

UNIVERSITÉ LAVAL

CÉLAT

JEUDI 24 OCTOBRE 1996

## VERS UNE PHYSIQUE DE L'ESPRIT:

LES SCIENCES HUMAINES COMME SCIENCES DE LA NATURE

JEAN PETITOT

EHESS, PARIS

[petitot@poly.polytechnique.fr](mailto:petitot@poly.polytechnique.fr)

<http://www.ehess.fr/centres/cams/person/petitot.html>

*Science adds to the wonders of  
appearance the wonders of  
explanation.*

Herbert Simon

*Prenez intérêt, je vous en conjure, à  
ces demeures sacrées que l'on désigne  
du nom expressif de laboratoires. [...] C'est  
là que l'humanité grandit, se fortifie et  
devient meilleure. Elle y apprend à lire  
dans les œuvres de la nature, œuvres de  
progrès et d'harmonie universelle, tandis  
que ses œuvres à elle sont trop souvent  
celles de la barbarie, du fanatisme et de  
la destruction.*

Louis Pasteur

### INTRODUCTION

Je remercie vivement Monsieur le Professeur Laurier Turgeon et le Célat, Gilles Ritchot, Gaëtan Desmarais et Andrew Quinn, pour cette aimable invitation. C'est pour moi un grand plaisir que de me trouver ici, un plaisir et une émotion car c'est dans la revue *Etudes littéraires* de l'Université Laval que, grâce à mon ami Pierre Ouellet, j'ai

publié mon premier article de fond concernant l'application des modèles morphodynamiques de René Thom à la sémiotique greimassienne.

Chers collègues, Mesdames et Messieurs.

J'aimerais, dans une perspective relevant du rationalisme et de l'humanisme scientifique des Lumières, discuter un certain nombre de points épistémologiques concernant l'extension des sciences de la nature aux sciences humaines. La naturalisation du sens est sans doute l'une des grandes affaires de cette fin de siècle.

Mon exposé comprendra trois parties.

Dans une première partie je rappellerai certaines caractéristiques fondamentales des sciences naturelles exactes.

Je reviendrai ensuite sur le fait que ces caractéristiques disjoignent l'objectivité scientifique du sens commun et de l'expérience vécue phénoménologique. Ce conflit — cette schize comme dirait René Thom — est une donnée fondamentale de l'histoire des sciences.

Enfin, dans une troisième partie, je me focaliserai sur l'un des plus importants progrès scientifiques contemporains qui concerne la naturalisation et l'objectivation du sens commun et de l'expérience phénoménologique. Les techno-sciences ont tellement élargi leur champ d'action qu'elles se sont progressivement approprié des domaines de réalité qui semblaient leur échapper en vertu d'une irréductible exception ontologique. Déjà le vivant avait été naturalisé et objectivé à travers les progrès de la biologie moléculaire. Maintenant c'est la cognition, l'esprit (au sens anglo-saxon du *mind*) et le social qui perdent leur exception ontologique. On aboutit ainsi à un monisme ontologique naturaliste dont, nous allons le voir, les conséquences seront sans doute assez considérables.

## **I. SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES ÉPISTÉMOLOGIQUES DES SCIENCES NATURELLES EXACTES**

Il existe deux dimensions complètement différentes des sciences naturelles, l'aspect empirique-descriptif et l'aspect théorique-mathématique. Elles correspondent respectivement à ce que Kant appelait les "arts systématiques" et les "sciences proprement dites".

Le premier aspect est en fait commun à la plupart des sciences, y compris aux sciences historiques et sociales. Quand un François Braudel étudie dans la longue durée l'évolution de la monnaie ou de la démographie dans le bassin méditerranéen, il n'opère pas si différemment d'un astrophysicien ou d'un géologue.

Le second aspect, théorético-mathématique, est lui beaucoup plus spécifique. Il n'existait jusqu'ici à un état probant que dans les sciences physiques. Je vais y revenir.

## 1. Les sciences empirico-descriptives

Les sciences empirico-descriptives reposent sur un ensemble d'activités cognitives et de méthodes expérimentales que l'on peut considérer comme un raffinement d'activités et de méthodes déjà constitutives de l'expérience commune. Ce sont d'abord des disciplines d'observation. En général les moyens d'observation y sont à la fois épurés, contrôlés et considérablement augmentés par les instruments de laboratoire et leurs protocoles expérimentaux. Ils permettent de collecter des masses énormes de données fiables, significatives et souvent reproductibles.

Ces sciences sont ensuite systématiques au sens où elles classifient et organisent ces données : pensez à la géologie, à la botanique, à la paléontologie ou à la classification des objets stellaires.

Enfin ces sciences sont rationnellement descriptives au sens où elles conceptualisent leurs données et, à partir de cette conceptualisation, effectuent des inférences démonstratives.

Une théorie conceptuelle-descriptive est une hiérarchie définitionnelle de concepts établissant de façon complexe des liens entre d'une part des concepts empiriques élémentaires et d'autre part des catégories formelles a priori, des postulats et des universaux : objet, relation, continu/discontinu, etc. C'est en général une stratification de métalangages qui comprend un langage de description avec des concepts opératoires, un langage méthodologique analysant les concepts descriptifs et les procédures permettant la représentation théorique d'un objet, un langage épistémologique où s'analysent les axiomes, les principes et les hypothèses.

Il existe des méthodes formelles universelles qui s'appliquent pratiquement à toutes ces sciences. Par exemple :

- (i) les méthodes d'acquisition et de traitement du signal ;
- (ii) les méthodes statistiques de traitement de données comme l'analyse de corrélations et l'analyse factorielle ;
- (iii) les méthodes d'analyse dynamique de série temporelles ;
- (iv) d'un autre côté, l'analyse logique des concepts et des contenus théoriques: toute discipline se doit de clarifier la signification opératoire de ses concepts; elle a besoin pour cela d'une formalisation, et même, quand cela est possible, d'une axiomatisation (l'axiomatisation de la physique était d'ailleurs l'un des problèmes de Hilbert).

Ces méthodes sont maintenant pour la plupart automatisées dans le cadre des approches computationnelles : pensons par exemple à l'analyse automatique dans le télescope Hubble des signaux cosmologiques issus des amas galactiques très lointains au moyen d'algorithmes de type ondelettes, ou pensons en IA aux techniques de représentation des connaissances et aux systèmes experts qui à partir de bases de connaissances et de moteurs d'inférence permettent d'automatiser des raisonnements spécialisés comme ceux du diagnostic médical.

Mais comme “art systématique”, serait-il automatisé, les sciences empirico-descriptives ne constituent que des *demi*-sciences. Ce ne sont pas des sciences “proprement dites”. Il leur manque une composante essentielle que l’on n’a trouvée longtemps qu’en physique mathématique. C’est sur ce point que j’aimerais maintenant me focaliser.

## 2. Les sciences physico-mathématiques

Les deux cas typiques et extrêmes de formalisation que j’ai évoqués: traitement des données empiriques et axiomatisation des concepts théoriques ne constituent pas à proprement parler une modélisation scientifique. Les méthodes mathématiques utilisées y sont en effet générales, de portée universelle, et par conséquent *indépendantes* des sources des données et des domaines d’objets auxquels elles se trouvent appliquées. C’est même cela toute leur force. Or, il n’y a modélisation au sens fort que lorsque les méthodes sont *spécifiques* de la conceptualisation théorique d’un domaine particulier d’objets (ce que Husserl appelait une ontologie régionale). La modélisation a en effet pour but la *reconstruction* des phénomènes d’un domaine de réalité à partir de ses concepts constitutifs.

Je pense qu’il s’agit là de la meilleure façon de comprendre la spécificité de la physique mathématique: elle réussit à *reconstruire la diversité phénoménale à partir des concepts théoriques*. Cela y change complètement le statut et la fonction des concepts.

