

DEUXIEME PARTIE : L'ANNEAU DES DISCIPLINES

CHAPITRE VI

1. INTRODUCTION

Ce chapitre constitue le centre du travail que nous exposons ici. Il aurait pu être présenté comme une sorte de cadre général pour la discussion des questions que nous venons d'aborder; un cadre où l'on proposerait de situer, pour les classifier et les spécifier chaque domaine, chaque aspect des secteurs et démarches de connaissance scientifique, objets, méthodes, concepts, règles, problématiques en somme. Ce sur quoi pourraient prendre un appui commun les analyses qui confronteraient des caractéristiques spécifiques d'une discipline à une autre dans les technicités de leurs contenus, de leurs structures formelles, de leurs univers conceptuels. Soit. Mais ce n'est là qu'un aspect du rôle que nous voudrions faire jouer à ce chapitre, qui nous semble devoir préserver sa spécificité, son autonomie, en tant que contribution à une discussion moins dépendante de ces spécificités particulières (bien qu'elle y trouve sa substance et ses arguments) et relative aux *catégorisations* plus générales entre types de connaissances scientifiques et aux *circulations* conceptuelles entre elles. En effet, il ne s'agit pas de prendre d'emblée position dans le débat épistémologique contemporain où se confrontent diverses théories philosophiques, linguistiques, psychologiques ou structurales de la connaissance comme telle, voire des conditions de possibilité d'une connaissance scientifique¹. Il s'agit plutôt de considérer l'état (dynamique) des connaissances acquises, des disciplines constituées et d'examiner comment fonctionnent leurs organisations conceptuelles, de les comparer, voire de les classer pour disposer d'un support stable et argumenté en vue de parvenir, mais dans un deuxième temps seulement, à aborder le fond de la question épistémologique.

Pour ce faire - et aussi dans le cadre d'un vaste projet pédagogique - Auguste Comte avait conçu une *hiérarchie des sciences* dont l'organisation était par elle-même signifiante et programmatique. Nous ne sommes évidemment pas en mesure - pour des raisons de manque de compétences dans la plupart des secteurs considérés et dans les rapports qu'ils entretiennent - de présenter une vision alternative aussi grandiose, aussi argumentée et aussi bien organisée autour d'un projet philosophique précis. Néanmoins nous nous sentons fondés à poser des questions relativement à ces édifices : la vision hiérarchique est-elle la seule possible au regard de la multiplicité des critères à prendre en compte ? Qu'est-ce qui précisément, en profondeur, opère dans les limites qui séparent une discipline d'une autre ? Quelle nature de transgression des frontières apparaît comme momentanément licite et pourquoi ? etc.

Ces questions ont été, de fait, abordées dans la première partie à l'occasion des discussions relatives aux cadres conceptuels de référence (chapitre II), aux constructions des objectivités (chapitre III), aux concepts gnoséologiques (chapitre IV) et aux opérations de mesure (chapitre V) en comparant entre elles diverses disciplines. Mais ces discussions très centrées, très locales pourrait-on dire, manquent à rendre compte des catégorisations constitutives des disciplines comme telles, même si elles les illustrent ou les explorent. Cette deuxième partie, au contraire, vise à les cerner en acceptant

¹ Cf. A. Badiou, R. Boudon, J. Bouveresse, G. Canguilhem, P. Feyerabend, F. Gil, G-G. Granger, J-B. Grize, E. Hempel, S. Haack, G. Holton, G. Hottos, A. Kojève, A. Koyré, T. Kuhn, I. Lakatos, J. Largeault, Ch.S. Peirce, J. Piaget, K. Popper, H. Putnam, WvO. Quine, M. Richir, B. Russell, J. Searle, J.D. Sneed, W. Stegmüller, P.F. Strawson, S. Toulmin, J. Ullmo, J. Vuillemin, L. Wittgenstein, Collectifs : *La philosophie des sciences aujourd'hui* (Gauthier-Villars), *Science et philosophie pour quoi faire?* (Colloque du Mans, Le Monde)]. Dans cette liste - comme dans les suivantes indiquées par le même superscript(°) - nous citons un certain nombre d'auteurs (en général parmi les plus récents) sans donner de références explicites en fin de chapitre; en effet, nous évoquons moins un aspect particulier de leur oeuvre que l'ensemble de celle-ci. Si cela ne soulève évidemment aucune difficulté pour des auteurs de grande notoriété, il n'en va pas forcément de même pour ceux dont l'oeuvre est moins connue ou encore en voie d'élaboration définitive. Nous pensons toutefois que les lecteurs intéressés n'auront aucun mal à s'y reporter.

de manquer, cette fois, la pertinence des modalisations "régionales" qui en font le contenu proprement dit.

A considérer les évolutions récentes des débats épistémologiques auxquels nous venons de faire allusion et de la place de plus en plus considérable qu'y trouve la réflexion sur le langage (tant du point de vue des approches herméneutiques que de celui de la philosophie analytique, voire de la logique et de la théorie des modèles), il apparaît peu à peu que la représentation hiérarchique doit laisser place à une représentation plus "encyclopédique" au sens étymologique que suggère le terme et qui connote l'idée d'une organisation en quelque sorte *circulaire* des disciplines. Ainsi la question des déterminations mutuelles se trouve placée sous l'éclairage d'une pluralité d'orientations et d'instances (ce qui dans A contribue à déterminer des composantes de B, de B à C et en retour de C à A et donc, indirectement au moins, de B à A) au lieu d'une unilatéralité ou encore d'une dernière instance comme la représentation pyramidale peut le laisser entendre.

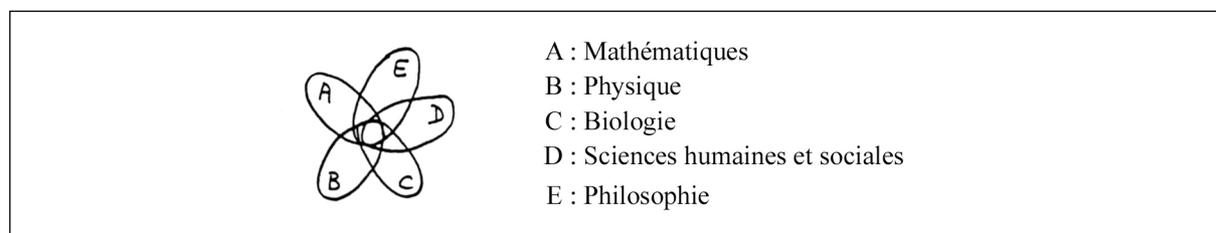
La circularité en question n'est pas seulement fondée dans la place quelque peu ubiquiste qu'y tient le langage comme tel (encore que, d'évidence, elle y contribue fortement) : après tout, un des mouvements de la scientification - de la norme disciplinaire - consiste notamment à s'écarter d'un langage usuel pour recourir à la technicité et à la précision des langages spécialisés élaborés dans le but de l'opérativité comme de la désambiguïsation (voir plus loin les discussions du chapitre IX). Cette circularité est fondée aussi d'une part dans l'unité postulée de la rationalité (détermination *a priori*) et d'autre part dans le processus d'auto-constitution de la science à travers mais par-delà ses variabilités régionales (détermination *a posteriori*). Pour autant, évidemment, que l'on accepte d'éliminer du jeu disciplinaire les problèmes de décision liés aux valeurs et aux normes, et la dimension corrélative des enjeux (sociaux, éthiques, politiques...).

Dès lors, et sous ces conditions, la figure qui vient le plus naturellement illustrer ce que l'on veut schématiser est celle de l'**anneau** : le passage d'une discipline à une voisine ne s'y pense pas en termes de subordination et le mouvement de ce passage conduit à refermer finalement le parcours, scellant en quelque sorte l'unidimensionalité cognitive, sa circularité, sa propension à l'unification ; et aussi la différence intrinsèque qui en résulte, justement, avec la pluridimensionalité normative des enjeux humains (dont la connaissance scientifique n'est qu'une dimension).

Suivant cette approche, c'est donc un *anneau des disciplines* que nous allons être amenés à considérer. Nous commencerons par le présenter en discutant les principes de sa constitution. Puis nous l'explorerons en y circulant selon des points de vue suffisamment différents pour pouvoir tirer un tableau un peu consistant de ses propriétés et des catégorisations qu'il induit. Nous terminerons en posant la question de son éventuelle unité ou de son irréductible diversité.

2. L'ANNEAU DES DISCIPLINES : PRESENTATION

En admettant, sous réserve de discussions ultérieures, les distinctions disciplinaires actuellement en vigueur, on propose la représentation schématisée par la figure suivante :



Quelques remarques avant d'en approfondir la structure :

(i) Les sciences humaines et sociales sont présentées en bloc ; leur subdivision en sociologie, pour l'aspect collectif, et psychologie, pour l'aspect plus individuel, sera abordé par ailleurs.

(ii) La philosophie est considérée ici comme une discipline particulière dans l'ensemble des démarches de connaissance. Elle ne se situe pas en surplomb pour "penser" les connaissances produites et traitées par d'autres secteurs mais bien dans sa conceptualisation propre (cf. [1] par exemple), qui peut évidemment mobiliser les résultats et démarches qui ne sont pas les siens ; il faudra donc spécifier ses objets, ses méthodes propres.

(iii) La figure est schématique et ne préjuge pas des zones de recouvrements ni de leurs topologies dans leurs rapports mutuels ; en particulier, malgré le postulat de l'unité de la rationalité cognitive, on laisse ouverte la question factuelle de savoir s'il existe ou non une zone de recouvrement général commune à toutes les disciplines dans le plan même de ces disciplines.

2.1. Avant de tenter de spécifier les objets et méthodes de chacun des secteurs de façon plus précise, commençons par essayer de caractériser abruptement, à partir d'analyses de pertinences régionales, les limites et frontières associées au passage d'un secteur à un autre :

(i) Des mathématiques à la physique s'introduit l'*interaction* et avec elle la *dimensionnalisation* des grandeurs et des calculs sur les concepts (au sens de l'analyse dimensionnelle habituelle : le fait que l'on n'ait plus affaire seulement à des symboles ou à des nombres purs mais à des "mètres", des "secondes", des "Newton"...). D'où l'apparition d'une pertinence propre de la notion d'échelle dimensionnelle.

