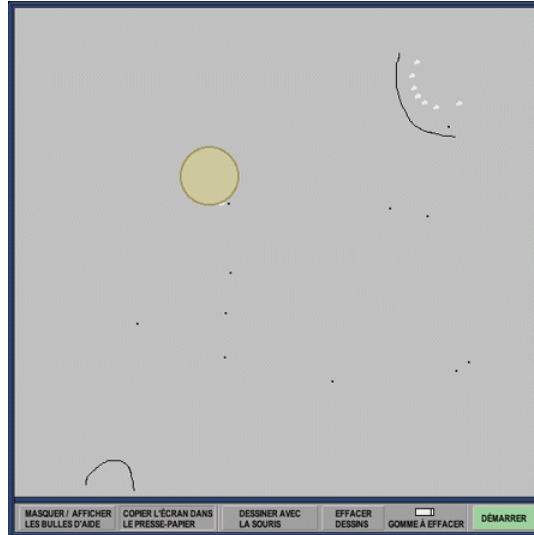


Figure 2. Deuxième version de la BN. Des « entités » (points noirs) mobiles sont attirées par l'objet circulaire (qui peut être déplacé) et déposent parfois des « taches » sur son pourtour.

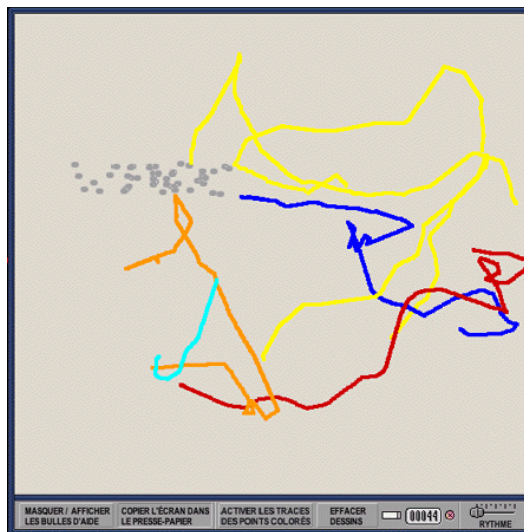


Figure 3. Troisième version de la BN. Des « entités » mobiles (dont on peut enregistrer les trajectoires en couleur) sont attirées vers des entités fixes (taches grises), qui disparaissent au contact des premières. Le nombre initial d'entités de chaque type peut être fixé par l'utilisateur.

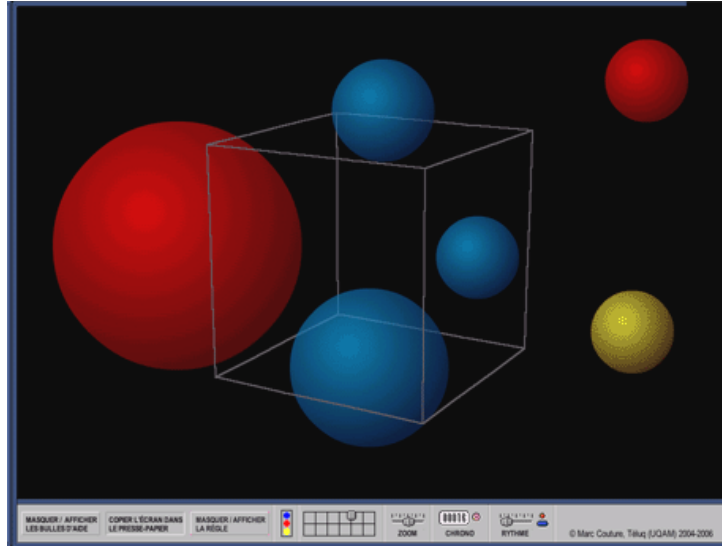


Figure 4. *Quatrième version de la BN. Des « entités » (sphères colorées) que l'on peut bouger à volonté se déplacent dans un monde tridimensionnel, avec une tendance à revenir à l'intérieur du rectangle central et à fusionner en une sphère unique plus grosse lors d'une collision entre deux sphères.*

