

Revue Internationale de

ISBN 2-10-000151-5

systemique

L'ANNEAU DES DISCIPLINES
Enquêtes sur quelques concepts
théoriques et gnoséologiques

Francis BAILLY

Vol. 5, N° 3, 1991

afcet

DUNOD

AFSCET

Revue Internationale de
systemique

**Revue
Internationale
de Sytémique**

volume 05, numéro 3, pages 283 - 305, 1991

L'anneau des disciplines. Première partie
IV - A propos des présupposés théoriques
et des concepts gnoséologiques :
finalité, réductionnismes, approches "auto-"

Francis Bailly

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

- [4c] F. BAILLY, F. GAILL et R. MOSSERI, Fractals, organization levels and structure/function coupling in biology, *École de Biologie Théorique*, Solignac, 1990.
- [5] J. SERRA, in : *Image analysis and mathematical morphology*, Acad. Press, 1982.
- [6] E.R. WEIBEL, in : *Stereological methods*, Acad. Press, 1979.
- [7] J.-M. SALANSKIS, L'analyse non standard et la tradition de l'infini, *Rev. Hist. Sc.*, XLI, n° 2, 1988.
- [8] G. NICOLIS, Dissipative systems, *Rev. prog. Phys.*, 49, 1986, p. 873.
- [9] C. TANG, K. WIESENFELD, P. BAK, S. COPPERSMITH et P. LITTLEWOOD, Phase organization, *Phys. Rev. Lett.*, 58, 1987, p. 1161.
- [10] P. BAK, C. TANG et K. WIESENFELD, Self organized criticality, *Phys. Rev. Lett.*, 59, 1987, p. 381.
- [11 a] F. BAILLY, F. GAILL et R. MOSSERI, *Biologie Théorique*, Solignac, 1987, Ed. du C.N.R.S., 1989.
- [11 b] F. BAILLY, F. GAILL et R. MOSSERI, *Rev. Int. Systémique*, 5, 1991.
- [11 c] F. BAILLY, F. GAILL, R. MOSSERI, *Acta Biotheoretica*, 1990.
- [12] G. von EHRENSTEIN et E. SCHIERENBERG, in : *Nematodes and biological models*, 1, Acad. Press, 1980.
- [13] S.J. GOULD, *Darwin et les grandes énigmes de la vie*, Pygmalion, Paris, 1979.
- [14] R.H. PETERS, *The ecological implications of body size*, C.U.P., 1983.
- [15] K. SCHMIDT-NIELSEN, *Scaling*, C.U.P., 1984.
- [16] F. VARELA, *Autonomie et connaissance*, Seuil, Paris, 1989.
- [17] K.O. APEL, *L'éthique à l'âge de la science*, P. Univ. Lille, 1987.
- [18] J. HABERMAS, *Morale et communication*, Le Cerf, Paris, 1986.
- [19] J. PIAGET et R. GARCIA, *Psychogenèse et histoire des sciences*, Flammarion, Paris, 1983.

IV

À PROPOS DES PRÉSUPPOSÉS THÉORIQUES
ET DES CONCEPTS GNOSÉOLOGIQUES:
FINALITÉ, RÉDUCTIONNISMES,
APPROCHES « AUTO- »

Avec ce chapitre nous changeons de registre : nous ne considérons plus tant des cadres conceptuels de référence, des constructions d'objectivités ou des concepts théoriques, que des approches méthodologiques et des concepts gnoséologiques. Des jeux de principes régulateurs en quelque sorte, présidant à la recherche elle-même ou nourrissant ses représentations, touchant par là à des thèmes de nature plus proprement épistémologique. Pour mettre en évidence la façon dont la construction des concepts théoriques intervient dans le développement de ces thèmes nous commencerons par examiner les rapports que le concept de niveaux d'organisation que nous venons d'analyser peut entretenir avec la notion de finalité, dont on sait par ailleurs qu'elle se situe au cœur des débats épistémologiques relatifs à la biologie notamment. En contrepoint nous considérerons ensuite l'attitude réductionniste et nous tenterons de montrer qu'en réalité il existe deux modes de réduction distincts, selon que l'on porte l'attention sur l'interaction entre éléments composants ou sur l'expression de programmes globaux (relatifs notamment aux morphologies). Nous terminerons enfin en évoquant une troisième position, liée aux théories de l'auto-organisation et de l'auto-poïèse et mettant en jeu les structures conceptuelles de l'auto-référence.

1. Niveaux et finalité

La question de la finalité qui semble privilégier les déterminations par la totalité plutôt que par des interactions élémentaires, s'inscrit, en partie au moins, dans celle des niveaux d'organisation puisque ceux-ci sont précisément censés assurer les rapports entre tout et parties. Mais avant d'en venir à une

analyse plus précise, commençons par prendre un exemple pour en tirer argument: en quoi la fourmi qui construit la fourmilière, les abeilles qui construisent leurs rayons, les oiseaux leurs nids, peuvent-ils être considérés comme mus par des causes finales en un sens qui soit suffisamment strict? En ce que leur activité est réglée par l'écart entre ce qui est et ce qui doit être — un modèle, pour ainsi dire —. En effet il suffit, après que la construction ait été complètement achevée, d'endommager l'édifice pour voir l'activité reprendre en vue d'en restituer l'intégrité, exactement comme si l'écart au modèle (la cause finale, en l'occurrence) entraînait l'activité de réduction de cet écart. Comme l'état final est un état qui, considéré thermodynamiquement, est très loin de l'équilibre, il faut bien ne pas en rester au seul jeu d'une causalité efficiente qui, dans les systèmes collectifs, joue aléatoirement, pour aller vers l'état le moins singulier et introduire celui d'une causalité qui, toute programmée qu'elle puisse être, s'exprime en termes de finalité, de projet à réaliser. Mais ce raisonnement s'appuie sur une représentation peut-être trop naïve des phénomènes: pour rester dans le secteur de la biologie, il est clair que la théorie de l'évolution par exemple, élimine bien des termes de cette représentation au profit de l'effet du seul mécanisme déterministe, via les processus de variation et de sélection. Il faut donc affiner l'analyse et repérer entre ces deux extrêmes, les éléments objectifs qui permettent de passer d'une représentation à une autre et qui à notre avis ne sont autres que les niveaux d'organisation évoqués plus haut, grâce auxquels on peut considérer que les mécanismes d'un niveau se transforment (par passage à la limite infinie et changement d'objet, rappelons-le) en la finalité d'un autre. Mais de la même façon que nous avons dû introduire des distinctions entre les concepts théoriques de niveaux selon les domaines d'utilisation, nous devons souligner que la situation relativement à la finalité se présente différemment selon les domaines disciplinaires. En effet entre les grands corps de disciplines (physique, biologie, sciences humaines et sociales), relativement à l'importance régulatrice de la notion de finalité, il existe comme un gradient épistémologique de pertinence. Précisons, en nous référant aux qualifications que nous avons déjà employées pour caractériser la nature des niveaux d'organisation:

(i) La finalité et l'argument finaliste sont irrecevables en physique et chimie où l'explication du caractère et du comportement du système relèvent exclusivement de la compréhension et de la théorisation des **interactions** (causes efficientes) auxquelles sont soumis les éléments du système: l'explication est essentiellement analytique (même si des lois, telles les symétries par exemple, peuvent jouer le rôle de causes formelles); les propriétés du système dérivent de ces interactions élémentaires et se déduisent des lois mathématiques qui les formalisent. Le réductionnisme analytique et «atomistique» est

donc là complètement fondé et la finalité ne saurait intervenir ni comme argument théorique ni, en général, comme référant à une propriété assignable du système (l'existence de lois d'extrémalisation, de même que les évolutions tendancielles vers des états d'équilibre qui peuvent leur correspondre, ne permettent pas vraiment de parler de finalité au sens que nous avons retenu ici; tout au plus autorisent-elles à considérer plus globalement le système).

