





**GÖDEL**  
**ESCHER**  
**BACH**



**DOUGLAS HOFSTADTER**

**GÖDEL  
ESCHER  
BACH**

**LES BRINS D'UNE GUIRLANDE ÉTERNELLE**

VERSION FRANÇAISE  
DE JACQUELINE HENRY ET ROBERT FRENCH

PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DES LETTRES

**DUNOD**

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée aux États-Unis par Basic Books, Inc., Publisher, New York, sous le titre *Gödel, Escher, Bach : an Eternal Golden Braid*. © 1979 by Basic Books, Inc.

Couverture : Nicolas Wiel

Du même auteur

*Je suis une boucle étrange*, Douglas Hofstadter, Dunod, 2021  
*L'analogie : cœur de la pensée alerte*, Douglas Hofstadter, Emmanuel Sander, Odile Jacob, 2013

© InterÉditions/Masson, Paris, 1985 pour la traduction française  
© Dunod, 2000, 2021, pour la présente édition  
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)  
ISBN 978-2-10-082933-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Pour M. et P.





# Sommaire

|               |      |
|---------------|------|
| Présentation  | XIII |
| Avant-propos  | XXI  |
| Remerciements | XXIX |

## Première partie : GEB

|   |     |
|---|-----|
| Introduction : Offrande musico-logique                | 3   |
| <i>Invention à trois voix</i>                         | 33  |
| Chapitre I : L'énigme MU                              | 38  |
| <i>Invention à deux voix</i>                          | 49  |
| Chapitre II : Signification et forme en mathématiques | 53  |
| <i>Sonate pour Achille seul</i>                       | 70  |
| Chapitre III : Figure et fond                         | 73  |
| <i>Contracrostipunctus</i>                            | 85  |
| Chapitre IV : Consistance, complétude et géométrie    | 93  |
| <i>Le petit labyrinthe harmonique</i>                 | 117 |
| Chapitre V : Structures et processus récursifs        | 143 |
| <i>Canon par augmentation d'intervalles</i>           | 172 |
| Chapitre VI : Où réside la signification ?            | 178 |
| <i>Fantaisie chromatique et fugue</i>                 | 200 |
| Chapitre VII : Le calcul propositionnel               | 204 |
| <i>Canon cancrizans</i>                               | 225 |

|  |     |
|--|-----|
| Chapitre VIII : Un système explosif : la TNT | 230 |
| <i>L'Offrande Mu</i>                         | 260 |
| Chapitre IX : Mumon et Gödel                 | 276 |

## Seconde partie : EGB

|   |     |
|---|-----|
| <i>Prélude</i>  | 309 |
| Chapitre X : Niveaux de description et ordinateurs  | 318 |
| ... <i>et fourmugue</i>   | 347 |
| Chapitre XI : Cerveaux et pensées   | 377 |
| <i>Suite anglaise, française, allemande</i>   | 411 |
| Chapitre XII : Esprits et pensées   | 414 |
| <i>Aria avec diverses variations</i>  | 439 |
| Chapitre XIII : Bucle, Muclé, et Pucle  | 456 |
| <i>Kourte G'avotte</i>  | 485 |
| Chapitre XIV : Des propositions formellement<br>indécidables dans la TNT et les systèmes apparentés | 493 |
| <i>Cantatatata d'anniversaire...</i>  | 518 |
| Chapitre XV : Sortir du système   | 523 |
| <i>Les pensées édifiantes d'un fumeur de tabac</i>  | 540 |
| Chapitre XVI : Auto-réf et auto-rep   | 557 |
| <i>Le Magnificrabe, en réalité</i>  | 615 |
| Chapitre XVII : Church, Turing, Tarski et autres  | 626 |
| <i>SHRDLU, Que ta voie ne meure</i>   | 657 |
| Chapitre XVIII : Intelligence artificielle : passé  | 665 |
| <i>Contrafactus</i>   | 711 |
| Chapitre XIX : Intelligence artificielle : avenir   | 720 |
| <i>Canon au Paresseux</i>   | 767 |

|  |     |
|--|-----|
| Chapitre XX : Boucles Étranges, ou Hiérarchies<br>Enchevêtrées | 770 |
| <i>Ricercar à six voix</i>                                     | 812 |
| Notes et références  | 839 |
| Liste des illustrations  | 843 |
| Sources iconographiques et bibliographiques                    | 849 |
| Remerciements des traducteurs                                  | 849 |
| Bibliographie  | 851 |
| Index analytique   | 859 |



# Présentation

## Première partie : GEB

**Introduction : Offrande musico-logique.** Le livre commence par le récit de l'histoire de l'*Offrande musicale* de Bach. Au cours d'une visite impromptue de Bach au roi Frédéric le Grand de Prusse, il lui a été demandé d'improviser sur un thème choisi par le roi. Ses improvisations ont constitué la base de cette grande œuvre. L'*Offrande musicale* et son histoire forment un thème sur lequel « j'improviserai » tout au long de ce livre pour faire une sorte d'« Offrande métamusicale ». Les thèmes de l'auto-référence et du jeu entre les différents niveaux de la musique de Bach apparaissent, ce qui mène à un débat sur les idées parallèles exprimées par les dessins d'Escher, puis au Théorème de Gödel. Une brève présentation de l'histoire de la logique et des paradoxes sert d'histoire au Théorème de Gödel. De là, nous passons au raisonnement mécanique et aux ordinateurs, ainsi qu'au débat sur les possibilités de parvenir à l'intelligence artificielle. Je conclus par une explication relative aux origines du livre, et notamment au pourquoi et au comment des dialogues.

*Invention à trois voix.* Bach a écrit quinze inventions à trois voix. Dans ce dialogue à trois voix, la Tortue et Achille, les principaux personnages fictifs des dialogues, sont « inventés » par Zénon (comme ils l'ont effectivement été, pour illustrer ses paradoxes du mouvement). Très bref, il donne un avant-goût de ce que seront les dialogues suivants.

**Chapitre I : L'énigme MU.** Un système formel (le système MIU) est présenté, et le lecteur est invité à résoudre une énigme qui lui permettra de se familiariser avec les systèmes formels en général. Un certain nombre de notions fondamentales sont introduites : chaîne, théorème, axiome, règle de production, dérivation, système formel, procédure de décision, travail à l'intérieur/en dehors du système.