Une des caractéristiques marquantes du processus de conception de la BN est le lien étroit entre conception et utilisation en classe. Notre présence lors des séances de laboratoire nous a en effet permis, tout au long de ce processus, de tenir compte des réactions et suggestions des étudiantes et des étudiants tant pour des ajustements immédiats dans chacune des versions que pour la conception des versions successives. Ce processus se rapproche d'une des modalités du design centré sur l'utilisateur, appelée « design participatif » (Gulliksen, Lantz et Boivie, 1999).

3. Le contexte pédagogique

Présenter une simulation informatique comme support à l'apprentissage nécessite de définir le contexte pédagogique dans lequel elle s'inscrit, de le mettre à l'épreuve et de l'ajuster, ce qui relève de l'innovation (Cowan, 1998; Hannan et Silver, 2000). Bien que nous nous sommes, au départ, inspirés de l'approche conçue et mise en pratique par Désautels et ses collaborateurs (Nadeau et Désautels, 1984 ; Désautels et Larochelle, 1992), nous l'avons adaptée à notre contexte d'enseignement, en l'accordant au principe de pédagogie active répondant entre autres à la nouvelle réforme (Ministère de l'éducation du Québec, 2003) et à l'enracinement phénoménologique qui caractérise notre pratique (Meyor, 2006). Dans le propos qui suit, nous exposerons d'abord le sens de l'exercice sur la BN et les modalités retenues après les trois expérimentations de la formule, nous présenterons ensuite les variations, ainsi que leur valeur pédagogique, que la

répétition de l'expérience nous a amenés à introduire et terminerons en évoquant des caractéristiques de résolution de problème que nous trouvons particulièrement frappantes.

3.1. Sens et modalités actuelles de l'usage de la BN

3.1.1. Le sens de l'exercice sur la BN

Dans le contexte de notre cours relatif à l'épistémologie², la simulation présente une « énigme » à résoudre au moyen d'une explication ou d'une thèse, tout comme elle se présente comme phénomène (dans le sens phénoménologique du terme) dans la mesure où elle requiert une démarche de résolution intégrant l'observateur à l'objet observé. En incarnant un phénomène adisciplinaire et en se donnant comme texte et prétexte d'une démarche ouverte – c'est-à-dire sans orientation ou consigne préalable quant à la démarche à suivre, et sans réponse avérée et donnée d'avance – au terme de laquelle il est demandé de formuler une explication, la BN met en place une véritable situation épistémologique que les étudiants peuvent largement arpenter et où ils rencontrent, font l'épreuve et confrontent maints questionnements et enjeux s'y rapportant. Elle est ainsi l'occasion pour les étudiants, qui sont invités à puiser dans leur vaste bagage de connaissances, d'agir, de (se) questionner (sur) les modalités de la connaissance, de réfléchir leur geste en la matière et de rendre explicites des postures relatives à cette dernière. La manipulation de la BN, l'observation et la résolution du phénomène qu'elle présente font office d'épreuve, de lieu de questionnement, de démarche, de compte rendu de cette démarche, tout cela constituant le point d'ancrage et de départ d'une analyse épistémologique subséquente. Il faut y voir une occasion trop rarement offerte aux étudiantes et aux étudiants de 1^{er} cycle universitaire de mener une démarche personnelle et collective de connaissance dans laquelle ils ont toute latitude de se « mouvoir », tant qu'ils le font sérieusement, c'est-à-dire de façon engagée et en argumentant leur procédure.

