

DOUGLAS RICHARD HOFSTADTER ET LES BRINS D'UNE GUIRLANDE ÉTERNELLE

*Among them was a man
who had invented a new alphabet
consisting only of symmetrical letters
which – like the letter O – looked the same
when read upside down or sideways.
By adopting this symmetrical alphabet, he explained,
one book or newspaper could be read
by four people at the same time – from the North, South, East and West.*

ARTHUR KOESTLER, *ARROW IN THE BLUE* (1952).

*In the end, we are
self-perceiving, self-inventing, locked-in mirages
that are little miracles of self-reference.*

DOUGLAS HOFSTADTER, *I AM A STRANGE LOOP* (2007).

*Computers don't actually think.
You just think they think. (We think.)*

THEODORE H. NELSON, *COMPUTER LIB/DREAM MACHINES* (1974).

Plus il poursuivait son ascension vers les sommets les plus élevés de l'abstraction mathématique, plus Douglas Hofstadter avait l'impression que l'air se raréfiait. Lui qui avait toujours considéré que la visualisation et l'imagerie mentale étaient l'oxygène alimentant la pensée mathématique, il ne voyait plus maintenant qu'une seule façon d'éviter l'asphyxie : interrompre ses études de deuxième cycle en mathématiques [33, Foreword]. Le jeune homme fier et intellectuellement doué qu'il était vécu comme un échec lamentable et honteux cette interruption de son parcours académique résultant d'une soudaine désaffection pour les mathématiques abstraites survenant quelques mois à peine après avoir obtenu un diplôme de premier cycle avec distinction de l'Université de Stanford dans cette même discipline [33, Foreword].

Au terme d'une pause salutaire au cours de laquelle il put se ressaisir et dut rebâtir patiemment sa confiance, Hofstadter se décida à suivre les traces de son père – le physicien Robert Hofstadter (1915-1990), qui fut lauréat du prix Nobel de physique en 1961 « pour ses études pionnières de la diffraction des électrons dans le noyau atomique et pour les découvertes sur la structure des nucléons qui en ont découlé¹ » – et à entreprendre des études supérieures en physique. En 1975, au terme d'une longue odyssée s'échelonnant sur près d'une décennie et au cours de laquelle il changea 4 fois de directeur d'études [6, Preface], Hofstadter soutint une thèse de doctorat à l'Université de l'Oregon à la suite de quoi il se détourna de la physique de la matière condensée pour mieux porter son attention sur les sciences cognitives, l'informatique et la philosophie des sciences.

Hofstadter accéda à la renommée internationale en 1979 avec la parution de *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid* [6], son premier essai. Dans ce volumineux ouvrage d'une rare complexité, l'auteur exploite allègrement les analogies, les paradoxes, l'autoréférence, la récursivité, les régressions à l'infini, les énigmes et les jeux de mots fondés sur l'homophonie ou la polysémie.

Mais quel est le sujet de *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid* au juste ? Quel est le fil qui, selon Hofstadter, unifie les œuvres respectives du logicien autrichien Kurt Gödel (1906-1978), de l'artiste néerlandais Maurits Cornelis Escher (1898-1972) et du compositeur allemand Johann Sebastian Bach (1685-1750) ? Il suffit de parcourir rapidement quelques pages de *Gödel, Escher, Bach* pour réaliser qu'il ne s'agit pas d'une biographie croisée. Il n'est d'ailleurs que très peu question des 3 vénérables personnages dans les quelque 700 pages qui composent cet ouvrage. On peut écarter avec autant d'aisance l'hypothèse farfelue voulant qu'il s'agisse d'un livre visant à exhiber des liens inattendus entre les mathématiques, l'art et la musique.