(ii) De la physique et chimie à la biologie s'introduit la *fonctionnalisation* et l'organisation des objets et interactions dimensionnelles (structure intégrée, constitution de niveaux d'intégration, rapports régulés entre tout et parties, mise en place d'une polarité fonctionnelle).

(iii) De la biologie à la sociologie et à la psychologie s'introduit la *signification* des fonctions et des organisations. A travers l'importance du langage notamment. La référenciation joue désormais un rôle significatif essentiel et avec elle l'organisation symbolique du monde vient recouvrir et utiliser à ses propres fins l'organisation fonctionnelle du biologique.

(iv) Des sciences humaines et sociales à la philosophie s'introduit la *conceptualisation* des significations qui se transforment en objets d'études et en théorisations. Abstraction opératoire, contenus formels, constitution d'un espace logique contribuant à la mise en oeuvre de la réflexion au-delà de l'engagement immédiat.

(v) De la philosophie aux mathématiques s'introduisent la *construction* et la *calculabilité* à propos des concepts. La démonstration comme telle s'y retrouve de plain-pied avec le contenu. L'espace logique est algorithmiquement dynamisé et la rigueur y devient objectivement testable.

Toutes ces caractérisations se présentent séquentiellement, comme si nous avions fait circuler un curseur à deux places tout au long de l'anneau et que nous lui demandions de jouer le jeu des déterminations successives d'un secteur par rapport à l'autre au fur et à mesure qu'il franchit les bornes principales qui jalonnent le parcours. Le sens choisi pour ce parcours a donc une importance et nous considérerons aussi l'effet du choix d'un sens inverse. Celui que nous venons de considérer pourrait être qualifié de synthétique, intégrateur, en compréhension, du fait notamment que les objets d'étude d'un secteur antérieur semblent devenir des éléments ou des composants pour le secteur suivant auquel ils participent en apportant leurs spécificités. Rapport qui se compare assez bien avec celui qu'entretient une métalangue avec une langue-objet (bien qu'il ne s'agisse ici pas vraiment d'interprétation). Une telle description induirait aisément une représentation qui serait à la fois holistique, finaliste, tendant à valider le second réductionnisme pour l'explication si l'on couplait celle-ci à l'avancée du curseur (bien entendu il en va autrement si l'on assigne à l'"explication" une correspondance différente, comme on le verra en examinant le sens inverse).

Revenons à la question des frontières : il est clair qu'il ne suffit pas d'associer une seule transition à chacune d'entre elles ; il s'en offre une variété selon les ensembles conceptuels sur lesquels on décide de focaliser les analyses. Et d'ailleurs parfois pas seulement à propos de la nature formelle des traitements, mais aussi des thèmes abordés. Aussi quitterons nous momentanément les

caractérisations très abstraites reliées aux fondements formels des disciplines, pour prendre en compte des éléments de contenus, voire la constitution de sous-disciplines, revenant ainsi à une démarche plus classique et plus intuitive.

Ainsi de la philosophie aux mathématiques, si l'on considère volontiers la logique dans sa technicité (pointant d'un côté vers la philosophie analytique et de l'autre vers la logique mathématique) comme une des structures conceptuelles favorisant un passage licite - ou encore les modes de raisonnement, renvoyant ici à une épistémologie, là à une métamathématique -, du point de vue thématique, on trouvera aussi bien des problèmes communs se posant de façon récurrente sous des formes variées, selon l'histoire de leurs développements. Par exemple tout ce qui, depuis que l'Antiquité, a pu être résumé dans diverses dichotomies telles discret/continu, local/global, fini/infini, etc.¹.

Des mathématiques à la physique on soulignera, par-delà son usage en tant que "langage", le rôle proprement constitutif des premières pour la seconde et l'on rappellera la place et la portée croissante de la physique mathématique qui tout à la fois suscite des avancées mathématiques et théorise des phénoménalités physiques [2]. On mentionnera aussi, sur un terrain très moderne, l'importance que commencent à revêtir pour la détermination et la spécification d'objets physiques (voire biologiques) les développements autour des ensembles singuliers et des fractals, associés aux propriétés de systèmes dynamiques², de même que l'analyse non standard³ en rapport avec la caractérisation des échelles physiques [3].

Nous développerons de façon beaucoup plus détaillée certains aspects du passage de la physique et chimie à la biologie dans le prochain chapitre. Contentons-nous d'évoquer ici, d'une part la biochimie et la chimie macromoléculaire, à petite échelle, et à plus grande échelle, la fonction structurante des processus dissipatifs ou encore, comme nous l'avons déjà signalé plus haut, la théorisation des situations minimalement stables associées à des dynamiques potentiellement chaotiques.

De la biologie aux sciences sociales et humaines on pourrait choisir l'étude des fonctionnements collectifs des sociétés animales comparés à des mécanismes collectifs humains automatiques et encore inconscients ou non maîtrisés, ou encore la très vaste question des rapports entre neurosciences et psychologie⁴.

Des sciences sociales et humaines à la philosophie on considérerait la détermination conceptuelle et l'analyse des significations, des symboles et des normes à travers respectivement, l'analyse du langage (et notamment tous les courants de philosophie du langage)⁵, l'ethnologie⁶, l'exercice de la raison pratique⁷. Sans oublier, en rapport entre autres avec la logique, tout ce qui a trait à l'Intelligence Artificielle⁸.

Examinons maintenant le parcours du curseur en sens inverse. Au lieu d'une intégration on tend à une différenciation et au réductionnisme formel répond un réductionnisme analytique, plus classique, relativement à l'explication (en conservant la convention qui veut que le sens de progression

¹ P.Collet, A.Douady, J-P.Eckmann, J.Falconer, M. Feigenbaum, H.Hacken, B.Mandelbrot, Y.Pomeau, D.Ruelle, H.G.Schuster, Collectifs: Chaos (World Scientific), *Le chaos* (Ed.CEA)].

² P. Collet, A. Douady, J-P. Eckmann, J. Falconer, M. Feigenbaum, H. Hacken, B. Mandelbrot, Y. Pomeau, D. Ruelle, H.G. Schuster, Collectifs : Chaos (World Scientific), *Le chaos* (Ed.CEA).

³ P. Cartier, F. Diener, M. Diener, M. Goze, J. Harthong, C. Lobry, R. Lutz, G. Reeb, J-P. Réveillé, G. Wallet, Collectifs : *L'analyse non standard et la représentation du réel* (CNRS), *La mathématique non standard* (CNRS).

⁴ H. Atlan, J-P. Changeux, Cl. Debru, J. Fodor, A. Prochiantz, H. Putnam, J. Searle, H. Verron, J-D. Vincent, Collectif : *Psychologie ordinaire et psychologie cognitive* (Hermès, CNRS)].

⁵ J.L. Austin, E. Benveniste, E. Cassirer, A. Culioli, J-P. Desclés, O. Ducrot, N. Goodmann, A. Greimas, G. Guillaume, Z. Harris, L. Hjemslev, H. Hintikka, R. Jakobson, S. Kripke, L. Linsky, J. Proust, H. Putnam, WvO. Quine, B. Russell, J. Searle, D. Sperber, P.F. Strawson, A.N. Whitehead, D. Wilson, L. Wittgenstein.

⁶ A. Deluz, F. Héritier-Augé, Cl. Lévi-Strauss, Cl. Meillassoux, D. Sperber, Collectif : *Systèmes symboliques, science et significations* (CNRS).

⁷ Th. Adorno, K-O. Apel, J-P. Dupuy, J. Habermas, H. Horkheimer, Th. Ivainer, P. Livet, J. Rawls, R. Rorty.

⁸ D. Andler, H.L. Dreyfus, J. Fodor, J-L. Laurière, J. von Neumann, A. Newell, S. Papert, H. Simon, P. Smolensky, G. Tiberghien, T. Winograd, Collectif : *Cahiers du CREA* n°s 7, 8, 9.

du curseur doit correspondre à la nature cherchée de l'explication). En reprenant les spécifications conceptuelles, ou lexicales, déjà utilisées pour le premier sens de parcours, on aboutit à un ensemble quelque peu dissymétrique par rapport à celui que nous avons mis en évidence. Nous reviendrons sur cette dissymétrie après avoir considéré, plus brièvement que ci-dessus, les transitions qui la constituent.

De la physique aux mathématiques nous assistons à l'algorithmisation mais aussi à la modélisation et à la formalisation abstraite ouverte, à la calculabilité, des grandeurs dimensionnelles assignées aux éléments de la réalité physique.

Des mathématiques à la philosophie, c'est à l'abstractisation conceptuelle interprétative des algorithmes et des êtres créés pour le calcul et le raisonnement mathématique, ainsi qu'à l'irruption d'une démarche herméneutique que nous assistons. Comme se perdait précédemment une forme d'ontologie physique réaliste (ne serait-ce que méthodologiquement parlant), se perd maintenant une forme d'ontologie des idéalités mathématiques.

De la philosophie aux sciences humaines et sociales, nous voyons apparaître une signification - relationnellement pertinente, c'est-à-dire rapportée aux communications et échanges humains - des concepts et systèmes conceptuels, qui semblent par ce biais soumis à quelque instrumentalisation, mais qui y gagnent en revanche de devenir opératoires, y compris institutionnellement.

Des sciences humaines et sociales à la biologie il y a fonctionnalisation des significations. L'instrumentalisation semble s'accroître et faire perdre un degré d'ontologie abstraite de plus à la nature des objets considérés (en même temps se perd évidemment une forme d'organisation - l'organisation symbolique - au profit d'une autre stipulée ici comme objective et factuelle).

De la biologie à la physique, s'instaurent la détermination dimensionnelle des fonctions et, avec elle, la caractérisation des éléments en termes d'interactions et de systèmes de constituants. Se perd-là l'individuation et la forme d'autonomie de l'organisme, au profit de l'ensemble formé par l'analyse de ses composants et de leurs interactions.

