

Tiré à part de

Perspectives méthodologiques et épistémologiques dans les sciences du langage

**Actes du Colloque de Fribourg
11-12 mars 1988**



Peter Lang

Bern · Frankfurt/M. · New York · Paris

1989

La modélisation: formalisation ou mathématisation ?

L'exemple de l'approche morphodynamique du langage

Jean Petitot

Centre d'Analyse et de Mathématique Sociales

Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

Comme je ne suis pas réellement linguiste, ma contribution portera sur l'**épistémologie** des sciences du langage. Je parlerai donc bien peu des moeurs discursives de la communauté linguistique ou des conditions de production pragmatiques et institutionnelles des discours qu'elle produit. Un peu en contradiction avec les recommandations d'Alain Berrendonner, je parlerai plutôt du "rapport à l'objet" et des "moyens de modélisation". Dans la mesure où je le ferai dans une optique méthodologique et épistémologique, j'espère cependant ne pas trop sortir du sujet.

1. La naturalité du langage et les limites du formalisme

En fait, j'aimerais vous proposer quelques remarques sur la **naturalité** du langage et des langues dites "naturelles". Si l'on prend au sérieux cette naturalité, quelles conséquences pouvons-nous et devons-nous en tirer pour notre conception de la **modélisation** des structures linguistiques ? Elles sont en vérité considérables.

En parlant de naturalité, j'entends qu'il s'agit de considérer :

- (i) le langage comme le résultat d'un processus évolutif, **phylogénétique**, aussi bien quant à sa faculté que quant à ses structures;
- (ii) les universaux du langage comme des universaux de nature **cognitive** corrélés aux structures de la perception et de l'action;
- (iii) ces structures cognitives elles-mêmes comme des processus d'explicitation d'une information **présente** dans l'environnement;
- (iv) les structures linguistiques comme des **phénomènes naturels** aussi transcendants à notre conscience que les phénomènes physiques, chimiques ou biolo-

giques (et cela même si nous "habitons" notre langage : nous "habitons" notre langage comme nous "habitons" notre corps, c'est-à-dire sans que son intuition soit une connaissance);

(v) les automatismes formels de la compétence comme émergeant des mécanismes naturels de la performance.

Si l'on admet cette signification du terme "naturalité" il est alors immédiat de constater que, jusqu'ici, **les diverses formalisations des structures du langage n'ont modélisé en rien leur naturalité**. Il y a là une limite et une carence fondamentales de l'ensemble des linguistiques formelles, qui sont dues à des causes précises. Les développements considérables de la logique formelle et de l'axiomatique structurale au début de ce siècle ont conduit la plupart des philosophes, des épistémologues et des linguistes (mais pas du tout les mathématiciens) à croire que les théories mathématiques se réduisaient à des langages formels (avec une dualité syntaxe/sémantique que développe la théorie des modèles, cf. Petitot 1979). La question de la mathématisation des structures linguistiques est donc devenue celle d'un jeu de simulation réciproque entre langues naturelles et langages formels. Les développements, encore plus considérables, de l'informatique ont d'ailleurs renforcé ce point de vue. Cela fait que, jusqu'ici, on n'a formalisé que les automatismes de la compétence, leurs cinématiques formelles en quelque sorte, et non pas les mécanismes dynamiques de la performance. Que ce soit dans le cadre de la logique formelle, de la théorie des catégories et des topoï, des théories des automates accepteurs de langages, des grammaires formelles à la Chomsky, des grammaires catégorielles à la Montague, de la sémantique formelle, des logiques intensionnelles à la Hintikka-Kripke, ou encore du cognitivisme classique à la Fodor-Pylyshyn, on approfondit techniquement toujours la même idée directrice: les représentations linguistiques sont des **représentations symboliques formelles** sur lesquelles opère un **calcul symbolique**. Par définition, de tels formalismes **dénaturalisent** le langage (il s'agit là d'un constat et non d'une critique).

