



Jean-pierre
AUBIN

**La mort du devin,
L'émergence du démiurge**

*essai sur La CONTINGENCE,
La viabilité et L'INERTIE des systèmes*

Du même auteur

1. APPROXIMATION OF ELLIPTIC BOUNDARY-VALUE PROBLEMS (1972) Wiley-Interscience
2. APPLIED ABSTRACT ANALYSIS (1977) Wiley-Interscience
3. APPLIED FUNCTIONAL ANALYSIS (1979) Wiley-Interscience, seconde édition, 1999 (Version Française : **Analyse Fonctionnelle Appliquée, Tomes 1 & 2.** (1987) Presses Universitaires de France)
4. **Mathematical Methods of Game and Economic Theory** (1979) North-Holland, seconde édition, 1982
5. **Méthodes Explicites de l'Optimisation** (1982) Dunod (Traduction Anglaise : **Explicit Methods of Optimization**, Dunod, 1985)
6. **L'Analyse non linéaire et ses motivations Économiques** (1983) Masson (Version anglaise : **Optima and Equilibria**, Springer Verlag, 1993, seconde édition, 1998)
7. **Differential Inclusions** [en collaboration avec A. Cellina], (1984) Springer-Verlag
8. **Applied Nonlinear Analysis** [en collaboration avec I. Ekeland], (1984) Wiley-Interscience
9. **Exercices d'analyse non linéaire** (1987) Masson
10. **Set-Valued Analysis** [en collaboration avec H. Frankowska], (1990) Birkhäuser
11. **Viability Theory**, (1991) Birkhäuser
12. **Initiation à l'Analyse Appliquée** (1994) Masson
13. **Neural Networks and Qualitative Physics : A Viability Approach** (1996) Cambridge University Press
14. **Dynamic Economic Theory : A Viability Approach** (1997) Springer-Verlag
15. **Mutational and Morphological Analysis : Tools for Shape Regulation and Morphogenesis** (1999) Birkhäuser
16. **Viability, Control and Games : Regulation of Complex Evolutionary Systems Under Uncertainty and Viability Constraints** [en collaboration avec A. Bayen, N. Bonneuil et P. Saint-Pierre], (2006) Springer Verlag

À *Pierre Tabatoni* et *Karl Sigmund*,

à qui cet essai doit beaucoup,
avec affectueuse reconnaissance,

ainsi qu'à mes enfants *Henri-Jean, Anne-Laure, Marc et Pierre-Cyril*
et mes petits-enfants *Lola, Théo, Ludovic, Louis, Victor, Thibaut, Ulysse, Alice*
et *Jules*,

ce peu d'héritage qu'ils dilapideront à leur guise.

«Mais on ne remarque pas assez que la pensée dérange avant d'arranger, et même qu'elle dérange tout en arrangeant».

Simone Pétrement

[?, *Le dualisme chez Platon, les gnostiques et les manichéens*]

«Les destins de la science et de la philosophie ne sont pas séparables. Leurs lois d'évolution semblent cependant s'opposer : en dépit de l'unité d'intention, les vues philosophiques divergent ; en dépit de la diversité des hypothèses et des voies d'approche, les vues scientifiques convergent».

Ferdinand Gonseth ??-??

[?, *Le problème du temps*]

«Les hommes se tromperont toujours quand ils abandonneront l'expérience pour des systèmes enfantés par l'imagination. L'homme est un ouvrage de la nature, il existe dans la nature, il subit ses lois, il ne peut s'en affranchir, il ne peut, même par la pensée, en sortir».

Paul Henri Thiry, baron d'Holbach ??-??

[?, *Système de la nature*]

«J'ajoute que pour autant qu'Aristote est mon ami, la vérité est encore plus mon amie, comme il l'a lui-même dit à propos de Platon».

Giulio Cesare Vanini ??-??

[?, *De admirandis naturae arcanis*]

Remerciements

Trop de personnes ont stimulé mes réflexions et éveillé ma curiosité pour qu'il me soit possible de les citer toutes.

Hélène Frankowska (qui, dès lors que l'on sort du domaine mathématique, ne partage pas nombre des vues exposées dans les pages qui suivent) est le co-auteur explicite et implicite de nos contributions à l'analyse multivoque et la théorie de la viabilité, tellement mêlées qu'il serait vain de discerner les influences réciproques.

J'ai une dette spéciale envers *Jacques-Louis Lions* (voir [?, *Jacques-Louis Lions, un mathématicien d'exception : Entre recherche, industrie et politique*]) et *Laurent Schwartz* (voir [?, *Un mathématicien aux prises avec le siècle*]), qui m'ont laissé orphelins en 2001 et en 2002, que j'ai admirés et aimés comme un père. Je leur dois tout, sur les plans professionnel, mathématique, intellectuel et moral. Je n'ai pas pu acquitter la dette que j'ai envers eux, sauf en me comportant avec mes élèves comme ils se sont comportés avec moi. Je suis également redevable envers *Pierre Tabatoni*, qui m'a initié aux sciences économiques, un enrichissement personnel sur tous les plans tout au long de discussions régulières ces trente dernières années. En rédigeant ce livre, j'ai appris que *Jean-Baptiste Duroselle* nous a quittés le 12 Septembre 1994. Il ne sera plus parmi nous pour voir la version finale de cet ouvrage dont il a connu quelques versions préliminaires. Son livre [?, *Tout empire périra*] m'avait instantanément inspiré, et il avait su réserver le meilleur accueil aux métaphores mathématiques de ses idées. On trouvera un écho de ses vues pénétrantes dans ces pages.

Je suis redevable à *Karl Sigmund* de nombreuses suggestions, même si, sur quelques points, nos idées ne sont pas semblables. J'ai également bénéficié de commentaires de *Gustave Choquet* et de *Jean-Pierre Kahane*. Parmi ceux avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer, *Alain Bensoussant*, *Yves Burnod*, *Giuseppe Da Prato*, *Ivar Ekeland*, *Daniel Gabay*, *Lucien Scubla* et *Jerzy Zabczyk* ont eu à un moment ou un autre une influence sur mes idées.

Pierre Bernhard, *Noël Bonneuil*, *Haïm Brézis*, *Jean Cartelier*, *Hélène Clément-Pitiot*, *Philippe Cury*, *Marie-Hélène Durand*, *Michel Gillois*, *Christian Mullon*, *Bertrand Robert*, *Paul-André Rosental*, *Jacques Weber*, et *Marisa Zavaloni* m'ont fait bénéficier de leurs encouragements, critiques et conseils. Qu'ils ne m'en veuillent pas si je ne les ai pas tous suivis. J'ai repris quelques idées issues de textes écrits avec *Georges Haddad*.