Ainsi se dégage cette fois une démarche analytique et réductrice au premier sens, adaptée à une vision constructiviste de l'explication et de l'interprétation. La composante causale finaliste le cède à la composante mécaniste de la causalité efficiente. La démarche devient efficace en extension alors qu'elle l'était en compréhension. Ce n'est pas que la nature des classes délimitées change en profondeur, mais c'est la manière de les caractériser, l'angle sous lequel on les prend en compte, qui se transforme dans la progression en ce sens. Ce qui se perd de densité ontologique, d'appréhension compréhensive et quelque peu holistique, se gagne désormais en puissance explicative et en efficacité de la procédure constructive. Cette constructibilité nouvellement acquise fait pendant à la perception intégrative antérieure. Curieusement, cette démarche qui autorise l'élaboration progressive par cumulations successives et changements de niveaux associés, se caractérise dans notre parcours par des effets de privation relativement aux propriétés abstraites elles-mêmes, privation où se retrouve l'affaiblissement de la richesse ontologique.

Ainsi, selon cette façon d'"épistémologie négative", pourrait-on considérer que les sciences naturelles sont les sciences du réel en tant que le réel est dépourvu de signification (par opposition avec les sciences humaines et sociales, donc). La physique et la chimie sont alors les sciences naturelles en tant que celles-ci sont dépourvues de fonctions vitales (par opposition avec la biologie). De même, si maintenant l'on prive le réel de la matière et de la "dimensionalisation" qui lui est attachée, on aboutit aux sciences du conceptuel, et selon que l'on aura une connaissance par concepts ou par construction de concepts, pour reprendre la célèbre caractérisation kantienne, on désignera la philosophie et les mathématiques respectivement. Ainsi, par rapport aux mathématiques, la philosophie apparaît comme dépourvue de construction et de calcul à proprement parler. Et, pour boucler la boucle, on verra alors dans les sciences sociales et humaines des sciences d'un réel non conceptuel (au sens que nous venons de retenir), bien que pourvu des symboliques associées aux significations.

2.2. Dans tout ce qui précède nous avons pris comme points de départ les disciplines elles-mêmes et nous nous sommes intéressés à la façon dont on pouvait caractériser les transitions de l'une à l'autre en suivant l'anneau. On peut aussi changer de perspective et de méthode : se donner les qualifications et tenter d'en repérer les traces, plus ou moins importantes, dans tel ou tel secteur pour rapprocher ou éloigner ces secteurs.

Ainsi le calcul, déterminant en mathématiques, restera très fortement présent en physique, alors que la démonstrabilité déductive, essentielle en mathématiques également, conservera une importance majeure en philosophie. La pertinence des questions d'échelles en physique conservera une grande place en biologie et la fonctionnalité de cette dernière jouera un rôle considérable pour l'intelligibilité descriptive et explicative dans les sciences sociales (même si le sens du terme "fonctionnalité" est un peu modifié). Les significations propres aux sciences humaines et sociales demeureront largement présentes en philosophie mais elles seront aussi à certains égards décelables en biologie, notamment dans des approches résolument finalistes. Quant aux abstractions conceptuelles de la philosophie, elles trouveront un répondant dans les mathématiques, comme elles en trouvent un dans la sociologie et la psychologie.

On pourrait bien sûr raffiner en précisant dans quel sens ces poids respectifs sont attribués : analogies, homologies, métaphores, similitudes, voire correspondances suffisamment précises et exactes pour opérer de façon comparable ; sans évidemment aller jusqu'à des isomorphismes qui remettraient en cause les frontières disciplinaires acceptées ici telles quelles (ce qui ne veut pas dire en sous-estimer l'importance : ce sont précisément les découvertes de tels isomorphismes qui contribuent à remettre en question certaines barrières, voire à les lever, dans le mouvement de développement, de transformation et d'unification des sciences). En tout état de cause, une telle approche, complémentaire de la première, permet d'analyser selon un prisme différent le sens des concepts et d'évaluer approximativement ce qui sépare leur utilisation dans tel secteur, de leur utilisation dans tel autre ; bref de caractériser plus précisément la nature, l'influence et le rôle du transfert conceptuel.

Jusqu'ici, relativement à chaque domaine, nous avons principalement examiné la nature des concepts qui y jouent un rôle dominant, référentiel ou régulateur, ainsi que les transitions qu'imposaient leurs frontières plus ou moins floues. Avant de passer aux exemples et commentaires, tentons de circonscrire sommairement la spécificité des objets eux-mêmes et des activités caractéristiques de chaque secteur. Pour les objets, c'est par l'adjectivation (afin d'éviter des hypostases "substantialistes") et, pour les activités, par des verbes (afin d'éviter, cette fois, la rigidification en classes attributives), que nous tenterons de procéder, brièvement mais systématiquement. Relativement aux activités, nous distinguerons, bien entendu, l'"activité" prêtée à l'objet (son mode d'intervention phénoménal tel qu'il est déterminé par la représentation théorique de la discipline), de l'activité épistémologique intersubjective relative aux attitudes par rapport à ces objets, à leurs modes d'action et à leurs rapports. Nous proposerons ainsi :

En physique, l'objet est réifié (adjectif) ; il interagit (activité prêtée à l'objet ; on mesure et on ordonne - en un sens théorique et mathématiquement formalisateur - (activité théorique et épistémologique).

Sur le même modèle on aura alors :

En biologie, l'objet est organique ; il vit ; on intègre et on organise.

En sciences humaines et sociales, l'objet est humain ; il signifie ; on interprète et on structure.

En philosophie l'objet est abstrait ; il conceptualise ; on pense et on interprète.

En mathématiques l'objet est formel ; il opère ; on calcule et on démontre.

Dans tous les cas, évidemment, on raisonne.

On peut remarquer que le même verbe (interpréter) est utilisé pour caractériser l'activité de l'acteur en philosophie et en sciences sociales et humaines, ce qui en soi n'a rien de surprenant, même si le sens conféré au terme varie un peu d'un contexte à l'autre (d'un côté il évoque notamment la démarche herméneutique et de l'autre il renvoie plutôt à une attitude opératoire). Ces spécifications sont trop sommaires et schématiques pour n'être pas prises avec précaution ; elles n'ont valeur

qu'indicative et demeurent soumises à discussions (en particulier il faudrait préciser, comme nous l'avons fait avec le verbe "ordonner", le champ d'application, l'acception précise des termes). Néanmoins elles permettent une première approche.

Si maintenant on cherche à retraduire, du point de vue du sujet épistémique, ces caractérisations dans les termes des transitions entre secteurs conformément aux parcours considérés précédemment, on aura alors, successivement, pour le premier sens de parcours (et sans repreciser les domaines disciplinaires, pour abrégé) :

on intègre et organise ce qui a été mesuré et ordonné ;
on structure et on interprète ce qui a été organisé et intégré ;
on pense et on interprète ce qui a été structuré et interprété ;
on calcule et on démontre ce qui a été interprété et pensé ;
on mesure et on ordonne ce qui a été démontré et calculé.

Bien entendu, le parcours dans le sens inverse laisse entrevoir une démarche différente même si elle est tout aussi pertinente (*cf.* toujours les deux réductionnismes), mais pour échapper à une systématisme fastidieuse, on ne la détaillera pas ici.

3. EXEMPLES. DISCUSSIONS

A titre d'illustration de la démarche et en vue de la tester, essayons d'analyser comment quelques concepts peuvent se thématiser en des modalités différentes selon les secteurs. Nous examinerons d'abord des concepts théoriques (espace, temps, similitude) ; nous poursuivrons par des aspects de type méthodologique (places du théorique, du formel, de l'expérimental, de l'observationnel) et par l'analyse d'un concept de nature plus épistémologique (prédictibilité) ; enfin nous terminerons par une interrogation sur les transferts de modèles conceptuels en rapport avec les représentations culturellement dominantes (en privilégiant cette fois la référence aux disciplines juridiques).

3.1. "Espace" et "temps"

Commençons par le plus général et considérons ces conditions de possibilité de l'expérience que constituent, selon la philosophie kantienne, les formes de l'intuition sensible, à savoir l'*espace* et le *temps*, pris ici par conséquent dans leur acception philosophique "technique". Que correspondrait-il, en ce cas, de pertinent dans les mathématiques ?

Si nous prenons garde à ne pas nous laisser prendre aux effets d'homonymies qui évoquent, certes, des parentés conceptuelles, mais qui s'en tiennent à des assimilations superficielles, tirées d'ailleurs plus souvent de la physique que de la philosophie ("espaces" vectoriels, "espaces" topologiques, "espaces" fonctionnels...), c'est beaucoup plus à la structure formelle implicitement engagée dans les concepts et à ses propriétés, que nous devons nous en remettre. A cet égard la structure conceptuellement représentative de l'espace, intimement associée aux notions d'étendue, de position, de déplacement, se compare beaucoup plus volontiers aux structures mathématiques de groupes, d'une part (*cf.* entre autres le groupe des déplacements) de par leurs propriétés intrinsèques (identité, inverse, clôture opératoire) qui correspondent à des caractéristiques abstraites de l'espace et à celles des relations d'équivalence, d'autre part, dont les propriétés intrinsèques sont très parentes (réflexivité, symétrie, transitivité). De même, à la représentation unidimensionnelle et irréversible du temps, on ferait assez naturellement correspondre des structures mathématiques de semi-groupes (absence d'inverse par rapport aux groupes) et de relations d'ordre total (absence de symétrie par rapport aux relations d'équivalence). Dans ce dernier cas (celui du temps), manque évidemment la dimension de créativité que comporte le temps philosophique. Ce n'est que d'un point de vue complètement réifié que l'on peut partiellement la récupérer, en invoquant certaines propriétés de complexification associées à des dynamiques, propriétés que l'on rapporterait à l'illimitation de la suite des opérations du semi-groupe.

Comme on le voit par cet exemple, ce n'est qu'à un niveau fort abstrait des structures formelles, que la comparaison comporte une signification qui ne soit pas que nominale ou simplement évocatrice, mais qui puisse présenter des éléments relativement rigoureux et opératoires de correspondance.