S'il est plutôt facile de dire de quoi il n'est pas question dans *Gödel, Escher, Bach*, il est beaucoup moins simple de cerner le sujet de cet essai hautement baroque. Nombreux sont ceux qui n'y virent qu'un intéressant ramassis d'observations, de commentaires philosophiques et de perles de sagesse assemblés autour d'un thème fédérateur beaucoup trop diffus pour être identifié. Hofstadter, quant à lui, concevait

1. Site officiel du prix Nobel, «Nobel Prize in Physics 1961»: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1961/summary/>

son *magnum opus*, *Gödel, Escher, Bach*, comme une réflexion très personnelle sur la façon dont des êtres animés peuvent émerger de la matière inanimée, dont le sens peut émerger de structures non sémantiques, et dont la conscience émerge de mécanismes neurologiques profonds et inapparents.

Gödel, Escher, Bach aborde ces questions en approfondissant petit à petit et précautionneusement une réflexion philosophique au sujet des manifestations d'un même concept fondamental sous-valorisé, contre-intuitif et mystérieux qu'il nomma les *boucles étranges*, à savoir des boucles autoréférentielles comme celle au cœur de l'énoncé « je mens en ce moment même ». De l'aveu même de l'auteur, l'ouvrage serait inspiré par la profonde conviction – qui était la sienne depuis l'adolescence sous une forme inaboutie – que la notion de boucles étranges représente la clé permettant d'élucider le mystère de la conscience humaine.

Le concept de *boucles étranges* se présenta à l'esprit de Douglas Hofstadter alors qu'il cogitait sur l'étrange boucle qui se trouve au cœur de la preuve du célèbre théorème d'incomplétude de Kurt Gödel en logique mathématique. Il est particulièrement ironique que cette boucle étrange emblématique a surgi au sein d'un système taillé sur mesure pour empêcher toute boucle. Afin d'y voir plus clair, autorisons-nous une courte digression.

Entre 1910 et 1913, les logiciens britanniques Bertrand Russell (1872-1970) et Alfred North Whitehead (1861-1947) firent paraître *Principia Mathematica*, une œuvre en 3 volumes ayant pour sujet les fondements des mathématiques. Cet imposant, dense et intimidant traité de logique mathématique se voulait l'aboutissement d'une quête désespérée lancée par Russell pour trouver un moyen de résoudre les paradoxes autoréférentiels qui apparaissaient dans *Die Grundlagen der Arithmetik* de Gottlob Frege (1884). Marqué par l'échec de Frege dans sa tentative de donner un fondement rigoureux et sûr au concept de nombre, Russell en vint à penser que le fait qu'un système mathématique puisse parler de lui-même ouvrait inexorablement la porte à l'autocontradiction. Dans l'espoir d'éviter ce funeste destin, il inventa – avec Whitehead – une hiérarchie cumulative et infinie de systèmes formels dans lesquels les objets d'un certain type ne peuvent être construits qu'à partir d'objets préexistants de sorte à empêcher, croyait-on, l'émergence d'énoncés autoréférentiels. Hautement

complexe, la théorie développée par Russell et Whitehead semblait bâtie de telle sorte à lui permettre d'atteindre le but fixé par ses créateurs. Mais c'était sans compter la créativité du jeune logicien autrichien Kurt Gödel. Ce dernier parvint, en 1931, à contourner habilement la ligne de défense contre l'autoréférence érigée par les 2 logiciens britanniques et à faire surgir un énoncé autoréférentiel implacable. Pire, Gödel montra que l'échec essuyé par la théorie développée par Russell et Whitehead n'était pas dû à un quelconque « vice de conception », car tout système similaire présenterait inévitablement la même vulnérabilité fatale. Pour le dire simplement, en exploitant une méthode de codage remarquablement ingénieuse qu'il avait développée, Gödel parvint à montrer comment un énoncé métamathématique (c'est-à-dire un énoncé *au sujet* d'un système formel mathématique) peut être traduit en un énoncé mathématique *à l'intérieur* du système formel mathématique. Il en conclut que tout système formel conçu pour émettre des vérités au sujet de simples nombres finit inévitablement par devenir, d'une certaine façon, *conscient de lui-même* en ceci qu'il émet – par inadvertance – des vérités au sujet de lui-même, au sujet de ses propres propriétés.