Je remercie également *Henri-Jean Aubin*, *Marie-Christine Aubin*, *Pierre Cardaliaguet*, *Nathalie Caroff*, *Olivier Dordan*, *Luc Doyen*, *Anne Gorre*, *Philippe Lacoude*, *Jean-Claude et Juliette Mattioli*, *Laurent Najman*, *Marc Quincampoix*, et *Patrick Saint-Pierre* d'avoir lu et amélioré le manuscrit de ce livre à divers stades de sa rédaction.

Luigi Crudo, directeur du Centro Studi Giulio Cesare Vanini de Taurisano et *Francesco de Paola* ont eu l'extrême gentillesse de m'offrir des livres de et sur

Vanini dont ils sont les auteurs, accompagnés de précieuses informations et de cette gentillesse si spécifiquement italienne qui me fait souvent regretter de n'être pas plus souvent de l'autre côté des Alpes.

Le manuscrit de livre avait été refusé il y a dix ans par tous les éditeurs auxquels je l'avais proposé. Cela ne me dérangeait guère, car j'avais pris suffisamment de plaisir en remplissant de temps à autres cette sorte de bloc-notes de commentaires. De nombreuses personnes m'avaient de plus fait l'amitié de lire le manuscrit, et parmi elles, *Catriona Byrne*, responsable des mathématiques chez Springer. Elle l'avait confié à mon insu à *Jean-Étienne Mittelman*, alors son collègue chez Springer. Devenu entre temps directeur des Éditions Beauchesne, il a eu le courage de le publier. Qu'ils en soient tous les deux remerciés.

Naturellement, les auteurs des livres qui m'ont ouvert à leurs explications du monde sont si nombreux que j'ai été nécessairement injuste en ne citant au cours du texte que quelques références bibliographiques, qui ne sont pas dignes d'un ouvrage scientifique (mais ce n'en est pas un). En dehors du domaine de ma compétence, je n'ai jamais réussi à m'astreindre à rédiger des fiches bibliographiques au fur et à mesure de ces lectures destinées d'abord à mon plaisir, malgré de bonnes résolutions maintes fois renouvelées et aussitôt trahies. Le métier de professeur d'université, que des charges administratives de plus en plus nombreuses et de moins en moins productives empêchent de pratiquer comme il se devrait, ne m'en laissait pas le temps. J'ai pu trouver spontanément l'origine de certaines idées qui affleuraient à ma conscience, mais les origines *cryptomnésiques*^{??-??} qui ont trop longtemps transité dans mon subconscient ont perdu la trace de leur possible auteur. Ce sont celles, dit-on, qui sont les plus importantes. Car, pour reprendre une citation de *Sigmund Freud*, «lire est un épouvantable châtement infligé à tous ceux qui écrivent. En le subissant, on voit se dissiper tout ce qui vous appartient en propre» ! J'aimerais cependant terminer ces remerciements sur cet aveu qui conclut les quatre tomes du [?, *Tableau de Paris*] publiés de 1781 à 1789 par *Louis Sébastien Mercier*, autoproclamé «premier livrier de France» : «Je n'ai presque pas connu l'ennui depuis que je me suis mis à composer des livres. Si j'en ai causé à mes lecteurs, qu'ils me le pardonnent, car moi, je me suis fort amusé.»

1 Cryptomnésie. La *cryptomnésie* a été inventée par *Théodore Flournoy*, médecin et professeur de psychologie à l'université de Genève. Elle désigne la mémoire inconsciente, bien plus vaste que la mémoire consciente. Elle permet d'expliquer les cas de pseudo-plagiat littéraire, dont a été coupable parmi tant d'autres Nietzsche dans son *Zarathoustra*, d'après *Henri Ellenberger* dans son chef-d'œuvre [?, *Histoire de la découverte de l'inconscient*].

Avant-propos

«Peut-être notre terre, peut-être l'humanité arriveront-elles à un but ignoré qu'elles se seront créé à elles-mêmes. Nulle main ne nous dirige, nul œil ne voit pour nous; le gouvernail est brisé depuis longtemps, ou plutôt, il n'y en a jamais eu, il est à faire : c'est une grande tâche, et c'est notre tâche.»

Jean-Marie Guyau^{??-??}

[?, *Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction*]

Formés d'êtres vivants, nombre d'organismes biologiques, économiques, sociaux et culturels partagent des traits communs malgré la disparité de leurs éléments. On peut alors s'attendre à ce qu'ils partagent également quelques propriétés de leur mode d'évolution ainsi que leurs conséquences mathématiques découvertes à ce jour. En divulguer certaines est le propos de cet essai.

Un premier trait commun est le regroupement des variables descriptives en deux catégories qui jouent des rôles différents dans leur évolution, que je vais appeler pour les distinguer *états et régulons* : les *états* sont par exemple les organismes en biologie, les biens économiques en économie, les comportements des individus en sociologie, les activités «cérébrales» en sciences cognitives. *Les états évoluent en fonction de régulons* que sont par exemple les *gènes^{??-??}* en biologie, les *prix* en économie, les *régulons culturels* en sociologie et les *concepts* en sciences cognitives. La différence réside en ceci : on connaît les *acteurs* qui agissent sur les états, *il n'existe pas de consensus sur la nature de «ceux» qui régissent l'évolution des régulons.*

Le «moteur» *métabolique^{??-??}* de la vie utilise en dernière analyse l'énergie solaire pour *fabriquer* des acides nucléiques ordonnant la synthèse des protéines. Celles-ci communiquent et complotent entre elles pour inciter les acides nucléiques à fabriquer d'autres protéines, qui, à leur tour, contribuent à la duplication des acides nucléiques. Molécules, cellules, organes, organismes se sont *organisés* pour

entretenir, maintenir, alimenter, nourrir le *métabolisme* à chacun des niveaux de leur *organisation*, en consommant des ressources et de l'énergie, en produisant des déchets, afin de *vivre* et d'assurer leur reproduction pour *prolonger leur vie* au-delà de la leur. Au niveau des sociétés, le moteur métabolique induit les comportements cognitifs, sociaux et économiques des êtres humains.

Puisque les régulateurs évoluent eux aussi, la question se pose en effet de savoir «*qui*» régit leur *évolution et surtout comment*. Je ne sais pas *qui* gouverne les régulateurs, mais je tenterai d'expliquer *comment* ils opèrent.

