

# LA GENEALOGIE MORPHOLOGIQUE DU STRUCTURALISME

JEAN PETITOT <sup>1</sup>

EHESS, Paris

## I. LA REFERENCE NATURALISTE

Dans l'ouvrage *De Près et de Loin*, le chapitre 11 ("Des qualités sensibles") de la deuxième partie ("Les lois de l'esprit"), offre un ensemble de remarques très illuminantes sur la façon dont Claude Lévi-Strauss conçoit l'épistémologie du structuralisme et la positionne dans l'histoire des idées. A une question de Didier Eribon concernant l'origine de la notion centrale de transformation:

«A qui l'aviez-vous empruntée? Aux logiciens?»

Claude Lévi-Strauss répond en effet:

«Ni aux logiciens ni aux linguistes. Elle me vient d'un ouvrage qui a joué pour moi un rôle décisif et que j'ai lu pendant la guerre aux États Unis: *On Growth and Form*, en deux volumes, de D'Arcy Wentworth Thompson, paru pour la première fois en 1917. L'auteur, naturaliste écossais, (...) interprétait comme des transformations les différences visibles entre les espèces ou organes animaux ou végétaux au sein d'un même genre. Ce fut une illumination, d'autant que j'allais vite m'apercevoir que cette façon de voir s'inscrivait dans une longue tradition: derrière Thompson, il y avait la botanique de Goethe, et derrière Goethe, Albert Dürer avec son *Traité de la proportion du corps humain*.» (pp. 158-159) <sup>2</sup>

Ce témoignage est capital non seulement pour l'histoire particulière de l'anthropologie et de la mythologie structurales, mais aussi pour la compréhension intime de la *généalogie théorique* du structuralisme en général. Il est en effet convenu — c'est une idée reçue — d'inscrire le structuralisme dans une lignée formaliste, logiciste et linguistique, et de le concevoir comme l'application à certaines sciences humaines d'un concept algébri-co-combinatoire statique, dans le meilleur des cas hilberto-bourbakiste, de structure. Il existe toutefois une façon alternative — "un autre itinéraire" comme dit Claude Lévi-Strauss — de l'envisager qui est essentiellement différente. Naturaliste et non formaliste, elle consiste à traiter les

---

<sup>1</sup> petitot@ehess.fr, <http://www.ehess.fr/centres/cams/person/petitot.html>

<sup>2</sup> Lévi-Strauss, Eribon [1988]. Les références à ce texte seront faites dans le texte.

structures comme des formes dynamiques en développement ("growth and form"), comme des totalités morphodynamiquement (auto)-organisées et (auto)-régulées. Cette "autre" tradition est beaucoup plus ancienne et profonde que la perspective formaliste et il est passionnant de voir la façon dont Claude Lévi-Strauss s'y rattache.<sup>3</sup>

Toujours dans *De Près et de Loin*, il témoigne de son intérêt constant pour ce type de naturalisme:

«Les sciences de la nature traditionnelles — zoologie, botanique, géologie —, m'ont toujours fasciné, comme une terre promise où je n'aurai pas la faveur de pénétrer. (...) Depuis le moment où j'ai commencé à écrire *Le Totémisme* et *La Pensée Sauvage* jusqu'à la fin des *Mythologiques*, j'ai vécu entouré de livres de botanique, de zoologie... Cette curiosité remonte d'ailleurs à mon enfance.» (p. 156)

Référence naturaliste qui se double tout naturellement d'une critique du paradigme formaliste. Après s'en être démarqué:

«on a mal compris la nature et l'importance de mes emprunts à la linguistique» (p. 158),

il enchaîne sur une estimation du rôle théorique du concept de transformation:

«La notion de transformation est inhérente à l'analyse structurale. Je dirais même que toutes les erreurs, tous les abus commis sur ou avec la notion de structure proviennent du fait que leurs auteurs n'ont pas compris qu'il est impossible de la concevoir séparée de la notion de transformation. La structure ne se réduit pas au système: ensemble composé d'éléments et des relations qui les unissent. Pour qu'on puisse parler de structure, il faut qu'entre les éléments et les relations de plusieurs ensembles apparaissent des rapports invariants, tels qu'on puisse passer d'un ensemble à l'autre au moyen d'une transformation.» (p. 159)

Cette co-appartenance du concept de structure et du concept de forme naturelle traverse le discours de Claude Lévi-Strauss, de l'épistémologie à l'esthétique. La "science du concret" qu'il vise remet en cause

---

<sup>3</sup> Lucien Scubla m'a fait remarquer, et je l'en remercie vivement, que la référence à D'Arcy Thompson est ancienne et récurrente chez C. Lévi-Strauss. On la trouve dans *Anthropologie structurale* (p. 358), dans *Du miel aux cendres* (note p. 74) ainsi que dans le Finale de *L'Homme nu* (pp. 604-606). Le structuralisme biologique (Goethe et Cuvier) est également évoqué dans la *Leçon inaugurale* reprise dans *Anthropologie structurale II*. Par ailleurs, Fernando Gil m'a signalé la Présentation de Tzvetan Todorov aux *Ecrits sur l'Art* de Goethe. Todorov y insiste sur la filiation Goethe Ø Structuralisme et montre en particulier que le célèbre débat Lévi-Strauss / Propp sur la morphologie du conte s'est développée en référence à Goethe.