Cette situation correspond à l'absence de niveaux d'organisation ou à la caractérisation faible de ces niveaux (dans le cas des transitions critiques et des renormalisations associées) telles que nous les avons relevées précédemment sur des exemples physiques. On peut dire qu'ici le terme fonctionne de façon plutôt métaphorique et se rapporte principalement à une description empirique.

(ii) La situation est inverse dans le cas des sciences humaines pour lesquelles le rôle de la **signification** comme principe organisateur est primordial. Or la signification n'a, elle, de pertinence que relativement à une représentation finalisée de l'action et au postulat de l'intervention d'une finalité organisatrice des rapports humains. Cette finalité va jusqu'à prendre la forme consciente de l'intentionnalité, qui très souvent régit les rapports individuels et collectifs, ne serait-ce qu'au travers du langage et de son usage. Dès lors c'est le réductionnisme mécaniste qui perd sa portée heuristique pour la compréhension des phénomènes même si, bien entendu, la démarche analytique conserve sa valeur (mais elle s'applique désormais à l'étude d'effets réifiés, et non plus à celle des causes intentionnelles qui les produisent). Un peu comme si les significations ne se révélaient qu'autour d'une virtualité, le projet de signifier (comme finalité), et non plus autour d'une réalité comme c'est le cas pour les interactions physiques.

La question des niveaux au sens le plus fort semble ici omniprésente: niveaux de signification, niveaux d'interprétation, niveaux cognitifs, niveaux de langage. Nous avons vu qu'il était en effet possible, au prix de quelques réifications, de présenter des analyses mettant en évidence l'existence de tels niveaux (au sens technique que nous avons retenu); toutefois les simplifications auxquelles nous avons dû procéder pour y parvenir laissent ouverte la question de la portée, voire de la pertinence, de ce genre d'approche: prenons nous en compte des faits et des phénomènes effectifs, construisons nous vraiment des objectivités, avons nous affaire, là encore, à plus qu'une représentation imagée et métaphorique?

(iii) Le cas des sciences biologiques et des disciplines qui s'y rattachent (écologie, comportements sociaux d'espèces, ...) est à la fois plus clair et plus intriqué; il se présente pourrait-on dire de façon intermédiaire.

Pour caractériser les relations internes aux ensembles biologiques, dominés par la question des rapports (intégration, régulation) entre tout et parties, ce sont les termes de **fonction** et d'**organisation** qui conviennent le mieux. La causalité physico-chimique y occupe une place essentielle comme condition d'existence de ces structures et fonctions et en même temps comme ensemble de contraintes déterminant leur efficacité; mais la finalité fonctionnelle comme condition de constitution du tout à partir des parties et comme maintien de l'individualité vivante de ce tout (par rapport à ces parties mais aussi par rapport à un environnement extérieur) y joue un rôle non moins essentiel. Il suffit pour illustrer cette situation d'évoquer le développement des organismes et la nature de l'action du génome: on peut les décrire d'une part en termes analytiques et réductionnistes par la biologie moléculaire et d'autre part en termes d'exécution de programme et de raisons téléologiques correspondant au déploiement du patrimoine génétique. C'est le cas, on le sait, pour la plupart des phénomènes biologiques, dès lors que l'on cherche à prendre en compte l'autonomie d'une globalité.

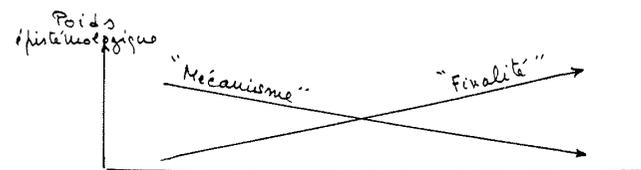
C'est une telle configuration naturelle que l'existence des niveaux d'organisation au sens plein rend possible. En effet, ce sont ces niveaux qui se révèlent constitutifs de la distinction entre les parties et le tout; ce sont les opérations de changement de niveaux qui réalisent l'activité fonctionnelle, l'intégration et la régulation; c'est à travers la mise en place (géométriquement repérable) de ces niveaux et l'activité dont ils témoignent que se délimite l'autonomie de l'individuation et que prend sens, avons nous vu, le concept d'émergence.

Remarque relative aux mathématiques

Nous n'avons envisagé dans ce paragraphe que les disciplines pour lesquelles la spécification d'objets ne fait en principe pas trop problème, en incluant de façon optimiste celles qui traitent de phénomènes humains objectivés et nous avons laissé de côté le cas des mathématiques. Évoquons-les brièvement (pour une discussion plus précise et plus étoffée voir [1]). Les êtres mathématiques sont librement créés par l'esprit humain, ce qui n'est pas le cas des objets naturels; néanmoins, une fois créées, ces idéalités mathématiques s'objectivent immédiatement et sont rigoureusement contraintes par les règles de leur engendrement. Une pensée à dominante structuraliste développerait volontiers une interprétation finaliste de l'activité mathématique (cf. tendance à l'unification, dimension philosophique [2], [3 a]-[3 b] et herméneutique [4 a]-[4 b]) en la considérant notamment comme une recherche de solutions acceptables à certains «grands problèmes» métaphysiques ([5 a]-[5 b]). À l'inverse, une pensée logiciste pourrait déceler l'effet d'une sorte de mécanisme dont les lois générales seraient fournies par une logique ou une métamathématique et auxquelles pourraient être réduites (ou à partir desquelles pourraient être construites) les mathématiques comme telles.

Pour résumer l'ensemble de cette discussion nous proposons de l'illustrer par le schéma et le tableau suivants où nous avons mentionné également la nature de l'ordre dominant dans chaque secteur (cf. chap. II).

Nous pensons avoir ainsi établi un rapport entre le poids épistémologique d'une approche faisant intervenir le concept de finalité dans les critères d'intelligibilité d'une discipline et la nature des niveaux nécessaires à la



Disciplines	Physique/ chimie	Biologie	Sciences humaines et sociales
Type d'ordre	Ordre par régularité Existence de singularités	Organisation ordre par régularité fonctionnelle	Langage Communication
Nature des rapports internes	Interactions	Fonctions	Significations

construction de son objectivité (ou au moins à l'interprétation de sa phénoménalité): il semble que le poids de la raison téléologique soit d'autant plus grand que le concept de niveau d'organisation du secteur où elle vise à s'appliquer soit plus fort.

2. Réductionnismes

2.1. Aspects généraux

En guise de contrepoint à ces considérations (mais on verra que l'antinomie n'est qu'apparente) il faut souligner que depuis que la recherche scientifique s'est constituée comme activité spécialisée dans l'élucidation des phénomènes et l'élaboration des connaissances, la démarche d'analyse et de réduction ont figuré parmi ses outils intellectuels les plus puissants et les plus efficaces. Toutefois des observations et des réflexions sur le statut de l'explication dans les sciences [6] et sur l'utilisation de certaines méthodes scientifiques nous ont conduit à distinguer au moins deux types de réductionnismes à l'œuvre dans les disciplines scientifiques. Tous deux ont en commun de chercher à analyser problèmes et objets, de tendre à expliquer le plus complexe à partir du plus simple, le plus dépendant à partir du plus autonome, le plus varié à partir du plus individué mais ces opérations conceptuelles, dont la présence

autorise que l'on parle de part et d'autre de réductionnisme, ne portent pas selon les cas sur les mêmes types d'objets, de processus, voire de représentations, et n'engagent pas les mêmes catégories de pensée.