Nombreux sont pourtant les candidats imaginaires à prétendre à la fonction d'omniscient pilote de régulateurs : Dieux et divinités, diables et démons, créés à leurs images, mais en négatif, si nombreux qu'il est impossible de les citer tous (Abigor, Amon, Bélial, Belphégor, Belzébuth,... pour ne citer que les premiers démons de l'annuaire judéo-chrétien), virils incubes et charmantes succubes, anges gardiens ou anges déchus, archanges, séraphins et chérubins, Éons, Archontes, astres, fortune, destin, devins, pythies, sybilles, auspices, augures, fées, lutins, génies, totems, fétiches, lares, mânes, pénates, Idées platoniciennes, Mercure des alchimistes et des hermétiques, feu le phlogistique (substance fluide et volatile pour expliquer le feu introduite par le chimiste allemand *Georg Stahl* et remise en cause par *Lavoisier* en 1772, qui exerçait déjà ses talents de révolutionnaire), Éther (immuable substance constitutive des astres dont la signification a évolué depuis *Aristote*), élan vital bergsonien, talentueux Horloger de *Paley*, Marché, *main invisible*^{??-??} d'*Adam Smith*, prophètes, providence, *Weltgeist* hegelien, sens de l'histoire, masses, âmes, esprits, monades, homuncules, libido freudienne, anima jungienne, hasard,..., et j'en oublie bien d'autres.

La liste est longue de ces devins peuplant le *Pandémonium*, capitale de l'enfer qu'imagina *Milton*, et loin d'être exhaustive. On ne bride pas la poésie et le lyrisme, l'invention féerique pour donner un sens à un monde qui en est tellement privé. Quand on voit tant d'hommes parmi les plus intelligents et les plus profonds user de leur talent pour défendre tel ou tel de ces êtres imaginaires, on peut en conclure que leur affaire est bien mauvaise pour rechercher des avocats si talentueux.

Le cerveau humain, émerveillé de ses propres prouesses de créateur, ressent de fortes réticences à ne pas concevoir que l'évolution du monde soit elle aussi pilotée par des êtres conçus à sa propre image, en vue de buts mystérieux qu'il s'agit de discerner, supposés naturellement bénéfiques, sur une route semée d'embûches qui elles, ne sont que trop réelles. Nous ressemblant comme des frères idéaux, auxquels on ôte nos faiblesses et que l'on dote de dons qui nous font cruellement défaut, ces entités surnaturelles ne peuvent qu'être supposées «surrationnelles». Comme les parents qui reportent sur leurs enfants les missions qu'ils n'ont pu eux-même accomplir, les hommes confient à leurs enfants imaginaires les pouvoirs dont ils rêvent, se défaussant en quelque sorte de leur impuissance à agir eux-mêmes sur le monde. Même *Voltaire* avait des difficultés avec l'existence de tels auteurs : «*L'univers m'embarrasse, et je ne puis songer que cette horloge existe et n'ait point d'horloger*», de sorte qu'il n'a rejoint dans leur athéisme ni *Julien de la Mettrie* (auteur de [*?, L'homme-machine*]), ni *Claude Adrien Helvétius*^{??-??}, ni *Paul Henri Thiry, baron d'Holbach*^{??-??} qui écrivait à ce sujet dans son [*?, Système de la nature*] :

2 Holbach. «*Que l'homme cesse donc de chercher hors du monde qu'il habite des êtres qui lui procurent un bonheur que la nature lui refuse : qu'il étudie cette nature, qu'il apprenne ses lois, qu'il contemple son énergie et la façon immuable dont elle agit ; qu'il applique ses découvertes à sa propre félicité, et qu'il se soumette en silence à des lois auxquelles rien ne peut le soustraire ; qu'il consente à ignorer les causes entourées pour lui d'un voile impénétrable ; qu'il subisse sans murmurer les arrêts d'une force universelle qui ne peut revenir sur ses pas, ou qui jamais ne peut s'écarter des règles que son essence lui impose.*»

La perfection d'un œil était pour *Paley* l'argument majeur de l'existence d'un Maître Horloger. Qui sait, par exemple, si en identifiant de nos jours le «Marché» à un acteur — sinon à une divinité — on ne va pas, au-delà d'une simple formule rhétorique, observer à l'aide de verres déformants le fonctionnement complexe de la régulation économique ?

C'est de façon toute arbitraire que l'on choisira comme leur seul représentant l'un de ces acteurs inventés par les hommes pour agir sur les régulateurs en fonction d'objectifs téléologiques — c'est-à-dire finalistes — *le devin*. Ce *devin* sera en quelque sorte le prototype de tous ces êtres imaginés par les hommes pour agir sur les régulateurs qu'ils observent.

Contrairement aux acteurs gouvernant ou ayant barre sur l'évolution d'organismes proprement identifiés, observés, testés, personne n'a rencontré aucune de ces fantomatiques créatures imaginaires, même si par pure provocation certains le proclament péremptoirement. «*Il n'y a rien de si beau que ce qui n'existe pas*», écrivait *Jean-Jacques Rousseau*, repris par *Paul Valéry*. Il est d'ailleurs futile et vain de tenter de démontrer que les fées n'existent pas.

Les disputes théologiques, idéologiques et philosophiques sur l'existence et la nature de ces devins sont d'autant plus intenses, violentes et trop souvent criminelles qu'aucune expérience ne permet de prouver leur existence. L'acharnement mis à les défendre est inversement proportionnel à leur caractère expérimental. On ne tue pas au nom de la science, mais on torture, massacre, brûle au nom des croyances. C'est peut-être parce que *Galilée* était plus scientifique que seuls ses ouvrages ont été brûlés alors que *Giordano Bruno*^{??-??} — qui eut la coupable audace de développer les conséquences métaphysiques des découvertes de *Copernic* sans le secours de mathématiques — fut brûlé vif à 52 ans le 17 février 1600 sur le Campo dei Fiori pour huit propositions que Clément VIII avait décrétées hérétiques ! Comme l'a été le 9 février 1619 sur la place du Salin, à Toulouse, à 34 ans, après avoir eu sa langue arrachée, *Jules César Vanini*^{??-??}, l'un de ces «libertins» que produisit l'Italie du XVII^e siècle, pour avoir déclaré trop tôt entre autres que l'homme descendait du singe. L'inquisition ne se mêle pas de questions scientifiques et expérimentales, et les guépéistes traqueront le moindre soupçon de révisionnisme dans les cachots de la Loubianka, emprisonneront à Saratov un *Vavilov* coupable de ne pas s'incliner devant les injonctions d'un *Lysenko* dont la stalinolâtrie le disputait à la médiocrité. Que de crimes commis pour traquer l'hérésie, d'autant plus cruels que le coupable est proche de la vraie foi, que le révisionnisme s'ajoute à l'hérésie, que les fantasmes sexuels se mêlent au prétendu sacré. Pauvre sorcière chère à la compassion de *Jules Michelet* ! Fallait-il que la première mathématicienne que l'Histoire a retenue, *Hypathie*, fille du

mathématicien Théon, qui prit la tête de l'Ecole des Platoniciens à Alexandrie soit assassinée en 415 par le fanatisme tout neuf des chrétiens prenant le pouvoir sous la direction de l'évêque Cyrille. Quels trésors d'arguties théologiques, quelles prouesses dialectiques ont été déployés pour justifier de si nombreux aveux de *culpabilité objective*. Moins est enraciné dans la perception du monde un imaginaire collectif, plus sévères et criminels sont les moyens de l'imposer, plus élaborés sont les prétextes inventés pour le justifier.