Il va sans dire que la découverte par Gödel d'un résultat aussi étonnant eut de profondes implications philosophiques et mathématiques. Mais pour Hofstadter, l'aspect le plus marquant découlant des avancées réalisées par Gödel est que le sens semble surgir de lui-même en dépit de tous les efforts déployés pour que les symboles restent dénués de sens. Il y vit, on le devine, une riche analogie avec la façon dont la conscience surgit inexplicablement de la matière inanimée.

Alors qu'il s'évertuait à structurer sa pensée en vue d'entreprendre la rédaction de ce qu'il anticipait être un bref texte devant s'intituler *Les théorèmes d'incomplétude de Gödel et l'esprit humain*, Hofstadter eut une sorte d'impression que le type d'autoréférence imprégnant la preuve des théorèmes d'incomplétude de Gödel se manifestait également dans l'œuvre créatrice de Maurits Cornelis Escher ainsi que dans celle de Johann Sebastian Bach. Il fallut toutefois un certain temps à Hofstadter pour trouver comment exploiter son intuition voulant qu'il existait une parenté d'esprit à la fois cohérente, évocatrice et enrichissante entre l'autoréférence dans les travaux de Gödel et celle dans ceux d'Escher et Bach. Mais dès qu'il trouva comment exploiter ce filon, Hofstadter laissa libre cours à sa liberté créatrice et élaboratrice de sens. Son projet évolua progressivement jusqu'à

prendre la forme complexe et ambitieuse qu'on lui connaît, à savoir un très long texte composé d'une série de digressions sur la géométrie ; la logique, la vérité et la récursion ; les structures syntaxiques et les langages formels ; des dialogues ludiques, poétiques ou s'inspirant de motifs musicaux ; la biologie moléculaire, les protéines, le code génétique et l'ADN ; les ordinateurs, les langages informatiques et l'intelligence artificielle ; le cerveau et l'esprit ; la créativité, la conscience et le libre arbitre ; les colonies de fourmis ; le Bouddhisme zen ; les paradoxes et les représentations visuelles paradoxales ; les traductions ; les représentations mentales ; le réductionnisme et l'holisme ; ou encore la nature du sens et de la signification. Toutes ces digressions sont cependant finement disposées et organisées de sorte qu'un thème commun et une réflexion cohérente (mais vraisemblablement subtile) transparaissent.

La plus saisissante réalisation visuelle de la notion de boucles étranges dans l'œuvre de M. C. Escher est incontestablement la lithographie *Drawing Hands* (1948) qui représente une feuille de papier sur laquelle une main gauche dessine une main droite occupée à dessiner... la main gauche. En d'autres mots, dans une sorte de paradoxal enchevêtrement existentiel, chaque main semble tirer son existence de la puissance créatrice de l'autre main. Quant à Bach, c'est dans ses canons perpétuels de même que dans ses fugues que Hofstadter crut discerner la présence de boucles étranges.

Martin Gardner fit la connaissance de Douglas Hofstadter à l'époque où ce dernier était à la recherche d'une maison d'édition désireuse de publier *Gödel, Escher, Bach*. De nombreux éditeurs – dont les presses universitaires de son institution d'attache – se montrèrent réticents à l'égard de ce manuscrit échappant formidablement à toute tentative de catégorisation. Ils durent s'en mordre les doigts, car l'ouvrage plut grandement à Gardner. Il en fit d'ailleurs une recension fort élogieuse dans sa chronique *Mathematical Games* de juin 1979 [1 ; 3]. *Gödel, Escher, Bach* connut par la suite un succès critique et populaire foudroyant, décrochant au passage le prix Pulitzer 1980 dans la catégorie « General non-fiction », de même que le National Book Award 1980 pour le volet « Science ».