Comment donc traiter les structures du langage comme des phénomènes naturels au sens explicité plus haut, c'est-à-dire, en définitive, comme des structures **dynamiques et autorégulées** phylogénétiquement enracinées et simulant certains aspects signifiants de l'environnement ? Tel est le programme de re-

cherche de ce que j'ai proposé de nommer une "physique du sens". Pour l'amorcer, on doit impérativement sortir du jeu formaliste consistant à comparer les structures **formelles** des langues **naturelles** avec les structures **formelles** des langages **formels**: dans un tel jeu le formel gagne en effet par 3 à 1 contre toute défense. En fait, il s'agit de **mathématiser** les structures **naturelles** des langues naturelles à travers des structures mathématiques **spécifiques**. Or, d'après l'hypothèse réaliste de transcendance (iv) exposée plus haut, **celles-ci n'ont aucune raison a priori d'être des structures formelles de langages formels !**

J'ai montré ailleurs en détails pourquoi et comment de bons modèles alternatifs étaient les modèles morphodynamiques du type de ceux de la théorie des catastrophes. Je me permets donc de vous renvoyer à ces travaux divers (Petitot 1982, 1985a,b, 1986a,b, 1987, 1988a,b). Je préfère ici expliciter brièvement les **trois** principales remises en cause du paradigme formaliste qui, selon moi, sont nécessaires à l'ouverture de l'horizon du monisme naturaliste propre à une physique du sens. La première consiste à développer une approche non plus symbolique (logico-combinatoire) mais **topologico-dynamique** des représentations cognitives en général et linguistiques en particulier. Elle fonde, par exemple, le paradigme dit **connexionniste**. La seconde consiste à sortir du "solipsisme méthodologique" à la Fodor et du nominalisme propre à tous les courants "analytiques" pour s'interroger, dans le cadre d'un réalisme métaphysique, sur le contenu **ontologique** des structures de la perception et du langage. On la trouve déjà dans des points de vue "écologistes" à la Gibson, mais ce n'est que chez René Thom qu'elle a accédé à un véritable statut scientifique. La troisième enfin consiste à repenser en profondeur le statut de la modélisation dans les sciences en remettant au premier plan le fait que les mathématiques sont des sciences **d'objet** (et non pas des langages).

2. Modèles morphodynamiques et paradigme connexionniste

Dans la conception générative-transformationnelle standard de la grammaire, la réduction de la syntaxe à la description formelle des automatismes de la compétence implique une contrainte fondamentale. Ainsi que l'a affirmé Chomsky, les transformations doivent s'appliquer séquentiellement et doivent donc s'appliquer à des objets de **même type** que ceux qu'elles produisent. La

conséquence en est que, dans la régression vers les structures profondes, on aboutit à des structures abstraites primitives et originaires qui sont **de même type formel** que les structures de surface (arbres syntagmatiques). Il est donc impossible, d'une part, d'établir leur lien avec les structures cognitives de la perception et, d'autre part, de comprendre leur genèse et leur émergence en termes de mécanismes dynamiques sous-jacents qui seraient ceux de la performance. Or, aussi bien ceux-ci que celles-là imposent sans doute des contraintes universelles aux structures grammaticales. Faute d'en tenir compte, on en arrive à interpréter de telles contraintes directement en termes de déterminismes génétiques. C'est pourquoi il faut remettre en cause "l'évidence" chomskienne selon laquelle notre ignorance des fondements physiques des structures mentales nous contraindrait à nous en tenir à leur caractérisation abstraite. Car on en conclut aussitôt que les propriétés structurales des langages qui ne sont pas dérivables d'une telle caractérisation abstraite doivent être expliquées en termes innéistes. Il me semble que le "bon syllogisme" est au contraire le suivant : (a) on ne connaît pas encore les bases physiques (en particulier neurophysiologiques) du langage ; (b) mais on peut néanmoins les supposer et donc supposer l'existence de processus dynamiques de la performance d'où émergent les structures cinématiques formelles de la compétence ; (c) les grammaires génératives-transformationnelles ne formalisent que certains aspects de ces structures formelles émergentes ; (d) il existe d'autres aspects, hétérogènes, couplés par exemple à la perception, et qui imposent des contraintes cognitives supplémentaires aux grammaires "humainement accessibles". C'est une telle stratégie que permet de développer une syntaxe topologico-dynamique comme celle de la théorie des catastrophes. D'abord, l'une des hypothèses centrales de Thom et de Zeeman est (a) que, de façon générale, un signifié est assimilable à la **topologie** d'un **attracteur** --i.e. à un état asymptotique structurellement stable - de la dynamique d'un réseau neuronal approprié, et (b) que les arbres syntagmatiques de la grammaire générative sont des arbres de **bifurcations** de tels attracteurs en sous-attracteurs. Cela permet bien de penser les structures cinématiques formelles de la compétence comme des structures en quelque sorte "macroscopiques" émergeant des dynamiques "microscopiques" de la performance. L'analogie avec les concepts thermodynamiques de phase et de transition de phases est ici fondamentale. Ensuite, le traitement morphodynamique de la syntaxe permet de déduire des schèmes actantiels "archétypes" supportant des rôles sémantiques casuels universels. Ces