Mais alors, serait-il possible que ces devins n'existent pas ailleurs que dans notre imagination (la *maya*, *l'illusion* que les enseignements védiques tiennent pour être l'essence des phénomènes) qui, après tout, crée en quelque sorte la réalité?

La mort du devin

A-t-on vraiment besoin d'un devin, prototype de ces acteurs mythiques guidant les évolutions des régulons de concert avec les véritables acteurs pilotant les états d'un système?

C'est en justifiant mathématiquement une réponse négative à cette première question que va commencer cette histoire. Si l'on admet que les moteurs d'évolution dépendent de régulons, il y a alors autant d'évolutions potentielles que de régulons disponibles. Il s'agit dès lors d'expliquer, sans invoquer de devins, rasant avec les Dieux et les forces qui régissent notre destin, comment à *chaque instant* est choisi un régulon, et par conséquent, comment est implantée une évolution particulière.

Mais alors, s'il n'y a plus de devins, il devient *impossible de prévoir et ensuite, de prédire l'évolution future*, laissant ainsi la place à un hasard que la science s'est donnée pour mission de traquer, à une incertitude qu'il s'agira de réduire, sans naturellement pouvoir la supprimer à coup sûr, à une liberté d'évolution qu'il s'agira d'appivoiser par la *nécessité*.

Car la liberté des organismes est une *liberté surveillée* par des *contraintes de viabilité*.

En effet, ces organismes, en évoluant, modifient leur environnement, consommant des ressources rares, produisant des déchets. Ces organismes doivent donc s'*adapter* constamment à leur *environnement*, le plus souvent défini par des *contraintes de viabilité*, au risque de mourir, de disparaître en tant que tel lorsque ces contraintes sont violées.

«*La vie*, écrivait *Claude Bernard* en 1898, *est le résultat du contact de l'organisme et du milieu, [...] nous ne pouvons la comprendre avec l'organisme seul, pas plus qu'avec le milieu seul*». Les organismes vivants «luttent» pour rester en vie en maintenant la «*fixité du milieu intérieur*», principe que *Claude Bernard* énonça en 1854, baptisé sous le nom d'*homéostasie*^{??-??} par *Walter Cannon* en 1915 pour permettre à l'organisme de fonctionner en maintenant à leur niveau les diverses composantes du métabolisme telles la faim. Les biologistes décrivent par *épigenèse* l'évolution de l'organisme qui résulte de l'interaction des gènes et de l'environnement, concept introduit en 1759 par le médecin allemand *Caspar Wolff*. Les organismes économiques mobilisent leurs forces productives et leurs réseaux de distribution pour accroître l'ensemble des ressources

disponibles, les groupes sociaux organisent leurs forces de police, leurs armées, leurs services diplomatiques pour garantir un niveau minimum de paix et de sécurité, les systèmes nerveux ne cessent de perfectionner leurs connaissances sans lesquelles les organismes qu'ils commandent ne pourraient plus s'adapter aux contraintes culturelles, etc. Les contraintes de viabilité restreignent ainsi les possibilités d'évolution, et même, dans certains cas, excluent la possibilité d'*évolutions viables* (c'est-à-dire, d'évolutions obéissant à chaque instant aux contraintes de viabilité).

L'adaptation à ces contraintes est un des traits communs à toutes les versions du darwinisme qui tentent d'*expliquer* l'évolution des espèces biologiques par sélection des caractères des organismes (appelés *phénotypes*^{??-??}) et non par instruction directe des *gènes*^{??-??}. Une des motivations principales de la théorie de la viabilité a été de conforter ce point de vue darwinien par des *métaphores mathématiques*, dont il appartient aux biologistes d'évaluer le degré de validité.

<i>Domaine</i>	<i>États</i>	<i>Régulons</i>	<i>Viabilité</i>	<i>Acteurs</i>
économie	biens physiques	biens fiduciaires	rareté économique	agents
biologie	organismes	gènes	viabilité ou homéostasie	biochimie métabolisme
sociologie	comportements	codes culturels	sociabilité	individus
sciences cognitives	états cérébraux	codes concepts	adaptatif	organismes

La *première tâche* de la théorie mathématique de la viabilité, qui est le thème principal des pages qui suivent, est de reconnaître le cas où les contraintes de viabilité permettent l'existence d'évolutions viables, c'est-à-dire d'évolutions qui respectent ces contraintes à chaque instant. Il s'agit de déterminer si le moteur d'évolution d'une part et des contraintes de viabilité d'autre part sont *compatibles* — ou cohérents — au sens où *en tout état initial commence au moins une évolution viable*.

Lorsque les moteurs d'évolution ainsi confrontés aux contraintes de viabilité sont compatibles, un *second objectif* est de découvrir *comment* les régulons sont modifiés pour produire des évolutions viables. Autrement dit, il s'agit de *révéler les rétroactions*^{??-??} (ou feedbacks) qui *associent à tout état au moins un régulon* pour maintenir la viabilité des contraintes de viabilité, de les dégager de la gangue qui les soustrait à notre observation immédiate, de briser le moule qui celle le bronze du sculpteur. En fait, on pourra «calculer», combiner, agencer et enchaîner ces rétroactions en fonction du moteur d'évolution et des contraintes de viabilité. Le concept de rétroaction joue un rôle central dans toutes les versions de l'analyse des systèmes, car toute cause a non seulement un effet, mais *celui-ci rétroagit sur la cause*, si bien que *les relations causales sont à double sens*.

La reconnaissance de ce concept de rétroaction a fait le succès de la *théorie des systèmes*^{??-??} et de la *cybernétique*^{??-??} de *Norbert Wiener*, en permettant de surmonter l'absence de relations directes de causes à effets, lorsque ces derniers ont le mauvais goût de rétroagir sur les causes.

Mais très souvent, ces *rétroactions*^{??-??}, une fois dégagées dans l'analyse d'un système, sont posées comme *primitives*, comme points de départ, dans l'analyse de questions à élucider. Ici, ces *rétroactions* seront des *réponses* à des questions posées, des phénomènes *dérivés*, des points d'arrivée, ou plutôt, de transit.