*Invention à deux voix.* Bach a également écrit quinze inventions à deux voix. Ce dialogue à deux voix n'a pas été écrit par moi, mais par Lewis Carroll, en 1895. Carroll a emprunté les personnages d'Achille et de la Tortue à Zénon, et je les ai à mon tour empruntés à Carroll. Le sujet de ce dialogue est le rapport entre le raisonnement, le raisonnement sur le raisonnement, le raisonnement sur le raisonnement sur le raisonnement, etc. Il est, d'une certaine façon, parallèle au paradoxe de Zénon sur l'impossibilité du mouvement, ce qui semble montrer, grâce au recours à la régression infinie, que le raisonnement est impossible. C'est un beau paradoxe, que l'on retrouve plusieurs fois plus loin dans le livre.

**Chapitre II : Signification et forme en mathématiques.** Un nouveau système formel (le système pg), encore plus simple que le système MIU du chapitre I, est présenté. Alors qu'il paraît, à première vue, dénué de sens, il s'avère tout à coup que ses symboles ont une signification du fait de la forme des théorèmes dans lesquels ils apparaissent. Cette révélation est le premier aperçu important de la signification et de son rapport étroit avec le concept d'isomorphisme. Différentes questions liées à la signification sont ensuite traitées, comme la vérité, la preuve, la manipulation des symboles, et le concept difficile à cerner de « forme ».

*Sonate pour Achille seul.* Ce dialogue imite les sonates pour violon seul de Bach. Achille est donc le seul à parler, puisqu'il s'agit de la transcription d'un côté d'une conversation téléphonique avec, à l'autre bout du fil, la Tortue. Leur conversation concerne les concepts de « figure » et de « fond » dans différents contextes, par exemple dans les œuvres d'Escher. Le dialogue lui-même est une illustration de cette distinction, puisque les répliques d'Achille constituent une « figure », alors que celles de la Tortue, implicites dans ce que dit Achille, constituent un « fond ».

**Chapitre III : Figure et fond.** La distinction entre figure et fond dans l'art est comparée à la distinction entre théorèmes et non-théorèmes dans les systèmes formels. La question « Une figure contient-elle nécessairement les mêmes informations que son fond ? » mène à la distinction entre les ensembles récursivement énumérables et les ensembles récursifs.

*Contracrostipunctus.* Ce dialogue est un des éléments clés du livre, car il contient tout un jeu de paraphrases de la construction autoréférentielle de Gödel et de son Théorème d'Incomplétude. Une des paraphrases du Théorème dit : « Pour chaque tourne-disque, il existe un disque qui ne peut pas passer sur lui ». Le titre du dialogue est un croisement entre les mots « acrostiche » et « contrapunctus », ce dernier étant le terme latin utilisé par Bach pour désigner les nombreuses fugues et les multiples canons constituant son *Art de la fugue*. Certaines références explicites à l'*Art de la fugue* sont d'ailleurs faites. Le dialogue lui-même cache quelques astuces sous forme d'acrostiches.

**Chapitre IV : Consistance, complétude et géométrie.** Le dialogue précédent est éclairé dans la limite des possibilités offertes à ce stade, ce qui ramène à la question de comment et quand les symboles d'un système formel acquièrent une signification. L'histoire de la géométrie euclidienne et de la géométrie non euclidienne est exposée pour illustrer la notion difficile à saisir de « termes non définis ». Cela mène à des idées sur la consistance, ou non-contradiction, de différentes géométries susceptibles d'être « rivales ». Cette discussion éclaire la notion de termes non définis et aborde le rapport entre les termes non définis, la perception et les processus de réflexion.

*Petit labyrinthe harmonique.* Ce dialogue est basé sur le morceau pour orgue de Bach portant le même nom. Il s'agit d'une plaisante présentation de la notion de structures récursives, c'est-à-dire emboîtées. Il contient donc des histoires à l'intérieur d'histoires. Au lieu de se terminer comme elle le laisse prévoir, l'histoire-cadre ne se referme pas, ce qui laisse le lecteur dans l'incertitude de l'absence de résolution. L'une des histoires emboîtées concerne la modulation en musique, et notamment un morceau d'orgue qui se termine dans une mauvaise tonalité, ce qui laisse l'auditeur dans l'incertitude de l'absence de résolution.

**Chapitre V : Structures et processus récursifs.** L'idée de récursion est présentée dans de nombreux contextes différents : des compositions musicales, des constructions linguistiques, des structures géométriques, des fonctions mathématiques, des théories physiques, des programmes informatiques, etc.

*Canon par augmentation d'intervalles.* Achille et la Tortue tentent de résoudre la question « Qu'est-ce qui contient le plus d'informations, un disque ou le phonographe sur lequel il passe ? » Cette étrange question surgit lorsque la Tortue décrit un disque particulier qui, passé sur plusieurs tourne-disques différents, produit deux mélodies très différentes : B-A-C-H et C-A-G-E. Mais il s'avère que ces deux mélodies sont, étrangement, « la même ».

**Chapitre VI : Où réside la signification ?** Grand débat sur la répartition de la signification entre le message codé, le décodeur, et le récepteur. Les exemples présentés incluent des chaînes d'ADN, des inscriptions non déchiffrées sur d'antiques tablettes, et des disques flottant dans l'espace. L'idée de rapport entre l'intelligence et la signification « absolue » est avancée.

*Fantaisie chromatique, et fugioso.* Bref dialogue ressemblant très peu, sinon par son titre, à la *Fantaisie chromatique et fugue* de Bach. Il concerne la juste façon de manipuler des phrases pour préserver la vérité, et notamment la question de l'existence ou non de règles relatives à l'usage du mot « et ». Ce dialogue a beaucoup en commun avec le dialogue de Lewis Carroll.

**Chapitre VII : Le calcul des propositions.** Où l'on voit comment des mots comme « et » peuvent être régis par des règles formelles. Les idées d'isomorphisme et d'acquisition automatique d'une signification par les symboles d'un système de ce type sont à nouveau traitées. Tous les exemples de ce chapitre sont des phrases extraites de kōans zen. C'est là un choix volontaire quelque peu ironique puisque les kōans sont des histoires délibérément illogiques.

*Canon cancrizans.* Ce dialogue a pour base un morceau de l'*Offrande musicale* portant le même nom. Cette appellation est due au fait que les crabes sont censés marcher à reculons. Dans ce dialogue, le personnage du Crabe fait sa première apparition. C'est peut-être le



dialogue le plus dense du livre du point de vue des astuces formelles et du jeu des niveaux. Gödel, Escher et Bach sont profondément entremêlés dans ce très bref dialogue.

**Chapitre VIII : Un système explosif : la TNT.** Une extension du calcul des propositions appelé « TNT » est présentée. Dans ce système, le raisonnement arithmétique est obtenu par manipulation rigide des symboles. Les différences entre le raisonnement formel et la réflexion humaine sont considérées.