Pour la physique il en ira de même. A côté des structures habituelles d'espace, de temps ou d'espace-temps, on trouvera, de façon moins déterminée mais tout aussi fondée, du côté de l'espace, l'existence de ce que l'on appelle un "système" physique et du côté du temps, la "dynamique" évolutive de tels systèmes. Sur le plan des principes régulateurs, on trouvera alors, du côté spatial, les principes de conservation (énergie, moment cinétique...) associés aux représentations interactives et du côté temporel, les critères d'évolution (extrémalisations...) et les représentations causales.

En biologie on aura les morphologies d'une part et les genèses de l'autre (espace-temps se dirait alors "morphogenèse") ; les structures et les fonctions ; voire, plus concrètement, les brisures de symétrie des formes et l'irréversibilité des évolutions ou des développements. D'un point de vue systémique : pour l'espace, l'autonomie et la clôture organisationnelle des systèmes biologiques et pour le temps, ce qu'on appelle les horloges biologiques internes (les âges fonctionnels).

Pour les sciences humaines et sociales enfin, nous aurions à considérer les problématiques du "territoire" (géographique mais aussi symbolique) et celle de l'"histoire" (collective ou individuelle, événementielle ou mythique). A articuler l'écrit (pluridimensionnel, stable, modifiable) avec la parole (unidimensionnelle, fugitive, irréversible) ; les représentations visuelles et les manifestations sonores. Espace-temps s'exprimerait ici doublement : poésie et aussi prophétie; ce en quoi la voix et la vision s'associent pour faire sens unifié, dans ou hors de la topique qui les suscite.

Nous pourrions continuer à présenter de brefs exemples, mais il nous semble bien plus important de définir maintenant, aussi explicitement que possible, la nature des opérations que nous effectuons pour dégager ces correspondances.

(i) Dans la référence à l'espace et au temps, le nombre et la variété des paires conceptuelles pertinentes, dans plusieurs secteurs disciplinaires, pourraient laisser penser qu'il s'agit moins de correspondants effectifs de ces formes fondamentales de l'intuition, que de certaines de leurs modalités (des intuitions formelles, cette fois, qui leur seraient associées et les "rempliraient"). Certes, il en va bien ainsi puisque l'objet d'étude de ces sciences n'est pas le concept lui-même, mais bien ce à quoi il renvoie, ce qu'il désigne et abstrait. Néanmoins il n'y a là aucune position de subordination. Il faut souligner, en effet, que du point de vue de ces sciences, le concept comme tel, précisément, ne revêt pas de caractère de réalité objective (il est "métaphysique" disent parfois les scientifiques) et donc ne présente aucune pertinence du point de vue de l'internalité et de la cohérence de ces disciplines, de leur démarche, de leur univers référentiel. Dès lors, de leur point de vue toujours, la comparaison tend à porter plutôt sur un ensemble de spécificités, partiellement isomorphes entre elles, à un niveau suffisamment élevé d'abstraction pour que ces comparaisons prennent un sens et deviennent utiles pour l'intelligibilité. La présence de ces isomorphismes et l'éventuel succès de ces comparaisons constituent en fait la trace et l'indice d'une unité de la rationalité (par contraste avec la multiplicité des technicités mises en oeuvre), mais la mise en évidence de sa réalité et de son action ne peut trouver à s'exprimer qu'à travers le travail propre à chacune des disciplines ; faute de quoi on aurait affaire à l'arbitraire le plus complet.

(ii) Nuançons pour souligner néanmoins la généralité. Avec "espace" et "temps" s'expriment pour la philosophie, avons-nous vu, des *conditions de possibilité* (de l'expérience sensible) et c'est à cette sorte de "méta-concept" que l'on est tenté de renvoyer, si l'on cherche un point de vue quelque peu unifié et dégagé des spécialisations concrètes excessives, à partir duquel la circulation d'une discipline à une autre devient plus aisée et plus éclairante. A ces conditions de possibilité, pour la philosophie, répondent alors les conditions d'existence (des êtres que nous créons) en mathématiques ; à quoi sont associées les preuves d'existence (ou de constructibilité si, à l'instar des intuitionnistes, on est plus exigeant sur les restrictions). En physique, on trouvera des conditions de *réalité matérielle*, rapportées aux cohérences internes et aux observations expérimentales, subsumées sous les postulats

d'universalité des lois, de causalité des événements, de principes constitutifs. En biologie, on aura les conditions *d'apparition et de maintien de la vie* et celles de l'individuation, de l'autonomie et de l'échange qui s'y rattache. Dans les sciences humaines et sociales, ce seront les conditions du sens, des possibilités langagières surtout, symboliques et sémiotiques plus généralement. Bref, ce qui en chaque secteur fait qu'une rationalité stable, opératoire et explicative peut s'établir et se développer en intelligibilité du monde, en accord avec la nature des objets circonscrits (ou des classes de phénomènes objectivement construites).

3.2. "Similitude"

Considérons maintenant, à titre d'exemple complémentaire et bien plus brièvement, un concept plus spécialisé et à extension plus restreinte, que nous choisirons cette fois dans la technicité mathématique (géométrique) : la *similitude*. Ce choix est guidé par le fait que, outre son utilisation spécialisée, ce terme détient un pouvoir évocateur fort, associé à son usage courant dans le langage habituel.

La similitude géométrique est parfaitement définie : elle caractérise un rapport ou un ensemble de transformations entre figures ou entités géométriques, selon des règles précises qui donnent un contenu bien délimité à la notion de ressemblance, par exemple, ou de proportionnalité.

En physique cette notion demeure (notamment avec la théorie des maquettes et modèles réduits) ; elle prend un aspect très opératoire notamment avec la prise en compte des *lois d'échelle* qui jouent un rôle si important, on l'a vu, dans tous les phénomènes de transitions critiques et les procédures de renormalisation.

En biologie, le caractère proprement dimensionnel s'estompe et l'on a affaire principalement aux concepts d'*homologie* d'une part, d'*allométrie* de l'autre, qui articulent les éléments métriques aux éléments topologiques dans une perspective fonctionnelle et structurale.

Dans les sciences humaines et sociales, le concept semble perdre de sa force opératoire et heuristique relativement à l'objectivité, bien que l'on ait aussi à traiter de "ressemblances" ou de "proportionnalités" mais en un sens quelque peu figuré (similarités de situations, effets sociaux de taille...). En revanche si l'on examine le domaine clé des significations comme telles, alors se présentent immédiatement les problèmes - directement liés à la compréhension et à la communication - des synonymies, des paraphrases, de la traductibilité.

Quant à la philosophie, il semble que l'on assiste à un éclatement de la référenciation du concept. La théologie produit la problématique de la "ressemblance" et de l'"imitation", à quoi répond pour le lien social celle, supposée, de la "*mimêsis*"; la logique traite explicitement de la ressemblance comme relation rigoureusement définie et la démarche interprétative de l'herméneutique fait fond sur la capacité d'établir des correspondances authentiques avec la pensée ou la vérité originaires. Ce n'est semble-t-il qu'avec l'esthétique que l'on peut assister à une sorte d'objectivation de la notion.

Ainsi le concept de similitude apparaît-il surtout fonctionner comme un méta-concept pour les disciplines organisées autour des significations et des pensées conceptuelles, alors qu'il se présente comme une notion adéquate et opératoire, une objectivité pertinente, dans le champ des disciplines plus formalisées.

3.3. A propos de méthodologies

Pour approfondir et élargir ces brèves études, il est utile de ne pas nous en tenir aux comparaisons entre aspects formels ou entre contenus disciplinaires et interdisciplinaires, mais d'aborder aussi des questions relatives aux *méthodologies* ou, du moins, pour être moins exigeants, aux attitudes gnoséologiques associées plus particulièrement (même si ce n'est pas exclusivement) à chacun des domaines. Pour ce faire (mais en restant sur un plan d'analyse très général et sans revenir sur le concept de *mesure* que nous avons abondamment traité dans le chapitre précédent), nous considérerons principalement la configuration formée par le couple "théorique/expérimental (ou

observationnel)" - ou encore, si cela se révèle plus adéquat, par le couple "formalisé/ empirique" - dans leurs divers avatars ou interprétations au long de l'anneau.

Même si l'on peut distinguer entre systèmes axiomatiques et modèles déterminés, entre structures abstraites et réalisations, on conçoit que l'on puisse soutenir qu'en mathématiques, la discrimination manque de pertinence et que le couple en question collapse en une pratique dans laquelle il n'est pas possible de déceler vraiment ce qui serait expérience par rapport à ce qui serait théorie. Une discrimination supplémentaire entre nature et agencement mutuel des êtres mathématiques d'une part, méthodes de calcul ou procédure de démonstration de l'autre, ne conduirait pour sa part qu'à des considérations de type métamathématique, sans rendre plus adéquate la séparation entre théorie et expérience en un sens qui ne soit pas que métaphorique. Seule, semble-t-il, l'irruption des méthodes et problèmes informatiques en mathématiques commence à modifier le paysage en la matière.

En revanche on sait qu'en physique et en chimie, cette distinction est fondamentale et contribue même à la constitution de ces disciplines ; au point que c'est pratiquement avec elles et les activités qui les caractérisent, qu'apparaît la valeur épistémologique et la force opératoire de ce couple conceptuel, y compris dans l'élaboration de la méthode scientifique elle-même. Il est inutile d'y revenir tant il y a eu d'études sur la question (mentionnons seulement une controverse parmi les plus récentes et les plus radicales, celle qui a éclaté entre R.Thom et A.Abragam [4], [5]). On soulignera néanmoins un trait intéressant en rapport avec la dimensionnalité des grandeurs physiques : si dans la mesure issue de l'expérience, il est exclu que l'on fasse l'économie de la spécification dimensionnelle des systèmes d'unités usuels et couramment manipulables, par contraste, dans les formulations théoriques, on prend assez aisément des libertés avec ces systèmes d'unités, en posant égales à 1 des grandeurs qui surchargeraient la notation des calculs si on les conservait sous leur forme littérale (par exemple la vitesse de la lumière, c , ou la constante de Planck h) et en cherchant, par ailleurs, au moyen de transformations formelles judicieuses, à travailler avec des variables sans dimensions. Bien évidemment les "équations aux dimensions" sont respectées et réapparaîtront dans les interprétations et usages pratiques, mais elles disparaissent dans le mouvement de formalisation et de calcul, devenant sous-jacentes aux formalismes et sans rapport avec eux (si ce n'est, implicitement, dans les méthodes et évaluations d'approximations).