Gestalten sont d'origine perceptive et non descriptibles dans le cadre des grammaires formelles. Mais on peut supposer qu'il existe **une grammaticalisation de cette actantialité profonde iconique**, grammaticalisation engendrant un noyau de structures phrastiques sur lequel peuvent venir opérer les dispositifs génératifs-transformationnels.

A l'intérieur du champ des sciences cognitives, c'est le courant (néo)connexionniste qui a repris et approfondi l'idée que les automatismes de la compétence sont des structures cinématiques "macroscopiques" émergeant des dynamiques "microscopiques" de la performance. Pensons aux travaux récents de théoriciens comme par exemple Ballard, Feldman, Hinton, Mc Clelland, Rumelhart ou Smolensky. Ils transforment de façon profonde le paradigme symbolique et fonctionaliste (computo-représentationnel) classique. Pour ce paradigme, les sciences cognitives sont les sciences des représentations mentales à caractérisation calculatoire. Les représentations mentales symboliques sont des expressions d'un langage formel interne référant au monde extérieur en traitant - en représentant - une information physique externe (conçue au sens physicaliste du terme). On fait donc l'hypothèse que les systèmes cognitifs sont des systèmes de traitement de l'information à travers des langages formels (symboles + expressions + règles d'inférence et de transformation) implémentés, neurologiquement ou informatiquement, d'une façon ou d'une autre (la thèse fonctionnaliste rend la question secondaire). On pose, comme l'explique Daniel Andler, que "le contact avec le monde permet au système cognitif de munir de sens ses symboles internes" (Andler 1987: 7). Autrement dit, on pose que "les propriétés structurales du monde sont exprimables, dans un langage formel assez riche, sous forme de faits et de règles" (*ibid.* : 8).

Dans le point de vue connexionniste au contraire les entités possédant une sémantique sont, au niveau "micro" - dit **sub-symbolique** -, des patterns complexes et globaux d'activation d'unités locales élémentaires interconnectées entre elles et fonctionnant en parallèle. La sémantique y devient donc une propriété holistique émergente. Les structures symboliques discrètes et sérielles du niveau computationnel "macro" (symboles, règles, inférences, etc.) sont alors interprétées comme des structures qualitatives, stables et invariantes, émergeant du sub-symbolique à travers un processus coopératif d'agrégation. On retrouve donc

l'analogie principielle avec les transitions de phases. Si on introduit alors, comme le propose Paul Smolensky, une "**fonction harmonie**" qui est l'analogue cognitif de l'énergie thermodynamique (comme l'information est l'analogue de l'entropie) et dont l'optimisation définit les patterns globaux cohérents et consistants (Smolensky 1986), on arrive à la conclusion que les systèmes cognitifs sub-symboliques se comportent de façon à optimiser cette fonction potentiel, et l'on retrouve ainsi tout naturellement des modèles à la Thom-Zeeman.

Dans leur récente critique du connexionnisme, Jerry Fodor et Zenon Pylyshyn déconstruisent les unes après les autres les thèses proprement cognitives du connexionnisme et le réduisent à un simple problème d'implémentation des opérateurs symboliques et de l'architecture cognitive classique dans des machines massivement parallèles (Fodor-Pylyshyn 1988). Ils analysent soigneusement les différences fondamentales entre les deux paradigmes, en particulier le fait que le paradigme symbolique - analytique et constructiviste - privilégie les automatismes logiques, les règles conscientes, les résultats de calculs et l'inférence déductive alors que le paradigme sub-symbolique - synthétique et associationniste - privilégie au contraire les dynamiques de réseaux, les performances intuitives, les positions d'équilibre et l'induction (cf. Andler 1987 : 23). Mais leurs arguments ne sont pas tous très convaincants. En effet ils négligent ce qui me paraît être au cœur de la question et qui a été bien formulé par Paul Smolensky dans son article de référence "On the Proper Treatment of Connectionism".