3.1.2. Les modalités retenues dans l'usage de la BN

Sur le plan des objectifs limités à l'exercice de la BN – En plus de l'objectif général d'initiation à l'épistémologie par l'action, le questionnement, la réflexion et la recherche, les objectifs spécifiques visent à ce que les étudiants explicitent leur propre position épistémologique, souvent implicite voire tenue pour une évidence, qu'ils débattent, en équipe, de la validité de ces postulats et qu'ils s'accordent sur une thèse. Par ailleurs, moyennant la tenue d'un journal de bord rendant compte de leur parcours et des gestes posés, on vise à ce que les étudiants établissent le lien entre l'objet observé et la nature de l'observation (sujet), qu'ils réfléchissent à la situation et soient réflexifs quant aux gestes qu'ils posent. Cette approche de la situation en termes de « phénomène » insère d'elle-même les étudiants dans des considérations relatives à sa réalité, à sa vérité, à nos croyances à son endroit, et vise ainsi à les initier à appréhender une situation dans l'ensemble de ses éléments. Cette

2. Habituellement constitué d'une cinquantaine d'étudiants inscrits au baccalauréat en enseignement secondaire dans les divers champs de formation : français, sciences humaines, mathématique, sciences et technologie, éthique et culture religieuse.

approche de la situation fondée sur la notion de phénomène amène les étudiants à considérer la réalité de celui-ci, sa vérité et leurs croyances à son endroit; elle vise ainsi à les initier à l'appréhension d'une situation dans l'ensemble de ses éléments. Précisons que la suite du déroulement du cours se fait en reprenant les questionnements, réflexions, positions et jugements exprimés par les étudiants eux-mêmes, en les prolongeant et les approfondissant.

Sur le plan technique – Le travail sur la BN est placé en début de trimestre, après une introduction de six heures au champ de l'épistémologie. Les étudiantes et les étudiants constituent des équipes de trois ou quatre et travaillent tous sur la même BN. Les séances d'exploration et d'observation de la BN se déroulent au laboratoire informatique et ont été arrêtées à trois, à raison de trois heures chacune. Enfin, l'accès à la BN est verrouillé en-dehors de ces séances.

Sur le plan des demandes relatives à la BN – La BN présente un phénomène que chaque équipe doit expliquer au moyen d'une thèse. Au terme des trois semaines d'observation et de manipulation en laboratoire, chaque équipe expose oralement sa thèse à toute la classe et doit la défendre en cas de débats ou de controverses (exposé évalué); la thèse est ensuite rédigée et soumise à évaluation. Les « consignes » de route adressées aux étudiants au début de l'exercice comportent les spécifications suivantes :

- expliquer le phénomène en produisant une thèse « rationnelle » ;
- tenir un journal de bord hebdomadaire rendant compte de leur démarche de la façon la plus exhaustive possible sur deux plans du « phénomène » :
 - en termes d'observation, de manipulation, de mesures, d'idées, d'éléments retenus ou rejetés, en un mot de tout ce qui ponctue la progression de leur démarche jusqu'à la résolution de la BN ;
 - en termes des diverses modalités subjectives participant à cette démarche – par exemple perception, cognition, affectivité, imagination.

Sur le plan de notre présence auprès des étudiants – Nous sommes présents au laboratoire et nous circulons d'une équipe à l'autre, apportant des précisions en veillant cependant à ne pas donner de réponses toutes faites. Nous prenons note des attitudes, gestes et réactions que les étudiants manifestent à l'égard du phénomène de même que des remarques et demandes spécifiques concernant les instruments offerts dans la simulation ou souhaités. Dès la séance suivante dans la mesure du possible, nous répondons à ces dernières par l'ajout ou la modification d'instruments. Notre présence au laboratoire est ainsi de l'ordre de la connaissance de ce que vivent les étudiants, de leur accompagnement, de leur soutien et de l'aide dans leur démarche, à l'exclusion cependant de toute intrusion ou ingérence concernant la résolution.

