

*Ce livre a paru en octobre 2004 chez Vrin, 6 place de la Sorbonne, 75005 Paris.  
Coordonnées de l'auteur : Mail : [alain.stahl@wanadoo.fr](mailto:alain.stahl@wanadoo.fr). Site : <http://perso.wanadoo.fr/alain.stahl>*

Rappelons le titre complet de l'ouvrage : « Science et philosophie ; rivales, étrangères ou complémentaires ? », et son sous-titre : « Essai d'une philosophie de la nature, moderne ». Le constat de départ est que philosophie et science ont progressivement divergé, à mesure des progrès même de la deuxième. La discipline qui aurait pu les relier, qu'on l'appelle philosophie de la science ou épistémologie, est sinistrée, accordant dans ses écoles dominantes une importance démesurée à des présentations abstraites, se complaisant dans des jeux de langage, parfois affichant – en face des immenses progrès de la science – un relativisme excessif, se cantonnant trop souvent dans des études « régionales » de secteurs particuliers de la science, certes intéressantes, mais qui ne permettent pas d'interroger le tout que la science constitue.

Mon dessein a été de partir d'une connaissance globale et actuelle des sciences, commençant par les mathématiques et la physique pour finir aux sciences cognitives (les sciences « humaines proprement dites n'ont pas été considérées), et de procéder en trois étapes, les deux premières assez imbriquées, la troisième distincte : La première, que l'on pourrait qualifier de « critique scientifique », essaie de discerner les apports et les faiblesses des différentes sciences et de leurs théories. La deuxième étudie, sur les cas concrets de la science contemporaine, les questions traditionnelles de l'épistémologie : hasard et déterminisme, réductionnisme, critères de valeur des théories... La troisième voudrait en tirer les éléments d'une philosophie personnelle.

Ce dessein, étagé sur une quinzaine d'années, pouvait paraître chimérique ou présomptueux. J'ai cependant persévéré, encouragé par le fait que beaucoup de scientifiques éminents, que j'avais consultés, m'ont à la fois permis d'améliorer et de valider mes chapitres particuliers, et ont témoigné de leur intérêt pour mon entreprise générale. J'ai eu aussi la chance de bénéficier de l'aide du grand philosophe, qu'a été Jean Largeault, trop tôt disparu ; une thèse, soutenue en 1994 sous sa direction, a été le noyau de ce livre.

Je résumerai successivement mes positions personnelles sur les mathématiques, les conclusions des chapitres consacrés à la physique, puis aux sciences de la vie, et enchaînerai sur des développements plus philosophiques.

### ***Section 1. Quelques positions personnelles sur les mathématiques.***

Les progrès mêmes de la logique mathématique empêchent d'y voir les fondements sûrs des mathématiques ; en particulier, les célèbres théorèmes de Gödel ont affirmé que l'arithmétique elle-même est incertaine et incomplète (dissociant le *vrai* et le *prouvable*) et ruinant par là le programme *formaliste* de Hilbert. Mais l'importance de ces théorèmes doit être relativisée, liés qu'ils sont à une formulation de la logique en premier ordre (notion technique - mais importante - qui limite le champ des « quantifications » autorisées), dont il est clair que, remarquable en algèbre, elle n'est pas adaptée à d'autres branches des mathématiques. De même, les axiomes de la théorie des ensembles, dont on part, sont moins évidents que notre intuition des entiers naturels, qu'ils prétendent retrouver. De nombreux résultats de « consistance relative » (dont la plus célèbre concerne l'hypothèse du continu) montrent que la notion d'ensemble reste floue.

Revenons à l'arithmétique, base des mathématiques. Nous savons maintenant qu'il n'y a aucune solution, qui concilie à la fois une axiomatisation rigoureuse, et nos deux convictions que cette science est *cohérente* et *catégorique* (ou, en termes moins techniques et plus forts, *vraie* et *unique*). D'un point de vue philosophique, il n'y a aucune raison de sacrifier ces deux convictions. L'axiomatisation doit donc rester modeste, n'utiliser de la théorie des ensembles que ses évidences.