En biologie, la disjonction entre le théorique et le formel devient importante : la formalisation semble perdre de sa capacité explicatrice, de sa valeur heuristique et même de sa pertinence au fur et à mesure que l'on s'éloigne du moléculaire pour passer au cellulaire, aux organes, à l'organisme. Tout au plus recourt-on à des modélisations à valeurs locales. Le théorique non formel opère néanmoins dans tous ces domaines et avec une importance d'autant plus grande qu'il ne se ramène pas à une mathématisation qui pourrait prendre en charge une partie de sa dynamique d'intelligibilité. L'explication voit majorée son aptitude à la réductibilité (aspect d'analyse avec renvoi au physico-chimique) comme son aptitude à l'intégrabilité (d'un niveau fonctionnel à un autre, d'une morphologie dérivée à sa genèse, à partir d'une morphologie source) ; bref sa capacité à mettre en oeuvre les deux réductionnismes, ou à produire un point de vue "auto-". On assiste donc à une sorte d'écartèlement des représentations et des méthodes d'approches théoriques, qui reflète le problème capital posé par le traitement de la singularité autonome et individuée d'un organisme. L'expérimental ou l'observationnel, pour leur part, semblent prendre une place d'autant plus grande que la formalisation stricte fait défaut, mais là encore s'opère une importante disjonction : rappelons, en effet, que la garantie n'est pas toujours très solide que ce qui est expérimenté et mesuré *in vitro* soit totalement représentatif, ou en tout cas absolument comparable, à ce qui est observé *in vivo*, dans les cas où l'on ne s'intéresse pas seulement à des classifications fossiles mais où l'on cherche aussi à rendre compte de fonctionnements effectifs. Là encore intervient, à sa façon, le poids de la singularité qui ne se reproduit réellement que dans le vivant lui-même et dont on suspecte toujours l'imitation modélisante de laisser de côté des traits essentiels. On conçoit dès lors que le fonctionnement effectif du couple conceptuel de référence se trouve ici très modifié sous l'effet de cette double disjonction qu'induit ou qu'illustre la singularité de l'individuation organique.

Dans le secteur des sciences humaines et sociales, le formel disparaît presque totalement de l'explication (à l'exception notable de l'analyse structurale) et le théorique prend un sens encore différent, bien plus proche de ce qu'était jadis un corps de doctrine ou un système d'explication, que d'un complexe théorique réfutable comme pour les sciences de la nature. C'est peut-être que dans ce cas, la "vérité cohérence" reste très lointaine de la "vérité adéquation" du fait même qu'il est difficile (pour satisfaire à l'exigence d'*adequatio rei et intellectus*) de définir et circonscrire la "chose" à quoi l'"intellect" se doit d'être adéquat (difficulté de caractérisation de l'objet et de la construction d'une objectivité). Quant à l'expérience, le "fait" lui aussi semble échapper à une saisie bien nette (voir [6] par exemple pour les disciplines juridiques) et par surcroît l'expérimentation comme telle est souvent impossible (notamment en sociologie, même si elle semble plus accessible en psychologie) ; elle doit laisser massivement la place à l'observation de situations, la plupart du temps incomplètement contrôlées. La manipulation au gré de l'observateur étant en général exclue pour des raisons éthiques doit, de son côté, laisser place à la prédiction à propos d'événements multiples corrélés et pour lesquels on ne peut dégager facilement de causes indépendantes. Tout cela est bien connu et nous n'y revenons pas. Contentons-nous de souligner que là encore les couples théorie/expérience et formalisation/empiricité, désignent une réalité très différente que l'on pourrait presque réduire - ce qui était inconcevable jusqu'à ce point du parcours de l'anneau - à raison discursive/description empirique.

Enfin, pour la philosophie, il semble que l'on revienne au cas des mathématiques avec l'évidence d'une non pertinence de la distinction. En fait, derrière cette ressemblance superficielle, on a une situation presque inverse : ce n'est plus la possibilité d'une identification entre les deux termes de la dichotomie qui joue le rôle dominant, c'est au contraire le surgissement d'une difficulté de circulation entre le domaine conceptuel (qui tient lieu du théorique) et le domaine existentiel (qui tiendrait celui de l'expérience). Domaines très dissemblables et étrangers l'un à l'autre, bien que la conceptualisation philosophique soit précisément censée rendre compte et raison, notamment, des situations existentielles (ne serait-ce qu'à travers la critique de la raison pratique, par exemple). La pensée peut ne pas s'organiser en système, le vécu peut ne pas se transformer en rituel, mais lorsque se produit ce double mouvement, alors se trouvent réunies les conditions d'apparition d'une "idéologie" qui, en général, cherche à articuler "théorie" et "pratique" comme éléments instrumentaux d'une visée extérieure au caractère disciplinaire.

3.4. A propos du critère de prédictibilité

Le concept de prédictibilité ne prend sa pertinence que dans les situations où il s'agit de la comparaison entre une modélisation théorique abstraite et des phénomènes d'observation ou d'expérience qu'elle incite à déceler. C'est dire qu'un tel concept n'a pas de signification dans les disciplines purement conceptuelles, telles les mathématiques ou la philosophie, sauf à étendre son domaine d'interprétation à la démarche qui consiste, pour les mathématiques, à formuler des conjectures puis à essayer de les démontrer (on parlerait plus volontiers, dans ce cas, d'anticipations ou d'hypothèses, que de prédictibilité proprement dite). Ce qui indique déjà une limite dans l'utilisation de cette propriété comme un des critères de la scientificité. Néanmoins il semble que dans les sciences humaines et sociales, à l'image des sciences de la nature, on cherche à trouver un tel critère dans les capacités prédictives des théories et des modèles. C'est le cas, par exemple, pour les modèles économétriques, ou encore dans les modèles sociologiques (sondages et votes, prévisions de comportements etc.). Sans contester son importance (et sans revenir sur les débats épistémologiques à propos de la caractérisation générale de la scientificité) nous voudrions ici en relativiser la portée dans le domaine de la physique elle-même, domaine qui n'est pourtant pas suspect de manquer de scientificité. En fait nous voudrions montrer par quelques exemples que la prédictibilité n'est ni une condition suffisante, ni une condition nécessaire de la scientificité.

Elle n'est pas suffisante : en nous en tenant à l'étude des phénomènes naturels, il est clair que la représentation babylonienne (ou maya) des mouvements des corps célestes n'est pas vraiment scientifique ; néanmoins elle ne s'oppose pas à la capacité de prédire les éclipses (ou les phases de Vénus). Ce qui montre qu'une démarche de généralisation inductive à partir de répétitions observées peut constituer un support de prédictibilité pour les phénomènes tout en étant interprété par de mauvaises raisons du point de vue scientifique (il en va de même avec l'interprétation alchimique de

régularités chimiques). Bien évidemment cette remarque est encore plus vraie dans le domaine des phénomènes humains où des attitudes et des comportements peuvent être prédits avec exactitude tout en attribuant leurs causes à des facteurs totalement inexistantes.

Elle n'est pas nécessaire : citons déjà toutes les situations parfaitement comprises, où interviennent intrinsèquement statistiques et probabilités (et dont le caractère scientifique n'est pas douteux). Ainsi, pour prendre un exemple hors de la physique, la théorie biologique de l'évolution présente un caractère scientifique indéniable et comporte dans sa formulation même (mécanismes de variation et de sélection) les éléments d'une imprédictibilité intrinsèque. Mais il y a bien plus, avec les processus totalement déterministes mais sensibles aux conditions initiales (en météo par exemple, et plus généralement dans les systèmes dynamiques pouvant présenter des régimes chaotiques) pour lesquels la capacité de prédire leur comportement s'estompe très vite et ce pour des raisons de principe et non pas d'ignorance contingente ou d'imprécision accidentelle.

Pourtant, il semblait, jusqu'à une époque encore très récente, que déterminisme et prédictibilité fussent demeurer indissociables, répondant à un idéal commun de connaissance scientifique [7]. A cet égard, l'ambiguïté de la position épistémologique de la prédictibilité provient du fait qu'elle semble intervenir à deux niveaux distincts qui se trouvaient fréquemment confondus : celui, opératoire, de la maîtrise phénoménale et celui, interprétatif et explicatif, de la maîtrise conceptuelle, dont on admettait plus ou moins implicitement que l'indice principal, le témoignage pour ainsi dire, se trouvait précisément dans la maîtrise des phénomènes. Relativement au déterminisme lui-même, on serait conduit à distinguer, avec J. Largeault [8], entre déterminisme ontologique (celui qui s'exprime dans les lois, par exemple) et déterminisme épistémique (celui qui se traduit dans nos capacités de connaissance et de maîtrise des phénomènes) ; de ce point de vue le système dynamique chaotique serait doté à la fois de déterminisme ontologique (les équations différentielles qui le gouvernent) et d'indéterminisme épistémique (de par son fonctionnement chaotique). Il apparaît alors que la prédictibilité dépend essentiellement de l'existence d'un déterminisme épistémique.

De ce point de vue on sera donc amené à formuler une exigence différente quant aux rapports de la prédictibilité et de la scientificité : un système dont les états et les évolutions pourraient ne pas être prédictibles serait néanmoins "scientifiquement" expliqué dès lors qu'il peut présenter à une autre échelle, voire à un autre niveau, que celui de ces états et évolutions, un comportement et des conséquences qu'il est possible de rechercher, atteindre et vérifier. C'est ce qui se produit, par exemple, dans certains systèmes dynamiques chaotiques, où l'on peut déterminer sans ambiguïté la façon dont le système devient imprédictible à long terme (calcul des exposants de Lyapunov), préciser des propriétés relatives aux attracteurs et à leur mesure (mathématique), voire dégager et formuler des lois d'universalité.