La figure du premier réductionnisme est parfaitement classique et correspond à ce que l'on a l'habitude de désigner généralement sous ce terme : analyse de systèmes en éléments et interactions, déconstruction et recombinaison en termes de constituants posés comme réels et de règles correspondant aux lois régissant les interactions considérées comme non moins réelles. La représentation s'y trouve principalement séquentialisée : degrés hiérarchisés dont chacun s'intègre dans le suivant en parcourant les échelles de tailles et de constitutions successives au moyen de composants identifiables, isolables, manipulables.

Le second réductionnisme est de nature différente : ce sont moins des ensembles qui s'y emboîtent et des interactions qui s'y succèdent, que des morphologies qui s'y classent, des structures qui s'y déploient, des genèses qui s'y repèrent. Des formes-flux s'y ramènent à des formes-sources, des formes complexes à des formes schèmes, voire, plus abstraitement, des variations spécifiques à des invariances génériques. Le plus simple ne s'y compose pas vraiment – en tant qu'objets – pour aboutir au plus élaboré, mais on recherche la forme originaire comme facteur matriciel dans la genèse d'une forme dérivée. Si séquentialité analytique il y a, elle ne se veut plus distante et abstraite, mais en prise directe sur le processus d'une production. On y trouve des échos aux approches holistiques et gestaltistes plus qu'aux approches mécanistes et analytiques et, si l'on pouvait comparer les deux versions à des modes de calcul ou de raisonnement, on l'associerait volontiers au mode analogique (alors que le premier réductionnisme serait bien plus spontanément ramené au mode algorithmique) et à une caractérisation en compréhension (bien plus qu'en extension). Remarquons de plus que si le réductionnisme atomistique s'inscrit plus particulièrement dans un cadre spatial (lieux des compositions et interactions), en revanche le réductionnisme morphogénétique, bien qu'essentiellement topologique, privilégie la dimension temporelle en se situant dans une histoire (celle du déploiement de la forme) qui n'est plus seulement le siège de processus mais qui se trouve elle-même définie à partir de l'effet d'un développement (que l'on peut considérer à son tour comme plus ou moins finalisé).

Vue sous un angle plus abstrait, cette deuxième forme de réductionnisme pourrait renvoyer au mouvement de la pensée qui tend à vouloir faire dériver des multiplicités variées et concrètes à partir d'idéalités en qui elles auraient été préformées et qui les auraient contenues en puissance ; telles les idées

platoniciennes ou lautmaniennes [2], tels encore les schèmes abstraits à résonance plus ou moins structurale (cf. le rôle « germinatif » que peuvent jouer les catastrophes élémentaires dans les questions de morphogenèse, notamment, par delà leur rôle classificateur et explicatif [7]).

Opposerait-on alors une réduction matérialiste (celle qui analyse en éléments et interactions constituants) et une réduction idéaliste (celle qui fait engendrer à partir de formes-sources ou de schèmes) ? En fait la caractérisation en ces termes semble ici peu adéquate car les deux démarches sont justiciables d'un regard ou de l'autre selon les présupposés à partir desquels on les développe : une cause finale conçue comme déroulement d'un programme n'est pas moins matérialiste qu'une cause efficiente s'exprimant dans une interaction entre deux objets ; une représentation particulière bien délimitée peut ne pas être moins nominaliste (cf. par exemple les débats en mécanique quantique).

Pour rester un instant sur le terrain philosophique, notons que la caractérisation de plusieurs formes de ce que nous appelons réductionnisme a déjà attiré l'attention des philosophes (pour autant que soit effectuée la nécessaire transposition de vocabulaire). Ainsi Kant, dans la *Dissertation* de 1770, distinguait deux sens au terme d'analyse : un sens qualitatif, qui est une « régression du conditionné à la condition » et un sens quantitatif « *régression* » du tout à ses parties possibles ou médiatees, c'est-à-dire aux parties de ses parties ». Il est tentant d'effectuer le rapprochement : le réductionnisme atomistique usuel pour le sens quantitatif et le réductionnisme formel pour le sens qualitatif (les formes-sources correspondant aux « conditions » à l'origine – logique ou génétique – des formes développées considérées comme le « conditionné »).

Dans le cadre de cette confrontation entre deux approches une question essentielle demeure : pour un même objet théorique, considérera-t-on ces réductions distinctes comme deux regards différents, complémentaires mais simultanément incompatibles, portés sur la complexité du réel, ou à l'inverse leur trouvera-t-on des répondants objectifs et en ce cas comment se ferait la transition entre ce qui est justiciable d'un type de réduction ou d'un autre ? Il nous semble que l'on trouve là un aspect supplémentaire et important du rôle que peuvent jouer des niveaux d'organisation, rôle tourné cette fois vers l'interprétation : la réduction en éléments/interactions et la réduction en morphologies/programmes se nouent par l'intermédiaire et le jeu de ces niveaux pour concourir à la description comme à l'explication. Effectivement disjoints et concurrents si on les cantonne dans un niveau donné d'analyse théorique et de représentation – ce en quoi ils s'opposent – ces modes de réduction s'allient et coopèrent dès qu'il s'agit du passage d'un niveau à un

autre et, ce faisant, contribuent à la prise en compte plus complète de la totalité individuée.

2.2. Exemples, discussion

Essayons d'illustrer les analyses qui précèdent par quelques exemples puisés dans des domaines non biologiques.

(i) Considérons, sous un angle empirique, un cristal en physique. Pour pouvoir globalement en rendre compte, ses atomes et leurs interactions sont nécessaires; ils ne sont pas suffisants (il faut les organiser). Sous cette nécessité on trouvera à l'œuvre le premier type de réductionnisme; pour remplir la condition supplémentaire, relative à l'organisation, on devra avoir recours (au moins minimalement) au second type de réductionnisme par quoi on caractérisera l'ordre spatial. Réciproquement, les caractéristiques en compréhension (théoriques) de ce qu'est un cristal (caractère *a priori* des groupes possibles de symétrie, par exemple) sont nécessaires pour en rendre compte; elles ne sont pas suffisantes pour le spécifier. Pour cette nécessité là c'est le second type de réductionnisme qui se révèle opératoire et c'est le premier qui apporte la complémentarité (à savoir un concours effectif d'atomes en interactions).

Dans cette perspective, chacun des réductionnismes se présente, en tant qu'il répond à une nécessité, sous l'aspect le plus général d'un principe de conservation: matière et énergie pour le premier, symétries et morphologies pour le second. En tant qu'ils répondent à des modalités secondes (mise en forme à partir des éléments imposés dans un cas, occupation constructive de sites prédéterminés par les règles d'organisation dans l'autre), c'est à travers l'application d'un principe d'évolution qu'on les repère. Mais cette symétrie de rôle, apparente et abstraite, est trompeuse; elle est largement rompue si l'on distingue les niveaux où l'interprétation opère: l'aspect morphologique est quasiment générique; concentré dans les conditions imposées par les groupes de symétrie, il sous-détermine les spécifications du cristal réel si l'on ne précise pas la nature de ses composants; à l'inverse l'analyse fine de la nature des constituants et des forces d'interaction entre eux (dotées elles-mêmes de propriétés intrinsèques de symétrie) est beaucoup plus spécifique; elle permet de déterminer quasiment *a priori* les structures possible selon les conditions imposées. De plus les formes peuvent varier selon les contraintes imposées car elles ne sont univoquement déterminées que dans des limites assez étroites de ces contraintes (changements de structure cristalline sous compression, par exemple), alors que les atomes constituants restent complètement invariants dans leurs substances et leurs propriétés bien au-delà de ces

limites. Les lois de conservation effectivement opératoires semblent ne porter que sur les constituants, tandis que celles qui interviennent sur les symétries génériques se situent à un autre niveau. C'est ce qui fait la prévalence dans ce cas du réductionnisme analytique classique. Le contraste est d'autant plus net dans cet exemple que nous avons pris le cas d'une structure pourvue d'un ordre par régularité.