Joint à un point de vue *constructif* (évaluant humblement nos possibilités d'accéder aux infinis non dénombrables), mais en maintenant le *tiers exclu* (à l'inverse de l'école intuitionniste), la logique mathématique permet de déduire de l'arithmétique, avec la même sûreté, l'essentiel des mathématiques. Il restera cependant que les formulations les plus générales de certains beaux théorèmes exigeront l'usage de *l'axiome de choix*, hautement non constructif. Mais toutes les mathématiques utiles aux sciences expérimentales sont préservées. Ainsi le vrai des mathématiques et le réel de la physique s'épaulent mutuellement (nous y reviendrons dans la partie philosophique).

Reprenons enfin le langage du *réductionnisme* : les mathématiques, si riches, ne peuvent être *réduites* à la logique ; de même, il est vain de vouloir *réduire* l'arithmétique, si proche de nous, à la logique plus la théorie des ensembles.

## ***Section 2. Conclusions sur la physique.***

### *Etat actuel des théories.*

Les *théories* de base de la physique, relativité générale et physique quantique, utilisant des mathématiques poussées, sont, chacune dans son domaine, vérifiées avec une remarquable précision :  $10^{-11}$  en électrodynamique quantique ! Ces deux théories bouleversent les notions les plus fondamentales, espace et temps, matière et énergie, particules et champs, causalité, comme beaucoup de notions qui en dérivent (absolu, simultanéité, possibilité de mesurer simultanément certaines grandeurs, indépendance vis à vis de l'observateur, localité, vide...). Leurs prévisions les plus paradoxales ont toujours été confirmées ! Mais les domaines auxquelles elles s'appliquent sont distincts ; c'est heureux en un sens, puisque – aujourd'hui – elles sont conceptuellement incompatibles (même si des tentatives d'unification, comme le recours aux supercordes, se font jour).

La *relativité générale* est un outil indispensable en cosmologie, où beaucoup d'observations corroborent le modèle relativiste du « big bang ».

La *physique quantique* (ou plutôt la théorie quantique relativiste des champs, qui en dérive) est l'outil indispensable aux échelles atomique et subatomique. Elle y connaît des succès spectaculaires.

La précision d'une théorie – quand elle est très élevée – est, encore plus que son étendue, le principal critère de sa valeur, de sa « probabilité ».

Peut-on espérer que toute la physique devienne un jour une « science parfaite », dont toutes les lois s'enchaînent harmonieusement au sein d'une théorie universelle, dont les constantes soient prédictibles, dont toutes les particules soient connues jusqu'à une élémentarité définitive ? On ne peut donner de réponses à ces questions. Si, méthodologiquement, le physicien doit se comporter comme s'il répondait affirmativement, son expérience et sa modestie le pousseront souvent à en douter dans son for intérieur.

Autre occasion de modestie : les immenses progrès récents de la physique et de la cosmologie, permis par les développements des appareils de mesure, des sondes spatiales (et de toute l'informatique qui a été déployée dans les uns et les autres), font apparaître de nouveaux problèmes, auxquels aucune solution satisfaisante ne peut être donnée aujourd'hui, comme le fait que l'essentiel de l'univers est fait d'une matière, ou d'une énergie, dont nous ne savons rien !

### *Le réductionnisme en physique.*

De la physique quantique, on peut déduire *toute la physique et toute la chimie classiques*, sous une importante réserve : la flèche du temps doit être admise (et non déduite). C'est le meilleur exemple d'une *réduction épistémologique* réussie (entendons par là que les lois de la science réduite sont explicables par celles de la science réductrice). Ceci n'empêche pas ces sciences réduites de développer fructueusement des notions propres, dont la traduction en termes de physique quantique serait beaucoup trop lourde pour être *pratiquement* efficace.

Pour cette réduction, on notera que, pour déterminer les propriétés des atomes et des molécules, seules interviendront les forces électromagnétiques entre noyaux et électrons. La physique et la chimie classiques n'ont rien à voir avec la structure fine des noyaux atomiques, les particules exotiques, les interactions faible ou forte... La physique des hautes énergies, des quarks supérieurs, des supercordes, satisfait notre soif de connaître ; elle éclaire notre cosmologie ; mais elle n'a pas de «retombées» à l'échelle macroscopique, y compris en biologie.