Il ne s’agit plus de subsumer par abstraction la diversité empirique sous l’unité des concepts et des catégories théoriques. Il s’agit de transformer les concepts en algorithmes de reconstruction de la diversité phénoménale à partir des données informationnelles. Autrement dit, la subsumption conceptuelle doit pouvoir se convertir en *synthèse computationnelle*. Cela n’est évidemment possible que parce que les phénomènes sont des phénomènes et non pas des réalités ontologiques. On ne peut pas reconstruire l’être, mais on peut reconstruire l’apparaître.

Pour illustrer ce point revenons un bref instant à l’exemple physique princeps de modélisation fourni par la loi de la gravitation universelle. Elle exprime des principes physiques généraux (par exemple, des symétries, des principes de moindre action et des lois de conservation), mais sous la forme d’une structure mathématique très particulière, à savoir une équation différentielle. Les *solutions* de cette équation permettent de reconstruire avec une précision quantitative sidérante les trajectoires d’un nombre incalculable de systèmes gravitationnels.

En ce sens, on peut ainsi dire que la modélisation a pour fonction *d’inverser* les procédures d’abstraction et de subsumption conceptuelles qui conduisent de la diversité des phénomènes à des concepts, à des catégories et à des principes unificateurs. En

physique, la traduction de ces derniers en équations différentielles permet de réengendrer la diversité des phénomènes comme ensemble de solutions.

Dans les sciences proprement dites, on passe donc du concept comme unité abstraite de *signification* au concept comme *calcul* permettant la synthèse computationnelle. Or, il n'y a que les mathématiques qui peuvent transformer des significations en algorithmes. C'est même là leur fonction principale. C'est pourquoi Kant avait fondamentalement raison en affirmant que toute science "proprement dite" était nécessairement mathématique.

Précisons les différents moments d'une telle conversion conceptuelle.<sup>1</sup>

D'abord les concepts que l'on transforme en algorithmes doivent évidemment être les concepts empirico-descriptifs et eidético-constitutifs du domaine. Comme nous l'avons vu, il y aura dans cette base conceptuelle des catégories et des concepts analytiques relevant de l'ontologie *formelle* (objet, tout/partie (méréologie), ensemble, système, état d'un système, cause, interaction, transformation, etc.) ainsi que des catégories et des concepts synthétiques plus spécifiques relevant de l'ontologie *régionale* considérée. Ces a priori analytiques et synthétiques ne sont pas de nature empirico-descriptive mais de nature *prescriptive* (eidético-constitutive).

L'objectivité est en effet un ordre prescriptif de légalité, et c'est d'ailleurs pourquoi elle se distingue de toute ontologie. Les phénomènes ne sont insérables dans des dispositifs expérimentaux et théoriques que s'ils sont au préalable *qualifiés comme objets*. En plus de l'ordre descriptif, toute connaissance présuppose donc dans son principe un ordre prescriptif normatif (juridique) de légalité objective. Le concept normatif d'objet est présupposé à titre de condition de possibilité par toute activité scientifique. Il *anticipe* et prédétermine prescriptivement ce qui appartient en général et typiquement aux phénomènes de la région considérée.

Tout le problème est alors d'interpréter mathématiquement le contenu de ces concepts. Il s'agit là de ce que j'ai proposé d'appeler au début des années 80 une *herméneutique mathématique des catégories théoriques*. Mais dans quel univers mathématique doit-on chercher les structures permettant une telle interprétation? C'est ici qu'il faut faire droit à un fait fondamental. Par définition, les phénomènes ne sont pas des réalités en soi mais des entités relationnelles qui se manifestent à un observateur. Ils ne peuvent être pensés (conceptualisés) que s'ils se donnent au préalable et il existe une différence fondamentale entre le donné (*gegeben*) et le pensé (*gedacht*). C'est la problématique classique de la *présentation* et de la monstration — de la *Darstellung* — comme opposée à celle de la *représentation* — de la *Vorstellung*.

Or, la présentation phénoménale est a priori contrainte par des *formes de la manifestation*. Pour les phénomènes perceptibles il s'agit essentiellement des intuitions

---

<sup>1</sup> Cf. Petitot [1981].

pures de l'espace et du temps. Pour les phénomènes micro-physiques quantiques il s'agit de la mesure. Les deux ne sont d'ailleurs pas si différents que cela car les photorécepteurs rétiniens qui initient la chaîne du traitement de l'information visuelle sont d'extraordinaires détecteurs de photons, ce sont des appareils de mesure construits par l'évolution biologique.

La règle d'or est alors que c'est à partir de la mathématisation des formes de la présentation phénoménale que l'on doit interpréter les catégories et les concepts. On retrouve aussi les problématiques kantienne de l'Esthétique transcendantale, du schématisme transcendantal et, surtout, de la *construction* des catégories de l'objectivité.

On retrouve aussi l'idée, chère au Cercle de Vienne, d'un a priorisme grammatical conformément auquel les mathématiques constituent une syntaxe pour la légalisation des objets. Mais ici ce sont les mathématiques permettant de mathématiser les formes de la manifestation qui déterminent le type de syntaxe approprié. Celle-ci n'est donc pas conventionnelle au sens d'arbitraire. Elle est motivée par une esthétique transcendantale.

Cela implique deux classes de problèmes :

D'abord des problèmes intra-mathématiques.

Les intuitions donatrices originaires qui sont les conditions de possibilité de la présentation ne sont pas mathématiques en tant que telles. Leur mathématisation change leur statut. Chez Kant cela correspond au passage de l'exposition métaphysique à l'exposition transcendantale dans l'Esthétique transcendantale et à celui des formes de l'intuition aux intuitions formelles dans la célèbre note du § 26 qui clôt la Dédution transcendantale. Le problème est techniquement d'une extrême difficulté. Par exemple on sait que la mathématisation du continu intuitif pose des problèmes inouïs encore largement ouverts malgré l'Analyse non standard et l'introduction d'axiomes platoniciens d'existence de grands cardinaux dans la théorie de Zermelo-Fraenkel, axiomes permettant de démontrer de bonnes propriétés de régularité du continu qui, sans eux, resteraient indémontrables à cause du théorème d'incomplétude de Gödel..

Une fois que l'on dispose des mathématiques propres à une Esthétique transcendantale on peut alors aborder les problèmes herméneutiques extra-mathématiques posés par la construction des catégories. En physique, celle-ci consiste essentiellement à ramener les catégories dynamiques de causalité et d'interaction à des principes de conservation et de covariance eux-mêmes issus de principes de symétrie constitutifs.

Pour la mécanique classique c'est ce que Kant réussit en partie dans les *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*.

Mais plutôt que d'y revenir je préfère considérer la façon dont s'élaborent les différentes théories quantiques des champs de la physique contemporaine et, en particulier, les théories de jauge.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Pour des précisions, cf. Petitot [1992b] et [1997].

Dans les théories de jauge c'est non seulement la catégorie de force (comme dans la relativité générale) mais aussi la catégorie *d'interaction* qui se trouve ramenée à des principes de symétries élargis.

Depuis les travaux pionniers de Chen Ning Yang et Robert Mills (1954) sur l'invariance de jauge concernant l'isospin, il existe dans les théories de jauge deux classes de champs.

1) Les champs fermioniques de matière qui sont interprétés comme des sections de fibrés sur l'espace-temps. Les coordonnées des fibres sont les degrés internes de liberté. Le groupe structural (i.e. le groupe de symétrie des fibres) exprime les symétries internes des particules.

2) Les champs bosoniques de jauge qui sont des champs d'interactions véhiculées par des particules virtuelles d'échange (des bosons) et sont interprétés comme des connexions sur ces fibrés. Les particules véhiculant les interactions sont par conséquent les quanta des champs de connexions sur les fibrés de matière.