3.2. L'équilibre dans les modalités de l'exercice

Ce que les étudiantes et étudiants nous ont dit de l'expérience, combiné à notre propre perception de la chose durant les trois ans (2004, 2005, 2006) et à

l'ajustement qu'appelle toute expérience originale, nous a menés à peaufiner l'approche et, à partir de l'expérimentation de certaines variations, à en retenir les modalités exposées ci-dessus. Nous énumérons sommairement ces variations en mettant l'accent sur les raisons de leur abandon ou de leur conservation.

- La présentation de deux BN (figures 1 et 2) au groupe de l'année 2004 a été définitivement abandonnée au profit d'une seule BN, cela en regard de la dynamique de classe qui y gagne à cause des échanges possibles que les étudiants peuvent se permettre pendant leur démarche et de l'enjeu commun lié à l'exposé de la thèse.
- L'affectation de quatre séances (2004, 2005) à l'observation de la BN en laboratoire informatique a été définitivement réduite à trois séances, suivant l'appréciation de la majorité des étudiants pour qui ce temps était suffisant pour produire une thèse travaillée en équipe. Leurs deux grands arguments en la matière sont relatifs d'une part à la validité de cette thèse, toujours ponctuelle dans le temps et qui pourrait donc être sans cesse réexaminée et approfondie, et d'autre part à l'incapacité soulignée par certains de se décentrer de leur idée première, d'où un sentiment d'achèvement, éventuellement doublé d'un désintérêt ou d'un ennui pour la démarche.
- L'abandon définitif de l'étude parallèle (2004) d'un livre sur l'épistémologie, occupant la dernière heure de chaque rencontre de travail sur la BN et dont l'objectif était autant d'ordre cathartique que de familiarisation à l'épistémologie. Les motifs tiennent à notre respect de leur total investissement au phénomène à l'écran, notamment durant la première séance, et au fait que le livre devient une source directe d'inspiration pour les explications et les thèses concernant la BN. Si un moment cathartique est approprié et semble requis, la lecture est trop intrusive dans le contexte.
- L'évaluation du journal de bord à fin de lecture commentée a donné lieu à des variations successives. En 2004 et 2005, les journaux ont été évalués au terme de la deuxième séance. En 2006, compte tenu de la réduction de ces dernières, l'évaluation du journal a été reportée au terme de la démarche. Bilan des procédures : malgré des explications données oralement aux étudiants, une évaluation formative s'impose : elle éveille le regard des étudiants à certains aspects non considérés du phénomène et permet de faire le point sur la nature et la qualité de la démarche entreprise, aussi bien du point de vue des étudiants que de celui du professeur.
- La distribution hebdomadaire, aux étudiants, de textes d'appoint (2005) rédigés par le professeur, visant à aiguïser leur regard ou à les équiper intellectuellement sur tel ou tel aspect de la démarche (méthode, réflexivité, etc.) s'est avérée très bénéfique pour leur démarche et pour la rédaction de leur propre journal. Conclusion : il convient de généraliser la formule par des textes renouvelés et ponctuels qui abordent les problèmes spécifiques que les étudiants rencontrent.

- Enfin, quant à notre présence auprès des étudiants lors de l'exercice, il nous a fallu forger une expression qui ne porte pas atteinte à la nature de l'exercice. Nous avons donc appris, dans le sens fort du terme, à « tenir notre langue », à ne pas donner de réponses directes aux questions multiples et répétées des étudiants – relatives à la validation de la signification qu'ils donnent au phénomène de même qu'aux assertions épistémologiques le concernant —, en somme à ne pas succomber au geste typique de l'enseignant consistant à les secourir et à faciliter leur travail par des réponses toutes faites. Car tout indice fourni à l'étudiant peut ici devenir une échappatoire à la validation des éléments de sa thèse voire une garantie donnée de validité de celle-ci. Ajoutons à cela que l'incertitude étant un ingrédient fortement vécu par les étudiants, il importe de savoir les accompagner dans ce sens, en les rassurant sur leur capacité à accomplir la démarche et en leur montrant les éléments de réflexion qui méritent d'être développés.