### *Hasard et déterminisme en physique.*

Si, aux échelles atomique et subatomique, l'existence d'un *hasard de base* est - de loin - l'hypothèse la plus valable (étayée par des expériences pénétrantes), quand on passe à l'échelle de notre monde familier, ce hasard se trouve moyenné par les grands nombres de la physique statistique. Ainsi, on peut affirmer *déterminisme* et *prévisibilité* pour beaucoup des phénomènes de la mécanique, de la physique et de la chimie courantes. D'autres (comme la stabilité du système solaire), quoique *déterminés*, risquent, parce que « asymptotiquement divergents, de ne jamais permettre des prévisions à long terme. Pour les phénomènes de turbulence, la complexité des problèmes nous imposera souvent des méthodes phénoménologiques.

### **Section 3. Conclusions sur les sciences de la vie.**

Les sciences de la vie ont fait d'immenses progrès. Il n'en demeure pas moins un abîme entre la simplicité des premières idées de la biologie moléculaire sur l'ADN et la complexité, patente maintenant, des mécanismes de la biologie, qu'ils concernent la cellule ou l'être vivant global.

Certaines questions majeures ne sont expliquées que très imparfaitement :

- *Comment un œuf fécondé peut-il si souvent devenir un être vivant achevé selon un déterminisme quasiment imposé par son génome ?* Les explications fragmentaires actuellement données par l'ontogénèse ne suffisent pas, il faudra mieux comprendre la hiérarchie des gènes. Il y a par ailleurs d'énormes différences entre le nombre de gènes constaté chez un être vivant et ce dont il est supposé avoir besoin.

- Plus spécifiquement, *comment se forme, puis fonctionne, un cerveau évolué ?* Certes, d'un côté les techniques modernes d'investigation du cerveau « in vivo », de l'autre les enseignements tirés de la comparaison avec l'ordinateur, ont permis d'approfondir nos connaissances ; mais l'extraordinaire complexité du cerveau humain (le nombre de ses neurones et, plus encore, celui de leurs connexions) nous laissent - et pour longtemps - dramatiquement loin de réponses satisfaisantes.

- Abordons maintenant les questions posées par la partie « historique » des sciences de la vie. Nous nous sommes d'abord trouvés en face d'un problème de méthode : *comment y analyser ces fréquentes situations, où de nombreuses opportunités très semblables se sont présentées dans l'espace et dans le temps ?* (par exemple, la même mutation favorable sur le même gène de nombreux individus d'une espèce vivante). La réponse naturelle est de recourir au langage des probabilités ; d'un point de vue pragmatique, il est indifférent, que l'évolution ait résulté d'un mécanisme *déterminé*, ou qu'elle ait fait intervenir le *hasard* ; mais sur le plan philosophique, on sait maintenant que le hasard de base - quantique - peut déclencher une mutation majeure.

- *Comment la vie est-elle apparue ?* D'un côté, les hypothèses envisagées pour sa constitution sont d'un grand flou ; de l'autre, elles correspondent à des probabilités excessivement faibles. Le recours à un univers infini ou à une infinité de « mondes possibles » permettrait évidemment de retrouver des probabilités acceptables, mais aux dépens de la valeur explicative.

- *Que penser de la théorie de l'évolution ?* La théorie de Darwin est devenue - grâce aux progrès de la biologie et de la génétique - la « théorie synthétique de l'évolution », ensemble cohérent et documenté. Mais, si elle explique parfaitement les petites mutations, il subsiste encore des controverses sur les mécanismes de la macro-évolution. Nous espérons que les progrès futurs de l'ontogénèse contribueront à préciser notre approche de ces mécanismes.

Les mutations de l'évolution créent des espèces différentes, avec une tendance globale vers la complexité, mais ces mutations s'accompagnent de fantaisie, de « buissonnement ».

- *Peut-on réduire la biologie à la physico-chimie ?* Cette question combine données scientifiques, pragmatisme et réflexions philosophiques.

Pour les phénomènes *physiques*, et aux échelles d'espace et de temps d'un être vivant particulier, le *déterminisme* statistique abolit pratiquement le hasard. Mais celui-ci, nous venons de le voir, réintervient dans l'évolution par la multitude des êtres vivants et de leurs espèces, y introduisant une contingence. La complexité des mécanismes de la vie permet l'apparition d'*émergences*.