(ii) Même en mathématiques, pourvu que l'on se situe dans une optique essentiellement épistémologique, on peut déceler le jeu des deux réductionnismes.

On pourrait en effet classer dans la première version toutes les tentatives visant à ramener les mathématiques à la logique et à les y fonder, comme si, à la limite, elles n'avaient plus besoin de contenu théorique propre. On sait que, formellement, on y parvient largement pourvu que l'on se donne la théorie des ensembles, par exemple sous sa version la plus usuelle, ZFC, (et ce bien que le débat reste ouvert de la réductibilité à une logique du premier ordre ou de la nécessité de recourir au second ordre [8]). Curieusement (car ici le mot «formel» prend un sens non morphologique mais très analytique) c'est le caractère formel des théories mathématiques qui autorise cette réduction.

A quoi s'oppose l'affirmation d'un contenu sémantique et théorique propre aux mathématiques, qui conduit à la deuxième version, représentée ici par la recherche de l'unification en profondeur et relativement à leurs contenus, de théories mathématiques variées, unification qu'autoriserait, cette fois, la prégnance d'idéalités mathématiques autonomes, de structures, à quoi se ramèneraient les multiplicités théoriques [1]. On voit réapparaître ici la notion de schème abstrait (structures sources) auquel se «réduirait» la prolifération observée [9].

(iii) Appliquons ce genre d'approche à nos propres catégorisations et reprenons, dans cet esprit, les formalisations de cadre conceptuel de référence à propos du concept d'ordre (chap. II).

Le contenu formel du premier réductionnisme correspond assez bien à la structure logique de la formule attribuée à l'ordre par régularité: on y trouve l'insensibilité relative à des conditions externes, l'universalité des lois ainsi que la prise en compte des seules interactions entre éléments. Parallèlement le contenu du second réductionnisme se compare bien à la structure logique de la formule attribuée à l'ordre par singularité fonctionnelle: on y reconnaît la dépendance par rapport à des contraintes extérieures, le caractère global des lois (auxquelles peuvent donc échapper des constituants), l'aspect d'intégration en un tout. L'important, dans l'analyse des objets d'étude se situe

alors dans la pondération entre formules à quoi on peut faire répondre la part plus ou moins pertinente de chaque forme de réductionnisme. Ainsi on considérerait que le cristal du paragraphe (i), serait justiciable des deux formules (O.R. et O.S.F.) selon que l'on met l'accent sur ses constituants en interactions ou sur la forme globale de sa structure (soulignons que cette dernière est bel et bien révélée comme effet matériel par une intervention purement physique comme la diffraction X). De même nous savons bien que l'ensemble formé par un organisme et ses organes, type même d'un ordre par singularité fonctionnelle, se prête en même temps, pour un autre niveau, à une analyse en termes de constituants en interactions physico-chimiques.

Ces exemples, si limités soient-ils, peuvent nous conduire à enrichir l'analyse: au premier type de réductionnisme on peut sans doute ajouter les caractères de l'identité comme telle, dont on peut penser qu'ils sont étroitement attachés à des principes substantiels d'invariance et de conservation ainsi que nous l'avons constaté plus haut, et plus généralement ce qui est susceptible de tomber, dans une formalisation logiciste, sous le coup du quantificateur universel. Parallèlement, au deuxième type de réductionnisme on rattacherait plutôt les caractères de ressemblance (cf. la discussion [10]), en liaison d'une part avec l'aspect global et morphologique auquel il est associé et d'autre part avec le fait qu'un de ses traits distinctifs par rapport à l'identité est de devoir échapper à l'universalité logique au profit de l'introduction de la quantification existentielle.

Concluons ce paragraphe par une remarque sur les démarches du réductionnisme habituel, qui a directement trait à la problématique du tout et des parties: en quel sens précis peut-on soutenir que le tout est « plus » (ou autre) que la somme de ses parties, alors qu'il est possible de l'analyser, voire de le décomposer exhaustivement, en ses constituants totalement identifiés et en leurs interactions parfaitement élucidées? Une réponse connue invoque l'ordre selon lequel sont disposés ces constituants, l'organisation qui articule et intègre ces parties. Illustrons très brièvement ce point de vue dans diverses disciplines, pour le commenter.

En mathématiques, on distingue la dualité des paires ordonnées $\{\{a\}, \{a, b\}\}$ et $\{\{b\}, \{a, b\}\}$ en regard de la paire $\{a, b\}$; en physique on considérera l'entropie de configuration, qui va contribuer à l'énergie libre d'un mélange idéal et stabiliser une totalité systémique, en regard de la simple addition des propriétés énergétiques de ses constituants; en biologie on verra apparaître évidemment le rôle fonctionnel des organes dans l'organisme, répondant à une régulation précise en même temps qu'à une architecture structurelle singulière; et dans le registre des phénomènes humains c'est

l'articulation productrice de significations à partir d'éléments de langages délibérément et convenablement ajustés.

Dans tous ces cas, à l'issue de l'analyse, si l'on s'en tient aux constituants objectaux que l'on peut isoler, on ne trouvera que la somme (la réunion) des éléments entrant dans la composition du tout. Mais dans le processus effectif de l'analyse elle-même, une énergie, un travail sont fournis, dont la trace finale s'évanouit, mais dont la présence dans le bilan global est l'indice de ce en quoi, justement, la réunion de ces parties élémentaires diffère du tout analysé. La réduction, pour être valide à ce stade, nécessiterait donc que soient pris en compte des facteurs supplémentaires, habituellement laissés de côté: non seulement ce en quoi est réductible la totalité mais aussi le coût (en énergie, en information, ...) de cette réduction qui devrait en quelque sorte compter aussi avec le prix exigé par la suppression de cet ordre qui participe du tout et contribue à son existence (ce n'est en fait qu'inverser sans l'altérer le sens de la démarche constructiviste qui cherche à déterminer ce qu'il faut « rajouter » à la somme des constituants pour parvenir à la constitution de la totalité stable et ordonnée).

Si maintenant nous transposons ce point de vue dans les termes de la confrontation des deux réductionnismes, nous sommes conduits à considérer que cette démarche correspond en fait à la discussion des niveaux d'organisation par quoi se nouent les rapports qui autorisent la constitution de la totalité en permettant la transition d'un pôle à l'autre.

3. Théories auto-

A côté des deux réductionnismes, ou entre eux, la mise en perspective à partir de « l'auto- » (auto-organisation, auto-poïèse, ...) constitue-t-elle une réelle alternative pour l'intelligibilité, ou se laisse-t-elle à son tour (doublement) réduire?

Le nerf de la question de l'auto- se situe dans l'acceptation de, voire le recours à la *circularité* (qui d'ailleurs peut se complexifier en hiérarchies enchevêtrées par exemple) et dans le traitement de l'imprédictivité et de l'auto-référence (pour une discussion plus précise relative à certains de ces aspects, voir l'Annexe à la fin de ce chapitre). Du fait que l'analyse des problèmes et des paradoxes qui ont pu en résulter a trouvé un développement nouveau avec l'élaboration moderne de certains formalismes logico-mathématiques, ce sera principalement au traitement formel de la question de l'auto- que nous nous intéresserons, traitement qui est apparu de façon concomitante

en logique avec l'analyse des antinomies et en mathématiques avec la théorie des ensembles et celle du transfini cantorien.

Néanmoins comme ces questions ont alimenté la réflexion philosophique depuis l'antiquité, bien avant la caractérisation proprement mathématique, relativement au langage et à la signification bien sûr – il n'est que de citer l'aporie du menteur –, mais aussi relativement aux propriétés structurelles de certains concepts, nous en donnerons une brève illustration ne relevant pas directement de la logique.