(i) Le connexionnisme ne concerne pas l'implémentation mais bien le cognitif en tant que tel. Il partage avec le cognitivisme classique les thèses mentalistes et fonctionnalistes. Mais il décrit des processus cognitifs d'une nature différente, dynamique plutôt que formelle.

(ii) Au lieu d'être descriptibles dans des langages formels dont la sémantique est simple mais la syntaxe compliquée, les processus sub-symboliques possèdent une syntaxe simple et **une sémantique complexe**. Cette sémantique est décrite à travers des formalismes mathématiques issus de la théorie qualitative des systèmes dynamiques et ce rôle de mathématiques différentes de celles de la théorie des machines de Turing (automates, algorithmes, etc.) est fondamental (Smolensky 1986). L'état global instantané d'un réseau acentré S d'unités élémentaires interconnectées est donné par le vecteur dont les composantes sont les degrés d'activité des unités. Il est représentable par un point x de l'espace de

phase N du système S (dans la terminologie de la TC, N est l'espace interne de S). Les lois locales de transition d'une unité élémentaire d'un état à un autre en fonction des informations qu'elle reçoit de ses voisins immédiats définit un endomorphisme $T : N \rightarrow N$ de l'espace interne N dans lui-même. T associe à l'état global instantané x d'activation de S l'état successif T(x). Il code en général une information considérable. C'est donc l'**itération** de T qui définit la **dynamique interne** de S. Les états asymptotiques stables de T (ses "attracteurs") sont les états internes de S. Leur structure interne (leur "topologie") définit leur sémantique. Si x est une entrée de S (i.e. une condition initiale), sa trajectoire T(x) tendra en général asymptotiquement vers un attracteur A qui sera la sortie (i.e. la réponse) de S associée à x. Lorsque l'on fait varier les lois locales de transition - par exemple en faisant varier le "poids" des connexions - on perturbe T sous l'action de paramètres w variant dans un espace W (appelé en TC espace de contrôle ou espace **externe**). Cela permet de définir des inférences qui sont des bifurcations d'attracteurs et des "apprentissages" qui consistent à faire évoluer w jusqu'à ce que T_w associe des états internes préétablis à des données initiales préétablies.

(iii) C'est cette conception dynamique de la sémantique qui est caractéristique du connexionnisme. Smolensky y insiste à juste titre: "subsymbolic systems are dynamical systems with certain kinds of differential equations governing their dynamics" (Smolensky 1988), "macro-inférence is not a process of firing a symbolic production but rather of qualitative state change in a dynamical system, such as a phase transition" (*ibid.*).

(iv) Dans le cognitivisme classique, les divers niveaux considérés sont tous de même type. La théorie est transformationnelle. Au contraire, dans le connexionnisme, les niveaux sub-symboliques "micro" et symboliques "macro" **ne sont pas du même type**. Il existe un "semantic shift" de l'un à l'autre. La théorie est "émergentielle".

(v) La "conscience" de l'interprétation et des règles symboliques correspond alors à la **stabilité structurelle** des structures discrètes et sérielles émergentes.

3. Modèles morphodynamiques et niveau de réalité morphologique

Les modèles morphodynamiques connexionnistes apportent un début de réalisation au programme de recherche d'une "Physique du Sens", mais seule-

ment du côté du sujet cognitif. Ce programme possède un autre versant, cette fois du côté **de l'objet et du monde**.

Le cognitivisme classique est intimement solidaire de ce que Fodor a appelé le "solipsisme méthodologique", c'est-à-dire de la thèse nominaliste "antiécologiste" et "antiréaliste" selon laquelle il ne saurait y avoir de description **physicaliste** des structures **cognitivement significatives** de l'environnement. Cette thèse reprend la scission dualiste qui clive depuis leur origine les disciplines positives modernes. D'un côté il y a les sciences objectives physiques, thermodynamiques et biochimiques. D'un autre côté, il y a les analyses logico-formelles de la perception, des langages et des structures sémiolinguistiques. Pour les premières, l'objectivité s'enracine en dernière instance dans la géométrie de l'espace-temps. Pour les secondes, les structures sémiolinguistiques réfèrent (quand elles réfèrent) au monde comme "apparaître", c'est-à-dire à une manifestation sensible structurée qualitativement et morphologiquement en choses, états de choses, événements, processus, perceptivement appréhendables et linguistiquement descriptibles. Entre le physique et le (psycho)logique, entre l'objectivité et l'apparaître, le divorce est total.