Pragmatiquement, il faudra compléter le « réductionnisme épistémologique » par des analyses systémiques. Philosophiquement, il faudra aussi tenir compte de la *liberté*. Chez l'homme, on peut faire des « expériences de liberté », la testant comme n'importe quelle théorie physique ; on peut aussi présumer une certaine forme de liberté chez les animaux supérieurs. En revanche, la science, tant macroscopique (avec son déterminisme statistique) que quantique (avec son hasard de base), est incapable d'en rendre compte. Tout ceci fournit des arguments pour douter d'un *physicalisme* trop absolu.

Même des biologistes matérialistes ne répugnent pas à utiliser certaines formes de *finalité* ou à concéder à l'homme, un *esprit* (et une *liberté*).

*Rappelons enfin quelques caractéristiques fondamentales de la vie et de l'évolution.*

Les *êtres vivants*, partie du monde physique, sont soumis à ses lois ; mais issus de lui par des processus gardant leur part d'inconnu, ils présentent des caractères spécifiques : ils ne sont pas de simples agrégats de molécules complexes, mais ils ont une organisation, hiérarchisée en niveaux, qui garde des traits permanents pendant toute leur vie – une identité – une capacité d'adaptation – une spécificité – une complexité qui, si elle est difficile à définir, surpasse celle des autres systèmes de l'univers. Par tout ceci, ils sont des *individus*.

Le destin d'un être vivant est un mélange de *programmation* (son génome, interagissant de façon complexe avec tous les autres composants de la cellule), de *hasard* (les mutations de ce génome – mais aussi les circonstances de sa vie, et en particulier sa réaction vis-à-vis de la sélection naturelle) et d'*apprentissage* (supposé par cette sélection, mais accentué si on croit à la liberté).

Dans l'ontogénèse d'un être vivant, comme dans l'évolution des espèces, la vie se développe et se *complexifie* par des mécanismes parfaitement compatibles avec la thermodynamique, en évacuant de l'entropie vers son environnement. Il n'y a pas, dans la nature, d'autre *complexification* de même ampleur (pas même la formation d'étoiles ou de galaxies à partir d'inhomogénéités initiales). Pour le moment, il n'y a pas en biologie de définition rigoureuse de la *complexité*, qui ne peut donc être que corrélée (mais non reliée par des relations précises) avec les notions thermodynamiques. Les conceptions les plus naïves de la *complexité* sont les meilleures!

#### ***Section 4. Réflexions plus philosophiques.***

*Quelques remarques sur l'unité de la science.*

Si on combine les conclusions sur la physique avec celles sur la biologie, on doit constater que – pragmatiquement comme d'un point de vue ontologique – un *réductionnisme* intégral est intenable.

En sens inverse, bien d'autres éléments témoignent d'une *unité* de la science :

- En physique, le langage mathématique est extraordinairement efficace. La biologie se lance, encore timidement, dans des formulations mathématiques. Le développement des sciences cognitives recourra – lui aussi – à des mathématiques profondes, et profitera de la jeune science de l'informatique théorique.

- Une partie majeure des progrès de la biologie vient de la chimie moléculaire – elle-même branche de la physique ; de même, les sciences cognitives s'appuient sur la connaissance biologique du cerveau.

- Les sciences amont fournissent aux sciences aval des techniques d'observation et de mesure toujours plus sophistiquées.

- Enfin toutes les sciences mettent en commun certains concepts, ou certaines méthodes. A ce propos, rappelons que plusieurs sciences «auxiliaires» sont encore très imparfaites ; c'est le cas de la théorie des mesures expérimentales, d'une science des classifications, de la théorie des systèmes ; la science statistique elle-même peut être de maniement délicat.

Cependant, le rôle respectif des théories et des faits, la précision des résultats, restent très différents d'une science à l'autre.

*Les incertitudes de la science.*

Que l'on soit confiant dans la puissance indéfinie de la science ou que, comme moi, on pense qu'elle ne sera jamais achevée, on doit reconnaître qu'elle se heurte à beaucoup de problèmes difficiles : parfois, les solutions envisagées utilisent trop de paramètres inconnus ajustables pour être vraiment fiables ; d'autres solutions paraissent ad hoc ; les outils mathématiques sont souvent utilisés sans rigueur ; la complexité et le nombre de niveaux pertinents défient l'analyse ; il arrive même que les cadres conceptuels viennent à manquer.