On conçoit alors que pour assurer la possibilité de la sélection, la redondance des régulons constitue le réservoir du moteur de l'évolution. À de très nombreux niveaux, les organismes vivants ont effectivement cette tendance à multiplier les solutions possibles afin de permettre de choisir, d'éliminer les régulons qui ne sont pas viables lors de la confrontation du moteur d'évolution avec l'environnement. Nombreux sont les exemples de gaspillage apparent, de redondance croissante, d'investissement dans la flexibilité qui s'opposent à la tendance de nos cerveaux à chercher un ou des critères «utilitaires» que la nature tenterait d'optimiser. Pour apprendre à s'adapter, les organismes doivent se *structurer de façon lamarckienne*^{??-??}, et pour se structurer, *doivent d'abord accroître leur redondance et ensuite, éliminer, de façon darwinienne*.

La connaissance de ces *rétroactions*, qui très souvent ne sont pas déterministes, permet d'expliquer — et éventuellement, de corriger — les nombreux effets pervers, paradoxaux ou inattendus. Ceux-ci sont souvent causés par des raisonnements statiques ignorant les moteurs d'évolution, cherchant désespérément des *équilibres*^{??-??} là où il ne peut en exister, *des décisions optimales plutôt que des décisions prises à temps*. Ils peuvent résulter d'une optimisation de critères *intertemporels* là où la myopie des acteurs permet au mieux des optimisations *instantanées*, remises en cause à chaque instant.

Si un certain jeu de contraintes de viabilité n'est pas viable, une troisième tâche est de déterminer le *noyau de viabilité*^{??-??} de l'environnement que ces contraintes définissent : c'est par définition l'*ensemble des conditions initiales à partir desquelles part au moins une évolution viable*. En d'autres termes, en dehors du noyau de viabilité, *toutes les évolutions violent les contraintes en temps fini*. Le *noyau de viabilité* s'est avéré être le concept le plus important de la théorie de la viabilité et un outil mathématique des plus efficaces : il contient toutes les informations importantes, les *équilibres*^{??-??} (évolutions qui... n'évoluent pas) viables, les trajectoires que parcourent les *évolutions périodiques*^{??-??} viables, les attracteurs vers lesquels convergent les évolutions viables lorsque le temps devient infiniment grand, etc. De plus, de nombreux concepts mathématiques sont des noyaux de viabilité bien cachés, qui héritent donc des propriétés de ces derniers.

L'émergence du démiurge

Toutefois, l'incertitude pesant sur l'évolution future peut être encore réduite lorsque le *principe d'inertie*^{??-??} entre en jeu : ce principe énonce que *les régulons n'évoluent que lorsque la viabilité est remise en cause*.

En effet, le devin disparu, plus personne n'est là pour agir sur les régulons, de sorte qu'il n'y a aucune raison de les changer. Ces régulons, *gènes*^{??-??}, *prix*, *régulons culturels* et *concepts* dans les exemples cités, laissés à eux-mêmes, auront donc tendance à demeurer constants la plupart du temps, ce qui n'interdit pas aux états d'évoluer.

On introduit alors le concept de *niche de viabilité* d'un régulon, qui est l'ensemble des états de l'environnement qui sont régulés par ce régulon lorsqu'il est maintenu constant. La niche de viabilité d'un régulon peut être vide, auquel cas le régulon devra être changé lorsque l'état violera les contraintes de viabilité. Partant de la niche de viabilité d'un régulon, au moins une évolution peut (mais ne doit pas) évoluer dans cette niche en ne changeant pas le régulon initial.

En respectant le *principe d'inertie*^{??-??}, les régulons ne se mettent en mouvement que lorsque advient une «crise de viabilité», et ce, jusqu'à ce que la viabilité soit rétablie et «stabilisée».

Le principe d'inertie *explique* ainsi le phénomène d'*équilibre intermittent* (punctuated equilibrium) introduit en 1972 par *Eldredge* et *Stephen J. Gould* en paléontologie pour décrire des discontinuités des témoignages de l'évolution des espèces qui n'étaient pas prévues par les successeurs de *Darwin*^{??-??}, mais qui depuis se sont révélées manifestes.

3 Équilibre ponctué. Une évolution des espèces est en *équilibre ponctué* (ou simplement, ponctué) lorsqu'elle alterne des passes d'évolution lente sur de longues durées de temps et de révolutions rapides sur des durées de temps beaucoup plus brèves pendant lesquelles de nouvelles espèces apparaissent.

Il le précise en montrant comment coexistent une évolution rapide et continue des états et une évolution lente et discontinue des régulons. Bien que, comme le souligne le bio-mathématicien *Jim Murray*, Darwin ait ajouté à la fin du chapitre XI de la sixième édition de [?, *L'origine des espèces*] cette phrase anticipant le concept d'*évolution ponctuée*³⁻¹³ qui ne figurait pas dans les éditions précédentes :

4 Darwin. «Les périodes durant lesquelles les espèces ont subi des modifications, bien que fort longues mesurées en années, ont probablement été courtes en comparaison des périodes durant lesquelles ces mêmes espèces sont restées sans aucun changement.»

Cela ne suffit pas encore à réduire complètement l'incertitude : il faut découvrir des mécanismes qui obéissent à ce principe d'inertie. Le plus simple est celui qui consiste à *choisir parmi tous les régulons viables celui qui a la plus petite vitesse*, le plus paresseux. Les évolutions viables correspondantes seront qualifiées de *lourdes*. Elles ont la propriété d'*accrocher* (lock-in en anglais) la niche de viabilité d'un régulon : lorsque l'évolution lourde d'un état le conduit dans la niche de viabilité d'un régulon, alors ce dernier devient constant et l'état demeure à jamais dans sa niche.

En sélectionnant des évolutions viables lourdes, par exemple, on fait donc *émerger de la confrontation d'un moteur d'évolution et des contraintes qui lui sont imposées un mécanisme d'évolution myope, opportuniste, conservateur et paresseux*.

C'est pour éviter de commettre un autre néologisme (régulon suffit bien comme cela) que l'on désignera par *démiurge*, nom grec désignant un humble artisan, ce procédé de sélection de régulons gouvernant les solutions viables lourdes. Non pas l'ouvrier à qui *Platon* a attribué, par la voix de *Timée*, la responsabilité

de transformer le chaos en cosmos : il n'en est pas le créateur, et encore moins un objet de culte, mais le fabriquant qui doit pour cette tâche se conformer aux plans dressés par les préexistantes Idées. Non plus le descendant de *Sophia* — Dieu créateur d'un monde imparfait que la plupart des systèmes gnostiques des premiers siècles de notre ère distinguent d'un Dieu premier transcendant, auteur lui d'un Monde idéal. Mais un démiurge chef d'orchestre harmonisant toutes les partitions d'un concert, du concert endocrinien au concert des nations, un démiurge organisateur, maître de l'ordre des choses, responsable des structures.