De façon générale, je rappelle qu'en théorie quantique des champs, on dispose d'une remarquable chaîne de procédures de déterminations objectives conduisant de principes constitutifs à des modèles explicites.

Les principes de relativité et de symétrie fournissent des Lagrangiens  $L$ , ou mieux, des densités de lagrangien  $L(\varphi, \partial_\mu \varphi)$  dépendant des champs  $\varphi(x, t)$  considérés et de leurs dérivées premières  $\partial_\mu \varphi$ . Cela permet de définir des actions  $S(\Gamma)$  sur des chemins  $\Gamma$  conduisant d'un état initial  $\varphi_i = \varphi(x, t_1)$  à un état final  $\varphi_f = \varphi(x, t_2)$  :

$$S(\Gamma) = \int L d^4x = \int_{t_1}^{t_2} \int_{\mathbb{R}^3} L(\varphi, \partial_\mu \varphi) d^3x dt$$

Les axiomes de la mécanique quantique conduisent alors de l'action  $S(\Gamma)$  à la formule de Feynman (intégrale de chemin) pour l'amplitude de probabilité de transition ( $\hbar$  est la constante de Planck):

$$\langle \varphi_f | \varphi_i \rangle = \int_{\Gamma} \exp\left(\frac{2i\pi}{\hbar} S(\Gamma)\right) d\Gamma$$

Il s'agit d'une intégrale fonctionnelle dans l'espace fonctionnel des chemins. Elle n'est pas bien définie comme objet mathématique (c'est l'un des principaux problèmes de la théorie quantique des champs), mais elle fournit néanmoins un algorithme de calcul extraordinairement puissant.

Il est bien connu que cette formule (qui est analogue aux fonctions de partition  $Z$  de la mécanique statistique) encode une quantité énorme d'information. Il est possible d'en dériver un nombre considérable de modèles explicites, quantitatifs et prédictifs de la diversité phénoménale en utilisant des outils mathématiques appropriés.

On rencontre ici un splendide exemple d'une détermination objective conduisant de principes constitutifs à des modèles spécifiques et diversifiés: les principes constitutifs

(groupes de relativité, symétries) fournissent des Lagrangiens, qui fournissent à leur tour des intégrales de Feynman, qui fournissent elles-mêmes les modèles:

A priori constitutifs → Groupes de relativité et symétries → Lagrangiens →  
Action → Intégrales de chemins → Modèles spécifiques de phénomènes.<sup>3</sup>

Dans ce contexte, les théories de jauge ont réussi à construire *a priori* les interactions en faisant dépendre les symétries *internes* des systèmes (qui sont des symétries globales apparemment non spatio-temporelles associées aux nombres quantiques des particules) de la *position* spatio-temporelle. Si on localise ainsi ces symétries internes et si l'on exige que les théories demeurent invariantes sous ces symétries généralisées, on doit introduire des termes correctifs. On constate alors que ceux-ci redonnent exactement les termes d'interaction. Les forces et les interactions apparaissent ainsi de façon générale comme dérivables de principes de conservation *locaux*.<sup>4</sup>

Ce sont ces stratégies remarquables de détermination objective des phénomènes qui font dire aux physiciens, par exemple à Michio Kaku: <sup>5</sup>

“Nature *demands* symmetry”.

“Symmetry, instead of being a purely aesthetic feature of a particular model, now becomes its most important feature” (p. 8).

Comme je l'ai montré ailleurs, cette nature des théories physiques modernes, et en particulier le rôle constitutif des symétries permettant de construire les catégories à partir d'une Esthétique transcendantale, justifie pleinement la reprise d'une épistémologie transcendantaliste.

Cette optique est confirmée par les physiciens eux-mêmes. Comme l'affirme par exemple Jean-Marie Souriau, l'un des fondateurs de la quantification géométrique,

“il n'y a *rien de plus* dans les théories physiques que les groupes de symétrie *si ce n'est la construction mathématique* qui permet précisément de montrer qu'il n'y a rien de plus”.<sup>6</sup>

Cela est une parfaite définition de la construction: il n'y a rien de plus si ce n'est les mathématiques permettant de montrer qu'il n'y a rien de plus.

---

3 Cf. par exemple Itzykson, Zuber [1985] et Le Bellac [1988].

4 Cf. par exemple Quigg [1983].

5 Kaku [1988].

6 Souriau [1975].



Ce principe est devenu le principe de découverte majeur des théories physiques contemporaines. S'il y a des structures physiques empiriques supplémentaires c'est qu'il y a des symétries supplémentaires et que l'on n'a pas pris un groupe de symétrie approprié.

Le rôle déterminant des symétries en physique confère à l'objectivité physique un statut très particulier, qui oppose cette objectivité à toute ontologie substantialiste d'étants singuliers et individués, existant de façon transcendante comme entités séparées. Cette vieille tradition métaphysique aristotélicienne est incompatible avec la physique moderne. L'objectivité physique est *transcendantale* au sens où c'est une objectivité "faible" qui inclut dans son concept d'objet les conditions d'accès et les conditions de possibilité de détermination de ses objets. Plus précisément: ce qui est *accessible* à la théorie, son contenu positif, y est défini *négativement*, c'est-à-dire par ce qui lui est *inaccessible* (à cause des symétries). Les symétries imposent une auto-limitation à ce que la théorie peut connaître et dire qu'elles sont constitutives c'est dire que ce que la théorie peut connaître est déterminé par ce que la théorie ne peut pas connaître. Il s'agit là du principe de base qui disjoint l'objectivité physique de toute ontologie. On peut le qualifier de *principe galoisien* dans la mesure où un principe analogue a été formulé pour la première fois de façon claire par Galois dans la façon dont celui-ci a complètement repensé le problème de la résolution des équations algébriques.

## II. LA SCHIZE ENTRE SCIENCES EXACTES, SCIENCES HUMAINES ET PHÉNOMÉNOLOGIE DU SENS COMMUN

L'idéal de synthèse computationnelle des phénomènes n'a été jusqu'ici véritablement effectif qu'en physique et cela parce qu'on s'est restreint à une région très étroite et très contrainte de la réalité.

On a laissé en dehors de la reconstruction mathématique des régions immenses de phénomènes, même si de très nombreuses disciplines empirico-descriptives (des "arts systématiques") les ont étudiées en détail.

Je cite brièvement :

(i) toute la complexité morphologique et organisationnelle macroscopique des systèmes matériels ;

(ii) donc en définitive tout ce qui concerne la *phénoménalisation* de l'objectivité physique.

(iii) toutes les opérations cognitives : catégorisation, inférence, induction, etc. (on les a pensé en termes de structures logiques) ;

(iv) toute la région sémiotique des significations ;

(v) tout ce qui concerne les sciences historico-sociales.

Autrement dit, ce n'est qu'en restreignant la manifestation à sa forme la plus élémentaire (essentiellement des trajectoires de corps matériels, de fluides, de particules et de champs) que l'on a réussi à mener à bien le programme de reconstruction et de synthèse computationnelle. Pour les autres classes de phénomènes, le projet a rencontré pendant longtemps d'insurmontables obstacles épistémologiques.

C'est ainsi que s'est imposée l'"évidence" — en fait le préjugé — d'une scission irrémédiable entre d'un côté la phénoménologie (l'être manifesté du monde sensible apparaissant), les sciences humaines, l'esprit et, d'un autre côté, la physique (l'être objectif du monde matériel). Pensez par exemple à Wittgenstein ou à Heidegger. Cette disjonction dogmatique a transformé l'apparaître du monde sensible en apparences subjectives-relatives — en projections mentales — ne possédant aucun contenu objectif et relevant d'une psychologie. Au-delà d'une psychologie, on a admis tout au plus comme type d'objectivité de ces apparences une objectivité de type logique et/ou noématique (cf. les théories de la signification et des contenus mentaux, de Bolzano et de Frege, Husserl ou Russell jusqu'aux versions cognitivistes actuelles de la philosophie analytique).