Les immenses progrès attendus de l'informatique nous poseront des problèmes de fond. Admettons-nous la validité d'une démonstration mathématique sur ordinateur, d'une longueur incompatible avec les possibilités de vérification ? De même, serons-nous satisfaits de théories sur les particules, inaccessibles à toute expérience concevable, et « calculées » sur des machines dont la puissance passe notre imagination ? Inversement, de nombreux problèmes sur ordinateurs, faciles à poser, mais croissant exponentiellement, resteront définitivement hors de notre portée.

*Analyse de quelques grands concepts.*

Il faut maintenant justifier ma thèse, que philosophie et science peuvent utilement se rapprocher. Mon but a été modeste ; je n'ai pas tenté, comme les grands anciens, d'établir - dans de longues pages raffinées - un immense système philosophique, touchant à la fois au monde, à nous-même, à la morale, à la politique, à l'esthétique... J'ai seulement essayé de regrouper - dans un essai de *philosophie de la nature* - toute une série de grands *concepts*, utilisés à la fois par la science et par la philosophie, dans un ensemble *cohérent, compatible* avec les enseignements de toutes les branches de la science contemporaine, et aussi *complet* que possible. Je présente ces *concepts* dans les pages qui suivent, courtes parce que venant après une analyse des différentes sciences (et aussi parce que la science moderne a déplacé la frontière entre elle-même et la philosophie).

*Réel et vrai.*

Il faut commencer par un *réalisme naturel*, qui part du monde familier de notre expérience naïve, mais qui le dépasse. Depuis toujours, les philosophes nous ont fait comprendre que toute perception est complexe, qu'il faut coordonner entre eux nos différents sens et nos réseaux d'action, assurer une continuité temporelle. Ce n'est qu'une fois ces conditions remplies que nous nous trouvons en face d'*objets*, de *matière*, appartenant à un *monde*, qui nous est *extérieur*.

La physique newtonienne n'a pas bouleversé cette conception ; elle a inséré le monde extérieur *réel* dans l'espace et le temps, et gardé la plupart de nos concepts (encore que nous sous-estimions maintenant les révolutions qu'ont été l'analyse mathématique et le concept d'action à distance).

En revanche, la physique moderne dépasse largement ce monde familier et ses concepts usuels, quand elle explore les énormes échelles d'espace et de temps de la cosmologie, ou - inversement - quand elle étudie des particules aux dimensions infimes.

Le *monde de la physique* se plie à des lois, exprimables de façon mathématique avec une précision stupéfiante, et regroupées en théories cohérentes, mais non définitives. La précision et l'étendue, toujours en progrès, des lois et des théories donnent une grande force, sinon à ce *réalisme naturel*, au moins à un *réalisme empirique* (qui soumet les prédictions de la théorie au verdict de l'expérience). On ne peut donc que déplorer l'excès de certaines positions philosophiques « relativistes » mettant en doute l'existence en physique de lois et de théories. Mais, nous l'avons vu, le réel de la physique moderne diffère profondément du réel intuitif.

Il nous faut donc, à frais nouveaux, actualiser et concrétiser le vaste débat *idéalisme* versus *réalisme*. De Kant à Husserl, en passant par Schopenhauer, les philosophes ont soigneusement distingué le monde extérieur et ce que nous pouvons en appréhender. Nous nous formons - dans le temps - une *représentation du réel*, mais n'accédons pas au *réel* même ; quand nous croyons en parler, c'est encore une *représentation* que nous en forgeons. Sur le plan de la stricte logique, nous devons, avec Kant, affirmer l'impossibilité de passer de l'une à l'autre. Mais, ceci ne nous oblige qu'à une « dose minimum » d'*idéalisme*. Inversement, nous sommes de plus en plus conscients de l'exceptionnelle adéquation de la physique et des mathématiques, du fantastique pouvoir prédictif de la première, de la réussite des techniques qui en dérivent. Tous ces éléments nous convainquent pragmatiquement de la force du lien entre le réel et notre représentation, même approchée, même révisable. C'est par des considérations analogues que nous justifions *l'induction*, base de la science expérimentale.

Le réalisme de la physique, même modéré, renforce la vérité des mathématiques qui l'expriment. Mais, rappelons-le, dans toutes les sciences expérimentales, le vrai est toujours approché, donné avec une indication de précision, soumis au verdict de l'expérience, et situé dans le temps. Par là, ces sciences se distinguent clairement de la logique et des mathématiques.