3.1. Ainsi, sans même faire état de la riche tradition philosophique sur le sujet, mentionnons le fait que la problématique de l'auto- a été utilisée dans une optique que l'on pourrait presque qualifier d'opérateur, immédiatement après la formulation par Kant de la théorie critique, notamment avec Fichte pour la théorie de la science et avec Hegel pour la théorie de l'histoire ou pour la théorie de la connaissance.

En effet, par delà la circularité fondamentale associée au principe suprême de tous les jugements synthétiques chez Kant, pour qui le principe de l'entendement pur « *a cette propriété particulière de rendre tout d'abord possible sa preuve même* » (relevé notamment par Heidegger [11]: « *les principes de l'entendement pur sont possibles grâce à ce qu'eux mêmes rendent possible* » et commenté en ces termes: « *c'est un cercle manifesté, c'est même un cercle nécessaire* »), on trouve souvent une circularité démonstratrice, voire organisatrice. Par exemple, pour caractériser la « loi », Fichte introduit un « principe » qu'il exprime explicitement comme « *application de l'énoncé d'une proposition à elle-même* » [12 a]; ce qui correspond manifestement à une énonciation imprédicative. De même trouvons-nous, en rapport avec la pensée d'une auto-poïèse cette fois, que « *<...> l'être intérieur ne peut être construit du dehors mais <...> il doit se construire lui-même* » [12 b].

Semblablement, chez Hegel, si l'on associe le processus dialectique à la figuration finalisée de la ruse de la raison, on aboutit d'emblée à une représentation typique d'une constitution d'auto- (concernant ici l'Histoire [13 a]): on considère la circularité d'une réalisation à partir de conditions que cette réalisation même fournit et autorise; ainsi en va-t-il de l'(auto) établissement de l'Esprit dans et par l'Histoire. C'est aussi ce qui opère pour la connaissance et le savoir [13 b]:

« *La science n'est pas cet idéalisme qui remplacerait le dogmatisme des affirmations par un dogmatisme des assurances subjectives, c'est-à-dire de la certitude de soi-même, – mais plutôt quand le savoir voit le contenu revenir dans sa propre intériorité, l'activité du savoir est à la fois absorbée dans le contenu, car elle en est le Soi immanent, et en même temps elle est retournée*

en soi-même car elle est la pure égalité avec soi-même dans l'être-autre. » (les parties soulignées le sont par Hegel), et plus loin :

« *La détermination paraît d'abord due seulement à son rapport à de l'Autre, et son mouvement paraît lui être imposé par un pouvoir étranger; mais justement ce qui est impliqué dans cette simplicité de la pensée même, c'est que la détermination a son être-autre en elle-même et qu'elle est mouvement autonome; <...>* (souligné par Hegel).

On remarquera qu'en effet c'est dans la question de l'altérité, de la séparation et du rapport entre soi et non-soi que l'auto- trouve certaines de ses difficultés principales en tant que modèle opératoire pour la connaissance.

3.2. Après ces brèves références, revenons à l'aspect formel sur lequel nous pensons qu'il est pertinent de centrer l'analyse.

La situation épistémologique de l'auto- présente en effet quelque ressemblance avec celle qui prévaut dans l'analyse de l'utilisation de l'argument diagonal (cf. Annexe) [14]. Un des effets de cet argument a été de démontrer, à partir de l'existence d'ensembles infinis dénombrables, l'existence d'ensembles infinis non dénombrables (possédant la puissance du continu). On sait que les mathématiciens intuitionnistes contestent la valeur de cet argument comme élément d'une preuve d'existence, du fait qu'il ne permet pas de définir une procédure de construction des ensembles en question. Il semble que la représentation auto- bute elle aussi sur la question de la constructibilité, cette difficulté étant due précisément à l'existence de sa circularité constitutive. Nous y revenons dans la suite.

Pour situer plus précisément ce que nous considérons comme un élément important de comparaison entre l'épistémologie des théories auto- par rapport à celle des théories réductionnistes, nous aurons recours à une analogie ensembliste. Celle-ci a une portée plus évocatrice et structurante pour la représentation, que proprement démonstratrice et si elle est éclairante il ne faut cependant pas y chercher une valeur vraiment théorique.

Acceptons donc de nous référer un instant à la structure et au contenu propres de la théorie des ensembles et de la théorie ensembliste des modèles. On pourrait envisager la représentation constituée par l'association des deux réductionnismes comme l'analogie de l'interprétation d'une théorie dans un univers dénombrable, alors que la représentation auto- jouerait ce rôle pour une interprétation dans le continu. Si l'on consent à développer cette analogie, se pose alors une question très intéressante: l'ensemble constitué par les deux réductionnismes constituerait-il tout simplement (par la vertu du théorème de Löwenheim-Skolem) un modèle dénombrable d'une « théorie » unique dont

un modèle non dénombrable serait approché par une représentation auto-? Comme l'application (au sens technique du terme) qui permet le passage entre les deux modèles n'appartient pas à l'ensemble dénombrable, on pourrait imputer à cette propriété l'élimination de la structure de circularité dans le monde des réductionnistes et la tension permanente qui résulte de leur incompatibilité apparente pour un ajustement mutuel stable. Dès lors le caractère apparemment paradoxal de l'hypothèse d'une équivalence fondamentale des deux modèles épistémologiques (les deux réductionnistes d'une part, l'auto- de l'autre) se verrait renvoyé au paradoxe de Skolem et l'incompatibilité serait levée de la même manière: il n'y a pas d'exemplaire dans le modèle dénombrable — réductionnistes — de l'application qui permet de le ramener au modèle continu — auto — bien que la correspondance existe (ou encore: on ne peut théoriser dans la théorie « bi-réductrice » les éléments qui la rend équivalente à une théorie auto-).

On serait alors assez naturellement amené à considérer que, par exemple, la théorie des ensembles constructibles [15] peut représenter de façon particulièrement adéquate (grâce à ses « niveaux » notamment) les démarches de type réductionniste. De plus, la représentation du type auto- s'en verrait effectivement écartée en même temps que le sont les procédés de self-référence et de définitions imprédicatives (aucun ensemble constructible ne peut être élément de lui-même). La propriété de constructibilité, que l'on peut raisonnablement associer aux réductionnistes (d'autant que ceux-ci visent précisément à la reconstruction conceptuelle et théorique de leur objet à partir de l'analyse de ses éléments), constitue donc une alternative opératoire à la perte de la circularité d'une représentation conçue en termes de complexité auto-organisatrice. Réciproquement, du point de vue auto- on pourrait considérer que l'autorisation de circularité vient compenser le manque de constructibilité qu'elle entraîne.

3.3. Revenons aux propriétés de l'auto-référence en tant qu'objet d'étude. La question des antinomies syntaxiques et sémantiques a été mise, elle aussi, en rapport étroit avec celle de l'imprédicativité et de l'auto-référence (bien que l'on souligne que la circularité comme telle n'est pas nécessairement toujours vicieuse, cf. notamment Popper [16]). Rappelons que sont aussi associées à ces difficultés les questions relatives à la totalité [17] d'une part (Cantor, Burali-Forti, Russell) et à la négation d'autre part, sujets fortement corrélés avec ceux de la complexité auto-référée à travers, respectivement, le point de vue holistique de la constitution de la complexité et les rapports d'un « soi » avec le « non-soi ». Ainsi, on peut considérer sans forcer le trait qu'il y a là effectivement un champ problématique assez bien délimité par

rapport auquel se correspondent d'un côté les points de vue formels que nous venons d'évoquer et de l'autre, les points de vue empiriques et théoriques associés à la complexité, à l'auto-, à l'approche holistique.