Le choix de qualifier de démiurge ce mécanisme de sélection n'implique en rien l'intervention d'Idées préexistantes, bien que la tentation soit forte chez de nombreux mathématiciens de céder à la conviction de découvrir ou dévoiler ce qui préexiste plutôt que d'inventer ou de créer du neuf, tant sont puissantes les idées qui semblent «s'imposer d'ailleurs» et tant est aveuglante la clarté qu'elles projettent. Je n'adhère personnellement pas à cette vue, car ces idées ne sont après tout que le produit de cerveaux humains qui eux existent, et qui explorent tout en le construisant un univers culturel. C'est ce qu'avait remarqué *Lamarck*, comme en témoigne cet extrait de son [?, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*] :

5 Lamarck. «*J'ai déjà dit que la pensée était un phénomène tout à fait physique, résultant de la fonction d'un organe qui a la faculté d'y donner lieu [...]. Quel est l'homme qui ignore les effets que peut produire sur son individu la vue d'une femme belle et jeune, ainsi que la pensée qui l'a reproduit à son imagination lorsqu'elle n'est plus présente ?*»

Ce qu'il y a de nouveau, c'est que notre démiurge, contrairement à celui de *Platon* et des gnostiques — distingué par une majuscule, comme il se doit — n'est pas donné *a priori* avant que l'environnement existe, n'est pas posé comme un compagnon inséparable et invisible aux ordres des Idées, comme un créateur maladroit (ou mal intentionné, c'est selon). Il est ici *construit, calculé, inhérent* au moteur d'évolution dès lors que lui sont imposées des contraintes de viabilité et est admis le principe d'inertie.

Indéterminisme, viabilité, inertie : ce sont trois clés mathématiques pour penser l'évolution des organismes du vivant. Il n'y a plus besoin de supposer l'existence de devins qui nous révèlent notre destin, d'un élan vital qui régit l'évolution des gènes des espèces, de mains invisibles qui guident les prix, de *Weltgeister* qui inspirent les régulateurs culturels des sociétés, d'âmes qui distillent nos pensées, qui accaparent notre essence au point de vouloir nous survivre.

Un *démiurge émerge*, qui, malgré *sa myopie, son opportunisme, son conservatisme et sa paresse*, ou plutôt, grâce à tous ces «défauts» qui dans ce cas, se révèlent être des qualités, guide l'évolution en la maintenant en vie, pour la maintenir en vie.

Tout système périra

On conçoit ainsi que les systèmes qui obéissent à ce *principe d'inertie* ??-?? trouvent beaucoup de difficultés à demeurer viables : ils peuvent disparaître,

faisant éventuellement place à d'autres systèmes qui en prennent en quelque sorte la relève, en évoluant selon d'autres lois. [?, *Tout empire périra*], tel est aussi le titre d'un ouvrage de *Jean-Baptiste Duroselle* paru en 1981, reprenant une citation de *Polybe*.

Nous arrivons, hélas, à un moment de l'histoire des hommes où c'est notre monde qui est en danger de périr, *car en devenant globales, les contraintes de viabilité se resserrent inexorablement*.

Tant pis si l'image est déjà éculée, mais il faut bien reconnaître que les merveilleuses photographies de Gaïa, cette agate bleue marbrée de blanc et d'ocre sur fonds de velours noir ont contribué à nous faire prendre conscience de la finitude du globe qui nous abrite, qui nous protège. *Il n'y a plus de nouveaux espaces à explorer et à conquérir sur cette planète pour reculer la frontière ??-??* de viabilité que la croissance démographique et l'épuisement des ressources rapprochent de jour en jour. Les dernières taches blanches des atlas de nos parents ont été coloriées.

Cela est nouveau.

Il ne reste guère qu'un espoir, que les progrès de la science et de la technologie remplacent l'exploration de continents vierges, permettent de desserrer les contraintes qui nous étouffent, *de bâtir de nouveaux mondes culturels, scientifiques et technologiques*, d'envahir les mondes virtuels qui naissent sous nos yeux. La curiosité et l'imagination des hommes qui n'ont cessé jusqu'ici de contribuer à cet enrichissement, alimentent un puissant moteur qui peut accroître suffisamment le domaine de viabilité de l'espèce humaine, et partant, des autres espèces vivantes.

Si l'on en croit le *principe d'inertie ??-??*, il est possible que l'humanité s'avère incapable de dévier à temps la folle course qui nous conduit vers la frontière de viabilité. Car le progrès moral — si toutefois progrès il y a en ce domaine — évolue bien plus lentement que les progrès scientifiques et techniques. La sagesse des nations — trop souvent nourrie de la folie des hommes — est un régulateur bien lourd, qui a beaucoup de mal à évoluer, et pas toujours dans le sens du bien et de la vertu.

Cerner la compréhension des mécanismes complexes gouvernant l'évolution de nature darwinienne dans lesquels nous vivons peut nous aider à éviter la catastrophe. A ne pas détruire notre terre, lentement par épuisement de ressources insuffisamment remplacées, soudainement par un embrasement nucléaire. A ne pas détruire notre espèce en faisant naître des concurrents monstrueux à partir de manipulations génétiques.

Les hommes ont certes acquis récemment le moyen de modifier l'environnement sans se contenter comme auparavant de s'adapter aux changements exogènes de nature géologique ou climatique. Mais ils ne savent pas comment le modifier pour guider l'évolution biologique dans un sens qui leur convient. Ils ne peuvent résister à la tentation de juguler l'évolution en transformant écologie en *équilibre ??-??*. Non seulement cette stratégie est vouée à l'échec, car la vie évolue depuis plus de trois milliards d'années, mais en forçant une partie des variables du système à rester *stationnaire ??-??* dans l'espoir d'éviter la catastrophe, on ne fait que la précipiter, en empêchant les évolutions de s'adapter.

L'enfer environnemental est pavé des meilleures intentions écologiques.

Reconnaître le principe d'inertie ne revient pas à lui accorder un statut normatif. Le principe d'inertie n'est ni juste ni efficace. *Il est*, et c'est là le drame. Ne pas en tenir compte conduit à coup sûr à des effets pervers. Trop d'apprentis sorciers se sont perdus en l'ignorant.

Sera-t-on capable de le comprendre assez pour le maîtriser, pour que l'intelligence des hommes puisse percevoir à temps les signaux annonçant la proximité des frontières de viabilité, puisse ouvrir des accès aux régulons afin de violer le principe d'inertie et changer les régulons avant l'ultime moment de systèmes que nous avons condamné à mort ?