#### *Objectif, subjectif et intersubjectif.*

Par méthode, la physique classique se veut *objective*. La physique quantique apporte un point de vue vraiment nouveau, en mettant l'accent sur la difficulté de séparer le trio composé de l'observateur, de l'appareil d'observation et de l'observable ; par là, elle devient *subjective*. Mais on concède généralement (heureusement) que deux physiciens, faisant la même expérience, arriveront au même résultat. La *subjectivité* devient *intersubjectivité*. Là où il y a accord sur l'ensemble d'une théorie physique, vérifiée avec précision, on peut même retrouver l'*objectivité*.

Quand on passe aux sciences de la vie – et surtout aux sciences cognitives et à la philosophie – il nous faut combiner le regard extérieur de la science avec une introspection poussée. La phénoménologie y aura donc une place éminente. Elle insiste en particulier sur le sentiment profond que nous avons de l'existence d'autrui ; nous retrouvons l'*intersubjectivité transcendante*, condition de toute connaissance, que Husserl a si bien décrite.

Revenons à mon analyse *subjective*. Je l'exprime dans mon *langage*, qui peut être, sinon traduit parfaitement, au moins rendu compréhensible à tout autre être humain. Je le crois, parce qu'il y a pour moi, à un niveau supérieur, un « langage de la pensée ». C'est spécialement vrai pour le « langage de la science », sous-ensemble plus précis, évacuant les « passions ». Grâce à lui, moyennant des efforts suffisants de part et d'autre, je peux me faire entendre de mes collègues. On retrouve ainsi dans le langage (scientifique) ce passage du *subjectif* à l'*intersubjectif*, à l'*objectif*.

#### *Lois, théories, causes et fonctions.*

Pour expliquer le monde, la science cherche des *lois*, qu'elle veut regrouper en *théories*. Nous l'avons dit, elle réussit merveilleusement en physique. Elle a plus de mal en biologie et, a fortiori, dans les sciences aval, à raison de la complexité des choses et de la multiplicité des exceptions. Elle se résigne alors à chercher des *causes*. Si la notion de cause est d'une grande utilité dans la vie pratique, la multiplicité des causes en réduit souvent la portée en biologie. Les concepts de *fonction* et de *système* y sont mieux adaptés. On mesure l'écart avec la tradition philosophique, si raffinée dans son analyse des différentes formes de causes.

#### *Circularité.*

Déjà, dans toute introspection, l'homme – plongé dans l'univers, mais réfléchissant sur celui-ci et sur lui-même – se heurte à des problèmes de *circularité*. Par exemple, si la liberté n'existe pas, à quoi bon parler ?

En quantique, le physicien et son appareil de mesure interviennent là où on aurait souhaité ne parler que de l'objet étudié.

L'*auto-référence*, forme de circularité, est à l'origine de beaucoup de paradoxes du langage, comme celui du menteur. Dans sa fameuse démonstration de l'incomplétude de l'arithmétique, Gödel a utilisé l'argument du menteur, sous une forme subtile qui élimine le paradoxe, mais – rappelons-le – au prix d'une distinction entre vrai et prouvable.

Une notion proche de celle d'auto-référence et utilisée de tous temps est celle de *régression infinie*. Les mathématiques (et la logique) utilisent souvent le concept de *clôture* (par exemple celui de corps *algébriquement clos*) pour réduire à deux seulement le nombre de termes de la régression.

#### *Continu et discontinu, fini et infini, discret.*

L'homme est *fini* dans son corps, dans la durée de sa vie, dans le nombre de ses neurones et dans celui des connexions, qu'ils peuvent nouer. Sa logique n'admet qu'un nombre *fini* d'étapes dans chaque raisonnement. Les ordinateurs, par lesquels il accroît ses capacités cognitives, sont eux-mêmes *finis*, par leur nombre de composants et par la durée de leurs opérations. La force de l'homme est qu'il est capable, naïvement d'imaginer l'*indéfini*, mathématicien de construire l'*infini* et de raisonner sur lui. Le mathématicien ne limite jamais la taille des nombres finis qu'il considère. Le physicien ne s'interdit pas parfois d'évoquer un « démon » (de Laplace ou de Maxwell), aux

capacités supérieures aux nôtres, mais toujours finies ; il n'aime pas les *singularités*, où des grandeurs deviendraient infinies. Le *cosmologiste* ne sait toujours pas si notre univers est fini ou infini.