«l'opposition, devenue classique dans la philosophie occidentale, entre l'ordre du sensible et celui de l'intelligible.» (p. 155)

et accorde une attention toute particulière à la façon dont la science contemporaine

«après avoir longtemps proscrit les qualités secondes, tourné le dos au sensible, (...) s'appliqu[e] maintenant à les réintégrer.» (p. 156)

Qui plus est, les formes naturelles y représentent également l'un des plus haut lieu de l'esthétique:

«A mon sens, l'homme doit se persuader qu'il occupe un place infime dans la création, que la richesse de celle-ci le déborde, et qu'aucune de ses inventions esthétiques ne rivalisera jamais avec celles qu'offrent un minéral, un insecte ou une fleur.» (p. 241)

Ajoutons à cela la critique ironique des dérives "ridicules" de la "vogue" structuraliste dans l'intelligentsia parisienne (que ne dirait-il pas de celles du "post"-structuralisme) et la courageuse remise en cause de collègues prestigieux. Même s'il ne l'a pas fait avec la même vigueur que lorsqu'il a pris parti pour Merleau-Ponty et Aron ("esprit droit") contre Sartre, Claude Lévi-Strauss a pris ses distances avec Foucault, Lacan et Barthes et dénoncé un amalgame:

«Cela m'agace toujours car cet amalgame est sans fondement. (...) Je me sens appartenir à une autre famille intellectuelle: celle qu'ont illustrée Benveniste, Dumézil.»<sup>4</sup> (p. 105)

## II. GENEALOGIES: ORIGINE, ESSENCE, HORIZON DU STRUCTURALISME

Ce faisceau de témoignages esquisse une généalogie *naturaliste* du structuralisme qui est bien précise et explicite son origine, son essence et son horizon scientifiques.

Dans la mesure où nous sommes nous-même engagé depuis de longues années dans le programme de recherche d'un structuralisme morphodynamique, ces affirmations de Claude Lévi-Strauss furent à leur tour pour nous une "illumination". Dès le tout début des années 70 nous avons en effet établi un lien entre d'un côté le structuralisme authentiquement scientifique (C. Lévi-Strauss, R. Jakobson, L. Hjelmslev, A. J. Greimas) et d'un autre côté les modèles dynamiques révolutionnaires de morphogenèse proposés par René Thom. Sur cette base nous avons tenté de remettre en perspective les traditions philosophiques et scientifiques dont ces nouveaux modèles pouvaient être considérés comme les héritiers et nous étions remonté, à travers

---

<sup>4</sup> On sait que dans cette famille intellectuelle Claude Lévi-Strauss inclut aussi Saussure, Troubetzkoi et Jakobson.

Waddington et D'Arcy Thompson (les grands héros biologiques de Thom avec Geoffroy Saint-Hilaire et Goethe) au vitalisme et à la Naturphilosophie du siècle dernier, puis à la troisième Critique de Kant, puis à Leibniz. Cela a donc été pour nous une confirmation étonnante que de constater que Claude Lévi-Strauss lui-même, pourtant souvent critiqué pour son abstraction formalisante, se considérait comme appartenant à ce phylum intellectuel.

Cette convergence remarquable prouve qu'il existe bien des lignées scientifiques et une généalogie gnoséologique du structuralisme. Dans de fort nombreux textes nous avons analysé celle-ci en détail. Nous y revenons ici brièvement pour donner quelques points de repère. Pour bien les évaluer, il faut garder à l'esprit trois données fondamentales:

- (i) le structuralisme relève d'une problématique scientifique et philosophique générale: celle des relations entre forme et matière à travers la substance et, plus précisément, celle de l'organisation systématique (systémique) des parties dans un tout à travers des relations de dépendance;
- (ii) cette problématique se manifeste de façon flagrante dans le cas des formes naturelles;
- (iii) dans le cas des structures cognitives et sémiotiques où la matière n'est pas immédiatement donnée, et est donc phénoménalement absente, la forme est traditionnellement pensée, à cause de cette absence même, sur le modèle de la forme logique.