Afin d'arriver à établir l'interaction étroite entre la forme et le fond qui caractérise *Gödel, Escher, Bach*, Hofstadter fit appel aux services de Scott Kim, un illustrateur hors pair et un virtuose de la

calligraphie passé maître dans l'art de déformer ingénieusement les lettres de n'importe quel mot ou courte phrase pour produire toutes sortes de symétries (une symétrie rotationnelle d'un demi-tour, par exemple, ou encore une symétrie miroir) sans pour autant affecter sa lisibilité. Il suffit de jeter un coup d'œil aux *ambigrammes*² de Scott Kim reproduits dans la chronique *Mathematical Games* de juin 1981 [2 ; 4] pour comprendre pourquoi l'écrivain Isaac Asimov se plaisait à surnommer ce dernier « le Escher de l'alphabet ». Scott Kim soutint, à l'Université de Stanford, en 1987, une thèse de doctorat intitulée *Viewpoint: Toward a Computer for Visual Thinkers*. Comment ne pas voir une boucle étrange dans le fait que son superviseur de thèse ne fut nul autre que Donald Knuth, un autre membre du cercle rapproché de Martin Gardner ?

Peiné de voir que l'essentiel de son propos avait échappé à une part non négligeable de son lectorat, Hofstadter tâcha de préciser sa pensée dans la préface accompagnant l'édition du 20^e anniversaire de *Gödel, Escher, Bach*, puis à nouveau dans un livre intitulé *I Am a Strange Loop* [32]. Dans cet ouvrage paru en 2007, il approfondit son étude des boucles étranges et utilisa ce concept pour tenter d'expliquer où la *conscience de soi* trouve son origine. Hofstadter s'attaqua ainsi à ce que le philosophe australien David Chalmers appelle le *problème difficile de la conscience*³, c'est-à-dire le problème relatif à l'origine du contenu subjectif de l'expérience d'un état mental.

S'il admit avoir trouvé fort enrichissantes les réflexions de Hofstadter au sujet de la mémoire et de l'intelligence, Gardner déplora de ne pas avoir trouvé dans le livre *I Am a Strange Loop* d'explication convaincante de l'origine de la conscience de soi. À ses yeux, fut laissé entièrement intact le mystère entourant la question quant à savoir par quel incroyable miracle notre cerveau – ce petit amas de molécules organiques inanimées emplissant notre crâne – prend conscience de lui-même et parvient à développer une volonté propre et libre nous rendant capables du meilleur comme du pire [5].

2. Ce néologisme, imaginé par Douglas Hofstadter, est formé par synthèse du préfixe *ambi-* (du latin *ambi* ou *ambo* qui exprime l'idée d'une dualité) et du suffixe *-gramme*, qui dérive du grec (*gramma*) signifiant « lettre » ou « écrit ».

3. Par opposition, les *problèmes faciles* consistent par exemple à expliquer les mécanismes de la perception sensorielle et de l'assimilation des informations.

Mentionnons, en terminant, qu'en janvier 1981 les lecteurs du magazine *Scientific American* eurent la surprise de recevoir un premier numéro en près d'un quart de siècle qui ne contenait aucune chronique *Mathematical Games*. Le numéro comprenait toutefois un texte de Douglas Hofstadter intitulé *Metamagical Themas: An anagrammatic title introduces a new contributor to this column* [7]. Le mois suivant, la chronique de Martin Gardner retrouva sa place habituelle. Puis, en mars, les abonnés eurent à nouveau droit à chronique *Metamagical Themas* [8]. Ce chassé-croisé se poursuivit toute l'année 1981 [9 ; 10 ; 11 ; 12]. À compter de janvier 1982, cependant, on ne vit plus paraître de textes signés Martin Gardner sur une base régulière. Le géant de la vulgarisation mathématique avait décidé de tirer sa révérence afin de pouvoir se consacrer à d'autres projets d'écriture et c'est à Douglas Hofstadter que l'on confia la tâche de chausser les souliers du maître et d'alimenter les lecteurs en mathématiques récréatives. Il s'y employa avec brio jusqu'en juillet 1983 [13 ; 14 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 30 ; 31]. Si les sujets abordés par Hofstadter dans ses chroniques (comme la structure du code génétique [15], les motifs discernables dans la musique de Frédéric Chopin [16] ou le célèbre dilemme du prisonnier [29]) peuvent sembler hétéroclites à première vue, ils font tous écho d'une manière ou d'une autre à *Gödel, Escher, Bach*, puisque l'auteur demeure constamment animé d'un vibrant désir de chercher à mieux cerner ce phénomène mystérieux qu'est la conscience humaine.