*L'offrande Mu.* Ce dialogue annonce plusieurs nouveaux thèmes du livre. S'il traite, en façade, du bouddhisme zen et des kōans, il porte, en fait, de façon à peine voilée, sur les questions suivantes : quand une chaîne de la théorie des nombres est-elle un théorème ? Quand est-elle vraie et quand est-elle fausse ? Quelques références fugitives à la biologie moléculaire, et notamment au code génétique, sont faites. Il n'y a pas de lien étroit avec l'*Offrande musicale*, si ce n'est dans le titre et dans l'utilisation de certains jeux d'auto-référence.

**Chapitre IX : Mumon et Gödel.** Tentative de discussion des étranges idées du bouddhisme zen. Le moine zen Mumon, qui a émis des commentaires bien connus sur un grand nombre de kōans, est une figure centrale du chapitre. Les idées zen présentent une certaine ressemblance métaphorique avec quelques idées contemporaines de la philosophie des mathématiques. Après cette digression « zénique », l'idée fondamentale de Gödel, à savoir celle de sa numérotation, est introduite, et un premier aperçu du Théorème de Gödel est donné.

## Seconde partie : BGE

*Prélude...* Ce dialogue se rattache au suivant. En effet, ces deux dialogues sont basés sur des préludes et fugues du *Clavecin bien tempéré* de Bach. Achille et la Tortue apportent un cadeau au Crabe, lequel a un invité, le Fourmilier. Ce cadeau s'avère être un enregistrement du *C. B. T.*, et le Crabe met immédiatement le premier disque. Tout en écoutant un prélude, ils discutent de la structure des préludes et fugues, ce qui amène Achille à demander comment il faut écouter une fugue : comme un tout, ou comme la somme de ses parties ? Nous abordons là le débat sur le holisme et le réductionnisme, qui est bientôt repris dans la *Fourmugue*.

**Chapitre X : Niveaux de description et ordinateurs.** Différents niveaux de considération des images, des échiquiers et des ordinateurs sont traités. Les derniers sont ensuite examinés en détail, ce qui aboutit à l'explication de ce que sont les langages machine, les



langages d'assemblage, les langages de compilation, les systèmes d'exploitation, etc. La discussion s'oriente ensuite vers des systèmes mixtes de différents types, comme les équipes sportives, les noyaux, les atomes, la météo. La question suivante se pose : Combien de niveaux intermédiaires y a-t-il, s'il en existe ?

... *et fourmugue*. Imitation d'une fugue musicale : chacune des voix entre en disant la même chose. Le thème (l'opposition holisme/réductionnisme) est introduit dans un dessin récursif composé de mots composés de mots plus petits, etc. Les mots apparaissant aux quatre niveaux de ce curieux dessin sont « HOLISME », « RÉDUCTIONNISME », et « MU ». La discussion se tourne ensuite vers une amie du Fourmilier, Mme de Montfourmi, qui est une colonie consciente. Le débat porte sur les différents niveaux de ses processus de raisonnement. Un grand nombre d'astuces propres aux fugues sont utilisées dans le dialogue. Pour aider le lecteur, des références sont faites à des astuces parallèles dans la fugue qu'écoutent les quatre personnages. A la fin de la *Fourmugue*, des thèmes du *Prélude* réapparaissent, considérablement modifiés.

**Chapitre XI : Cerveaux et pensées.** Ce chapitre porte sur la question : « Comment les pensées peuvent-elles surgir du matériel du cerveau ? » Après un survol de la structure à grande échelle et à petite échelle du cerveau, le rapport entre les concepts et l'activité neurale est discuté plus en profondeur.

*Suite anglaise, française, allemande.* Interlude composé du poème « Jabberwocky » de Lewis Carroll et de deux de ses traductions, l'une française, et l'autre allemande.

**Chapitre XII : Esprits et pensées.** Les poèmes précédents introduisent avec force l'incertaine question de la possibilité d'établir une « correspondance » entre des langues ou entre des esprits. Comment la communication est-elle possible entre deux cerveaux physiques distincts ? Qu'est-ce que tous les cerveaux humains ont en commun ? Une analogie géographique est utilisée pour suggérer une réponse. Une autre question se pose alors : « Un cerveau peut-il être compris, dans quelque sens objectif, par un autre cerveau ? »

*Aria avec diverses variations.* Dialogue dont la forme est basée sur les *Variations Goldberg* et dont le contenu est lié à des problèmes arithmétiques comme la conjecture de Goldbach. Le principal objectif de ce mélange est de montrer comment la subtilité de la théorie des nombres dérive de l'existence d'un grand nombre de variations sur le thème de la recherche dans un espace infini. Certaines d'entre elles mènent à des recherches infinies, d'autres à des recherches finies, et d'autres encore balancent entre les deux.

**Chapitre XIII : Bucle, Mucle, et Pucle.** Ce sont là les noms de trois langages informatiques. Les programmes en Bucle ne peuvent effectuer que des recherches à aboutissement certain, tandis que les

programmes en Mucl peuvent admettre des recherches sans fin. Ce chapitre a pour objet de donner une idée de ce que sont les fonctions primitives récursives et les fonctions récursives générales dans la théorie des nombres, ces fonctions étant essentielles à la démonstration de Gödel.

*Kourte G'avotte.* Dialogue dans lequel la construction auto-référentielle de Gödel se reflète dans les mots, d'après une idée de W. V. O. Quine. Ce dialogue sert de prototype au chapitre suivant.

**Chapitre XIV : Des propositions formellement indécidables dans la TNT et les systèmes apparentés.** Le titre de ce chapitre est une adaptation du titre de l'article de 1931 de Gödel, dans lequel le Théorème d'Incomplétude a été publié pour la première fois. Les deux parties principales de la démonstration de Gödel sont soigneusement examinées. On voit comment la supposition de la consistance de la TNT amène forcément à conclure que la TNT (ou n'importe quel système similaire) est incomplète. Les rapports avec la géométrie euclidienne et la géométrie non euclidienne sont traités. Les implications de ces questions dans la philosophie des mathématiques sont analysées en détail.

*Cantatatata d'anniversaire.* Achille n'arrive pas à convaincre la Tortue, créature rusée et sceptique, que c'est son anniversaire (à lui, Achille). Ses tentatives répétées, mais vaines, pour l'en persuader préludent la répétabilité de l'argument de Gödel.

**Chapitre XV : Sortir du système.** Ce chapitre traite de la répétabilité de l'argument de Gödel, qui implique que la TNT n'est pas seulement incomplète, mais « essentiellement incomplète ». L'argument assez connu de J.R. Lucas, d'après lequel le Théorème de Gödel démontre que la pensée humaine ne peut en aucun sens être « mécanique », est analysé et mis en défaut.