Techniquement parlant, l'analyse formelle relative aux paradoxes et aux antinomies a été largement développée (cf. par exemple [4] pour les fondements de la théorie des ensembles, [18] sur les débats à propos de l'imprédicativité, etc.) et nous ne nous étendrons pas sur ce point. Remarquons seulement que parmi diverses méthodes qui visent à surmonter ces difficultés on trouve, à côté de « l'interdiction » de parler de la totalité (remplacement du schéma d'axiome de compréhension par le schéma d'axiome de séparation par exemple), l'élaboration de théories des types qui conduisent à distinguer entre eux des « niveaux » de prédication. Ce qui évoque fortement une sorte de recours à un réductionnisme conceptuel qui d'un côté introduit en effet des niveaux d'organisation (relativement aux langages et aux significations notamment) et de l'autre s'interdit de faire intervenir dans la théorie une « transcendance » abstraite (le tout) au profit d'une analyse des hiérarchies constructibles.

3.4. Tentons de discuter certaines de ces considérations au moyen de quelques exemples dont certains ont déjà été invoqués (voir aussi [19], [20]).

Nous avons vu que le concept de fonction vitale ne peut se dissocier d'une compréhension en termes de niveaux d'organisation du fonctionnement interne de l'entité biologique à quoi on la rapporte; en effet la fonction vitale est précisément ce qui assure le passage d'un niveau de fonctionnement à un autre, en même temps que l'intégration des parties dans le tout.

De ce point de vue, la spécification d'une fonction physiologique vitale est solidaire de la représentation doublement réductionniste de l'objet biologique. Le niveau vient alors en tiers entre le pôle de la réduction analytique et « atomistique » et celui de la réduction morphologique, tandis que la fonction physiologique assure la transition opératoire (et conceptuelle) entre niveaux. A l'inverse, nous avons conjecturé qu'une représentation de type auto- ne laisse pas vraiment de place à la notion de fonction vitale dans l'acception prise ici, pas plus qu'à celle de niveau objectif, attribuable à l'objet d'étude. De fait, la genèse et le développement du système auto- renvoient essentiellement à une circularité décrite notamment en termes de clôture organisationnelle. Si une émergence semble avoir lieu c'est, par exemple, par un effet de récursivité d'une application dont les résultats successifs se présentent comme de plus en plus complexes au fur et à mesure qu'elle opère (ce que nous avons considéré comme une complexification dans un niveau); si niveaux on distingue, c'est à partir d'une caractérisation principalement nominale, à partir du langage. En effet, la représentation auto- tolère mal la discontinuité

constitutive du niveau objectif (par passage à une limite infinie et changement effectif d'objet pertinent) : elle privilégie une image quelque peu continuïste dont s'extrait des figures complexes pour lesquelles le découpage dans la séquence de leur production demeure assez arbitraire et ne peut être assignée à une phénoménalité totalement objectivée. D'où proviendraient, de son point de vue, de telles discontinuités ? La circularité s'exerce, presque par définition, sur un seul et même niveau de constitution et ce n'est que dans la suite de ses opérations que l'on peut discerner des figurations complexes interprétables, mais un peu arbitrairement, en termes de nouveautés. En fait il semble qu'en profondeur on ait ici affaire à une attitude principalement herméneutique, alors qu'avec les réductionnismes, la nature de l'interprétation est celle que l'on cherche à associer aux postulats de la connaissance objective (ce qui ne veut évidemment pas dire que l'auto- ne se veut pas à la recherche d'une connaissance objective, mais c'est la définition de celle-ci qui se trouve modifiée).

Une question intéressante serait de parvenir à trouver dans les démarches et catégorisations d'une attitude, les répondants à celles de l'autre et les moyens d'interprétations mutuelles (dans les pratiques effectives, par delà l'aspect strictement formel que nous avons envisagé plus haut) : la circularité joue-t-elle ici, et dans quelles limites, le rôle que joue la fonction vitale, là ? Le niveau ici, peut-il être mis en correspondance avec une sorte de changement de régime, et lequel, dans une dynamique récursive, là ?

Enfin, plus brièvement, dans le secteur de la physique, on peut rappeler qu'assez récemment, une théorie physico-mathématique à caractère typiquement auto- a été portée candidate à l'interprétation et à la classification des particules élémentaires et de leurs interactions : la théorie dite du « bootstrap » qui incitait à concevoir les particules comme composées mutuellement les unes des autres, interactivement, de même que pour les particules et interactions entre elles. Cette théorie n'a pas été corroborée par l'expérience (c'est la chromodynamique quantique, avec ses quarks et ses gluons, qui est venue jouer le rôle qu'elle s'était assignée) mais elle demeure un exemple raisonnable et viable d'une théorie mathématisée acceptable, recourant explicitement au paradigme auto- d'un point de vue autant « métaphysique » que technique.

3.5. Avant d'en terminer sur ce point, il nous semble important de faire deux remarques de contenus et de portée très différents.

Tout d'abord nous ne pouvons éviter de remarquer que, pris sous un angle un peu « métaphysique » (c'est-à-dire en ce qu'il peut avoir de métaphysique et non de technique), le point de vue auto- conduit à ce que l'on pourrait appeler une *solipsisation des objectivités* dans le cadre de laquelle se pose avec

acuité le problème des rapports entre elles de ces objectivités auto-constituées (ou en voie de l'être) : nous sommes en effet confrontés à une sorte de « monadologie » nouveau style. Il s'ensuit que, assez curieusement, le point de vue auto-, quand on le considère pour chaque système en cours de fonctionnement, va d'une certaine façon à l'encontre de la conception holistique qu'il entend pourtant illustrer et légitimer. En effet, comme nous l'avons déjà indiqué, c'est la question de l'existence et du passage entre eux des niveaux d'intégration, qui constitue une des difficultés majeures : ils ne participent ni de l'entité, ni de ses interactions constituantes et il faudrait qu'ils puissent ressortir à un régime différent d'objectivité et de constitution, ce qui ne manque pas d'apparaître paradoxal.

D'autre part, il faut souligner fortement que cette discussion a été menée essentiellement par rapport aux objectivités et phénomènes naturels ; le domaine des significations et relations humaines n'y est pas inclus, et notamment pas l'usage communicationnel et argumentatif du langage. Si nous reprenons un exemple déjà abordé au chapitre III, on notera que la thèse de l'a priori transcendantal de la communauté communicationnelle ([21], [22]) dont on peut considérer ici qu'elle revient en quelque sorte à faire de la langue (ou, plus généralement de la communication) une condition de possibilité de l'usage de la langue (de la communication), engage aussi une auto-référenciation de principe. Mais celle-ci n'a pas le statut de l'imprédicativité logique (ce que souligne d'ailleurs Apel en la distinguant de celle qui nécessite une « hiérarchie illimitée de métalangages, métathéories, etc. » — et qui conduit, ainsi qu'on l'a rappelé plus haut, à élaborer une théorie des types). Au contraire cette auto-référenciation communicationnelle est un moyen de remplir une exigence de non contradiction par rapport à celle qui est susceptible de se révéler dans l'auto-réfutation à quoi est exposée toute position d'externalité sur la langue qui ne se réduirait pas à une tautologie généralisée. D'autre part elle peut aussi être considérée comme fondatrice presque au sens de l'axiome de fondation en théorie axiomatique des ensembles : en même temps que le danger d'auto-réfutation, elle écarte la menace de la régression à l'infini. Enfin elle ne constitue pas, non plus, complètement un cercle : elle ne dit rien dans la langue et ce qu'elle dit sur la langue n'est que la condition de possibilité de la langue à pouvoir prédiquer dans et sur elle-même en tant qu'elle constitue une unité dynamique.