Ajoutons à ces aspects relativement techniques de l'analyse de la prédictibilité et de son rôle dans le domaine scientifique une réflexion d'ordre plus général. On utilise parfois l'existence d'indéterminations intrinsèques de systèmes physiques (phénomènes de nature statistique, ou chaotique, ou quantique) relativement à une prédictibilité complète comme argument de justification pour l'existence d'un libre arbitre humain qui serait associé à un indéterminisme physique sous-jacent. Nous pensons que de tels types d'argument sont irrecevables pour plusieurs raisons.

La plus importante est évidemment que l'on ne peut traiter des enjeux humains, et notamment de la liberté, en termes de pure connaissance scientifique (qui exclut pour sa part la pertinence, dans son projet et ses procédures de l'*engagement* des sujets comme tels) ; il s'agit non seulement d'une confusion complète de niveaux (au sens fort que nous avons utilisé précédemment) relativement à des objets d'étude, mais en plus d'une confusion de problématique (qui mélange par surcroît l'unidimensionnalité scientifique et la pluridimensionnalité des relations humaines).

Mais l'on peut présenter d'autres arguments que ces arguments de principe pour critiquer cette approche et notamment rappeler (en acceptant un instant le terrain de la comparaison) que, comme nous venons de le voir, l'imprévisible peut relever du plus strict déterminisme comme le prévisible peut relever de la statistique.

On peut remarquer aussi, à un autre niveau, qu'en matière humaine ce que l'on est capable de prévoir n'est pas nécessairement asservi, mais peut-être, simplement *raisonnable* ; qu'à l'inverse, ce qui est imprévisible n'est pas forcément libre, mais peut-être, simplement, aberrant. Et que liberté et nécessité ne se jouent pas entre prévisibilité et imprévisibilité, pas plus qu'elles ne se jouent entre déterminisme et aléatoire, car la détermination peut être subie ou active, le choix insensé ou expression de libre arbitre. C'est la connaissance et non l'ignorance qui nourrit l'émancipation, bien que la connaissance conduise à la rigueur contraignante des déterminations nécessaires et que l'ignorance maintienne l'indétermination floue du plus profond brouillard !

3.5. A propos des transferts de modèles conceptuels

Dans la haute Antiquité, la compréhension de la conduite des hommes servait de "modèle" à la compréhension de la nature et du cosmos (voir notamment Vernant [9]). Les mythes d'abord, le développement des analogies ensuite ont expliqué la structure du monde à partir des structures de relations entre dieux et entre hommes (tel l'engendrement comme paradigme du changement, du mouvement, du devenir en général).

La pensée mathématique grecque (étroitement associée à la naissance de la pensée philosophique) dégagait un secteur d'autonomie, spéculatif certes mais répondant néanmoins à des règles rigoureuses de rationalité et de raisonnement et portant sur des idéalités créées et pourtant indépendantes : la coupure sujet/objet commença à être thématifiée et, en l'occurrence, l'objet mathématique s'émancipa des modèles anthropomorphiques liés au comportement des sujets, quand bien même l'intuition intersubjective demeurait déterminante dans la caractérisation et l'axiomatisation des idéalités mathématiques.

Pendant les sciences de la nature (physique, biologie) restaient encore sous une dépendance forte des modèles fournis ou proposés par les rapports humains. Et ce, jusqu'à une période fort avancée : il n'est que de se remémorer les modèles du type hiérogamique ou généalogique associés aux recherches et essais alchimiques par exemple (jusques et y compris Newton [10]), ou encore le lien étroit (y compris avec Kepler [11]) entre astronomie naissante et interprétation astrologique des événements humains. Pourtant dès Copernic et Galilée l'autonomie de la nature relativement aux représentations et significations humaines s'affirmait : les lois régissant les comportements des phénomènes naturels s'objectivaient et commençaient à répondre comme les mathématiques - et d'ailleurs dans bien des cas *via* la mathématisation - à leurs normes propres. La biologie elle-même commençait à conquérir une objectivité empirique.

Dès lors au fil des siècles, et déjà avec le mécanisme de Descartes, le mouvement s'inversa : la régularité et la légalité des phénomènes naturels commencèrent à servir de modèle de compréhension des organisations psychologiques et sociales des relations humaines (physicalisme, organicisme, éthologie...). Ce mouvement culmina avec la philosophie positiviste d'A. Comte [12] ; pourtant au XIX^{ème} siècle encore des théories de type social, économiques notamment (Galton, Malthus...) servirent de sources représentatives et conceptuelles pour des disciplines scientifiques en voie de formation comme la biologie darwinienne de l'évolution par exemple [13].

Existe-t-il encore des domaines où des sciences humaines continuent à proposer et fournir des modèles interprétatifs pour des phénomènes naturels ou des structures idéales ? Quant aux objets et contenus, vraisemblablement plus, mais quant aux méthodes d'approche, aux formes de raisonnement, aux structures d'intelligibilité, vraisemblablement toujours.

Par exemple, du point de vue formel et dans le secteur des idéalités, le développement des logiques non standard (telles les logiques modales, plurivalentes, déontiques, non monotones...) s'appuient sur les modes de raisonnement usuels en vue de les modéliser, certes (pour l'Intelligence Artificielle notamment [14]), mais aussi pour nourrir leur dynamique propre. Ce qui peut avoir des répercussions dans les domaines plus empiriques comme la physique ; on sait en effet que des tentatives ont été faites pour recourir à ces logiques non standard (plurivalentes en l'occurrence [15]) pour essayer de progresser dans l'intelligibilité de la mécanique quantique. De même, en biologie tout particulièrement, ce qu'on peut appeler le paradigme de l'auto-organisation (paradigme de mode de

compréhension et de programme de recherche plus que de théorie scientifique disposant d'objets propres) peut être interprété dans un sens comparable : il puise - de façon d'ailleurs parfois très consciente - à une représentation sociale de la coopération et de l'autonomie (par contraste avec une représentation plus classique, de type concurrentiel ou conflictuel, des rapports) [16].

Les sciences et pratiques juridiques, qui ont déjà fourni le concept et le terme de "lois" (pour caractériser la nature théorique des interactions auxquelles étaient soumis les objets et pour expliciter ce qu'on pourrait toujours appeler des "causes formelles" auxquelles répondraient les phénomènes), ont-elles pour leur part plus à proposer, aujourd'hui encore ? La légalité d'une part, la normativité de l'autre joueraient-elles encore un rôle structurant pour le traitement rationnel de l'objectivité (*cf.* Wittgenstein par exemple [17] pour qui la règle grammaticale *norme* - et ne *décrit* donc pas - la structure de la réalité ? Voir aussi sur ce point Bouveresse [18]).

Sous un point de vue d'épistémologie des disciplines cela semble évident : que ce soit pour la régulation fonctionnelle des phénomènes biologiques (*cf.* par exemple les débats sur la finalité et le finalisme en tant que catégories descriptives mais aussi en tant que principes explicatifs) ou pour le caractère normatif de principes physiques (principes de symétries par exemple) qui jouent un rôle quasi constituant relativement à la recherche et à l'expression des lois physiques proprement dites. Même l'idée d'écart à la norme, de transgression peut se trouver métaphoriquement accréditée (par exemple la violation de la parité en physique, ou encore la pathologie par rapport au normal [19] en biologie). Ces traits épistémologiques, relativement au caractère normatif et prescriptif des démarches visant à constituer l'objet scientifique (à partir des données phénoménales), sont particulièrement bien représentés dans le rationalisme transcendantal, pour qui la différence ontologique entre phénomène et objet revêt un aspect proprement "juridique" qui correspond à une sorte d'ordre prescriptif d'une "légalité" objective pour la constitution de l'objet de l'expérience. C'est d'une certaine façon en "qualifiant" une classe de phénomènes comme objet scientifique que s'effectue la première transition pratique vers la saisie rationnelle et la théorisation scientifique.

Peut-on aller à cet égard jusqu'à tracer un parallèle avec la dichotomie organisatrice de l'exercice juridique entre "faits" et "valeurs", dichotomie où vient s'insérer en tiers l'acte de *qualification* juridique des faits [6] ? Il semble qu'on atteigne là une limite : dans les sciences naturelles on distingue bien entre phénomènes (ou classes de phénomènes) - tout construits qu'ils puissent être - et interprétation [20], mais c'est le mouvement de théorisation qui se substitue à celui de la qualification. Cette théorisation fait appel à un formalisme autonome, le plus souvent mathématique, dont le déroulement s'absente à la fois des phénomènes comme tels et de l'interprétation qui a guidé leur compréhension, tandis qu'il semble que la qualification juridique continue - et doit continuer pour jouer son rôle - à être co-présente aux faits d'une part, aux valeurs de l'autre. Ce qui peut contribuer à expliquer, d'ailleurs, que des théorisations scientifiques puissent conduire à subvertir des interprétations et à réorganiser entre eux des phénomènes, alors que l'on ne s'attend pas vraiment à ce que des qualifications réorganisent des faits ou transforment des systèmes référentiels de valeurs. Il y faut l'acte d'une révolution (politique, sociale) qui transcende l'organisation sociale actuelle de par l'intervention délibérée des acteurs qui agissent sur leur propre condition ; en sciences, la refonte théorique, si profonde soit-elle, demeure immanente à la construction des phénomènes et à leur interprétation.

C'est aussi que, souligne Ivainer, l'interprétation juridique porte autant sur les faits que sur la loi et que l'administration de la justice ne saurait se réduire à la gestion technique de rapports sociaux strictement objectifs. De fait, s'il faut en croire Ivainer, il y a parfois peu de rapports entre la manière de juger et les attendus qui justifient le jugement. Les attendus payent tribut à une attitude réductionniste objectivante, nécessaire mais relevant d'une représentation fictive relativement à l'objectivité juridique. On peut noter qu'une telle situation n'est pas réservée au domaine juridique : le postulat de causalité en physique est méthodologiquement et heuristiquement absolument indispensable mais les philosophes sont fondés à débattre de ce qu'il peut recouvrir en réalité (*cf.* le débat Hume/Kant [21], [22]) ; catégorie de l'entendement, il joue pleinement le rôle de principe régulateur, mais son rôle constitutif demeure problématique.