*Pensées édifiantes d'un fumeur de tabac.* Ce dialogue aborde de nombreux sujets liés aux problèmes engendrés par l'auto-réplication et l'auto-référence. Des caméras de télévision filmant des écrans de télévision, des virus et d'autres entités sous-cellulaires s'assemblant eux-mêmes, voilà quelques-uns des exemples utilisés. Le titre est celui d'un poème de J.-S. Bach qui paraît d'une façon particulière dans le dialogue.

**Chapitre XVI : Auto-réf et auto-rep.** Ce chapitre concerne le lien entre l'auto-référence, sous ses différents aspects, et des entités auto-reproductrices (comme les programmes informatiques ou les molécules d'ADN). Les rapports entre une entité auto-reproductrice et les mécanismes externes qui l'aident à se reproduire (comme un ordinateur ou les protéines) sont considérés, et notamment le flou de cette distinction. Le sujet central de ce chapitre est le mode de circulation des informations à travers les différents niveaux de ces systèmes.

*Le Magnificrabe, en réalité.* Ce titre est un jeu de mots sur le titre du *Magnificat* en ré de Bach. L'histoire de ce dialogue concerne le Crabe, qui semble disposer d'un pouvoir magique lui permettant de distinguer les assertions vraies de la théorie des nombres des fausses en les lisant sous forme de morceaux de musique. Il joue ensuite ces morceaux sur sa flûte et détermine s'ils sont « beaux » ou non.

**Chapitre XVII : Church, Turing, Tarski et autres.** Le Crabe fictif du dialogue précédent est remplacé par différents personnages réels doués de talents mathématiques extraordinaires. La thèse de Church-Turing, qui rapproche l'activité mentale du calcul, est présentée sous la forme de plusieurs versions de forces différentes. Toutes sont analysées, notamment sous l'angle de leurs implications dans la simulation mécanique de la pensée humaine ou dans la programmation d'une machine de telle sorte qu'elle perçoive ou crée la beauté. Le rapport entre l'activité cérébrale et le calcul amènent d'autres questions sur le tapis : le problème de l'arrêt de Turing et le Théorème de la Vérité de Tarski.

*SHRDLU, Que ta voie ne meure.* Ce dialogue est tiré d'un article de Terry Winograd sur son programme SHRDLU ; seuls quelques noms ont été changés. Un programme communique avec une personne au sujet de ce qu'on appelle « l'univers des blocs », faisant ainsi preuve de capacités linguistiques impressionnantes. Le programme semble capable d'une véritable compréhension, mais dans son monde limité. Le titre du dialogue vient de *Jésus, Que ma joie demeure*, un des mouvements de la Cantate 147 de Bach.

**Chapitre XVIII : Intelligence artificielle : passé.** Ce chapitre s'ouvre sur un débat au sujet du fameux « test de Turing », proposition d'un pionnier de l'informatique, Alan Turing, pour détecter la présence ou l'absence de « pensée » dans une machine. De là, nous passons à une histoire abrégée de l'intelligence artificielle, ce qui couvre des programmes qui peuvent, jusqu'à un certain point, jouer à des jeux, démontrer des théorèmes, résoudre des problèmes, composer de la musique, faire des mathématiques, et utiliser le « langage naturel ».

*Contrafactus.* Concerne notre façon d'organiser nos pensées de façon à pouvoir imaginer sans cesse des variantes hypothétiques du monde réel. Traite aussi des variantes aberrantes de cette capacité, comme celle du nouveau personnage, le Paresseux, qui adore les fruits, mais voue une haine acharnée aux « contrefaits ».

**Chapitre XIX : Intelligence artificielle : avenir.** Le dialogue précédent déclenche un débat sur la représentation des connaissances dans les différentes couches de contextes, ce qui amène à l'idée récente, en IA, de « cadres ». Une méthode de traitement de jeux de formes visuels illustre de façon concrète la notion de cadre. Ensuite se pose la profonde question de l'interaction des concepts, qui conduit à quelques spéculations sur la créativité. Le chapitre se termine sur

une suite de « Questions et réflexions » personnelles sur l'IA et les esprits en général.

*Canon au Paresseux.* Ce canon imite un canon de Bach dans lequel une voix joue la même mélodie qu'une autre, mais à l'envers et deux fois plus lentement, tandis qu'une troisième voix est libre. Ici, le Paresseux dit la même chose que la Tortue, mais en le niant (au sens large) et en parlant deux fois moins vite, tandis qu'Achille est libre.

### Chapitre XX: Boucles Étranges ou Hiérarchies Enchevêtrées.

Grandiose tourbillon des nombreuses idées sur les systèmes hiérarchiques et l'auto-référence. Ce chapitre traite des enchevêtrements qui surgissent quand des systèmes se retournent sur eux-mêmes, par exemple quand la science étudie la science, quand le gouvernement se penche sur les infractions du gouvernement, quand l'art viole les règles de l'art, et, pour finir, quand les humains réfléchissent à leurs propres cerveaux et esprits. Le Théorème de Gödel a-t-il quelque chose à voir avec ce dernier « enchevêtrement » ? Le libre arbitre et la sensation de conscience ont-ils un rapport avec le Théorème de Gödel ? Ce chapitre se termine en unissant une nouvelle fois Gödel, Escher, et Bach.

*Ricercar à six voix.* Ce dialogue est un jeu exubérant sur un grand nombre des idées dont le livre est imprégné. C'est une sorte de reconstitution de l'histoire de l'*Offrande musicale*, racontée au début du livre. Mais c'est aussi une « traduction » verbale du morceau le plus complexe de l'*Offrande musicale* : le *Ricercar à six voix*. Cette dualité donne à ce dialogue plus de niveaux de signification qu'à tous les autres du livre. Frédéric le Grand est remplacé par le Crabe, les pianos par des ordinateurs, etc. Les surprises ne manquent pas. Les thèmes du dialogue sont les problèmes de l'esprit, de la conscience, du libre arbitre, de l'intelligence artificielle, du test de Turing, etc., que nous avons déjà rencontrés précédemment. Le dialogue se termine par une référence implicite au début du livre, ce qui fait de l'ensemble de celui-ci une grande boucle auto-référentielle symbolisant tout à la fois la musique de Bach, les gravures d'Escher, et le Théorème de Gödel.