Ce n'est pas le lieu ici d'aborder techniquement ces difficultés. J'évoquerai simplement deux exemples.

## 1. Husserl

Husserl a fort bien analysé la façon dont l'objectivation géométrique et physique du monde a détruit les essences morphologiques vagues de la manifestation sensible pour en faire de simples apparences à étudier psychologiquement.

Par exemple, dans la *Krisis* et dans son appendice qu'est *L'Origine de la Géométrie*,<sup>7</sup> il explique en détail que la géométrie et la physique n'ont pu devenir ce qu'elles sont qu'en s'"arrachant" au

"flux héraclitien des morphologies sensibles remplissant la spatialité intuitive" (p. 32),

c.a.d. au flux des données changeantes de l'expérience pré-scientifique, des "essences morphologiques vagues" et des formes anexactes proto-géométriques dans leur rapport d'adéquation aux concepts descriptifs de la langue naturelle.

C'est sur cette base que Husserl dénonce un "objectivisme" physicaliste qui en arrive à ce paradoxe de rendre incompréhensible la physique elle-même. Dans le § 52 des *Ideen I*,<sup>8</sup> "La chose selon la physique et la 'cause inconnue' des apparences", il dénonce

---

<sup>7</sup> Husserl [1976].

<sup>8</sup> Husserl [1950].

l'absurdité qu'il y a à soutenir que l'apparaître perçu n'est que l'indice d'une vérité physique transcendante, qu'il n'est que pure apparence subjective, "simulacre", "image-portrait", "signe" de la "vraie" chose physique (p. 171),

"une réalité totalement inconnue qui serait à l'égard des apparences une *cause* cachée qu'on pourrait seulement caractériser de façon indirecte et analogique par le biais de concepts mathématiques?" (p. 171).

Récemment, un vaste programme de naturalisation de la phénoménologie a été entrepris. Il montre que les critiques adressées par Husserl au naturalisme ne sont plus valables et que la synthèse de la phénoménologie avec le cognitivisme contemporain est désormais possible.<sup>9</sup>

## 2. Putnam

Hilary Putnam a également fort bien étudié le conflit entre le réalisme physique et le réalisme du sens commun qui traverse comme une schize notre conception moderne du réel. Dans son essai *The Many Faces of Realism*<sup>10</sup> il rappelle l'histoire de la distinction entre qualités premières et qualités secondes, l'impossibilité de réduire les qualités secondes à des fonctions mathématiques de variables physiques, ainsi que la genèse du dualisme entre, d'une part, l'objectivité physique (transformée subrepticement en l'ontologie d'une réalité en soi) et, d'autre part, la reconstruction cognitive du monde sensible à partir des sense data. Il rappelle, tout comme Husserl, à quel point ce dualisme spontané et naïf est dommageable.

Car partir du moment où elles sont inexprimables dans le langage de la physique fondamentale, comment penser les structures et les dispositions qualitatives ainsi que les causalités efficientes et finales génériquement présentées par le monde manifesté? Il faut remettre en question l'opposition communément acceptée entre propriétés intrinsèques (i.e. transcendantes, indépendantes de l'esprit, de la perception et du langage) et propriétés extrinsèques, apparentes, projetées, dispositionnelles. En effet:

"to explain the features of the commonsense world, including color, solidity, causality (...) in terms of a mental operation called «projection» is to explain just about every feature of the commonsense world in terms of thought"(p. 12).

La conséquence en est immédiate et fatale. Le réalisme s'inverse de fait en un pur idéalisme subjectif:

---

<sup>9</sup> Cf. Dreyfus [1982], Petitot [1993], [1994a], [1995a], ainsi que le volume *Naturalizing Phenomenology* à paraître chez Stanford University Press (J. Petitot, F. Varela, J-M. Roy, B. Pachoud, eds.).

<sup>10</sup> Putnam [1987].

“So far as the commonsense world is concerned (...) the effect of what is called «realism» in philosophy is to deny objective reality, to make it all simply thought”(p. 12).

H. Putnam explique alors que si l'on veut développer sur ces bases un monisme physicaliste, on est contraint d'interpréter les phénomènes mentaux comme des phénomènes physiques complexes et dérivés. Mais, ainsi que l'explicitent les thèses du fonctionnalisme, il n'y a pas de condition nécessaire et suffisante (CNS) caractérisant les contenus mentaux et les attitudes propositionnelles qui soit formulable dans le langage physique ou le langage computationnel. Une telle CNS serait en effet infinie et sans règles de construction effective. L'intentionnalité de la conscience demeure, semble-t-il, irréductible au physique et au computationnel. Mais alors, elle devrait être elle-même pensée comme projection, ce qui est absurde.

Comme on le sait, la réponse d'H. Putnam à ces apories de l'intentionnalité est celle d'un *réalisme interne* qui soit compatible avec un *relativisme conceptuel* (les méta-notions catégoriales d'objet, d'ensemble, d'existence, de réalité, de cause, etc. n'ont pas de sens absolu, mais seulement un usage) et permette de préserver le réalisme du sens commun tout en évitant les contradictions du réalisme métaphysique. Il existerait non pas de simples dichotomies mais des continua entre Sujet et Objet, Vérité et Usage, Projection et Réalité objective. Selon le réalisme interne, les métaconcepts d'être, de réalité, de vérité sont toujours relatifs au choix d'un langage et de schèmes conceptuels. Mais à l'intérieur de chaque schématisation l'objectivité et la vérité peuvent être atteintes. Le réalisme interne renoue donc, selon Putnam, avec l'idée kantienne de Logique transcendantale: en matière de science et de connaissance une ontologie de l'être en soi est contradictoire et doit être substituée par des ontologies régionales (au sens de Husserl) qui légalisent transcendentalement (catégoriellement et schématiquement) des domaines d'objets en prescrivant leur *type* d'objectivité. Les concepts d'être, de réalité, de vérité y sont subordonnés.

### **III. VERS UNE PHYSIQUE DE LA MANIFESTATION PHÉNOMÉNOLOGIQUE, DE L'ORGANISATION, DES FORMES ET DES STRUCTURES**

#### **1. Eliminativisme VS Mentalisme**

Focalisons-nous maintenant sur le problème de la naturalisation et de l'objectivation du sens commun et de l'expérience phénoménologique. Le problème n'est pas évident et a suscité de très nombreux débats. Les positions théoriques vont d'un éliminativisme physicaliste strict (à la Churchland) pour lequel le sens n'est qu'une

chimère artificielle à un mentalisme computationnel symbolique (à la Fodor) pour lequel il est réductible à sa forme logique.<sup>11</sup>

Une solution intermédiaire consiste à reprendre celle que Kant avait élaborée pour le problème de la structure des formes naturelles et de l'organisation fonctionnelle des organismes biologiques dans *La Critique de la Faculté de Juger téléologique*. C'est par exemple ce que fait Daniel Dennett pour l'intentionnalité.<sup>12</sup> Selon Dennett, la *complexité* des systèmes cognitifs rend l'éliminativisme du réductionnisme physicaliste impossible à appliquer en pratique. La finitude des descriptions (leur effectivité) exige, pour prédire et expliquer le comportement des systèmes cognitifs complexes, le recours à d'autres niveaux de description que celui des mécanismes biophysiques, d'abord, comme en biologie naïve, celui de l'organisation fonctionnelle du vivant, ensuite, comme en psychologie naïve, celui de la finalité intentionnelle (les comportements du système ont pour cause finale des attitudes propositionnelles : croyances, désirs, etc. en fonction desquelles il agit). L'intentionnalité n'est pas une réalité empirique mais une norme. Cette stratégie prédictive et explicative appliquée aux comportements repose sur l'attribution au système d'états, d'actes, de processus, de représentations, de contenus mentaux qui ne sont pas à proprement parler objectifs mais téléologiques et non causaux. Elle est interprétative, heuristique. Mais elle l'est dans un sens très fort dans la mesure où tout se passe *comme si* elle possédait une valeur objective.