3.3. Les réponses des étudiants

3.3.1. L'inédit de la situation et les difficultés à surmonter

Pour la grande majorité des étudiantes et étudiants, la situation pédagogique est inédite : dès leur première fréquentation de l'école, ils sont en effet habitués – et ils en sont tout à fait conscients – à apprendre en réalisant des exercices dont les réponses ont été préalablement données par le professeur. Malgré le fait que les modalités du travail sur la BN leur aient été expliquées avant leur venue au laboratoire informatique, c'est avec un mélange d'excitation et de dépit qu'ils font la connaissance de la BN. Ils sont presque tous déconcertés lorsqu'ils voient la BN pour la première fois, leur anticipation de la chose, plus proche du jeu virtuel, ne correspondant pas à ce qui leur est présenté, qui se distingue par sa simplicité graphique et fonctionnelle.

Les explications techniques relatives à la manipulation de la BN étant données et les consignes relatives à ce qu'ils ont à faire redonnées, leur première question est la suivante : que devons-nous faire ? C'est dire leur grande difficulté, qui consiste dans le fait de mettre en forme ce qui est attendu d'eux, soit matérialiser la démarche qui leur permettra d'y aboutir. Les consignes – puisque consignes il y a même si elles sont limitées – sont perçues par les étudiants comme une absence totale de consignes, ce qui a pour effet de les insécuriser. Dans ce prolongement, se consacrer au problème, sur un temps aussi long que trois semaines, est encore tout à fait inédit. En l'occurrence, si les étudiants conçoivent aisément un exercice du genre sur un temps limité à une ou deux heures, il suscite, de par sa durée et sa forme, un sentiment d'incertitude que nous pouvons certes alléger mais non dissoudre. Car la démarche, la réponse à l'exercice, autant que la validation ou la légitimation de cette dernière émanent des étudiants eux-mêmes. Il leur revient donc de « porter » le questionnement, de puiser à leurs propres ressources, de décider des gestes à poser, d'effectuer les recherches nécessaires suivant leur « lecture » de la BN. Autant d'éléments relevant d'une approche pédagogique à laquelle ils ne sont guère rompus, qui les invite à se « commettre » et qui, en bonne partie à cause de la liberté qui leur est offerte, les embarrasse. Par ailleurs, si l'étudiant reprend à son propre

compte l'expérience de la pensée et qu'il assume le questionnement qui en émerge, il s'ouvre aux enjeux de la connaissance, au sens des termes qui en rendent compte, à la valeur de la vérité, au problème de concordance entre ce qu'il perçoit du phénomène et l'explication qu'il en donne, aux questions d'essence versus d'apparence, etc. Déployant son activité dans une situation énigmatique quant au sens de la BN et dans une absence de parti pris épistémologique, il est renvoyé à lui-même et à ses co-équipiers pour statuer sur ces éléments. Ici, le retour à l'expérience, tel que prôné par la phénoménologie, fait office de point d'ancrage, mais malgré notre présence et les échanges nourris que nous avons avec eux, la poursuite d'une réflexion soutenue, conjuguée à l'absence de réponses toutes faites, constitue l'un des obstacles ponctuant toute leur démarche.

Cela dit, dans l'ensemble, les étudiants relèvent le défi en présentant l'éventail d'attitudes que l'on peut saisir dans tout cours, allant de l'enthousiasme à explorer à la réalisation d'un exercice dont on veut se débarrasser le plus vite possible, en passant par le rapport mitigé à un exercice universitaire évalué, à des exigences formulées, à la valeur de la bonne réponse, parfois même, dans ce cas-ci, à une lubie de professeur. Quant aux réactions et aux états d'âme ressentis, ils sont vécus et exprimés avec intensité. Ainsi, l'exercice suscite chez les étudiants, de façon systématique, une gamme d'émotions contraires : de l'excitation à l'ennui (de devoir regarder pendant des heures des points noirs évoluer sur l'écran), de la motivation au dépit (de voir leur thèse infirmée par une observation plus fine), du dépit au plaisir d'avoir résolu l'énigme de la BN. En fin d'exercice, ils expriment le plus souvent leur satisfaction d'avoir « dompté la bête ».