:9 3 4 7 7 : 3 7 7 2 x : 4 9 9 : x 7 3 4 9 9  
: 3 7 7 2 x 9 3 4 7 7 : 9 7 7 : 7 7 7 : 3 7 7 2 7  
: 7 7 7 7 : 3 7 7 2 x : 9 3 4 7 7 : 7 7 7 9 7 7  
: 7 3 9 7 : 3 7 7 2 7 : 9 3 4 7 7 : 3 7 7 3



# Avant-propos à l'édition française

Les mots que vous lisez en ce moment n'ont pas été traduits de l'anglais, et pourtant, mystérieusement, ils sont en français. Pourquoi ? Parce qu'il n'y a jamais eu d'original en anglais; parce que l'original est en français. Et pourquoi ? Parce que l'auteur — quoique d'origine non francophone — a tenu absolument à écrire son propre avant-propos en français. *L'écrire en anglais ?* s'est-il indigné, lorsqu'un des deux traducteurs lui a proposé cette idée. Lui, âpre, opposé à cette idée : *Quoi ! Et vous le traduiriez en français ? Over my dead body !* Telle fut sa réaction à cette suggestion, lorsque les trois, assis dans un bistrot de la rue de Vaugirard, sirotaient des citrons pressés en s'entretenant de quelques petits problèmes qui restaient à résoudre.

Pourquoi cette explosion soudaine ? Quelle mouche a piqué notre auteur ? Eh bien, ce n'est pas difficile à expliquer. Je ferai de mon mieux pour vous faire comprendre ce qui a bien pu provoquer une telle scène.

Nous sommes en 1957. A l'âge de douze ans, notre auteur commence l'étude de la langue française dans une école secondaire en Californie. Son père, physicien, a décidé de passer l'année suivante au CERN, à Genève. La famille entière se prépare donc à passer une année en Europe. Le petit Douglas, tout comme sa mère, est subjugué par le français — ses sons, ses mots, ses locutions, sa grammaire, et surtout ses irrégularités. A l'école, il s'efforce de bien l'apprendre. Une fois à Genève, il redouble ses efforts. Malheureusement, il s'avère qu'on parle anglais en classe à l'École Internationale, mais Douglas trouve des camarades genevois dans le voisinage, et voilà qu'à la fin de l'année, il parle assez bien français et ne ressent aucun désir de rentrer en Californie. Ses parents doivent l'arracher de Genève pour le ramener au pays natal.

Pendant son adolescence, Douglas poursuit son étude du français, mais en même temps, il découvre bien d'autres sujets passionnants, comme les mathématiques, les ordinateurs, la musique, etc. Pour des raisons variées, il passe très peu de temps dans les pays francophones. A l'université de Stanford, il décide de se spécialiser en mathématiques. Plongé dans la théorie des nombres, il s'attaque à un petit problème élégant, et bientôt il découvre toute une suite de problèmes apparentés dont l'exploration lui apporte des plaisirs énormes pendant plusieurs années. (Quelques fruits favoris de ces années-là sont présentés dans le chapitre V.)

En 1966, Douglas aborde ses études supérieures en mathématiques. Cependant, après deux ans, assez déçu par la formidable abstraction des mathématiques à ce niveau, il se rend compte de la nécessité de changer de discipline, et se tourne vers la physique. Mais la physique n'est pas un jeu d'enfant, et Douglas met presque huit ans à obtenir son doctorat, ce qui lui fait trente ans. Voilà seize ans qu'il n'a guère exercé son français ! Et pourtant, au lieu de se rendre immédiatement à Paris, à Ouagadougou, ou à Trois-Rivières, il se consacre à l'écriture d'un livre drôlement long qui s'appelle... Eh bien, je suppose que vous pouvez deviner son titre.

Au cours de l'été 1977, j'ai enfin terminé mon livre, ce qui tombait bien, car l'Indiana University m'avait offert un poste de professeur dans le département d'informatique, et il me fallait donc bientôt m'occuper d'autre chose. En 1978, la maison d'éditions Basic Books de New York a accepté de le publier. Dès sa parution en 1979, *GEB* a connu pas mal de succès dans le monde anglophone, et Basic Books a alors signé plusieurs contrats pour sa publication en diverses langues étrangères, y compris le français. La traduction française a été confiée à InterÉditions, à Paris. Pour moi, amateur depuis si longtemps de la langue française, cette traduction-là était de loin la plus importante de toutes, et je comptais sur sa perfection, ce qui voulait dire que j'espérais vivement pouvoir participer à tous les stades de sa mise au point pour m'assurer qu'elle atteindrait le niveau superlatif que j'envisageais.

Geoff Staines, directeur d'InterÉditions, s'est mis sans délai en contact avec moi, et ayant compris la difficulté de la tâche des traducteurs, a fait de son mieux pour engager une équipe de traducteurs, les uns spécialisés en intelligence artificielle, les autres en jeux de mots, etc. Malheureusement, au bout de deux ans, cette équipe n'avait pas traduit plus d'une trentaine de pages.

C'est à ce moment-là que la réception d'une lettre inattendue, écrite par un certain Bob French, a tout chamboulé. Il s'est avéré que M. French, ancien étudiant en mathématiques à l'Indiana University, était parti en Europe en 1976 à l'âge de vingt-quatre ans, sans grande connaissance des langues européennes, mais avec l'intention de s'établir pour quelque temps là-bas. Après des pérégrinations un peu partout en auto-stop, Bob a reconnu que sa préférence allait sans aucun doute à la France, ce qui entraînait la nécessité d'apprendre la langue des indigènes, c'est-à-dire le français. Il s'est donc mis à la tâche avec passion, et miracle : après deux ou trois ans, son français était pratiquement parfait — même au niveau de l'accent.

Pendant ce temps-là, il avait gagné son pain en faisant des traductions techniques, souvent en collaboration avec une jeune traductrice parisienne, Jacqueline Henry. Mais tous les deux cherchaient quelque chose de plus stimulant. Or le père de Bob lui avait envoyé, des États-Unis, un exemplaire de *GEB*, que ce dernier lisait avec enthousiasme. Ah ! se disait-il, traduire ça en français, ce

serait fantastique ! Sans savoir si une traduction était prévue ou même déjà en cours, Bob m'a écrit.

En lisant sa lettre, j'ai tout de suite compris que ces deux individus étaient très rares, et qu'ils pourraient peut-être bien réaliser ce dont j'osais à peine rêver. Pour terminer cette longue histoire, j'ai écrit à Bob et à Geoff et il a été convenu que Bob et Jacqueline remplaceraient l'équipe précédente.