Ainsi apparaît-il que le fonctionnement formel de la représentation auto- (voire de la théorie, comme ce peut déjà être le cas dans certains domaines de la biologie, avec le système immunitaire par exemple [23]) ne saurait s'appliquer indifféremment à tous les secteurs d'analyse scientifique : dans les cas où les structures logiques détiennent une position dominante en matière

d'explication ou de formalisation, la question de la confrontation aux paradoxes est essentielle; dans le cas où c'est au contraire les systèmes de significations, argumentations, communications intersubjectives qui sont engagés, c'est la question de la fondation qui devient la plus importante.

ANNEXE

Quelques remarques sur l'auto-référence et l'imprédictivité

Il n'est évidemment pas question ici de revenir longuement et de façon approfondie sur tous les travaux relatifs à ces questions (*voir* bibliographie de ce chapitre) mais seulement de faire quelques remarques qui peuvent apporter un éclairage particulier dans la perspective des discussions précédentes. Techniquement parlant nous nous attacherons plus spécialement à quelques commentaires à propos de l'argument diagonal puisque c'est très fréquemment de ce point de vue que se sont développées les approches modernes.

A. 1. En fait, dans l'argument diagonal originaire (dont nous rappelons plus bas la teneur à l'occasion de son analyse), on peut considérer que l'auto-référence qui s'y manifeste se situe dans le télescopage entre eux de deux niveaux distincts. Précisons en prenant le cas de la démonstration d'existence de la propriété d'indénombrabilité de l'ensemble des fractions décimales (mais l'argument vaudrait aussi bien pour l'établissement de la cardinalité de l'ensemble des fonctions par rapport au continu, ou pour la démonstration du fait que la puissance de l'ensemble des parties d'un ensemble est strictement plus élevée que celle de l'ensemble de départ).

Le premier niveau en question se situe dans la numérotation des digits d'une fraction décimale quelconque, d , écrite sous forme d'une suite infinie de chiffres (en base 10 pour plus de simplicité et avec les conventions habituelles sur la suite des 9 dans le cas où elle se terminerait normalement par des zéros), soit :

$$d = 0, a_1 a_2 \dots a_k \dots \quad (0 \leq a_j \leq 9) \quad \left(d = \sum_{k=1}^{\infty} a_k 10^{-k} \right)$$

Cette numérotation concerne la fraction elle-même et la définit extensionnellement en stipulant la valeur de chaque chiffre après la virgule. Il s'agit d'une numérotation pour ainsi dire « interne » qui caractérise la construction

de l'objet mathématique lui-même et qui ne prend nullement position sur l'existence ou non d'un ensemble qui regrouperait de tels objets. Il n'y a à ce niveau aucune manifestation d'auto-référence.

Le second niveau — qui est celui où s'énonce l'hypothèse qui sera réfutée — fait aussi intervenir une numérotation, celle des fractions décimales elles-mêmes. Dans un premier temps cette numérotation suppose (i) qu'il existe un ensemble de toutes⁵ les fractions décimales D (ici peut se situer une première occasion d'imprédictivité si nous sommes amenés à recourir à l'ensemble D , caractérisé comme contenant tous les d , pour définir un de ses éléments d), et (ii) que cet ensemble est de cardinalité dénombrable (puisque l'on suppose pouvoir en numérotter tous les éléments), ce que l'on démontrera précisément être faux par l'usage de la preuve diagonale. Cette numérotation peut être qualifiée d'« externe » (relativement à l'objet « fraction décimale ») en ce qu'elle porte sur la suite des fractions décimales indépendamment de la valeur précise de chacune d'elle, c'est-à-dire indépendamment de la suite interne des chiffres qui la définissent.

La combinaison de ces deux numérotations pour désigner une fraction parmi d'autres conduit à introduire des symboles à deux indices $a_{i,k}$, l'un référant à la numérotation interne, disons le second, et l'autre à la numérotation externe; en bref :

$$d_i = \sum_{k=1}^{\infty} a_{i,k} 10^{-k}$$

La substance de la preuve consiste alors à montrer que, bien que toutes les fractions décimales soient censées être représentées par les d_i (c'est l'hypothèse), on peut néanmoins construire un objet qui est une fraction décimale et qui n'appartient pas à l'ensemble des d_i . Cette contradiction avec l'hypothèse conduit à abandonner (ii) et à conclure que l'ensemble D est indénombrable. C'est dans la construction du nouvel objet que nous venons d'évoquer qu'on fait appel (outre le recours à la totalité) à une forme de circularité en mettant systématiquement en correspondance les deux types de numérotations pour leur faire jouer un rôle similaire, en sorte qu'elles deviennent interchangeable (c'est ce que nous avons appelé le télescopage des niveaux). Considérons cette étape. Elle consiste en deux moments :

5. Il y a dans cette référence à la totalité, un premier aspect susceptible d'être discuté (*cf.* l'analyse des antinomies logiques). Nous ne nous y attarderons pas ici.

1. on identifie entre elles les « natures » des deux numérotations en faisant jouer le même rôle conceptuel aux deux indices des coefficients (sans évidemment les permuter),

2. on considère chaque fraction décimale de façon privilégiée sous l'aspect pour lequel la permutation des indices est licite, à savoir le digit diagonal (tel que $i=k$).

Dans ces opérations, d'une part l'identification entre les deux numérotations se renforce (puisque l'on privilégie le rôle des coefficients diagonaux pour lesquels les indices sont permutable) et d'autre part on assiste à une réduction considérable de l'« identité » (si l'on peut dire) des éléments, puisque l'importance de l'expression complète des fractions est minorée au profit de leur caractérisation diagonale (à la limite on peut dire que sémantiquement la nature de l'objet se modifie en passant d'une ontologie numérale effective à une sorte d'ontologie symbolique abstraite).

Il suffit ensuite de construire la fraction décimale complète d^* , au moyen d'une procédure qui impose que chaque p -ième digit soit différent de a_{pp} , pour être sûr que d^* ne figure pas déjà dans la numérotation envisagée (qui était pourtant censée avoir répertorié toutes les fractions décimales). De cette contradiction, et si on ne remet pas en cause l'hypothèse selon laquelle il existe un ensemble de toutes les fractions décimales, on conclut que l'hypothèse de dénombrabilité de D est fautive et que sa cardinalité est strictement supérieure au dénombrable (le continu).

On remarquera au passage le traitement différent réservé aux conclusions mathématiques par rapport à des conclusions de type plus logiques. Dans les démonstrations relatives aux mathématiques, ce sont les propriétés des ensembles qui font principalement l'objet de la mise en cause en cas de contradiction apportée par la preuve diagonale (ici la dénombrabilité de D); dans l'attitude de la logique mathématique, en revanche, ce sont les questions d'existence qui prévalent pour la résolution des antinomies (par exemple la non-existence de l'ensemble de tous les ensembles). Les effets théoriques également semblent différents: dans le premier cas on assiste plutôt à un enrichissement ontologique (ensembles de cardinalités supérieures, théories du transfini) et dans le second, plutôt à une restriction méthodologique (distinction entre types logiques par exemple). Le traitement de l'imprédictivité énonciative semble se situer en position intermédiaire selon qu'elle est à dominante syntaxique ou sémantique. Le facteur déterminant qui gouverne ces diverses attitudes semble donc associé à la pertinence plus ou moins grande (voire à l'existence ou non) d'un contenu plus ou moins intuitif: s'il joue un rôle essentiel la contradiction aura tendance à être imputée aux propriétés, sinon c'est la consistance de l'entité formelle en tant que telle qui sera plutôt mise en

question. Un peu comme pour les langages où la règle permet ou interdit la formation de formule (intervient au niveau de l'existence possible) alors que c'est la question de la vérité ou de la fausseté qui rend recevables ou non les contenus propositionnels.