3.3.2. *Caractéristiques répétées de résolution*

Par ailleurs, une considération des démarches de résolution empruntées par les étudiants au cours de ces trois années permet d'en ressortir des caractéristiques qui y participent sur un mode régulier, à des degrés que nous n'avons toutefois pas encore mesurés. Nous en exposerons cinq qui, selon nous, méritent une attention particulière par le questionnement qu'elles soulèvent en nous, par les indices qu'elles fournissent quant à leur formation et à certaines modalités épistémologiques et psychologiques relatives à la résolution du problème posé par la BN.

La première caractéristique relève de la signification que les étudiants, dans ce contexte, attribuent au terme « rationalité ». Nous avons été profondément déconcertés de constater que, malgré leur ancrage disciplinaire varié, l'ensemble des étudiants assimilent et réduisent spontanément la rationalité à la science : est rationnel ce qui est scientifique ou encore « hors de la science, pas de rationalité ». Par ailleurs, cette science est d'emblée comprise comme science formelle incluant les mathématiques et les sciences de la nature. Ainsi, la demande d'une thèse rationnelle est spontanément interprétée comme demande d'une thèse scientifique, ce qui a souvent pour effet, dans un premier temps, de désarmer les étudiantes et étudiants provenant des champs de formation en sciences humaines, en français, en éthique et culture religieuse. C'est en réfléchissant et en démystifiant le sens du terme qu'ils finissent par s'émanciper de la propre clôture de leur pensée.

En outre, bien que l'on présume que les étudiants iront puiser à leurs connaissances disciplinaires pour résoudre la BN, on s'attend aussi à ce que leur capacité de réflexion ne soit pas strictement limitée au type de rationalité que leur discipline cultive et qu'ils sachent se mouvoir dans l'une et dans l'autre. Or, tout porte à montrer l'inverse : les étudiants sont plus qu'autrement « prisonniers » de la rationalité de leur discipline. À ce propos d'ailleurs, les différences dans l'ordre de la rationalité sont différemment envisagées selon l'ancrage dans les disciplines en question : si l'étanchéité entre les deux rationalités relevant de la science et des humanités est patente, elle se signifie davantage par une attitude de condescendance des « scientifiques » aux sciences humaines et de déférence des secondes envers les premiers. Et en effet, l'étudiant achevant sa formation en mathématiques se considérera plutôt comme un mathématicien qu'un enseignant de mathématiques, un étudiant en sciences plutôt comme un biologiste ou chimiste qu'un enseignant de sciences. Autrement dit et cela de façon toute particulière chez les étudiants formés dans les disciplines scientifiques, le rôle du pédagogue – et par extension le type de rationalité qu'il devra mettre en pratique – est souvent exprimé en termes de rôle complémentaire à la discipline qui, elle, définit par principe le type de rationalité et la pensée de l'étudiant. Sans vouloir reprendre le débat qui met dos à dos les deux rationalités – scientifique et des humanités (Bruner, 2000 ; Morin, 1999) – se mouvoir de l'une à l'autre, discerner l'intérêt, le pouvoir et la puissance de l'une et de l'autre est pourtant une nécessité pour l'enseignant. Cela reste encore à accomplir.