J'appelle **question phénoménologique** la question des rapports que l'on peut concevoir entre d'un côté les structures "profondes" de l'objectivité physique mathématiquement reconstruite et d'un autre côté la structure "de surface" du monde sensible telle qu'elle se manifeste phénoménologiquement. Elle est classique, récurrente et centrale dans l'histoire des idées depuis la "coupure épistémologique" ayant disjoint l'objectivité physique des aristotélismes et néo-aristotélismes qui s'efforçaient de penser ontologiquement une phénoménologie de l'apparaître. Il faut toutefois souligner que toutes les réponses qu'on lui a données, qu'elles soient prétendument scientifiques ou explicitement métaphysiques et quelles que soient leurs différences (pourtant considérables), reposent sur l'évidence d'une scission irréductible entre physique et phénoménologie, évidence reposant elle-même sur une autre évidence, plus subtile, à savoir que l'objectivité physique est une objectivité qui ne possède pas en elle-même la possibilité de se phénoménaliser et de se structurer qualitativement. C'est de là que procède en fait la thèse du "solipsisme méthodologique".

Appelons **morphologique** le niveau de réalité de la structuration qualitative des substrats matériels en formes sensibles et en états de choses. La thèse est alors qu'il n'existe pas de contenu objectif qui serait propre au niveau de réalité morphologique et qui émergerait de l'objectivité physique de base. Elle implique que, d'une façon ou d'une autre, ce niveau soit conçu comme le résultat d'une "**projection**" du sujet sur le monde. Ici s'opposent donc une conception ontologisante "émergentielle" et une conception psychologisante "projectiviste".

La conception projectiviste - à savoir que l'organisation sensible du monde phénoménal est une construction sans contenu proprement physique - peut être suivie historiquement dans ses développements, depuis la naissance de la science moderne (et de son exclusion caractéristique et radicale de la substance, des qualités secondes, des formes substantielles et des entéléchies aristotéliennes) jusqu'au cognitivisme le plus contemporain en passant par exemple par la troisième Critique de Kant, le vitalisme et la Naturphilosophie (de Goethe et Schelling à Driesch), la sémiotique "entéléchique" peircienne, la phénoménologie de la perception (de Husserl à Merleau-Ponty), la Gestaltthéorie, la philosophie du langage (par exemple chez le second Wittgenstein) ou la sémiotique dite "du monde naturel" (chez Greimas en particulier).

Arrêtons-nous par exemple un instant sur les thèses actuelles d'un cognitiviste comme Ray Jackendoff qui se situe à la pointe de la remise en chantier des thèmes fondamentaux de la phénoménologie et de la gestaltthéorie dans le cadre du programme de recherche des sciences cognitives. Pour comprendre les rapports entre perception, action, langage et pensée, Jackendoff introduit l'hypothèse de la **structure conceptuelle**, niveau cognitif profond de représentation mentale où les informations linguistiques, sensorielles et motrices deviennent compatibles. La structure conceptuelle encode une information physique externe. Elle la traite (la représente) et réfère à ce monde, mais projectivement, c'est-à-dire en transformant le monde réel physique en un **monde projeté**, le monde sensible de la manifestation et de l'expérience phénoménologiques. Ce monde projeté est une construction cognitive - noétique dirait Husserl - sans autre contenu physique que celui de l'information contenue dans les stimuli périphériques (ondes lumineuses, ondes sonores, etc.). Comme l'a montré Jackendoff dans son dernier ouvrage *Consciousness and the Computational*

Mind, il permet de redéployer les thèmes de la phénoménologie husserlienne si l'on remarque que la "projetabilité" est une **propriété**. La conscience phénoménologique ne se confond pas avec la computation mentale. L'information mentale relève d'un traitement, d'un calcul par les constituants de la structure conceptuelle. Mais la plus grande partie de la structure interne de ces constituants n'est pas projetable. L'expérience phénoménologique ne manifeste pas sa structure computationnelle interne. Ce qui se manifeste sont ce que Husserl appelait les corrélats noématiques des synthèses noétiques, c'est-à-dire la mise en forme de la hylé sensorielle par une morphé intentionnelle.