On retrouve bien les principales caractéristiques de la stratégie descriptive-explicative de la *Critique de la Faculté de Juger téléologique*.<sup>13</sup>

(i) La réduction physicaliste (mécaniste) est la seule objective. Elle ne suffit pourtant pas à expliquer l'organisation et la multiplicité apparemment contingentes des morphologies naturelles. Malgré sa validité objective exclusive elle rend impossible de comprendre objectivement "la production du moindre brin d'herbe".

(ii) Dans la mesure où, à cause de la *finitude* de notre entendement — et par suite de la complexité de ce qu'il a pour tâche d'expliquer — "la causalité des mécanismes de la nature" ne suffit pas à l'explication, il devient inévitable d'introduire la notion de *fin*, c'est-à-dire celle d'une chose qui soit l'effet causal de son concept. D'où la notion de "finalité interne objective".

(iii) Celle-ci peut être utilisée de façon dogmatique (i.e. de façon abusivement déterminante). Tel sera le cas après Kant, avec la *Naturphilosophie* et le vitalisme qui projeteront le sens dans la nature et admettront, en plus de l'objectivité physique, le réalisme de principes finalistes d'organisation (entéléchies, etc.).

---

<sup>11</sup> Cf. Churchland [1984] et Petitot [1990].

<sup>12</sup> Cf. Dennett [1987].

<sup>13</sup> Cf. Petitot [1991] et [1992a].

(iv) On sait que la réponse de Kant à ce problème dans la *CFJ* est qu'il existe deux *maximes* du jugement, la maxime "mécaniste" et la maxime "téléologique". Cette dernière ne possède pas de valeur à strictement parler objective. Elle n'appartient à proprement parler "qu'à la description de la nature". Mais, bien qu'heuristique, elle vaut pourtant *comme si — als ob —* elle était objective.

Il en va de même chez Dennett. Les trois "stances": "physical stance", "design stance" et "intentional stance", *sont des maximes du jugement* et, en plus de la maxime mécaniciste (physique) et de la maxime téléologique (biologie), il faut aussi une maxime intentionnelle (psychologie). Cela est rendu nécessaire par l'impossibilité qu'il y a à maîtriser la complexité des phénomènes envisagés dans les limites de notre finitude descriptive.

Ces trois maximes n'entrent pas en conflit dialectique si on ne les utilise pas dogmatiquement, autrement dit si on les traite bien comme des maximes, comme des prescriptions de description et des heuristiques de compréhension. Les antinomies dialectiques n'apparaissent que si l'on traite du concept de fin (un contenu mental comme cause du comportement qu'il motive) comme d'un concept objectivement causal. Ainsi que l'a analysé Husserl dans les *Ideen II*, le type de causalité finale qui intervient ici est celui de la *motivation* comme a priori de la sphère de la personne et non pas celui de la causalité comme a priori de la sphère de la nature.

Je préfère toutefois une autre voie, physicaliste mais non éliminativiste. Dans le domaine structuraliste c'est ce que j'ai tenté de faire depuis longtemps à partir des travaux de René Thom. En hommage à Pierre Maranda, je prendrai l'exemple de la formule canonique du mythe de Claude Lévi-Strauss.

## 2 La formule canonique du mythe

En ce qui concerne le statut formel de la formule canonique, on peut montrer que son aspect algébrique (de type groupe booléen) reste insuffisant. J'ai proposé l'idée que l'on peut plutôt voir la formule canonique comme une sorte "d'équation" fondamentale possédant pour "solutions" tout un ensemble de structures formelles.<sup>14</sup> L'avantage principal d'une telle perspective est de rendre la formule canonique *générationnelle*. Car c'est manifestement l'absence de générativité des structures formelles proposées jusqu'ici qui est à l'origine des problèmes posés par son application et sa confirmation expérimentale. Tant qu'une formule élémentaire n'est pas générative, on ne peut que la contempler. La rendre générative c'est quitter la contemplation pour une analyse opératoire et effective. Ses conséquences ("solutions") seront alors testables empiriquement. En effet il existe

---

<sup>14</sup> Cf. Petitot [1988].

énormément de “solutions” explicites différentes de l’équation et on peut les comparer aux données empiriques.

Dans sa magistrale thèse de doctorat sur la formule canonique, Lucien Scubla a commenté en détail les travaux sur la formule et en particulier le modèle de Pierre Maranda.<sup>15</sup> Je crois que cela permet d’améliorer de façon notable le modèle du “double cusp” que j’avais proposé il y a quelques années et qui a pu paraître un peu spéculatif. Supposons qu’il n’y ait au départ qu’une contradiction à médiatiser : deux actants  $a/b$  incarnent deux fonctions antagonistes  $x/y$ , ce que Lévi-Strauss note  $F_x(a)$  et  $F_y(b)$  ( $F$  pour “fonction”). La *dynamique* du conflit  $F_x(a) / F_y(b)$  correspond au modèle simple du “cusp”. Le cusp décrit

- (i) la genèse du conflit  $a/b$ ,
- (ii) la possible neutralisation du conflit,
- (iii) la possibilité pour un actant (par ex.  $b$  représentant  $y$ ) de contourner le centre organisateur du cusp et de représenter la fonction opposée  $x$  (cela correspond à une transformation  $F_y(b) \rightarrow F_x(b)$ ). D’où une médiation. Elle peut évidemment être symétrisée (transformation  $F_x(a) \rightarrow F_y(a)$ ).

En ce sens, et conformément à l’idée de Maranda, une médiation n’est pas une opération logique mais plutôt l’exploration de la dynamique d’un conflit.

L’inversion des valeurs de terme et des valeurs de fonction et le “bouclage” qui sont caractéristiques de la formule de Lévi-Strauss s’interprètent dans le modèle du “double cusp” comme une “internalisation” (au sens de la dualité des espaces “externes” et des espaces “internes” qui est constitutive des modèles de la théorie des catastrophes). C’était même tout l’effort du modèle que de tenir compte *à la fois* de l’inversion des valeurs de terme/fonction et de l’inversion  $a \rightarrow a^{-1}$ . Suite aux remarques de Scubla ils peuvent mieux s’interpréter comme une “internalisation” de cette exploration de la dynamique du cusp.

### 3. Complexité et organisation

Revenons au problème du sens commun et de l’expérience phénoménologique. La solution qui me semble de loin la plus scientifique consiste à tenir compte du fait que la perception, la cognition, le langage qui sont à la base du sens commun sont des produits de l’évolution biologique et constituent de remarquables instruments de connaissance ayant conféré aux espèces les possédant un puissant avantage sélectif. Par exemple, au niveau neuronal l’évolution a inventé un certains nombres de structures et de processus dont on retrouve les analogues techniques dans les ingénieries computationnelles: uniformité de l’unité d’information (spikes ou bits), modularisation, formatage des

---

<sup>15</sup> Scubla [1996] et Maranda [1971].

informations, nécessité de différents niveaux de représentation (bas niveaux VS hauts niveaux), compilation entre les niveaux, etc. Vu comme un produit de l'évolution biologique, le sens commun apparaît comme un ensemble de structures et de processus *naturels* d'une extrême complexité que l'on peut se proposer d'étudier en tant que tels.