C'est donc bien essentiellement au niveau des grandes structures de modes de raisonnement - et non à celui des contenus spécifiés, ni même des formalisations légales - que s'établit une circulation qui peut être fondée et féconde entre disciplines de sciences humaines et de sciences naturelles ; pour nourrir les représentations, stimuler l'imagination, voire susciter des structurations formelles parentes. Ainsi ne peut-on que souscrire à la suggestion proposée par l'auteur au paragraphe 443 de son ouvrage [6], à propos de la caractérisation du concept de "fonction", d'introduire en tiers, à côté d'un sens fort (intégrateur de parties dans un tout) et d'un sens faible (relationnel d'un intérieur avec un extérieur), des considérations relatives à la prise en compte de situations de type conflictuel, fortement marquées par la dimension de la temporalité. La phénoménalisation ainsi introduite demeure formelle ; elle se rattache aux processus dont ne peut manquer d'être le siège une totalité physique ou biologique qui tend à la stabilité ou à l'homéostasie et dont l'organisation dépend précisément de cette tendance. Plus, la sensibilité du juriste qui met le doigt sur *l'histoire* et la considère en l'occurrence comme participant du concept étudié, suscite l'interrogation tout à la fois sur le thème de la finalité ou de la téléonomie en biologie et sur celui de l'irréversibilité générale des processus naturels. Nous voici sommés de prendre en compte (non plus seulement phénoménologiquement ou théoriquement, ce qui est déjà le cas évidemment dans le corpus disciplinaire considéré, mais aussi formellement) ce qui spontanément semblait devoir échapper à une caractérisation strictement logique qui tend à éliminer de sa formulation la thématique de la durée et la temporalité de la production - par exemple la problématique de la dégradation ou, plus largement, celle de la transformation du système en voie de formalisation. Au sens fort comme au sens faible, une fonction se définit aussi, et momentanément, selon les conditions et contraintes qui lui sont imposées, avec elles (thématiques de l'auto-organisation) et contre elles (paradigme de l'action et de la réaction pour une optimalisation).

3.6. Remarques à propos du statut des sciences cognitives

Il ne nous est pas possible de clore cette analyse descriptive de ces quelques rapports entre disciplines sans prendre en compte l'existence d'un domaine actuellement en plein développement mais dont il est encore difficile de dire si, à l'instar de tous ceux que nous venons d'examiner, il doit être considéré comme une discipline spécifique en voie de constitution, ou plutôt comme une recherche interdisciplinaire visant à coordonner et organiser entre elles des approches propres à plusieurs disciplines, ou encore comme une attitude nouvelle quant à la connaissance en général (analyse nouvelle que l'on peut en faire, applicabilité opératoire éventuelle de cette analyse). Nous voulons parler du domaine des sciences cognitives, dont l'évocation mobilise des secteurs appartenant à la fois à la logique (ex. : développement de logiques variées, en particulier modales et non standard), aux mathématiques (ex. : systèmes dynamiques, réseaux de neurones formels), à la physique (ex. : mécanique statistique, analyse du signal), à l'informatique (ex. : intelligence artificielle, systèmes experts), à la biologie (ex. : neuro-sciences, théories de l'auto-organisation), à la psychologie (ex. : théories de la perception, psychologie cognitive), à la linguistique (ex. : grammaires génératives, statut de la pragmatique, grammaires cognitives), voire à la philosophie (ex. : analyses phénoménologiques, philosophie analytique, statut des "data") (voir notamment [23]).

Cette accumulation de secteurs disciplinaires participant à, ou concernés par, un développement des sciences cognitives pose en soi un problème quant à la caractérisation de ce domaine de recherche comme discipline proprement dite (construisant ses objets propres et utilisant ses méthodes spécifiques). En fait, au stade actuel, il apparaît plutôt qu'il s'agit d'une recherche effectivement interdisciplinaire et très particulière en ce qu'elle se révèle apte à articuler des technicités disciplinaires extrêmement variées et des approches conceptuelles plus abstraites, portant sur la connaissance en général comme processus mentalo-cérébral (perception, intellection, compréhension). Nous reviendrons sur ces traits particuliers au chapitre VIII, lorsque nous aborderons la question de la constitution de l'"objet-scientifique" selon les diverses disciplines.

4. UNIFICATION ET DIVERSIFICATION

4.1. Par delà la présentation de l'anneau et des parcours auxquels il se prête, se pose une question d'importance pour la place qu'on peut lui faire tenir dans l'interprétation épistémologique : se contente-t-il de présenter de façon coordonnée des secteurs qui, malgré des recouvrements mutuels, demeurent

fondamentalement indépendants les uns des autres (diversité des disciplines et des ontologies régionales qu'elles construisent), ou bien peut-on déceler une réelle unité à l'ensemble disciplinaire qu'il forme, correspondant à une unité de la science en tant que telle ? Plus exactement, est-il possible de repérer un réel jeu entre unité et multiplicité qui régulerait plus ou moins implicitement la structure de l'anneau et que ce dernier pourrait manifester au niveau des connaissances scientifiques elles-mêmes, au niveau opératoire de l'anneau, et sans en appeler, à ce stade, à l'hyperbolique unité de la rationalité qui autoriserait à articuler, bien au-delà encore, science et sagesse ?

Examinons l'hypothèse selon laquelle cette unité se trouve en effet à travers la formalisation, la mathématisation des disciplines. Non pas dans le cadre de la discipline mathématique elle-même qui constitue un secteur comme tel, distinct des autres, mais dans le mouvement qu'elle permet d'amorcer pour la construction générale des objectivités. Pourquoi ce recours à la mathématisation ? C'est que les mathématiques, en tant que discipline, présentent elles-mêmes une réalisation exemplaire d'un tel rapport dynamique et fécond entre unité et multiplicité. Leurs contenus théoriques présentent une variété d'une extrême richesse dont, au prime abord, on peut penser que les composantes sont mutuellement irréductibles tant les démarches, procédures, constructions qui les produisent et les organisent sont différentes. Mais il apparaît rapidement que, sans changer de niveau d'abstraction et dans le cadre des mathématiques elles-mêmes, d'autres démarches, procédures, constructions, permettent une unification non seulement conceptuelle mais aussi opératoire (pour les mathématiques). Les mathématiques ne se réduisent pas pour autant à une gigantesque tautologie qui ne cesserait de se paraphraser elle-même. Leur travail d'unification n'est ni statique, ni stérile : il ouvre les voies à d'autres créations variées et multiples qui en appelleront elles-mêmes à leur tour à une unification. Ainsi se manifeste le rythme d'une "dialectique" de la mathématique qui en assure tout à la fois le développement et la cohésion. On conçoit dès lors, puisque leur être et leur devenir en représentent la thématisation même, que les mathématiques et la mathématisation constituent l'expression et la méthode privilégiées pour le traitement du rapport entre l'un (conceptuel ou objectal) et le multiple (phénoménal ou interprétatif) dans d'autres disciplines. Il est vrai que dans ce cas, il faut alors rendre compte du fait que, bien que traitant d'une empiricité matérielle (et non pas d'idéalités), d'autres disciplines non seulement se prêtent à une telle mathématisation, mais encore y puisent comme à la source d'une intelligibilité. Nous y reviendrons, en particulier dans le prochain chapitre pour la biologie. Nous nous contenterons ici de nous appuyer sur le caractère exemplaire de la physique à cet égard pour amorcer une discussion un peu générale.

Auparavant, et puisque nous voulons attribuer une telle importance à la mathématisation des disciplines, il nous paraît indispensable de faire quelques remarques pour distinguer clairement entre modélisation (par rapport à quoi les mathématiques jouent un rôle principalement instrumental) et mathématisation proprement dite (où ce rôle peut devenir constitutif des objets de la discipline). Il faut souligner, en effet, que la construction de modèles mathématiques dans les sciences de la nature peut certes permettre de dégager des principes fondamentaux, mais qu'elle peut aussi les masquer en y substituant leur propre cohérence calculatoire. Pour que ces modèles n'obscurcissent pas notre compréhension, il faut qu'ils nous contraignent, par leur force heuristique, leur capacité de généralisation, leur maîtrise de la variabilité empirique, à les considérer (et en étant capables de dire en quoi) comme des expressions - si approchées soient-elles - de principes régulateurs au moins, de la région d'étude, ainsi qu'il en a été pour la physique au début de son élaboration. On ne demandera donc pas seulement aux modèles de traduire un donné abstrait, mais aussi de montrer que leur générativité propre est pertinente relativement aux phénomènes formalisés et permet de parvenir à l'établissement de résultats nouveaux ou à une réorganisation et une réinterprétation fécondes de résultats acquis. Cette démarche et cette attente postulent (même si cela demeure implicite) que l'essence de l'objet scientifique qu'on modélise ainsi est de nature mathématique. Ce n'est pas seulement la description de l'objet qui s'y trouve engagée, mais surtout sa cohérence et le processus de son identification dont on espère retracer linéaments, morphologies, dynamiques à travers la déductibilité propre au modèle. Pourtant, même s'il parvient à ce stade, un modèle mathématique de phénomènes naturels ne permet pas par soi-même d'assurer la relève de principes régulateurs par des principes constitutifs. Il faut, pour y parvenir, pouvoir rapporter la modélisation des phénomènes à la fécondité d'une *structure* mathématique, et en faire dépendre finalement la constitution de l'objectivité elle-même. En effet seule

une telle construction au moyen de structures mathématiques fait accéder à l'autonomie et à l'architecture d'une organisation intrinsèque ; seule elle offre l'accès à un méta-niveau à partir duquel l'objectivité peut se déployer et l'intelligibilité se développer.