Dans le même esprit, sur ce point, notons que le rapport entre la structure de l'argument diagonal et celle de l'antinomie de Russell est souligné et discuté notamment par A. A. Fraenkel (*Abstract Set Theory*, North-Holland, 1976) à propos de la démonstration de Cantor sur la cardinalité de l'ensemble des parties d'un ensemble (cette démonstration, sur laquelle nous ne revenons pas, est d'autant plus éclairante pour notre propos actuel qu'elle met en jeu explicitement l'appareil technique de la théorie des ensembles et de leurs relations d'appartenance, au même titre que pour l'antinomie de Russell). Mais Fraenkel prend également soin d'indiquer que les rôles que jouent ces deux preuves sont très différents: dans le cas de l'ensemble des parties, la méthode réfute une hypothèse précise et arbitraire (ce que nous avons rapporté à des propriétés d'un contenu), tandis que dans le cas de l'antinomie, c'est la définition d'un ensemble vague qui est rejetée (ainsi ce n'est pas le principe du tiers exclu, par exemple, que l'on considère comme réfuté).

A.2. Le télescopage des deux niveaux qui se trouve à l'origine de ces difficultés peut encore être considéré comme l'établissement d'une bicircularité qui s'exprime une fois en termes de négation (dans un mouvement de définition) et une fois en termes positifs (dans un mouvement de déduction). Pour expliciter ce point il sera plus efficace (pour des raisons de clarté) de prendre appui cette fois sur la démonstration, toujours par preuve diagonale, selon laquelle l'ensemble des fonctions a une cardinalité supérieure à celle du continu.

Supposons d'abord que cette cardinalité de l'ensemble des fonctions est celle du continu. Alors toute fonction $f(x)$ sur $[0, 1]$ par exemple peut être mise en correspondance bijective avec un réel z de cet intervalle. Soit donc $f_z(x)$ cet ensemble de fonctions. Définissons alors, toujours sur $[0, 1]$, la fonction $g(z)$ telle que, pour tout z , $g(z)$ est différente de $f_z(z)$ (c'est toujours possible). Puisque $g(z)$ est une fonction sur $[0, 1]$ elle peut se mettre, par hypothèse sous la forme d'une $f_u(x)$; et en particulier $g(u) = f_u(u)$, ce qui est contraire à l'hypothèse de construction de g . D'où l'on déduit qu'il n'y a pas de bijection entre l'ensemble des fonctions et le continu.

Il apparaît nettement que l'on fait intervenir deux fois la circularité: une fois pour construire [selon un mode négatif: $g(z) \neq f_z(z)$, comme on avait, plus haut, $b_k \neq a_{k,k}$] et une fois pour dériver la contradiction [selon un mode positif $g(u) = f_u(u)$]. C'est exactement ce qui se produit dans la présentation

de l'antinomie de Russell (on construit d'abord l'ensemble des ensembles qui ne sont pas membres d'eux mêmes et l'on montre ensuite qu'un tel ensemble doit être membre de lui-même).

Dans une certaine mesure le paradigme auto- n'est pas exempt de ce caractère bicirculaire et, ce faisant, est peut-être exposé dans son développement à certains éléments paradoxaux. Ainsi, un système auto-organisé se définit-il aussi, comme tout système déterminé, en contraste avec son environnement (en se séparant de lui, négativement en quelque sorte) mais en même temps son processus auto-poïétique exige, s'il n'est pas isolé (ce que rejette *a priori* la conceptualisation auto-), que d'une certaine façon (et déductivement cette fois, pour ainsi dire), l'environnement le constitue, voire même qu'il tend à être lui-même son environnement (via la connaissance, par exemple, par quoi l'autonomie se constitue en rupture et avec l'altérité). Une telle représentation côtoie l'antinomie formelle que nous avons discutée: relativement à l'hétéro-, l'auto- peut apparaître comme «diagonal» (en un sens métaphorique par rapport à l'argument: comme appartenant exhaustivement au monde qui le détermine et l'environne)... pourvu qu'il ne le soit pas (c'est-à-dire qu'il se définisse comme n'y appartenant pas, au sens où il n'y est pas réductible); ce qui revient à gloser: «l'auto-, par définition, n'est pas réductible, d'où l'on déduit formellement qu'il l'est».

RÉFÉRENCES

- [1] F. BAILLY et J. PETITOT, *Les mathématiques: de la diversité à l'unification*, Enc. Univ., Symposium, 1990.
- [2] A. LAUTMAN, *Essais sur l'unité des mathématiques*, U.G.E., 1977.
- [3 a] J. CAVAILLES, *Philosophie mathématique*, Hermann, Paris, 1962.
- [3 b] J. CAVAILLES, *Méthode axiomatique et formalisme*, Hermann, Paris, 1981.
- [4 a] J.-M. SALANSKIS, Le continu et l'herméneutique, in: *Rationalité et objectivités de la Science*, Colloque de Cerisy, 1988.
- [4 b] J.-M. SALANSKIS, L'arithmétique prédicative, ou l'herméneutique des nombres entiers, *Sém. Phil. Math.*, E.N.S., 1990.
- [5 a] J. PETITOT, Refaire le Timée, *Rev. Hist. Sc.*, XL, 1, 1987, p. 79.
- [5 b] J. PETITOT, Logique transcendantale, synthétique a priori et herméneutique mathématique des objectivités, *Fund. Sci.*, 1990.
- [6] COLLECTIF, *L'explication dans les sciences*, Flammarion, Paris, 1973.
- [7] R. THOM, *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Interéditions, Paris, 1977.
- [8] S. SHAPIRO, Second order languages and mathematical practice, *J. Symbolic Logic*, 50, 1985.
- [9] J. PETITOT, Schématisation et interprétation, in: *Cahiers Confrontations*, n° 17, Aubier, Paris, 1987.

- [10] J. VUILLEMIN, *La logique et le monde sensible*, Flammarion, Paris, 1971.
- [11] M. HEIDEGGER, *Qu'est-ce qu'une chose?*, T.E.L., Gallimard, Paris, 1988.
- [12 a] J. G. FICHTE, La théorie de la science de 1804, *XXIV^e conférence*, Aubier Montaigne, 1967.
- [12 b] J. G. FICHTE, «id.», *XX^e conférence*.
- [13 a] G. W. F. HEGEL, *La raison dans l'histoire*, U.G.E., 1979.
- [13 b] G. W. F. HEGEL, *Préface à la phénoménologie de l'esprit*, Aubier, Paris, 1966.
- [14] A. A. FRAENKEL, Y. BAR-HILLEL et A. LEVY, *Foundations of set theory*, North-Holland, 1984.
- [15] J. L. KRIVINE, *Théorie axiomatique des ensembles*, P.U.F., 1969.
- [16] K. POPPER, Self reference and meaning in ordinary language, *Mind*, 63, 1954, p. 162.
- [17] J. M. SALANSKIS, *Critique*, n° 379, décembre 1978.
- [18] G. HEINZMANN, *Entre intuition et analyse*, A. Blanchard, Paris, 1985.
- [19] P. DUMOUCHEL et J.-P. DUPUY éd., *L'auto-organisation*, Colloque de Cerisy, Seuil, Paris, 1983.
- [20] *Cahiers du C.R.E.A.*, n° 8, Généalogies de l'auto-organisation, C.R.E.A., 1985.
- [21] K. O. APEL, La question d'une fondation ultime de la raison, *Critique*, n° 413, oct. 1981.
- [22] J. HABERMAS, La modernité: un projet inachevé, *Critique*, n° 413, oct. 1981.
- [23] F. VARELA, Réseaux immunitaires: modèles et applications, *Séminaire Synergie et cohérence dans les systèmes biologiques*, 1988.