Une deuxième caractéristique consiste en la limitation des mesures des variables de la BN. Il revient aux étudiants le soin de définir la méthode qu'ils emploieront pour observer la BN et la perspective qu'ils adoptent emprunte souvent à la méthode expérimentale. Ils procèdent ainsi à des séries de mesures correspondant à diverses valeurs des paramètres ou propriétés sur lesquels ils peuvent agir. Nous avons remarqué à cet égard que les étudiants se limitent à certains paramètres seulement et, pour chacun d'eux, à un nombre restreint de valeurs – environ une dizaine – pour en tirer rapidement des conclusions. En conséquence, la présence de lois à caractère probabiliste leur échappe complètement, alors que des mesures plus variées et plus nombreuses leur permettraient de reconnaître des tendances de fond au-delà des variations superficielles qui s'imposent dans un premier temps. Notre étonnement est ici relatif à la rapidité avec laquelle ils procèdent et au caractère plutôt hasardeux de leurs conclusions, autrement dit à l'absence de profondeur et de finesse de leur regard, en particulier chez ceux qui en principe ont été formés à la méthode en question.

Une troisième caractéristique tout à fait étonnante et exprimée par quelques étudiants, mais de façon réitérée, est l'extrême difficulté voire l'impossibilité qu'ils vivent, lorsqu'ils ont statué sur le phénomène et choisi leur thèse, à voir autre chose que ce qu'ils y voient, autrement dit à se décentrer. Malgré leur vive conscience de la chose et leur essai d'adoption d'une autre perspective, ils n'arrivent pas à s'abstraire de leur idée, à jouer avec leurs pensées, à « bouger dans leur tête », à même s'imaginer comment les autres ont fait pour y voir autre chose. Cette caractéristique est révélatrice d'une modalité de la pensée humaine qualifiée par

Morin (1992) d'existentialité de la connaissance, que l'exercice avec la BN met particulièrement bien en évidence.

La quatrième caractéristique tient au montage de leur thèse et au colmatage d'éléments venant l'affaiblir voir l'infirmier. Nous savons que les théories possèdent toutes des points faibles ou des aspects tenus dans l'ombre. Nos étudiants font pratiquement tous l'expérience d'éléments ou d'aspects du phénomène qui échappent à leur lecture ou à leur explication et qui pourraient mettre en péril l'idée qu'ils ont retenue. Une manière fréquente de légitimer la chose est, pour eux, de passer – sans problème apparent puisqu'ils le font avec aisance et assurance – de leur thèse à l'intention du concepteur de la BN, rejetant ainsi la responsabilité du manque à expliquer sur la création du programme informatique qui constitue le moteur de la simulation. En somme, ils passent – et nous font passer – sans hésitation du phénomène au créateur de la simulation qui voulait ceci plutôt que cela, de la métaphore au programme qui la soutient : acte magique où la fragilité ne provient pas de leur explication mais de la conception de la BN. À côté de l'aspect cocasse du procédé, ce procédé montre la difficulté à mettre au point, serait-ce pour un phénomène simple, une thèse qui se tient.

La dernière caractéristique est relative à l'éventail des thèses qui nous sont présentées. Dans la mesure où nous avons proposé l'exercice à trois cohortes successives, au moyen de quatre versions différentes de la BN, il nous apparaît que les thèses tendent à se rassembler d'abord autour de l'explication psychologique et, au sein de cette dernière, autour de l'idée de la connaissance, que l'on parle ici de son acquisition, de son processus, de son assimilation, etc.

4. Conclusion

Nous désirions offrir à des étudiantes et étudiants en formation des maîtres une simulation informatique leur permettant de mener, au moyen d'une démarche ouverte de résolution de problème, une réflexion sur l'épistémologie. Au terme d'un processus de conception inspiré du design participatif et au fil d'une approche pédagogique raffinée dans ses modalités, nous estimons avoir atteint cet objectif : nous disposons d'une activité d'apprentissage qui, tout en posant un réel défi aux étudiants, peu habitués à l'incertitude et la liberté d'action, leur permet de se frotter concrètement aux grands enjeux de l'épistémologie que sont l'explication, la rationalité et, bien sûr, la connaissance.