## **1. Leibniz**

La problématique de la forme sacrifiée par la science moderne remonte on le sait à Aristote qui avait déjà fort bien analysé les différences entre les deux grands types de processus dynamiques: le mouvement physique d'une part (par exemple les trajectoires des planètes ou des corps pesants), et l'embryogenèse biologique d'autre part (le développement d'un organisme). La rupture galiléo-newtonienne a privilégié la théorie mécanique du mouvement et en a permis la mathématisation. La mécanique des forces a ensuite dominé toute la physique classique. Elle a permis d'expliquer de façon *unifiée* un nombre inouï de phénomènes subtils et s'est imposée comme idéal de référence. Quels qu'aient été ses éblouissants développements ultérieurs, la physique fondamentale est donc demeurée une théorie centrée sur l'explication des liens entre forces et géométrie. Pendant longtemps, elle n'a rien su dire sur l'autre type de mouvement, le développement morphogénétique qui unifie non seulement géométrie et forces mais géométrie, forces et formes.

Cette crise est admirablement exemplifiée par Leibniz dont l'œuvre est traversée dans son ensemble par un conflit entre la nouvelle mécanique des forces et une

dynamique des formes forcée de réhabiliter les anciens concepts aristotéliens de forme substantielle et d'entéléchie. Ce dilemme possède la structure d'une véritable *antinomie*. Comme l'a expliqué André Robinet dans son ouvrage de référence sur "l'Architectonique disjonctive" leibnizienne,<sup>5</sup> elle oppose dialectiquement deux attitudes.

Selon la première, les corps composés et organisés ne sont pas de véritables substances. Ce ne sont que des agrégats, des assemblages spatiaux dont l'unité et l'individuation ne sont que nominales et résultent de la perception et du langage — donc du sujet — sans constituer un caractère propre. Selon la seconde attitude, il existe au contraire des substances composées qui possèdent un répondant ontologique *per se*. Les corps organisés sont des substances résultant de l'union d'une forme et d'une matière première au moyen de formes substantielles. Leur phénomène est donc "bien fondé". Ce n'est pas une apparence, une projection mentale.

André Robinet a étudié à fond les quatre principales versions de ce réalisme élaborées successivement par Leibniz au cours d'un "effort intellectuel incommensurable".

(i) La réhabilitation des *formes substantielles*, à partir de 1679, dans la correspondance avec Arnauld (elles avaient été rejetées entre 1668 et 1671 au profit d'un pan-mécanisme fondé uniquement sur la grandeur, la figure et le mouvement). Elles sont l'*ens per se* des substances composées, leur principe d'individuation.

(ii) La réhabilitation des *entéléchies* en 1691. Comme acte de la force, l'entéléchie conjugue forme substantielle et force. Elle permet à Leibniz de fonder *la Dynamique*. L'entéléchie est

«le principe de l'actualité et de la réalité dont la forme substantielle n'est plus que l'application aux substances vivantes et aux substances corporelles» (p. 64).

En 1695, Leibniz introduit dans le *Système nouveau de la Nature* le concept de *forces primitives* (différentes des forces mécaniques dérivées) comme principe intérieur de l'action analogue à un principe vital organique.

(iii) A partir de 1696, *la théorie monadologique* permet de faire la synthèse entre l'entéléchie et *la matière première* et d'élaborer les concepts d'action et d'énergie.

(iv) Enfin, entre 1712 et 1716, principalement dans la correspondance avec des Bosses, *le vinculum substantiale* permet de comprendre comment un lien substantiel entre monades, lien physiquement interprétable, en arrive à constituer *la matière seconde*. Alors que les formes substantielles, les entéléchies et les monades ne font que

«conférer l'unité de la forme à la matière première» (p. 89),

---

<sup>5</sup> Robinet [1986].

le vinculum substantiale permet de penser les corps comme d'authentiques "automates systémiques".

## 2. Kant

L'antinomie de la forme joue un rôle technique clé dans la pensée kantienne. Dans l'optique de la constitution transcendantale et de la détermination objective des phénomènes, la question est celle d'un *schématisme de la composition*. Dans la mesure où l'objectivité systémique de l'organisation fait transcendentalelement défaut à l'objectivité physique, comment comprendre *l'intériorité morphogène* de la Nature, la "technique de production" lui permettant d'engendrer — au-delà d'une mécanique du mouvement ne concernant que son extériorité spatio-temporelle (son être-hors-de-soi) — des totalités organisées, régulées et individuées.