Déjà, dans la *vie courante*, nous individualisons des objets, mais nous percevons des ondes *continues*. La *physique classique* utilisait généralement le *continu*, plus maniable ; en particulier le formalisme des équations différentielles lui convenait bien. En *physique quantique*, les fonctions d'onde *continues* ont des valeurs propres *discrètes*. De même, *l'informatique* ne traite que des ensembles *discrets* de 0 et de 1. Dans le *discret*, par opposition au *continu*, on peut parler de certitude et pas seulement de précision.

En *théorie de l'évolution*, le hasard intervient de façon éminemment *discrète* ; une mutation considérable peut être entraînée par le changement d'un seul nucléotide, lui-même provoqué par le choc d'une particule radioactive.

#### *Local et global. Les frontières.*

En *mathématiques*, *local* et *global*, se renvoyant l'un à l'autre, jouent un rôle éminent. *Frontière* (et *connexité*) sont essentielles en topologie. En *cosmologie*, nous n'avons au départ qu'une connaissance *locale* de l'espace-temps où nous sommes immergés, et peinons à la dépasser. Les *singularités* de l'univers sont aussi une forme de *frontière*. En *physique*, un changement de phase est typique du franchissement d'une *frontière*. En *philosophie*, nous rencontrons des problèmes essentiels de *frontière*, par exemple concernant les limites du vivant ou de la liberté.

Le *global* peut aussi s'opposer à ce qui est *décomposable*, *analysable*. Tant en *physique quantique* (*inséparabilité* des particules) qu'en *biologie* (*complexité* des systèmes biologiques), la tendance moderne est d'affirmer que l'analyse ne suffit pas.

#### *Le hasard, le possible, le probable et le nécessaire, l'induction, l'aléatoire et le déterminé.*

Les mathématiques ont domestiqué le *hasard* en élaborant la théorie des *probabilités*, qui en relie les différentes incidences. Elles n'ont jamais prétendu en faire la philosophie. Les philosophes abusent de probabilités « bayésiennes ». La physique nous a appris qu'il existait, aux niveaux atomique et sub-atomique un *hasard de base*, mais que ce hasard se « moyennait » au niveau macroscopique en un *déterminisme* apparent. L'apparition de la vie, sa complexification croissante au cours de l'évolution, sont des événements qui vont à rebours d'un monde uniformisé par la croissance de l'entropie, mais qui peuvent parfaitement se réaliser localement, « profitant » de conditions initiales favorables à certains endroits et à certaines périodes et utilisant sur leur lancée le « réducteur de hasard » que représente la sélection naturelle.

Le concept de *possible* est un des plus ambigus (et dangereux) qui soient. Les logiques qui ont voulu l'introduire sont devenues des gadgets de spécialistes, la « contrafactualité » et les probabilités « bayésiennes » des nids à sophismes. Certes, en physique quantique, le « hasard de base » fait que, de plusieurs enchaînements *possibles*, un seul sera retenu ; mais ici, la notion de possible n'apporte rien à celle – fondamentale – de hasard. Les « mondes possibles » ne donnent qu'une apparence de justification au nébuleux principe anthropique.

Plutôt que de *nécessaire*, il est préférable de parler de *déterminisme*, concept scientifique précis (avec ses deux variantes – rigoureux et statistique) et de *prédictibilité*.

#### *L'intelligibilité. Le sens.*

L'univers est-il *intelligible* ? Le savant, qu'il soit matérialiste ou spiritualiste, répond généralement par un « oui » nuancé.

Le monde, la vie, notre vie, ont-elles un *sens* ? Les matérialistes les plus durs, croyant autrefois à un déterminisme absolu, et maintenant à un hasard aveugle, le nient. Inversement, notre liberté instaurerait du sens. Seul, le programmeur donne du sens à un calcul d'ordinateur. Pour le matérialiste, le sens d'une opération humaine n'est que l'émergence, au niveau le plus élevé du cerveau, de calculs formels effectués aux niveaux inférieurs. Pour le spiritualiste, il existe un « mur du sens » infranchissable entre l'homme et l'ordinateur. L'homme, *libre*, ayant une *conscience réflexive*, communiquant avec autrui, est une *personne*.