Comme suite à nos travaux, il conviendrait de se questionner sur la possibilité – et la pertinence – de poursuivre plus loin la démarche de conception dont l'objectif ultime serait une simulation complètement non disciplinaire, c'est-à-dire sans aucun référent. Il serait intéressant également d'explorer les facteurs qui influencent le choix – ou le rejet – des diverses thèses imaginées par les étudiants. En effet, la prévalence des explications psychologiques ou cognitives a de quoi surprendre, si l'on considère tant la variété des rattachements disciplinaires des étudiants (et des équipes) que celle des thèses qu'ils émettent spontanément.

5. Bibliographie

- Bruner, J. (2000). *Culture et modes de pensée*. Paris : Retz.
- Cowan, J. (1998). *On Becoming an Innovative University Teacher. Reflection in Action*. Buckingham : SRHE & Open University Press.
- de Jong, T. et van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- Désautels, J. et Larochelle, M. (1992). *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Sainte-Foy, Canada : Presses de l'Université Laval.
- Develay, M. (2001). *Propos sur les sciences de l'éducation. Réflexions épistémologiques*. Issy-les-Moulineaux, France : ESF.
- Fourez, G. (2003). *Apprivoiser l'épistémologie*. Bruxelles : De Boeck.
- Gulliksen, J., Lantz, A. et Boivie I. (1999). *User Centered Design in Practice – Problems and Possibilities* (rapport n° TRITA-NA-D9813, CID-40). Stockholm : Center for User Oriented IT Design (CID).
- Hannan, A. et Silver, H. (2000). *Innovating in Higher Education. Teaching, Learning and Institutional Cultures*. Buckingham, Royaume-Uni : SRHE & Open University Press.
- Johnson, A., Moher, T., Cho, Y., Edelson, R. et Russell, E. (2004). Learning science inquiry skills in a virtual field. *Computers and Graphics*, 8(3), 409-416.
- Jungck, J. R. (1991). Constructivism, computer exploratoriums, and collaborative learning: Constructing scientific knowledge. *Teaching Education*, 3(2), 151-70.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G. et Boutin, G. (1990). *Recherche qualitative : fondements et pratiques*. Montréal : Éditions Agence d'Arc Inc.
- Meyor, C. (2006). Mise en scène de la subjectivité dans un contexte académique : de la vue de l'esprit au regard. *Collection du Cirp*, 2, 41-60 [en ligne].
http://www.cirp.uqam.ca/diffusion_collection_vol2.php
- Ministère de l'éducation du Québec (2003). *Programme de formation à l'école québécoise, enseignement secondaire, premier cycle*. [en ligne]
http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFJ/dp/programme_de_formation/secondaire/prformsec1er cycle.htm
- Morin, E. (1992). *La méthode – 3. La connaissance de la connaissance*. Paris : Seuil.
- Morin, E. (1999). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Paris : Seuil.
- Nadeau, R. et Désautels, J. (1984). *Épistémologie et didactique des sciences*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2003). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris : Armand Colin.
- Rieber, L. (2002). Supporting discovery-based learning with simulations. In R. Ploetzner (Ed.). *Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning*, Tübingen, Allemagne : Knowledge Media Research Center.
- Tennyson, R. D. et Breuer, K. (2002). Improving problem solving and creativity through use of complex-dynamic simulations. *Computers in Human Behavior*, 18(6), 650-668.

- Van Steenberghen, F (1965). *Épistémologie*. Louvain, Belgique : Publications Universitaires.
- Vergely, B. (2000). *Les grandes interrogations de la connaissance*. Toulouse, France : Milan.
- White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10(1), 1-100.
- Windschitl, M. et Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 145-160.

6. Références sur le Web

- Couture, M. (2006). La Boîte Noire. In *Site personnel de Marc Couture* [en ligne].
<http://www.telug.uqam.ca/spersonnel/mcouture/boitenoire> (page consultée le 21 juin 2007)