C'est ce qui me paraît être l'un des aspects les plus originaux des sciences contemporaines. Il s'agit d'élaborer une physique mathématique de la complexité organisationnelle des systèmes matériels, de l'émergence des formes, de la structuration perceptive, de certaines opérations cognitives de base comme la catégorisation ou l'apprentissage et, plus généralement, de ce que j'appelle une "physique du sens" et René Thom une "sémiophysique". Cela recouvre des théories aussi importantes que la théorie des systèmes dynamiques non linéaires (de leurs attracteurs, de leurs propriétés de stabilité structurelle et de leurs bifurcations, aussi appelées "catastrophes"), la thermodynamique non linéaire et les structures dissipatives, la synergetique, la théorie des phénomènes critiques et des états critiques auto-organisés, les théories du chaos et des fractales, la théorie de la complexité qu'elle soit algorithmique ou naturelle, la théorie connexionniste des réseaux de neurones, les modèles physico-mathématiques de la perception visuelle, les algorithmes génétiques, les automates cellulaires, etc.

Ces théories ont permis de comprendre sur des bases *physicalistes* (non réductionnistes) comment des formes pouvaient "émerger" et "s'auto-organiser" stablement à l'échelle macroscopique comme conséquence causale d'interactions complexes à l'échelle microscopique. Ce sont des phénomènes microphysiques collectifs coopératifs et compétitifs qui déterminent l'origine causale des comportements macroscopiques d'ensemble brisant l'homogénéité des substrats. Or ce sont les brisures de symétrie qui engendrent les discontinuités qualitatives constitutives de toute forme et de toute structure.

De façon plus générale c'est la *complexité* des systèmes naturels, tant physiques et biologiques que cognitifs et sociétaux que l'on commence à savoir modéliser de façon convenable. Tous les systèmes complexes possèdent des propriétés macroscopiques globales émergentes provenant d'interactions collectives coopératives-compétitives. Ils sont *singuliers*, en grande partie contingents (non concrètement déterministes, i.e. présentant une sensibilité à des variations infinitésimales de leurs conditions initiales et de leurs paramètres de contrôle). Ils sont historiques et résultent de processus d'évolution et d'adaptation. Ce sont des systèmes hors équilibre possédant une régulation interne leur permettant de demeurer à l'intérieur de leur domaine de viabilité. Ces caractéristiques sont très différentes de celles étudiées par les sciences classiques. Mais cela n'empêche pas leur modélisation physico-mathématique et leur synthèse computationnelle.

Grâce à cette ingénierie des systèmes complexes adaptatifs multi-agents, acentrés, distribués, non-hiérarchiques et auto-organisés, on commence à pouvoir modéliser et simuler correctement des systèmes biologiques (systèmes immunologiques, réseaux de



neurones, processus d'évolution), écologiques, sociétaux, économiques (par exemple en tenant compte, au-delà des hypothèses sur la rationalité parfaite des agents, de décisions dans des contextes compliqués et mal définis où l'adaptation, le réapprentissage, l'induction à partir d'hypothèses en compétition jouent un rôle essentiel).

De tels outils ont permis de commencer à comprendre un certain nombre de phénomènes caractéristiques. Par exemple pourquoi, de façon très générale, l'évolution fait croître la complexité. Il semble que des facteurs fondamentaux soient la croissance auto-renforçante de la diversité dans les systèmes ouverts co-évolutifs et le “structural deepening” (la façon dont la compétition pousse les systèmes à opérer aux limites de leur capacité et à tirer alors avantage de la division du travail par création de sous-systèmes spécialisés).

Il faut bien voir que cette révolution scientifique — qui, insistons-y, est à la fois théorique, mathématique et technologique (et n'a évidemment pas grand chose à voir avec la mode médiatique qui cherche à s'en emparer) — apporte pour la première fois *une méthode expérimentale* aux disciplines ne pouvant pas reconstruire concrètement leurs objets en laboratoire. Cela concerne au premier chef non seulement des sciences physiques comme l'astrophysique et la géophysique, mais aussi les sciences biologiques et les sciences humaines. La seule façon pour ces sciences d'accéder à une méthode expérimentale authentique est de construire des objets de laboratoire virtuels, une ingénierie de l'artificiel permettant de tester les modèles. C'est ce que permet l'approche computationnelle. Comme l'affirment les fondateurs du Santa Fe Institute (l'un des centres de recherche leader dans ces domaines) “this approach represents a shift from the deductive reasoning of analysis to the inductive reasoning of synthesis”. Elle permet d'accéder à la modélisation de systèmes possédant le type de complexité des systèmes historiques et sociaux naturels.

#### **4. Ordre social spontané et catallaxie**

Ces progrès scientifiques sont déjà en train de bouleverser notre conception du politique et du social et leurs enjeux sont donc majeurs. Ils donnent par exemple en partie raison à un certain nombre de théoriciens du libéralisme rejetés jusqu'ici au nom d'a priori idéologiques. Pour ne donner qu'un exemple et en m'excusant de choquer éventuellement un certain nombre d'entre vous, j'évoquerai les travaux précurseurs du Nobel 1974 Friedrich von Hayek.

Hayek a beaucoup insisté sur les caractères spécifiques de l'ordre spontané complexe qu'est l'ordre socio-économique dans les sociétés libérales modernes. Cette complexité endogène et auto-organisationnelle est *irréductible* et voue à l'échec le constructivisme rationaliste des états planificateurs qui mettent en tutelle l'économie et la société civile. Elle est liée au fait que les connaissances, les compétences et les

informations sont *distribuées* entre une multitude d'agents dans des systèmes ouverts dont l'équilibre est dynamique. Par essence, la complexité est *acentrée*. Elle rend les systèmes complexes *opaques* à leurs agents. Ce sont les propriétés *systemiques* de ces mécanismes qui interdisent leur contrôle politique.

La conséquence en est triple:

(i) D'abord la communication entre agents ne peut plus être assurée par des consensus communautaristes mais uniquement par des signaux (comme les prix dans un marché) permettant *d'échanger*. D'où le rôle essentiel (mais toujours profondément incompris des traditions anti-libérales) du *marché*. Le marché est avant tout une forme de circulation de l'information et de coordination des actions dans une société multi-agents auto-organisationnelle opaque.

Précisons ce point en nous référant au bel ouvrage de Philippe Nemo: *La société de droit selon Hayek*.<sup>16</sup> Dans ce que Hayek a appelé la *catallaxie* (de *Katallatein* = échanger et coopérer), l'auto-organisation du marché (la main invisible d'Adam Smith) est la seule façon de créer un lien social viable fondé sur la *pluralité* des différences individuelles. Elle remplace une impossible communauté *de fins* (où la différence des objectifs ne peut qu'engendrer la guerre de tous contre tous) par une communauté *de moyens*. Dans un marché chacun coopère avec chacun, mais indépendamment de visées communes. Le marché garantit la coopération malgré la divergence des intérêts et la concurrence des fins.

(ii) Ensuite le constructivisme rationaliste en matière de politique, de droit et de morale est radicalement inadéquat. En effet la complexité est *évolutionniste*. Elle résulte d'un processus de sélection (une sélection historico-culturelle de règles de comportement, de pratiques, d'institutions) qu'il est impossible de maîtriser conceptuellement (mais qu'il est possible de simuler). Le constructivisme politique, juridique et social est la mauvaise part des Lumières. C'est lui qui conduit aux drames de la planification économique et du contrôle social.