Références

- [1] Gardner, M. (1979, juillet). «Mathematical Games: Douglas R. Hofstadter's "Gödel, Escher, Bach"». *Scientific American*, 241 (1), 16-28. [www.jstor.org/stable/24965235]
- [2] Gardner, M. (1981, juin). «Mathematical Games: The inspired geometrical symmetries of Scott Kim». *Scientific American*, 244 (6), 22-32. [www.jstor.org/stable/24964433]
- [3] Gardner, M. (1992). «Douglas Hofstadter's *Gödel, Escher, Bach*». Ch. 16 dans *Fractal Music, Hypercards, and More... Mathematical Recreation from scientific american Magazine*. W. H. Freeman & Co.
- [4] Gardner, M. (1997). «The Symmetry Creations of Scott Kim». Ch. 17 dans *The Last Recreations: Hydras, Eggs, and other Mathematical Mystifications*. Copernicus Books/Springer-Verlag New York.
- [5] Gardner, M. (2007). «Do Loops Explain Consciousness? Review of I Am a Strange Loop-Computer scientist and author Douglas Hofstadter's new book attempts to explain consciousness as a self-reference loop phenomenon». *Notices of the American Mathematical Society*, 54 (7), 852-855.
- [6] Hofstadter, D. R. (1979). *Gödel, Escher, Bach*. Basic Books.
- [7] Hofstadter, D. R. (1981, janvier). «Metamagical Themas: An anagrammatic title introduces a new contributor to this column». *Scientific American*, 244 (1), 22-1st16. [<http://www.jstor.org/stable/24964252>]
- [8] Hofstadter, D. R. (1981, mars). «Metamagical Themas: The Magic Cube's cubies are twiddled by cubists and solved by cubemeisters». *Scientific American*, 244 (3), 20-39. [<http://www.jstor.org/stable/24964321>]
- [9] Hofstadter, D. R. (1981, mai). «Metamagical Themas: A coffeehouse conversation on the Turing test to determine if a machine can think». *Scientific American*, 244 (5), 15-38. [<http://www.jstor.org/stable/24964411>]