Bien que cherchant à définir une **ontologie** qualitative du monde sensible et bien que critiquant les approches logicistes de la sémantique formelle, Jackendoff maintient donc pourtant une scission dualiste nette entre l'objectivité physique et le monde projeté. A aucun moment il n'envisage l'hypothèse qu'une partie de cette ontologie pourrait concerner l'émergence de l'apparaître hors de la réalité physique **par un processus auto-organisateur (non cognitif, non symbolique, non computationnel) de phénoménalisation**. Pour lui, le monde projeté est une construction exclusivement cognitive. L'information physique externe - qui est de nature non symbolique et qui est donc non significative en tant que telle pour le système cognitif - se trouve convertie en information significative par les transducteurs périphériques (rétine, cochlée, etc.). Elle est ensuite traitée - explicitée - à plusieurs niveaux. Mais aucun de ces niveaux ne possède de contenu physique.

Le dualisme cognitiviste présuppose donc qu'il est impossible, étant donnée l'essence même de la physique, de constituer objectivement (non cognitivement) le niveau morphologique de la manifestation sensible. Mais la conception de la physique sur laquelle il se fonde est désormais très insuffisante. En effet, ces vingt dernières années, des progrès considérables ont été accomplis dans la compréhension physico-mathématique des phénomènes d'auto-organisation des substrats matériels et des phénomènes, dits critiques, de structuration qualitative. Or ces phénomènes sont **morphologiquement dominants** ("saillants" comme aime à le dire Thom). Sans emphase, on peut dire que leur maîtrise théorique profonde par des modèles morphodynamiques constitue une "rupture", un "tournant" de l'ontologie - un tournant "**morphologique**" (analogue à ce que

l'on a pu appeler le "linguistic turn"). Ses conséquences sont considérables pour la question phénoménologique puisque, pour la première fois, on commence à pouvoir penser l'organisation morphologique du monde sensible non plus seulement de façon projectiviste mais également de façon émergentielle, c'est-à-dire comme le résultat d'un **double processus auto-organisateur - physico-cognitif** - de phénoménalisation, processus naturel morphodynamiquement mathématisable. Elle permet de faire l'hypothèse que l'information servant d'entrée au système cognitif est une information physique non seulement au sens physicaliste mais également au sens morphologique du terme et qu'elle est donc pré-organisée de façon significative pour le système cognitif sur des bases objectives. C'est ce que j'appelle le **principe de double organisation** (physico-cognitive, sémio-physique) du monde sensible.

4. Modèles morphodynamiques et schématisation

Les modélisations morphodynamiques, d'un côté, du niveau de réalité morphologique et, de l'autre, du paradigme connexionniste constituent les deux piliers du **monisme naturaliste** que vise une "Physique du Sens". Elles reposent sur une conception non formaliste de la modélisation mathématique dans les sciences empiriques. C'est pourquoi, pour conclure, j'aimerais vous proposer quelques remarques sur cette conception, qui est en fait **transcendantale et constructive**.

Quelle que soit la discipline considérée, on ne peut mathématiser qu'une **théorie** préexistante (et non pas des phénomènes bruts). Mais de quel **type** de théorie s'agit-il ? En sciences humaines, les théories sont en général **conceptuelles-descriptives**. Je veux dire par là que ce sont des **constructions discursives** - des hiérarchies définitionnelles développées en chaînes de propositions - à la fois logiquement cohérentes et empiriquement applicables. Comme l'a remarqué Greimas à propos du structuralisme, elles comprennent en général plusieurs niveaux et en particulier (cf. Petitot 1986):

- (i) le niveau des phénomènes empiriques donnés dans leur diversité;
- (ii) le niveau des langages d'observation et de description avec leurs concepts et leurs procédures opératoires;

(iii) le niveau, méthodologique, de l'analyse des concepts descriptifs et des méthodes permettant la représentation théorique des objets;
(iv) le niveau, épistémologique, de l'investigation des concepts indéfinissables, des hypothèses fondamentales, des principes et des axiomes.

A travers ces niveaux successifs, la **description opératoire** des phénomènes empiriquement donnés dans leur diversité se transforme en la **reconstruction rationnelle** d'objets théoriques possédant un **type** bien défini d'**objectivité**. Il est remarquable d'arriver à constituer sur ce mode des théories conceptuelles-descriptives bien formées. Il suffit, par exemple, de penser au structuralisme en linguistique ou en anthropologie.