(iii) Une troisième conséquence de la complexité est que les règles qui régissent les échanges et la communication sociale sont nécessairement *abstraites et formelles*. Les systèmes sociaux complexes auto-organisés sont régis par les règles d'un droit civil abstrait (*nomos*) et non pas par celles d'un droit public finalisé (*thesis*) (droit positif ayant pour source la volonté constructiviste d'une souveraineté, qu'il s'agisse de celle de l'absolutisme monarchique ou de celle du peuple). La fonction de l'État dans une démocratie libérale avancée n'est donc pas l'organisation planifiée mais la garantie par le droit public du droit civil garantissant lui-même *l'auto-organisation* socio-économique. Il est aussi de garantir la justice sociale mais sans, pour autant, au nom d'une redistribution qui ne recouvre souvent que la négociation d'intérêts corporatistes entre groupes

---

<sup>16</sup> Nemo [1988].

cratiques, passer de l'auto-organisation et de l'ordre spontané à l'hétéro-organisation d'un contrôle et d'une mise sous tutelle qui brise les mécanismes de la production de richesse et de la prospérité.

C'est parce qu'il dénie la complexité que le "progressisme" politique qui domine notre culture est en définitive régressif. Fort peu de gens comprennent que le libéralisme démocratique (fondé sur le droit, les sciences, les techniques et l'économie de marché) constitue un mode supérieur d'action, de socialisation et de communication produit par l'évolution historico-culturelle.

Sur le plan de la psychologie cognitive, Hayek a par ailleurs beaucoup insisté sur le rôle fondamental des connaissances de situations typiques et génériques au moyen de schèmes abstraits *simplifiant* la complexité et permettant des anticipations plausibles. Ces schèmes sont *sélectionnés* de façon évolutionniste et dominant l'ordre communicationnel du social sous la forme de conventions, de règles et de normes. Cela nous conduit aux problèmes cognitifs.

## **5. Modèles perceptifs et cognitifs**

L'enjeu des modèles perceptifs et cognitifs est fondamental puisqu'il s'agit de naturaliser entre autres les contenus sémantiques des représentations mentales. L'"embodiment" physique de la cognition est essentiel car il contraint, et aussi facilite, la cognition humaine de haut niveau (par exemple le langage) en la mettant en relation avec des mécanismes de plus bas niveau (par exemple la perception et l'action qui dominent la cognition animale). Des modèles particulièrement intéressants sont les modèles neuro-mimétiques (connexionnistes) évoqués plus haut qui implémentent des modèles dynamiques. Ils sont très différents des modèles de type IA qui assimilent le mental à une manipulation de symboles. Voici quelques exemples de phénomènes cognitifs de base que l'on peut désormais commencer à modéliser de cette façon.<sup>17</sup>

1. Les phénomènes de catégorisation et de typicalité (les attracteurs du système sont pensés comme des prototypes et leurs bassins d'attraction comme des catégories). Ces modèles dynamiques de catégorisation rendent compte du principe structuraliste de détermination réciproque qui est constitutif des paradigmes.

2. Dans le même ordre d'idées, la complémentarité des axes syntagmatique et paradigmatic dans le langage. Si l'on apprend (par apprentissage supervisé) à un réseau connexionniste les régularités statistiques de la syntaxe d'un corpus de phrases et si l'on observe ensuite comment, dans son espace d'états internes, il a organisé le lexique de façon à pouvoir répondre correctement, on constate qu'il a construit des paradigmes sémantiques. Ce beau résultat est dû à J. Elman. En fait, de nombreux problèmes

---

<sup>17</sup> Cf. Petitot [1994c].

linguistiques (inférence grammaticale, anaphore, ambiguïté, polysémie, etc.) sont susceptibles de telles approches.

3. L'implémentation des liens (beaucoup plus compliqués que l'on peut croire) entre la sémantique des langues naturelles et les scènes perceptives. Par exemple T. Regier a récemment construit des réseaux connexionnistes capables d'apprendre le système prépositionnel de différentes langues et de les appliquer correctement à des configurations statiques ou dynamiques d'objets (des mini-scénarios).

4. Le phénomène d'apprentissage. L'apprentissage résout un problème inverse. Le problème direct est, étant donnés les contrôles du système (par exemple ses poids synaptiques), de déduire sa structure et ses performances (par exemple ses attracteurs dans une tâche de catégorisation). L'apprentissage consiste au contraire à modifier les contrôles du système de façon à ce qu'il puisse accomplir certaines tâches fixées a priori.

5. L'induction et la généralisation, c'est-à-dire la découverte de règles générales à partir d'une suite finie d'exemples. Il est assez étonnant de voir un système apprendre inductivement des règles. Le moment où la généralisation s'effectue possède le statut d'une transition de phase.

6. Les bases matérielles de la constituance des représentations mentales. Cette constituance, évidente dans le cas du langage, est facile à décrire et très difficile à expliquer. Elle pose un énorme problème pour des représentations mentales implémentées de façon distribuée sur un très grand nombre d'unités microscopiques. Une hypothèse actuellement débattue est que c'est la structure temporelle fine des interactions qui permet la constituance (par exemple par synchronisation d'oscillateurs neuronaux, la phase commune à une assemblée d'oscillateurs fonctionnant comme un label pour le constituant qui s'y implémente).

7. La façon dont la focalisation attentionnelle et la reconnaissance de patterns fait bifurquer la dynamique initialement chaotique du système vers une dynamique simple. C'est la simplification de la dynamique qui correspondrait au processus de reconnaissance.

Bref, segmentation, catégorisation, typicalité, apprentissage, induction, généralisation, constituance, attention, reconnaissance sont d'ores et déjà devenus des phénomènes naturels — “embodied” — susceptibles de modélisations de type physico-mathématique et de simulations informatiques.

## **CONCLUSION**

Nous vivons en ce tournant de siècle une nouvelle extension des sciences. Comme je l'ai dit dans mon introduction, après le vivant, c'est l'humain (le cognitif et le social) qui perd son exception ontologique. En fait, non seulement une physique de la cognition

et du social est déjà bien développée, mais l'on peut même envisager désormais une physique de l'intentionnalité, une physique de la conscience phénoménologique, une physique du sens.<sup>18</sup>

Les conséquences en sont d'ores et déjà notables et risquent de devenir considérables et irréversibles.

C'est un nouveau capitalisme techno-industriel qui se met en place. L'ingénierie cognitive, des réseaux de neurones à la robotique, en relation avec le développement des neurosciences, est déjà l'un des fers de lance de la nouvelle révolution industrielle, celle du traitement d'information, de l'informatique, de la synthèse computationnelle des systèmes complexes biochimiques, immunologiques, cognitifs, économiques et sociétaux.

Ces progrès scientifiques qui transforment notre conception du politique et du social possèdent aussi, comme toute conquête rationnelle, une éminente valeur éthique. La bataille pour la connaissance et le progrès que nos ancêtres ont eu le courage de mener au nom de la raison pour libérer d'abord le cosmos, ensuite l'univers matériel, puis le vivant des surinvestissements imaginaires qui les hantaient, nous devons la poursuivre en ce tournant de siècle pour la cognition et le social.

Nombreux sont toutefois ceux qui rejettent le programme de naturalisation de l'esprit, du social et du sens. Ils le perçoivent en effet comme une réification de l'humain (souvent, il reprennent, chacun à leur façon, des thèses assez analogues à celles de l'École de Francfort, en particulier de Horkheimer, sur une supposée complicité du rationalisme instrumental techno-scientifique avec la domination politique).

Il faut reconnaître que la question est très délicate et idéologiquement très biaisée. De nombreuses traditions philosophiques continentales reposent en effet sur une disjonction de la connaissance techno-scientifique et de la pensée du sens de l'être. Comme l'affirmait Heidegger: *die Wissenschaft denkt nicht*. Ces traditions restent en grande partie dominées par une interprétation péjorative de la nature instrumentale et pragmatiste de la science. Elles lui dénie tout sens et toute valeur intrinsèques. Ce faisant, elles l'excluent de toute téléologie émancipatrice. Par contrecoup, les disciplines interprétatives se retrouvent investies de la responsabilité historique de fabriquer du sens au moyen d'une démiurgie herméneutique. Mais, rejetant la science, elles ne possèdent plus dès lors pour ce faire que le véhicule magique de la narrativité. Elles ne peuvent plus qu'identifier l'évolution historique à ce que Jean-François Lyotard a appelé des "grands

---

<sup>18</sup> La meilleure introduction au programme de recherche d'une physique du sens reste Ouellet [1987]. Pour des éléments de ce programme, cf. Petitot [1992a] et [1995b]. Ses applications à la géographie en relation avec les travaux de Gilles Ritchot et Gaëtan Desmarais ont fait l'objet d'une seconde conférence dans le cadre du Célat.

récits" téléologiques d'émancipation et de libération. Elles aliènent les consciences dans l'hétéronomie des mythes de l'espérance.