Pour Bob, Jacqueline, et moi, qui ne nous étions jamais vus, c'était amusant de se découvrir peu à peu, principalement par correspondance, parfois par téléphone — d'autant plus que nous soupçonnions tous les trois que tôt ou tard apparaîtrait une divergence d'opinion qui provoquerait une lutte acharnée à travers l'Atlantique. Le moment redouté est arrivé le jour où j'ai reçu la solution qu'ils proposaient pour la difficulté centrale du dialogue « *Contra-crostipunctus* ». Je m'opposais à leur solution, la trouvant trop littérale et trop lourde, et je me suis mis alors avec ardeur à en chercher une meilleure. Après une semaine, ayant trouvé une solution bien différente qui me paraissait incontestablement géniale, je la leur ai envoyée avec fierté et agitation.

Ainsi commença une épreuve de tir à la corde transatlantique, qui dura plusieurs échanges de lettres, au cours desquels s'est épanoui un sens de respect mutuel, qui consiste à savoir quand il faut tenir bon, et quand il vaut mieux laisser aller. A la fin, on a convergé vers une belle solution au dialogue, en un sens un compromis, en un autre un produit supérieur écrit bien baroquement par symbiose de nos trois esprits. Vous pourrez bien entendu juger la qualité de cette solution quand vous lirez le dialogue.

Naturellement, votre jugement sera plus fin et plus fondé si vous comparez la version originale à la version reconstruite en français. Mais ce n'est pas une nécessité absolue pour l'apprécier. En fait, mon opinion sur ce qu'est une bonne traduction est la suivante. Si un lecteur intelligent et critique ne soupçonne pas qu'il ne lit pas la version originale, et surtout s'il a l'impression qu'un passage donné ne pourrait exister que dans la langue qu'il lit, alors là, il s'agit d'une traduction réussie. Autrement dit, si un passage semble *intraduisible* alors qu'en vérité il a été traduit d'une autre langue, que demander de plus ? Pouvoir ainsi tromper un lecteur critique, c'est le comble de l'art de la traduction.

En relisant mon propre livre en vue des traductions en diverses langues, j'ai revécu les moments les plus intenses de la création, où de toute apparence une idée inspirée me serait tombée du ciel; mais en fait, dans la plupart des cas, rien de tel ne s'est passé. En réalité, c'est simplement que la source de l'inspiration est bien cachée sous la surface du texte, et qu'on ne la découvre qu'en essayant de trouver *l'essentiel* du passage. Et certes, on est rarement plus forcé d'aller à l'essentiel que dans l'acte de traduire.

Mieux vaut un cas concret que des abstractions, et par bonheur, j'ai un exemple qui illustre parfaitement ce point. Dans le dernier dialogue du livre, appelé *Ricercar à six voix*, j'essaie d'imiter verbalement la forme d'une fugue complexe de J.-S. Bach, portant le même nom. Vers le milieu de son *Ricercar*, Bach introduit un thème sur lequel il fabrique un canon à cinq voix, jeu élégant que je ne pus m'empêcher d'essayer de reproduire. Pour en faire une imitation littéraire, il me fallait trouver une phrase possédant cinq sens, de façon que cinq personnages différents puissent successivement la prononcer en faisant allusion à cinq situations totalement différentes. L'essentiel consistait donc à trouver un mot anglais ayant de nombreuses significations.

Pour remplir ce rôle, j'ai choisi le mot « grounds », et comme phrase hyperambiguë, « The grounds are excellent ». Pour justifier l'apparition de cette même phrase cinq fois de suite, j'ai inventé cinq petits scénarios, chacun utilisant un des multiples sens de « grounds ». Dans mon *Ricercar*, toutes ces petites situations se développent ensemble en préparation du « canon verbal ». Ainsi, le lecteur innocent suivra les événements du dialogue sans rien soupçonner, et tout d'un coup, cinq copies d'une même phrase tombent du ciel, toutes parfaitement logiques, parfaitement intégrées au dialogue. Quelle astuce !

Mais la véritable astuce est cachée; elle réside dans les cinq scénarios préparatoires, scénarios dont la seule raison d'être est de rendre naturelle la répétition. Le lecteur non averti, pourtant, n'y pensera pas. Pour lui, les événements du dialogue se déroulent suivant une logique impeccable. Il n'y voit rien de truqué. Invisible, pour lui, la main directrice de l'auteur qui, dès le début, manipule subtilement les personnages vers certains buts lointains mais inévitables. Par conséquent, le lecteur typique restera un peu mystifié devant la magie apparente. Bien entendu, c'est précisément l'effet que je souhaitais.

Or, on a tendance à s'imaginer que les traducteurs d'un livre compliqué ne sont pas des lecteurs non avertis, mais qu'ils en ont au contraire une compréhension profonde, et savent parfaitement séparer l'essentiel du superficiel. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas. Plus d'un traducteur de *GEB* dans d'autres langues a commis la grave erreur de percevoir le canon verbal sans percevoir la superficialité, la changeabilité — ou comme je préfère dire, la *glissabilité* — des cinq scénarios qui lui ouvrent la voie. J'ai souvent rencontré des ébauches de traduction de ce passage qui ne possédaient ni la grâce ni la souplesse de l'anglais original; même un lecteur naïf se serait dit qu'il y avait là quelque chose de forcé.

Heureusement, les traducteurs français se sont rendu compte sans même y penser qu'un tel canon verbal ne tombe pas du ciel, et ne peut résulter que de savants calculs de l'auteur. Au cours d'une conversation sur le *Ricercar*, Bob et Jacqueline m'ont dit que pour imiter fidèlement le canon en français, il faudrait d'abord choisir un mot français à multiples sens, puis, en fonction de ce choix, faire « glisser » les cinq scénarios préparatoires — c'est-à-dire, les modifier ou les remplacer par



d'autres scénarios qui joueraient le même rôle. Quand vous lirez le *Ricercar*, vous verrez que c'est bien ce qu'ils ont fait. De ce fait, le canon verbal en français a l'air d'être intraduisible, et d'avoir été conçu directement en français. Superbe tour ! Voilà qui s'appelle traduire !

Qui lira les éditions anglaise et française de *GEB* aura un avantage sur les lecteurs en une seule langue : en comparant deux passages, il pourra distinguer ce qui est « glissable », ou inessentiel, de ce qui est ferme et essentiel. Comme cela, il découvrira un noyau inglissable : le *GEB* « platonicien », le *GEB* idéal, flottant majestueusement dans un espace éthéré, indépendant de toute langue terrestre.