Comment, dans un tel contexte, se pose la question de la formalisation, de son statut, de sa fonction, de son intérêt ? J'aimerais développer l'idée que les mathématiques sont en sciences - et en particulier en sciences humaines - au **service du concept** et que la formalisation doit concerner avant tout la **mathématisation des concepts permettant la reconstruction rationnelle des objets théoriques**. C'est ici que se présente l'alternative entre les deux principales conceptions de la formalisation, celle "axiomatique", formaliste, conventionnaliste et grammaticale que j'ai critiquée et celle que j'appelle "schématisante" ou "constructive".

Dans la perspective axiomatique - qui s'inspire de la métamathématique hilbertienne - on part du constat que les concepts **primitifs** d'une théorie conceptuelle-descriptive sont **indéfinissables**. On applique alors la méthode axiomatique des "définitions implicites" qui consiste à substituer à ces termes primitifs dont le contenu **sémantique** est indéfinissable, les règles syntaxiques qui norment leur **usage**. Par ce biais, la théorie se trouve **traduite** dans un **langage formel** dont on peut analyser la syntaxe logique, tester la cohérence et contrôler les inférences. Ce point de vue proprement formaliste est solidaire d'une épistémologie positiviste et empiriste. Il conduit à penser le rapport entre les mathématiques pures et la réalité empirique par analogie avec le rapport qui existe en **théorie logique des modèles** entre la syntaxe et la sémantique des structures, comme si les théories formalisées n'étaient que des constructions

grammaticales conventionnelles dont l'application à la réalité empirique n'était que dénotative.

Malgré tous ses mérites, cette conception de la formalisation me paraît fondamentalement insuffisante. Car dans les "grandes" sciences mathématisées comme la physique, la réalité phénoménale **n'est pas** en position de sémantique - de dénotation, de référence - relativement à la syntaxe logique des théories. La formalisation n'y est pas un jeu à **deux** entre des formes logiques et des contenus empiriques mais un jeu à **quatre**. En effet, du côté des mathématiques pures, il existe déjà un jeu à deux entre la syntaxe logique des théories et les structures mathématiques spécifiques où elles s'interprètent sémantiquement. Et du côté de la réalité empirique, l'objectivité est également un jeu à deux entre la diversité phénoménale et l'unité conceptuelle.

Il existe ainsi, dans les "grandes" sciences mathématisées, un moment très particulier, de nature sémantique et non syntaxique, et même de nature sémantique en un sens non pas dénotatif mais **interprétatif**. Ce moment est celui, non pas de l'axiomatisation des concepts primitifs mais **de leur interprétation par des structures mathématiques spécifiques** (éventuellement très sophistiquées). Me référant au lexique kantien, j'ai proposé de l'appeler un moment de **schématisation** (mathématique). C'est à son propos que se posent la plupart des problèmes épistémologiques difficiles.

(i) Par schématisation, le **sémantisme** des concepts théoriques fondamentaux (des catégories) de la théorie se convertit en un univers **d'objets et de structures mathématiques spécifiques** pouvant servir de modèles aux phénomènes dans leur diversité. Faire droit aux concepts théoriques c'est les transformer en source de **modèles**. Et pour ce faire les mathématiques sont **indispensables**. Par leur générativité propre, elles constituent en effet la seule discipline connue possédant le privilège insigne de pouvoir convertir des contenus en univers d'objets explicitement construits. Sans schématisation mathématique on se trouve réduit soit à des modèles inductifs, sans contenu conceptuel propre, qui idéalisent les phénomènes observés, soit à des modèles conceptuels, sans générativité interne, qui se bornent à réduire la diversité empirique à l'unité conceptuelle.

(ii) La schématisation mathématique permet de redéployer une **diversité** associée au sémantisme des concepts sans y être pourtant incluse (Kant a été le pre-

mier à comprendre ce point essentiel). A travers la traduction qu'elle opère, la reconstruction rationnelle des objets théoriques devient la source d'une diversité formelle **construite** que l'on peut comparer à la diversité empirique **donnée** (le problème de la confirmation-réfutation des modèles).