- [10] Hofstadter, D. R. (1981, juillet). «Metamagical Themas: Pitfalls of the uncertainty principle and paradoxes of quantum mechanics». *Scientific American*, 245 (1), 18–31. [<http://www.jstor.org/stable/24964488>]
- [11] Hofstadter, D. R. (1981, septembre). «Metamagical Themas: How might analogy, the core of human thinking, be understood by computers?». *Scientific American*, 245 (3), 18–30, 11–120. [<http://www.jstor.org/stable/24964552>]
- [12] Hofstadter, D. R. (1981, novembre). «Metamagical Themas: Strange attractors: mathematical patterns delicately poised between order and chaos». *Scientific American*, 245 (5), 22–43. [<http://www.jstor.org/stable/24964595>]
- [13] Hofstadter, D. R. (1982, janvier). «Metamagical Themas: A self-referential column about last January's column about self-reference». *Scientific American*, 246 (1), 16–28, S1–S11. [<http://www.jstor.org/stable/24966493>]
- [14] Hofstadter, D. R. (1982, février). «Metamagical Themas: About two kinds of inquiry: "National Enquirer" and "The Skeptical Inquirer"». *Scientific American*, 246 (2), 18–27. [<http://www.jstor.org/stable/24966515>]
- [15] Hofstadter, D. R. (1982, mars). «Metamagical Themas: Is the genetic code an arbitrary one, or would another code work as well?». *Scientific American*, 246 (3), 18–29. [<http://www.jstor.org/stable/24966538>]
- [16] Hofstadter, D. R. (1982, avril). «Metamagical Themas: The music of Frédéric Chopin: startling aural patterns that also startle the eye». *Scientific American*, 246 (4), 16–31. [<http://www.jstor.org/stable/24966561>]
- [17] Hofstadter, D. R. (1982, mai). «Metamagical Themas: Number numbness, or why innumeracy may be just as dangerous as illiteracy». *Scientific American*, 246 (5), 20–34. [<http://www.jstor.org/stable/24966584>]
- [18] Hofstadter, D. R. (1982, juin). «Metamagical Themas: About Nomic: a heroic game that explores the reflexivity of the law». *Scientific American*, 246 (6), 16–33. [<http://www.jstor.org/stable/24966607>]
- [19] Hofstadter, D. R. (1982, juillet). «Metamagical Themas: Beyond Rubik's Cube: spheres, pyramids, dodecahedrons and God knows what else». *Scientific American*, 247 (1), 16–31. [<http://www.jstor.org/stable/24966629>]
- [20] Hofstadter, D. R. (1982, août). «Metamagical Themas: Undercut, Flaunt, Hruska, behavioral evolution and other games of strategy». *Scientific American*, 247 (2), 16–25. [<http://www.jstor.org/stable/24966651>]
- [21] Hofstadter, D. R. (1982, septembre). «Metamagical Themas: Can inspiration be mechanized?». *Scientific American*, 247 (3), 18–34, M1–M18. [<http://www.jstor.org/stable/24966674>]
- [22] Hofstadter, D. R. (1982, octobre). «Metamagical Themas: Variations on a theme as the essence of imagination». *Scientific American*, 247 (4), 20–31. [<http://www.jstor.org/stable/24966697>]
- [23] Hofstadter, D. R. (1982, novembre). «Metamagical Themas: 'Default assumptions' and their effects on writing and thinking». *Scientific American*, 247 (5), 18–39. [<http://www.jstor.org/stable/24966719>]
- [24] Hofstadter, D. R. (1982, décembre). «Metamagical Themas: Sense makes more sense than nonsense, but nonsense may still have its purposes». *Scientific American*, 247 (6), 18–33. [<http://www.jstor.org/stable/24966742>]
- [25] Hofstadter, D. R. (1983, janvier). «Metamagical Themas: Virus-like sentences and self-replicating structures». *Scientific American*, 248 (1), 14–26. [<http://www.jstor.org/stable/24968799>]
- [26] Hofstadter, D. R. (1983, février). «Metamagical Themas: The pleasures of Lisp: the chosen language of artificial intelligence». *Scientific American*, 248 (2), 14–29. [<http://www.jstor.org/stable/24968822>]
- [27] Hofstadter, D. R. (1983, mars). «Metamagical Themas: Tripping the light recursive in Lisp, the language of artificial intelligence». *Scientific American*, 248 (3), 22–34. [<http://www.jstor.org/stable/24968844>]
- [28] Hofstadter, D. R. (1983, avril). «Metamagical Themas: In which a discourse on the language Lisp concludes with a gargantuan Italian feast». *Scientific American*, 248 (4), 14–29. [<http://www.jstor.org/stable/24968867>]
- [29] Hofstadter, D. R. (1983, mai). «Metamagical Themas: Computer tournaments of the Prisoner's Dilemma suggest how cooperation evolves». *Scientific American*, 248 (5), 16–26, E1–E18. [<http://www.jstor.org/stable/24968890>]
- [30] Hofstadter, D. R. (1983, juin). «Metamagical Themas: The calculus of cooperation is tested through a lottery». *Scientific American*, 248 (6), 14–29. [<http://www.jstor.org/stable/24968913>]
- [31] Hofstadter, D. R. (1983, juillet). «Metamagical Themas: Parquet deformations: patterns of tiles that shift gradually in one dimension». *Scientific American*, 249 (1), 14–21. [<http://www.jstor.org/stable/24968935>]
- [32] Hofstadter, D. R. (2007). *I am a strange loop*. Basic books.
- [33] Roberts, S. (2009). *King of infinite space: Donald Coxeter, the man who saved geometry*. Bloomsbury Publishing USA.