Ce *GEB* platonicien ressemble donc au « triplette » photographié sur la couverture du livre : un objet multidimensionnel suspendu dans l'espace, dont chaque nouvelle projection révèle un peu plus la nature. Chacune des trois projections du triplette de la couverture est une ombre créée par une lampe de poche. Pareillement, chaque *GEB* concret — c'est-à-dire, en une langue particulière — n'est que l'ombre du *GEB* platonicien sur un mur particulier. En ce sens, même la version anglaise de *GEB* n'est pas la version absolue, n'étant que l'ombre du livre platonicien sur le mur anglais. Par conséquent, une collection de versions bien traduites de *GEB* (sans la version anglaise) représenterait le vrai *GEB*, le *GEB* platonicien, mieux que ne le ferait la version originale en anglais !

D'après cette métaphore, un traducteur jouerait le rôle d'une lampe. Les traducteurs faibles créeraient des ombres vagues et floues, les traducteurs brillants des ombres claires et nettes. A en juger par l'ombre projetée par *GEB* sur le mur français, on ne pourrait pas trouver des phares plus puissants que les traducteurs français !

Peu après la parution du *GEB* anglais, j'ai reçu une invitation à participer à un congrès sur la traduction. Étant donné que je m'intéresse beaucoup à ce sujet et que ce congrès se tenait dans la célèbre Folger Shakespeare Library à Washington, D. C., je n'ai pas tardé à accepter. Mais avant d'y aller, je me demandais sans cesse, « Pourquoi m'a-t-on invité à ce congrès ? Qui a pu deviner ma fascination pour les questions de traduction ? » Enfin, arrivé au congrès, j'ai posé cette question au directeur de la Folger Shakespeare Library, O. B. Hardison. Sa réponse m'a étonné. Il m'a dit : « Mais c'est très clair ! Le sujet de votre livre, c'est bien la traduction, non ? »

En y réfléchissant, j'ai commencé à voir la logique qui pourrait amener quelqu'un à cette conclusion. Dans ce livre, il est souvent question de *codes* et d'*isomorphismes*, c'est-à-dire, de correspondances étroites entre des systèmes très différents. Le code de Gödel, le code génétique, le code du cerveau, les codes que sont les langues naturelles — tous ces codes permettent la réflexion d'un système dans un autre. Et cette capacité de réflexion — surtout d'auto-réflexion (quand un système se reflète dans lui-même) — est sans doute l'une des idées centrales du livre. En plus, les maintes analogies pédagogiques

éparpillées dans le livre sont d'excellents exemples de traduction au sens large : le transfert d'une structure abstraite d'un domaine à un autre. Enfin, on trouvera partout dans le texte des exemples de « calembour structurel », ce qui désigne un passage décrivant une structure dont, comme par hasard, la meilleure illustration serait ce passage lui-même. Un calembour structurel, tout comme une analogie, n'est autre qu'un isomorphisme inattendu de deux structures : un exemple extrême de traduction. O. B. Hardison avait donc raison : n'aura pas tort celui qui décrira *GEB* comme un long traité sur la traduction.

Eh bien, il reste des milliers d'exemples que j'aimerais vous citer — le fait que « Mr. Tortoise » soit devenu « Mme Tortue », et pourquoi ça me fait tellement plaisir; le fait que le titre de la « Kourte G'avotte » ne soit pas « G'avotte quinée cadencée », et pourquoi ça me chiffonne; le fait que François Villon soit resté François Villon (chapitre XII), et pourquoi ça ne me chiffonne pas du tout; la transformation presque incroyable de « Gee ! » en « ré-sol-ut-ion » (« Petit labyrinthe harmonique ») — mais à vrai dire, si je m'offrais la satisfaction de discuter de toutes les beautés du *GEB* français, je finirais par écrire un nouveau livre sur la traduction.

Mais revenons-en à nos moutons : pourquoi a-t-il *fallu* que j'écrive cet avant-propos en français ? Eh bien, ce n'est pas très compliqué. Ayant appris à parler et à aimer profondément le français, j'ai pris un intérêt unique à la traduction française de mon livre. Je suppose que si j'avais acquis, lors de mon séjour à Genève, une maîtrise *parfaite* du français, je n'aurais peut-être pas porté un intérêt aussi vif à cette traduction. Qui sait — peut-être aurais-je même écrit la version originale de *GEB* en français ! Mais, hélas ! l'imperfection de ma connaissance du français m'a toujours aiguillonné, m'a toujours incité à rechercher la perfection, tant dans mon français parlé que dans mon français écrit. Le fait d'avoir des limitations en français me fâche à l'extrême, et je fais tout mon possible pour le combattre. Accepter la suggestion répugnante d'écrire en anglais l'avant-propos du *GEB* français aurait donc été pour moi pire qu'une défaite, ça aurait été une contradiction flagrante, car de toutes les langues-cibles, il n'y en a qu'une que j'aime suffisamment pour vouloir, pouvoir, voire *devoir* en faire la langue de mon propre avant-propos.

douG  
jacquelinE  
boB

Nous nous trouvons de nouveau rue de Vaugirard, dans le même bistrot, un an plus tard. D. vient de montrer son avant-propos à B. et J. Écoutons maintenant leur conversation.

D. : Eh bien, J. & B., cessez de tourner autour du pot ! Dites-moi la vérité ! Ça vous déplaît, hein ?

B. : Enfin, bon, non, c'est pas ça, tu sais, mais, pour moi, enfin, bon, ça a pas assez de... comment dire ? Ton calembour à la fin du petit dialogue, par exemple — je trouve que, effectivement, c'est un peu tiré par les cheveux, quoi.

D. : Vraiment ? Et toi, J., qu'as-tu pensé du petit dialogue ?

J. : Je l'ai montré à quelques amis, et j'ai observé que presque tout le monde, à chaque ligne, en rit. (*Ce disant, elle pouffe légèrement.*) Mais j'ai des réserves assez sérieuses. Par exemple, le fait que tu nous désignes par nos initiales, c'est cousu de fil blanc. Et ça me trouble un peu que tu emploies des archaïsmes au beau milieu d'une conversation familière. Tu ne devrais oncques faire ça, tu sais.

D. : Peu me chaut, pourvu que ça amuse les lecteurs.

(*D. sort un instant.*)

B. : Tu sais, J., j'ai fait de mon mieux pour convaincre D. de refaire son avant-propos en anglais, mais le pauvre gars, il refuse absolument de comprendre que ses efforts en français, aussi vaillants soient-ils, n'aboutissent à rien de bon. Il maintient que c'est merveilleux !

J. : C'est plutôt triste, non ?

B. : Oui. Je me suis quasiment tué à essayer de le lui faire comprendre ! Mais D. ne veut pas reconnaître que, dans l'ensemble, son avant-propos est un fatras épouvantable, ampoulé et confus. Enfin, bon, j'aime pas dire ça, mais, selon moi, franchement, il rejette la vérité. Alors, que faire maintenant ? J'ai l'impression qu'on est dans une impasse avec lui. Une seule façon de se consoler : un double whisky !