Contingence, viabilité et inertie des systèmes

Une fois le «moteur» métabolique^{??-??} lancé, rien n'a encore pu arrêter cette ronde vitale. Je ne sais ni quand, ni pourquoi ce moteur évolutionnaire est apparu. Je ne sais pas quand il s'arrêtera. Je ne sais s'il en existe d'autres ailleurs. Nos cerveaux sont ainsi faits qu'ils ne cessent d'interroger le monde. Dès qu'il balbutie, l'enfant de l'homme assaille ses parents de «pourquoi» tout en apprenant les «comment» par imitation, comme nombre de nos cousins du règne animal. Toutes les fois qu'ils ne trouvent pas la réponse par eux-mêmes, les hommes continuent à poser humblement leurs «pourquoi» à des devins créés orgueilleusement à leur image pour ausculter un monde dont l'entendement leur échappe. I

6 Condillac. «*Mais il est rare que les hommes ne se contentent pas d'une première réponse. On dirait que leur curiosité les porte moins à s'instruire d'une chose qu'à faire des questions sur plusieurs. Quand la curiosité se trouve jointe à un peu d'imagination, on veut aussitôt porter la vue au loin, on veut tout embrasser, tout connoître. Dans ce dessein, on néglige les détails, les choses à notre portée*», écrivait Condillac dans son [?, *Traité des systèmes*].

Je ne saurai répondre aux «pourquoi» que je soulèverai tout au long de cette quête, je ne donnerai pas ma langue au devin, et resterai le plus souvent *agnostique* sur ses questions, selon ce beau mot que forgea en 1869 *Thomas Huxley*^{??-??}, l'ami de *Darwin*^{??-??}. Je me restreindrai à proposer «comment» des évolutions ont pu s'adapter à des contraintes de viabilité. Je me suis appuyé sur les concepts et outils mathématiques qui ont été peu à peu dégagés durant ce dernier quart de siècle pour répondre à cette question 1.

Il n'y a d'ailleurs aucune raison que [?, *l'efficacité déraisonnable des mathématiques dans les sciences naturelles*], selon le titre d'un article célèbre du physicien *Eugene Wigner*, s'étende aux sciences du vivant. Ce miracle, terme par lequel il termine son article, n'est pas si étonnant, puisqu'après avoir parcouru toutes les étapes de la phylogénèse, les cerveaux humains se sont adaptés de longue date aux rythmes biologiques, ceux des jours, des mois, des saisons et des années. Ils étaient préparés à reconnaître les régularités de la mécanique céleste, puis celles de leur environnement. Ils ont pu accompagner les capacités cognitives du langage par celles qu'on désigne sous le nom de mathématiques, spécifiquement destinées à repérer et à anticiper évolutions stationnaires et cycliques. Nos cerveaux n'ont cependant pas pu bénéficier de ce temps immémorial

pour s'adapter à la compréhension des sociétés humaines qui leur sont contemporaines.

C'est à ce point qu'un miracle est peut-être nécessaire pour appréhender les sciences du vivant, celui de la capacité de nos cerveaux à recréer ensemble tout au long des générations un monde culturel de plus en plus riche et structuré, fournissant des métaphores de l'environnement qu'ils perçoivent. Il serait paradoxal de ne réserver qu'aux *systèmes plus simples de la physique des explications complexes*, utilisant des outils mathématiques de plus en plus difficiles d'accès, et de ne proposer que des explications simples, monistes, aux systèmes complexes qui font intervenir la vie de leurs acteurs, systèmes sans frontières (ouverts), dont toutes les variables sont reliées entre elles, systèmes qu'il est impossible de délimiter (fermer) sans les trahir. On ne peut espérer obtenir des métaphores mathématiques beaucoup plus abordables que celles utilisées pour rendre compte des phénomènes physiques. Ou alors évacuer ce problème en définissant de façon opérationnelle la physique comme le champ des connaissances susceptibles d'être expliquées par des métaphores mathématiques, et d'intégrer l'étude des organismes vivants comme une nouvelle branche de la physique, qui deviendrait ainsi l'arbre impérialiste de la connaissance. Il s'agit d'ordonner un monde perçu comme chaotique à partir de théories mathématiques en (r)évolution permanente, en lieu et place d'immuables Idées platoniciennes à qui l'on cède volontiers le monopole de la métaphysique.

Plus complexes que ceux de la physique, les systèmes formés d'êtres vivants vont exiger au contraire des outils mathématiques spécifiques, probablement différents de ceux qui sont disponibles à l'heure actuelle. En fait, en l'absence de définition rigoureuse et consensuelle de la complexité, on peut cependant s'accorder pour constater qu'elle est intimement liée à l'évolution et à l'adaptation. N'ayant nul besoin de s'adapter, les objets naturels inanimés ne sont pas complexes. La *nécessité* de s'adapter aux contraintes de viabilité est donc l'antidote du *hasard* qui frappe les évolutions, en structurant les moteurs d'évolution pour tenter de maintenir leurs régulons constants, et donc, aisément identifiables. Entre la simplicité du statique et l'extrême complexité du pur hasard d'une évolution totalement désordonnée, contraintes de viabilité, principe d'inertie et évolutions lourdes contribuent à ordonner leurs évolutions, à en réduire la complexité, à en permettre l'élucidation.

Lorsque je suis arrivé à l'Université Paris-Dauphine en octobre 1969, le spécialiste d'analyse numérique des équations aux dérivées partielles que j'étais, armé de la vraie foi mathématique que seule la jeunesse peut excuser, sinon, expliquer, s'est plongé dans l'univers mathématico-économique de l'époque. *Optimums et équilibres* — ces deux thèmes familiers de la mécanique fournissant alors des métaphores mathématiques aux économistes — ne pouvaient que passionner les mathématiciens, et ceux du CEREMADE (Centre de Recherches de Mathématiques de la Décision) des débuts en particulier. C'est avec une enthousiaste naïveté qu'ils apportèrent leurs pierres à la construction de l'analyse convexe, puis de l'analyse non régulière et enfin de l'analyse multivoque pour forger les outils de l'optimisation et du contrôle optimal, ainsi que de l'analyse non linéaire pour étudier les divers *équilibres*^{??-??} de l'économie et de la théorie des jeux.