C'est un tel programme qui a pu largement aboutir en physique et conférer à cette discipline ses aspects très particuliers. En biologie où se fait encore sentir tout le poids de l'empiricité, on en est encore loin (nous en discuterons de façon plus détaillée au chapitre VII). Notons cependant que dans l'éventualité où une telle démarche se révélerait opératoire pour d'autres disciplines, elle conforterait le caractère "unidimensionnel" de la scientificité (l'anneau se suffisant désormais à lui-même comme tableau unifié de présentation pour le secteur des connaissances scientifiques). En même temps elle offrirait à l'interdisciplinarité les éléments d'une opérativité rigoureuse, à un niveau qui ne serait ni celui des contenus empiriques ni celui des interprétations, mais dans les rapports entre systèmes formels représentés ici par les mathématiques.

4.2. Pour en revenir à la physique et sans entrer dans de grands détails, tant sont nombreuses les analyses qui ont été présentées sur les rapports entre mathématique et physique [24]-[26], nous prendrons appui sur ses acquis, pour essayer de les élargir à d'autres disciplines.

En physique on peut aller jusqu'à soutenir que c'est l'essence même de l'objet théorique qui est de nature mathématique. En témoignent la puissance et le caractère fondamental du théorème de Noether, par exemple, relativement aux rapports entre symétries et groupes d'invariance d'une part, principes de relativité et propriétés de conservation de l'autre. Ou encore l'aspect déterminant des symétries dans les théories de jauge qui conduisent à faire dériver des interactions physiques à partir, là encore, de propriétés d'invariances géométriques. Voire l'équivalence que révèle la relativité générale entre géométrie de l'espace-temps et distribution de l'énergie-impulsion.

De l'hypothèse d'une nature mathématique de l'essence de l'objet physique, découlent des conséquences importantes [27] tant pour son statut ontologique que pour l'analyse des modes de causalité auxquels il répond. Ainsi, au lieu de considérer que des contraintes formelles de symétrie ou d'invariance s'exercent secondairement sur une substance qui serait première, ce sont en fait ces structures mathématiques (si provisoirement approchées qu'elles puissent être) qui apparaissent premières et constitutives de l'objet. La réalité de l'objet physique serait alors à trouver non plus d'abord dans la substance ou une quelconque matérialité physique, mais dans l'objectivité de sa structure mathématique. Apparaît de ce fait une sorte de prévalence de la causalité formelle sur les autres modes classiques de causalité : matérielle (manifestations phénoménales), efficiente (nature des interactions) et finale (par exemple, lois d'extrémalisation).

En poussant maintenant l'interrogation au delà de la discipline hautement mathématisée qu'est la physique, ne serait-ce pas l'essence de l'objet de la science comme telle qui, de ce point de vue, serait de nature mathématique ? Si tel est le cas, qu'en est-il alors des disciplines scientifiques non ou incomplètement mathématisées (biologie, sciences sociales, linguistique...) ?

Si l'on considère l'hypothèse comme un axiome qui contribue à tracer un cadre pour un mode donné de connaissance, on peut alors défendre le point de vue selon lequel ces disciplines scientifiques, bien que travaillant déjà sur des phénomènes bien délimités et dont elles cherchent à construire l'objectivité, ne comportent pas encore ou pas encore complètement - dans la pertinence de leur démarche, dans leur corpus théorique, dans la caractérisation de leur visée - d'objets qui leur soient propres. C'est-à-dire qu'elles n'ont pas encore opéré ou simplement achevé les découpages, classifications, formalisations des phénomènes qui autorisent la constitution théorique de ces objets. On peut d'ailleurs trouver là la source des difficultés et débats sur la "scientificité" de ces disciplines, selon qu'on évoque implicitement l'objectivité des phénomènes traités ou l'essence problématique des objets à quoi ils pourraient se rapporter, leurs référents (à la limite on trouve la situation de la philosophie dont d'ailleurs G-G.Granger [1] peut dire qu'elle n'a pas d'objet).

Précisons, après ce vigoureux mouvement visant à l'unification formelle, qu'il n'est évidemment pas question de nier, à sa faveur, ni de contester si peu que ce soit, la spécificité des objets, méthodes, explications de chaque discipline dans son autonomie ; en face de l'unité

(asymptotique), le jeu de la diversité demeure essentiel, et pas seulement pour donner sens à ce qui s'unifie : il s'impose de par les exigences de la scientification elle-même. C'est en effet dans la séparation et la distinction réglées, que la démarche scientifique a pu s'élaborer à partir des confusions véhiculées par des représentations spontanées. Ces efforts de séparation et de mise à distance demeurent constitutifs de l'activité scientifique ; l'extraordinaire à nos yeux est qu'ils soient devenus compatibles avec une autre forme d'unité (les mathématiques en tant qu'elles ne sont plus seulement un langage, mais un autre facteur de constitution) qui les situe dans une perspective beaucoup plus féconde que celle à quoi les réduit le positivisme par exemple.

Si nous cherchons à argumenter ou à critiquer, voire à problématiser effectivement ces points de vue, il est clair que la biologie constitue, par la position particulière qu'elle occupe, un cas exemplaire (c'est une science de la nature, encore peu formalisée, distinguant différents niveaux, disposant d'un corpus théorique solide et varié, de concepts et de méthodes qui lui sont propres, etc.). C'est une des raisons pour lesquelles nous allons chercher à élucider certains des rapports qu'elle peut entretenir avec la physique (chapitre VII), tant du point de vue conceptuel que formel. Nous reviendrons ensuite aux contenus disciplinaires et à leurs expressions propres en poursuivant (chapitre VIII) par une réflexion sur la caractérisation de l'objet scientifique et la coupure sujet/objet, puis (chapitre IX) sur le rôle des langages disciplinaires plus ou moins spécialisés dans la constitution des domaines scientifiques et leurs relations mutuelles ; nous irons jusqu'à sortir de ce cadre disciplinaire que trace la connaissance scientifique pour aborder la question des langages relatifs à la sagesse, aux savoirs existentiels, aux enjeux qui leur sont associés. Nous poursuivrons par la question des rapports entre science et sens, pour déboucher sur les inévitables interrogations (chapitre X) : la science est-elle porteuse de sens ? La science pense-t-elle ? La science a-t-elle à voir avec éthique et politique ? Et nous terminerons cette partie en abordant la question centrale de la rationalité elle-même, question qui sous-tend évidemment toutes les interrogations disciplinaires mais dont la portée est bien plus grande puisqu'elle touche aussi crucialement à l'analyse des conduites humaines et de leurs enjeux (chapitre XI).

REFERENCES DU CHAPITRE VI

- [1] G.G. GRANGER, *Pour la connaissance philosophique*, Odile Jacob, Paris, 1988.
- [2] A. CONNES, *Géométrie non commutative*, Interéditions, Paris, 1990.
- [3] M. LE BELLAC, Invariance d'échelle, universalité et limite statistique continue en physique, in : *Le continu mathématique*, Colloque de Cerisy, 1990.
- [4] R. THOM, La méthode expérimentale: un mythe des épistémologues (et des savants?), in : *La philosophie des sciences aujourd'hui*, Gauthier-Villars, Paris, 1986.
- [5] A.ABRAGAM, Théorie ou expérience: un débat archaïque, in : *La philosophie des sciences aujourd'hui*, Gauthier-Villars, Paris, 1986.
- [6] Th. IVAINER, *L'interprétation des faits en droit*, L.G.D.J., Paris, 1988.
- [7] M.A. STONE, Chaos, Prediction and Laplacean Determinism, *Am. Phil. Quart.*, 26, n°2, p. 123, Univ. of Illinois, 1989.
- [8] J. LARGEAULT, *Principes de philosophie réaliste*, Klincksieck, Paris, 1985.
- [9] J.P. VERNANT, *Les origines de la pensée grecque*, PUF, Paris, 1962.
- [10] B.J.T. DOBBS, *Les fondements de l'alchimie de Newton*, Edit.de la Maisnie, Paris, 1981.
- [11] G. SIMON, *Kepler astronome astrologue*, Gallimard, Paris, 1979.
- [12] A. COMTE, *Discours sur l'esprit positif*, Vrin, Paris, 1987.
- [13] M. HERLAND, M. GUTSATZ, Sélection/Concurrence, in : *D'une science à l'autre*, I. Stengers Ed., Seuil, Paris, 1987.
- [14] R. TURNER, *Logiques pour l'intelligence artificielle*, Masson, Paris, 1986.
- [15] Yu.I. MANIN, *A Course in Mathematical Logic*, Springer Berlin, 1984
- [16] F. VARELA, L'auto-organisation : de l'apparence au mécanisme, in : *L'auto-organisation*, Colloque de Cerisy, Seuil, Paris, 1983.
- [17] L. WITTGENSTEIN, *Investigations philosophiques*, Gallimard, Paris, 1961.
- [18] J. BOUVERESSE, *La force de la règle*, Minuit, Paris, 1987.
- [19] G. CANGUILHEM, *Le normal et le pathologique*, PUF, Paris, 1966.

- [20] F.BAILLY, *Physique et interprétation*, Cahiers Confrontations n°17, Aubier, Paris, 1987.
- [21] D. HUME, *Enquête sur l'entendement humain*, Flammarion, Paris, 1983.
- [22] E. KANT, *Critique de la raison pure*, PUF, Paris, 1986.
- [23] D. ANDLER, *Introduction aux sciences cognitives*, Gallimard, Paris, 1992.
- [24] A. BOUTOT, *Le pouvoir créateur des mathématiques*, La Recherche, 20, n°215, p.1340, 1989
- [25a] J. PETITOT, Refaire le Timée, *Rev. Hist. Sc.*, XL, 1, p.79, Paris, 1987.
- [25b] J. PETITOT, Logique transcendantale, synthétique *a priori* et herméneutique mathématique des objectivités, *Fund. Scien.* 1990.
- [26] J. ULLMO, *La pensée scientifique moderne*, Flammarion, Paris, 1969.
- [27] F. BAILLY, Le transcendantalisme dans les sciences de la nature ; de sa résurgence en physique à son apparition en biologie, in : *Le destin de la philosophie transcendantale*, Colloque de Cerisy, 1990.