Certes, la mise en récit est nécessaire à la vie car elle permet de subjectiviser, de métaboliser psychiquement, une expérience vécue qui resterait autrement indicible. La métapsychologie freudienne, la mythologie structurale lévi-straussienne, la sémiotique greimassienne, l'herméneutique ricœurienne, ont montré à quel point la narrativisation des vécus au moyen de rôles actantiels, de rapports à des Destinateurs transcendants, de conflits, d'épreuves, de triomphes, de défaites, de sanctions, etc. était existentiellement fonctionnelle. Mais que des mythes finalisent et motivent des actions n'implique évidemment pas que les sciences humaines doivent elles-mêmes en produire. L'ascèse scientifique — "l'héroïsme de la Raison" — a toujours reposé sur une neutralisation des mythes, sur un athéisme méthodologique envers de telles croyances.

Notre relation à l'esprit et au social au cours de ce siècle rappelle à bien des égards le rapport qu'entretenaient avec le corps et le cosmos les époques dominées par les dogmatismes métaphysiques et religieux. Les interprétations y sont saturées de projections imaginaires narrativisées, de significations symboliques moralisées, de réalités supposées être efficientes bien que non causales.

Le rôle éthique et civique de la science a toujours été de dénoncer comme des impostures les séductions de l'imaginaire qui censurent les causes réelles des phénomènes pour y substituer des interprétations narratives, aussi bien attentionnées soient-elles. Il a toujours été de "désenchanter" le réel (autrefois le cosmos et les corps, ensuite le vivant et l'évolution, aujourd'hui l'esprit et le social) pour le réenchanter par l'explication, bref d'arrêter de "raconter des histoires", et, logos contre mythos, de remplacer les grands récits par des progrès effectifs issus de la maîtrise de la réalité. Cette auto-limitation critique de la raison est nécessaire à toute compréhension scientifique des phénomènes dans quelque domaine que ce soit. Il n'y a qu'elle qui puisse ouvrir l'horizon d'innovations effectives.

Je vous remercie de votre attention.

## **BIBLIOGRAPHIE**

CHURCHLAND, P.M., 1984. *Matter and Consciousness*, Cambridge, MIT Press.

DENNETT, D., 1987. *The Intentional Stance*, Cambridge, The MIT Press.

DREYFUS, H. (ed.), 1982. *Husserl, Intentionality and Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge.

HUSSERL, E., 1950. *Idées Directrices pour une Phénoménologie*, (trad. P. Ricoeur), Paris, Gallimard, 1982.

- HUSSERL, E., 1976. *La Crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, (trad. G. Granel), Paris, Gallimard.
- ITZYKSON, C., ZUBER, J.B., 1985. *Quantum Field Theory*, Singapour, Mc Graw-Hill.
- KAKU, M., 1988. *Introduction to Superstrings*, New-York, Springer.
- KANT, I., 1790. *Kritik der Urtheilskraft*, Kants gesammelte Schriften, Band V, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1913.
- LE BELLAC, M., 1988. *Des phénomènes critiques aux champs de jauge*, Paris, InterEditions - C.N.R.S.
- MARANDA, P., KÖNGÄS, E. 1971. *Structural Models in Folklore and Transformational Essays*, La Haye, Mouton.
- NEMO, P., 1988. *La société de droit selon F.A. Hayek*, Paris, Presses Universitaires de France.
- OUELLET, P., 1987. "Une Physique du Sens", *Critique*, 481-482, 577-597.
- PETITOT, J., 1988. "Approche morphodynamique de la formule canonique du mythe", *L'Homme*, 106-107, 24-50.
- PETITOT, J., 1990. "Le Physique, le Morphologique, le Symbolique. Remarques sur la Vision", *Revue de Synthèse*, 1-2, 139-183.
- PETITOT, J., 1991. *La Philosophie transcendantale et le problème de l'Objectivité*, Entretiens du Centre Sèvres, (père F. Marty ed.), Paris, Editions Osiris.
- PETITOT, J., 1992a. *Physique du Sens*, Paris, Editions du CNRS.
- PETITOT, J., 1992b. "Actuality of Transcendental Aesthetics for Modern Physics", *1830-1930 : A Century of Geometry*, (L. Boi, D. Flament, J.-M. Salanskis eds), Berlin, New-York, Springer.
- PETITOT, J., 1993. "Phénoménologie naturalisée et Morphodynamique: la fonction cognitive du synthétique a priori", *Philosophie et Sciences cognitives* (J.-M. Salanskis éd.), *Intellectica*, 1993/2, 17, 79-126.
- PETITOT, J., 1994a. "Phénoménologie computationnelle et objectivité morphologique", *La connaissance philosophique. Essais sur l'œuvre de Gilles-Gaston Granger*, (J. Proust, E. Schwartz eds.), 213-248, Paris, PUF.
- PETITOT, J., 1994b. "Phenomenology of Perception, Qualitative Physics and Sheaf Mereology", *Philosophy and the Cognitive Sciences*, Proceedings of the 16th International Wittgenstein Symposium (R. Casati, B. Smith, G. White eds), 307-408, Vienna, Verlag Holder-Pichler-Tempsky.
- PETITOT, J., 1994c. "La Sémiophysique: de la physique qualitative aux sciences cognitives", *Passion des Formes* (M. Porte ed.), 499-545, ENS Editions, Fontenay-St-Cloud.
- PETITOT, J., 1995a. "La réorientation naturaliste de la phénoménologie", *Archives de Philosophie*, 58/4, *Sciences cognitives et Phénoménologie*, 631-658.

- PETITOT, J., 1995b. "Morphodynamics and Attractor Syntax. Dynamical and morphological models for constituency in visual perception and cognitive grammar", *Mind as Motion*, (T. van Gelder, R. Port eds.), 227-281, Cambridge, MIT Press.
- PETITOT, J., 1997. "Objectivité faible et Philosophie transcendantale", *Physique et Réalité, débat avec B. d'Espagnat*, (M. Bitbol, S. Laugier, eds.), Paris, Diderot Editeur, 201-236.
- PETITOT, J., SMITH, B., 1991. "New Foundations for Qualitative Physics", *Evolving Knowledge in Natural Science and Artificial Intelligence*, (J.E. Tiles, G.J. McKee, G.C. Dean eds.), 231-249, Pitman, London.
- PETITOT, J., SMITH, B., 1996. "Physics and the Phenomenal World", *Formal Ontology* (R. Poli and P. Simons eds.), 233-253, Nijhoff International Philosophy Series, vol. 53, Kluwer, Dordrecht.
- PUTNAM, H., 1987. *The Many Faces of Realism*, Open Court, Lasalle, Illinois.
- QUIGG, C., 1983. *Gauge Theories of the Strong, Weak, and Electromagnetic Interactions*, Reading, Benjamin-Cummings.
- SCUBLA, L., 1996. *Histoire de la formule canonique du mythe et de ses modélisations*, Thèse, Paris, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- SOURIAU, THOM, R., 1980. *Modèles mathématiques de la Morphogenèse* (2ème ed.), Paris, Christian Bourgois.