Pour le réaliste que je suis, le sens apparaît aussi dans la vérité de certaines mathématiques, l'objectivité du monde extérieur et l'adéquation du langage à les décrire tous deux. Partout où c'est possible, il faut donner la prééminence

à la *sémantique* par rapport à la *syntaxe*. Mais le sens ne peut venir de la seule science. La science, non plus, ne peut donner du sens à la vie, à la liberté, ni faire un choix dans le dilemme hasard versus finalité.

Le sens débouche sur la question des valeurs. L'éthique est une partie essentielle de la philosophie, mais ce n'est pas l'objet de cet ouvrage ; je n'aurais aucune qualification particulière pour en traiter.

#### *La complexité et l'ordre.*

Quoique assez intuitive, la *complexité* est difficile à définir. En biologie, il y a un lien qualitatif entre, d'un côté, l'immense conjonction historique de mutations aléatoires et de sélection naturelle, et de l'autre, la complexité de beaucoup d'êtres vivants. On sait maintenant qu'il y a une hiérarchie des gènes ; ceci réduit d'autant la complexité des programmes correspondants.

Si le *simple* s'oppose au complexe, peut-on dire que notre univers est simple ? La plupart des savants sont heureux de trouver du simple. Mais il faut reconnaître que, en physique et surtout en biologie, de courtes avancées vers le simple sont généralement suivies par de longues retombées dans le complexe.

L'*ordre* est un concept d'une autre nature que celui de complexité ; il trouve plutôt son domaine d'application en physique et est lié à d'autres notions, plus techniques, entropie et information.

#### *Remarques finales.*

Si, outre leur cohérence, on cherche un esprit commun à mes positions philosophiques (réalisme « empirique » ; existence d'un vrai en mathématiques et d'un vrai approché – mais parfois extrêmement précis - dans les sciences expérimentales ; primauté de la sémantique par rapport à la syntaxe et importance du langage de la pensée...), on le trouvera dans la préférence constante donnée au plausible, surtout au très probable, d'une science précise, par rapport à ce qui n'est que possibilité logique. La connaissance de la science actuelle restreint le champ des philosophies possibles (en revanche, il n'est pas dans le rôle de la science de se prononcer dans le grand débat matérialisme versus spiritualisme).

J'ai affirmé simultanément (mais avec des nuances) mon réalisme et ma croyance en la validité de l'induction. Par là, je contredis des positions philosophiques, fréquemment exprimées, cohérentes, mais qui – trop absolues - ont perdu de leur pertinence devant les avancées de la science. Il y a bien d'autres positions, peut-être moins fondamentales, que je rejette aussi : un relativisme excessif ; la thèse « extrême » de Duhem-Quine, un nominalisme pur et dur...

J'ai voulu être complet et cohérent ; ceci pourrait justifier mon « encyclopédisme ». Au delà, on peut se demander si une équipe d'épistémologues, travaillant dans la continuité (une école, dans le cadre d'une université, d'un institut interdisciplinaire ?), qui adopteraient ces points de vue généraux, et où chacun se spécialiserait dans l'étude approfondie de sciences ou de problèmes particuliers, arriverait à une perspective plus vaste, plus profonde et plus précise dans les détails, que ce qu'a pu permettre un travail isolé. Leur *philosophie de la nature* viserait une synthèse philosophique du savoir scientifique contemporain.

J'ai peu utilisé les grands philosophes classiques (et encore moins leurs commentateurs). Je cours par là le risque d'être rejeté par les philosophes, qui, après Aristote, privilégient « l'exégèse de ceux qui ont déjà philosophé ». Cela est, en partie, dû à ma culture, plus scientifique que philosophique, mais procède aussi d'une difficulté plus fondamentale, quand on s'oriente vers l'épistémologie : pour traduire les interrogations éternelles en questions compatibles avec la science récente, il faut reformuler les intuitions initiales en un langage différent, repartir à nouveaux frais dans des travaux où l'étude et les commentaires détaillés des grands anciens ne sont que d'un faible secours. Loin de l'épistémologie, les philosophes garderont bien entendu, leurs domaines privilégiés : *l'éthique*, dont la réflexion se nourrit encore des apports et des interrogations de la science ; *l'esthétique* ; la *philosophie des sciences humaines*.<sup>v</sup>