Il m'a fallu cependant déchanter, et entamer en opposant inertie, réticences et résistances, le dur chemin de l'agnosticisme, même en ces matières où l'on fait officiellement profession de certitude, voire de vérité. Si tout allait bien dans les recherches menées dans ces directions, au point où la séduction des mathématiques m'incitait à la tentation de prendre les modèles pour la réalité, je ne pouvais pas ne pas ressentir quelque malaise en observant que jamais l'évolution économique se trouvait à l'équilibre, pas plus qu'elle y convergeait d'ailleurs. Je formais de sérieux doutes sur l'hypothèse de rationalité des agents économiques supposés maximiser leur utilité et minimiser leurs coûts. Même dans un cadre dynamique où l'incertitude était permise, je n'arrivais pas à être convaincu par la façon de la lever en optimisant des critères intertemporels. Ceci exigeait des *acteurs pilotant les régulateurs*, leur connaissance des *critères à optimiser*, des *anticipations* de l'avenir que l'impossibilité d'expérimentation interdit et d'avoir pris une fois pour toutes la *décision optimale à l'instant initial*. Excellente métaphore mathématique d'un certain créationnisme, qui renaît sous nos yeux déguisé en «intelligent design», dont l'enseignement est recommandé par le président actuel des États-Unis, en attendant que pour répondre aux incertitudes du moment soient réhabilitées l'astrologie, l'alchimie, la phlogistique, la sorcellerie et autres chimériques coquecigrues. Je me suis alors posé la question de rendre compte de mécanismes évolutionnaires *seulement guidés par l'adaptation aux contraintes de viabilité*. Je me posais de plus en plus la question de trouver des métaphores mathématiques de l'évolution de systèmes évolutionnaires sous incertitude. Le type de hasard *n'obéissant à aucune régularité statistique* décelable ne me semblait pas pouvoir être appréhendé par les processus stochastiques dont l'usage semblait universel et exclusif à l'époque. Je suis reconnaissant à *Charles Peirce*^{??-??} de m'avoir présenté la déesse Tyche^{??-??} et les concept d'*évolution tychastique*^{??-??} pour proposer une traduction mathématique de cet autre type d'incertitude d'ailleurs compatible avec le *principe de précaution*.

Ce sont ces frustrations qui conduisirent un certain nombre de mathématiciens à forger et développer depuis 1977 des outils mathématiques spécifiques constituant ce qui est devenu la *théorie de la viabilité*. Le mot «théorie» est utilisé en mathématiques avec un sens plus neutre que dans les autres disciplines : ce sont, conformément à l'étymologie (*theôria* grecque), des *cortèges* d'énoncés démontrés à l'aide d'une même famille de techniques, et non pas des corpus explicatifs ou doctrinaires. Ces techniques ont été motivées par les sciences économiques, sociales, biologiques et cognitives, puisqu'il n'est pas toujours possible d'emprunter celles qui ont été motivées pendant tant de siècles par les sciences physiques. Ces énoncés proposent des *métaphores*, aidant les uns et les autres à *observer* (autre étymologie grecque, *theôrein*, de «théorie») l'évolution des systèmes particuliers qu'ils étudient à l'aide de nouveaux outils conceptuels, à poser de nouvelles questions aux mathématiciens, à motiver des recherches ultérieures, bref, à contribuer *provisoirement et modestement* au progrès de ces sciences que l'on qualifie, sans doute injustement, de «molles», pour en faire des «sciences fortes», comme l'on disait du temps d'*Oresme*^{??-??}, «dures», depuis *Friedrich Hayek*. C'est aux jeunes scientifiques «des deux rives» que cet essai s'adresse en priorité, pour les convaincre des charmes de l'aventure mathématique. Pures, motivées ou appliquées, les mathématiques conservent également leur possibilité

d'influencer la société, sans que cette influence soit toujours immédiate. Si des jeunes mathématiciens, de concert ou en collaboration avec des jeunes spécialistes d'autres disciplines, avec des idées fraîches et joyeuses, contestent et dépassent nos suggestions en *franc-penseurs* (comme ont dit de franc-tireurs, pour réhabiliter aux oreilles de notre temps le terme de «franc-pensant» que revendiquait *Voltaire*, qui, contrairement à celui de bien-pensant, est tombé en désuétude), cet ouvrage n'aura pas été rédigé en vain.

Cette aventure intellectuelle à laquelle j'ai participé m'a procuré de grands plaisirs, à la mesure des difficultés surmontées. Ce sont ces plaisirs que je souhaite partager avec les lecteurs de cet essai, en leur proposant quelques explications que j'ai retenues plausibles, en ayant fait tout mon possible pour leur épargner les difficultés. Je vais planter le décor de mon récit, en introduisant ses éléments les uns après les autres, et j'invite le lecteur à visiter les coulisses de ce théâtre. Le *deus ex machina* a été remplacé par la *dea ex matematica* qui propose les *métaphores mathématiques* de ce récit. J'emprunte à *Denis Diderot* les premières lignes de ses [?, *Pensées philosophiques*] :

7 Diderot. «*Je compte sur peu de lecteurs, et n'aspire qu'à quelques suffrages. Si ces pensées ne plaisent à personne, elles ne pourront qu'être mauvaises; mais je les tiens pour détestables si elles plaisent à tout le monde.*»

Si jamais il s'avère que certaines de ces métaphores n'emportent pas la décision du lecteur, les assertions mathématiques, elles, sont *vraies*, de la vérité conférée par l'onction mathématique, celle de l'*alètheia*^{??-??} grecque, qui signifiait alors *dévoiler* une «*nature qui aime à se cacher*», si l'on en croit *Héraclite*. Nous essayerons ensemble d'ôter le voile d'Isis, qui se vantait qu'aucun mortel ne pourrait le soulever (voir le beau livre [?, *Le voile d'Isis*] de *Pierre Hadot*). Et ces vérités-là sont belles à dire, d'une beauté hélas difficilement accessible, mais qui fascine tous les mathématiciens en les captivant dans ses rets : ce sera de ma seule faute si le talent me manque pour la dépeindre. Je me suis efforcé de traduire des assertions mathématiques *démontrées*, sans trop les trahir par des considérations métaphysiques :

8 Voltaire. «*On peut être métaphysicien sans être géomètre. La métaphysique est plus amusante; c'est souvent le roman de l'esprit. En géométrie, au contraire, il faut calculer, mesurer. C'est une gêne continuelle, et plusieurs esprits ont mieux aimé rêver doucement que se fatiguer.*»

avait déjà remarqué *Voltaire* dans son [?, *Dictionnaire philosophique*]. Opinion que partageait *Condillac*

9 Condillac. «*Quant aux suppositions, elles sont d'une si grande ressource pour l'ignorance, si commodes; l'imagination les fait avec tant de plaisir, avec si peu de peine : c'est de son lit qu'on crée, qu'on gouverne l'Univers. Tout cela ne coûte pas plus qu'un rêve, et un philosophe rêve facilement. Il n'est pas aussi facile de bien consulter l'expérience, et de recueillir les faits avec discernement.*»

dans son [?, *Traité des systèmes*].

Cette entrée en matière est brutale : je voulais en dire le plus possible avec le moins de mots. Il me faut maintenant détailler ce récit, et procéder par ordre.