J. : Allons, mon vieux, courage !

B. : J'en ai marre de me battre avec lui... Il me faut absolument un J. & B.

J. : Mais non, je connais un meilleur remède que ça. Je te conseille...

B. : Le problème, c'est qu'il se croit infailible ! Et ton remède, alors ?

(*D. revient*)

J. : Ah, D. s'y trompe... ressaie, une dernière fois !

*Le garçon* : Tout de suite, madame.

D. (*sur le point de s'asseoir*) : Bien trouvé !



# Remerciements

Ce livre a mijoté dans mon esprit pendant une période d'environ vingt ans, soit depuis mes treize ans, âge auquel je me suis demandé comment je pensais en anglais et en français. Et même avant, certains signes laissaient clairement prévoir mon principal intérêt. Je me souviens qu'à un moment donné de mon enfance, rien ne me paraissait plus fascinant que l'idée de prendre trois fois 3 : agir sur 3 avec *lui-même* ! J'étais sûr que cette idée était si subtile que personne d'autre n'avait pu la concevoir, mais je me suis pourtant risqué, un jour, à demander le résultat à ma mère, qui me répondit « neuf ». Mais je n'étais pas certain qu'elle eût compris ce dont je parlais. Plus tard, mon père m'initia aux mystères des racines carrées et de *i*...

Je dois plus à mes parents qu'à toute autre personne. Ils ont été des piliers sur lesquels je pouvais m'appuyer à tous moments. Ils m'ont guidé, m'ont inspiré, m'ont encouragé et m'ont soutenu. Et surtout, ils ont toujours cru en moi. C'est à eux que ce livre est dédié.

Je remercie particulièrement Robert Boeninger et Peter Jones, deux grands amis qui m'ont aidé à façonner mes pensées de milliers de façons différentes ; leurs influences et leurs idées se retrouvent partout dans ce livre.

A Charles Brenner, je dois de m'avoir enseigné à programmer quand nous étions tous les deux jeunes et de m'avoir constamment poussé et stimulé, ce qui était un compliment implicite, mais aussi de m'avoir parfois critiqué.

Je suis heureux de pouvoir reconnaître l'immense influence qu'a exercée sur moi Ernest Nagel, ami de longue date et mentor. J'ai adoré le livre « Gödel's Proof », de Nagel et Newman, et j'ai appris beaucoup au cours de nos conversations, il y a bien longtemps, dans le Vermont, et plus récemment à New York.

Grâce à son livre, Howard DeLong a réveillé en moi une passion longtemps endormie pour les sujets traités dans ce livre. Je lui en suis très reconnaissant.

David Jonathan Justman m'a appris ce que c'est qu'être une Tortue, c'est-à-dire un être ingénieux, obstiné et plein d'humour, avec un penchant pour le paradoxe et la contradiction.

Scott Kim a eu une influence énorme sur moi. Depuis notre rencontre, il y a quelque deux ans et demi, la résonance entre nous a été incroyable. Outre ses apports concernant l'art graphique, la musique, l'humour, les analogies, etc., ce qui inclut un travail bénévole très apprécié à des moments cruciaux, Scott m'a ouvert des perspectives et



donné des aperçus qui ont changé mes vues de mon entreprise au fur et à mesure qu'elle avançait. Si quelqu'un comprend ce livre, c'est bien Scott.

Quand j'ai été en quête de conseils de petite ou grande portée, je me suis souvent adressé à Don Byrd, qui connaît ce livre comme sa poche. Il a un sens infailible de ses buts et de sa structure d'ensemble, et il m'a bien souvent donné de bonnes idées que j'ai utilisées avec ravissement. Mais je ne dois pas oublier de remercier Don pour la merveilleuse souplesse-dans-la-rigidité de son programme d'impression de musique, SMUT. Certains de ses résultats sont des figures de ce livre. Mais l'influence de Don est diffuse dans tout le livre, ce qui me fait grand plaisir.

Je n'aurais pas pu écrire ce livre si je n'avais pas disposé des installations de l'Institut des études mathématiques appliquées aux sciences humaines de l'Université de Stanford. Son directeur, Patrick Suppes, est un vieil ami et s'est montré extrêmement généreux à mon égard en me logeant dans le Ventura Hall, en me donnant accès à un système informatique fantastique et, plus généralement, à un excellent milieu de travail, pendant deux années entières.

Cela m'amène à Pentti Kanerva, auteur du programme de traitement de texte auquel ce livre doit son existence. J'ai dit à beaucoup de gens qu'il m'aurait fallu deux fois plus de temps pour l'écrire si je n'avais pas pu utiliser « TV-Edit », cet élégant programme, si simple dans son esprit que seul Pentti pouvait l'avoir écrit.

Au cours des années, ma sœur Laura Hofstadter a beaucoup marqué ma façon de voir le monde. Son influence a joué tant sur la forme que sur le contenu de ce livre.

J'aimerais remercier mes nouveaux et anciens amis Marie Anthony, Sydney Arkowitz, Bengt Olle Bengtsson, Felix Bloch, Jean-Luc Bonnetain, Larry Breed, Francisco Claro, Persi Diaconis, Năi-Huá Duàn, John Ellis, Cyril Erb, Robin Freeman, Dan Friedman, Pranab Ghosh, Michael Goldhaber, Avril Greenberg, Eric Hamburg, Robert Herman, Nicole Howat, Ray Hyman, Dave Jennings, Dianne Kanerva, Lauri Kanerva, Inga Karliner, Don Kennedy, Jonathan et Ellen King, Bil Lewis, Jos Marlowe, John McCarthy, Jim McDonald, Louis Mendelowitz, Mike Mueller, Steve Omohundro, Paul Oppenheimer, Peter E. Parks, David Policansky, Pete Rimbey, Kate Rosser, Wilfried Sieg, Roger Stauffer, Guy Steele, Larry Tesler, Rosemary Unes, François Vannucci, Phil Wadler et Bob Wolf, qui ont « résonné » avec moi à des moments cruciaux de ma vie, et qui ont donc contribué de différentes façons à ce livre.

J'ai écrit ce livre deux fois. Après l'avoir écrit une première fois, je l'ai repris à zéro et ai tout récrit. La première version date de mes années de troisième cycle universitaire en physique à l'université d'Oregon, et quatre membres de cet établissement ont eu beaucoup d'indulgence pour mes excentricités : Paul Csonka, Rudy Hwa, Mike Moravcsik et Gregory Wannier. Je leur suis reconnaissant de leur