(iii) En tant que moment interprétatif, la schématisation **n'est pas** inductivement décidable (c'est la grande erreur de l'empirisme logique et du néo-positivisme que de l'avoir cru). Rendant les théories conceptuelles-descriptives hypothético-déductives, elle procède elle-même d'un mouvement **abductif**. C'est pourquoi il est nécessaire de penser le rapport **applicatif** des mathématiques à la réalité autrement que de façon simplement **dénotative**. Car l'applicabilité comporte un aspect proprement théorique qui est précisément celui de l'engendrement de modèles et de la déduction de conséquences **à partir des concepts primitifs indéfinissables**. Certes, elle comporte également un autre aspect, celui de la méthode expérimentale. Mais la responsabilité de l'élaboration d'une méthode expérimentale appropriée à une certaine région de phénomènes n'incombe pas aux théoriciens de la formalisation.

Conclusion

L'intérêt principal des modèles morphodynamiques est de déployer une schématisation des concepts fondamentaux du structuralisme linguistique et cognitif issue des mathématiques mêmes qui permettent de modéliser les phénomènes physiques d'(auto)organisation et de structuration morphologiques. C'est essentiellement à cela qu'ils doivent leur capacité de modéliser mathématiquement les structures du langage comme des phénomènes naturels, tant du côté des processus cognitifs (connexionnistes) qui les engendrent que du côté des contenus objectifs (morphologiques) qu'elles représentent. Vous en trouverez des exemples détaillés dans les travaux cités en bibliographie. Je voulais seulement ici vous esquisser les raisons qui me paraissent légitimer l'affirmation que, comme science mathématique des langues naturelles, la linguistique théorique est une science naturelle, une physique plus qu'une logique.

Bibliographie

- Andler, D., 1987, "Progrès en situation d'incertitude", *Le Débat* 47, 5-25.
- Fodor, J., Pylyshyn, Z., 1988, "Connectionism and Cognitive architecture : A critical analysis", *Cognition* 28, 1/2, 3-71.
- Jackendoff, R., 1983, *Semantics and Cognition*, MIT Press, Cambridge.
- Jackendoff, R., 1987, *Consciousness and the Computational Mind*, MIT Press, Cambridge.
- Ouellet, P., 1987, "Une Physique du Sens", *Critique* 481/482, 577-597.
- Petitot, J., 1979, "Infinitesimale", *Enciclopedia Einaudi* VII, 443-521, Einaudi, Turin.
- Petitot, J., 1982, "Sur la signification linguistique de la théorie des catastrophes", *Mathématiques et Sciences Humaines* 79, 37-74.
- Petitot, J., 1985a, *Morphogenèse du Sens*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Petitot, J., 1985b, *Les Catastrophes de la Parole, De Roman Jakobson à René Thom*, Maloine, Paris.
- Petitot, J., 1986a, "Thèses pour une objectivité sémiotique", *Sémiologie et Sciences exactes*, *Degrés* 42/43, g¹-g²³.
- Petitot, J., 1986b, Articles sur la théorie des catastrophes dans: *Sémiotique - Dictionnaire raisonné de la théorie du langage* (A.J. Greimas, J. Courtès, eds), Tome 2, Hachette, Paris.

Petitot, J., 1987, "Sur le réalisme ontologique des universaux sémio-linguistiques", *Sémiotique en jeu* (M. Arrivé, J.-C. Coquet, édés), 43-63, Hadès-Benjamins, Paris-Amsterdam.

Petitot, J., 1988a, "Approche morphodynamique de la formule canonique du mythe", *L'Homme* 106-107, XVIII (2-3), 24-50.

Petitot, J., 1988b, "Hypothèse localiste, modèles morphodynamiques et théories cognitives", à paraître dans *Semiotica*.

Smolensky, P., 1986, "Information Processing in Dynamical Systems : Foundations of Harmony Theory", *Parallel Distributed Processing* (D.E. Rumelhart, J.L. McClelland, édés), MIT Press, Cambridge.

Smolensky, P., 1988, "On the proper treatment of connectionism", à paraître dans *The Behavioral and Brain Sciences*.

Thom, R., 1980, *Modèles Mathématiques de la Morphogenèse*, Christian Bourgois, Paris.

Wildgen, W., 1982, *Catastrophe Theoretical Semantics*, Benjamins, Amsterdam.