Kant donnera deux réponses totalement différentes. La première est développée dans la *Critique de la Faculté de Juger* (CFJ) et pallie l'absence d'objectivité systémique par l'Idée de Système. Il y traite le problème de l'organisation morphologique en termes non déterminants (non objectifs) de jugement réfléchissant, de finalité, d'analogie, de "comme si" (*als ob*). La seconde, tardive, est esquissée dans les fragments de l'*Opus Postumum* qui devaient servir de base à une quatrième Critique, la *Critique du jugement physique*. Kant y reprend sur de nouvelles bases la problématique leibnizienne qu'il avait rejetée très tôt avec sa *Monadologie physique* et, en se fondant sur l'idée d'un système de forces fondamentales primitives internes à la matière, essaye de comprendre l'organisation morphologique des substrats en termes de jugement déterminant (comme il l'avait fait pour la Mécanique dans la *Critique de la Raison pure* et les *Premiers Principes métaphysiques de la Science de la Nature*).

La référence à Kant est particulièrement pertinente pour notre propos car elle seule permet de comprendre le statut *philosophique* de la théorie morphogénétique de Goethe. D'ailleurs, dans *De Près et de Loin* Claude Lévi-Strauss se déclare kantien:

- «— Au fond, je suis un kantien vulgaire. (...)
- «— Quels principes avez-vous retenu de Kant?
- «— Que l'esprit a ses contraintes, qu'il les impose à un réel à jamais impénétrable, et qu'il ne le saisit qu'à travers elles.» (p. 152)

Et il ajoute même une précision d'un extrême intérêt pour les sciences humaines, à savoir que la raison pratique devrait être traitée dans une optique analogue à celle de la raison théorique:

- «Kant, qui s'accommodait d'un pouvoir de connaître irrémédiablement infirme, du fait des antinomies, espérait trouver à la vie morale un fondement absolu. Hyper-kantien, si j'ose dire, j'englobe la vie morale dans la problématique de la raison pure: elle aussi a ses antinomies, impossibles à surmonter.» (p. 224)

En ce qui concerne la théorie de la forme, la CFJ est le lieu où la philosophie transcendantale commence à réaffronter ce qu'elle avait dû rejeter pour se constituer, à savoir la métaphysique substantialiste leibnizienne. Elle thématise transcendentale le rejet de l'aristotélisme par la mécanique galiléo-newtonienne.

Ernst Cassirer a fort bien vu ce point. Dans son classique ouvrage sur Kant, le chapitre consacré à la CFJ ne commence ni par l'esthétique ni par la biologie mais par le problème métaphysique *des formes substantielles et des entéléchies*. Selon lui, le fait fondamental qui a contraint Kant à concevoir la troisième Critique est bien le problème des formes individuées et structurées actives dans les phénomènes.

Kant répond avec le concept de *finalité interne objective des êtres organisés*. De façon générale, la finalité a pour fonction de légaliser la contingence. La finalité interne objective a pour fonction de résoudre l'antinomie opposant la nécessité transcendantale d'un schématisme de la composition à la *contingence* morphologique le rendant impossible. Elle légalise cette dernière.

«Pour reconnaître qu'une chose n'est possible qu'en tant que fin, (...) il faut que sa forme ne soit pas possible d'après de simples lois naturelles. (...) *La contingence* de la forme (...) est un principe pour n'admettre une causalité pour cet objet que comme si elle n'était possible que par la raison; or la raison est la faculté d'agir selon des fins (une volonté) et l'objet qui n'est représenté comme possible que par cette faculté ne serait aussi représenté comme possible qu'en tant que fin.» (§ 64, p. 189).

La finalité interne objective est non seulement organisation mais *auto*-organisation. Dans une fin naturelle il existe une détermination réciproque entre les parties et le tout. L'organisation n'y est pas celle d'un mécanisme mais l'effet de *l'Idée* du tout, qui détermine

«l'unité systématique de la forme et de la liaison de tout le divers» (p. 192).

Bref, selon Kant

«c'est donc seulement la matière, dans la mesure où elle est organisée, qui introduit nécessairement le concept d'une fin naturelle, parce que sa forme spécifique est en même temps produit de la nature.» (p. 197).

L'organisation dépend ainsi d'une "force formatrice" (*bildende Kraft*) qui, n'étant pas explicable mécaniquement, n'est pas objective. Mais si le jugement téléologique est seulement *régulateur*, il l'est dans un sens exceptionnel. *Quasi*-constitutif, il participe de plein droit à la *légalisation scientifique* de la nature car

«[II] vaut avec autant de nécessité pour notre faculté de juger humaine que s'il était un principe objectif.» (p. 218)

Tout se passe *comme-si* (als ob) il était objectif.

On sait qu'il existe chez Kant une solidarité profonde entre la téléologie de la Nature et l'esthétique. Cela résulte du fait que *le défaut d'objectivité* physique des formes naturelles se trouve pallié par *un supplément de subjectivité*, celui de leur valeur esthétique intrinsèque affectant le sujet. Ce jeu de compensation représente un aspect essentiel de la finitude de notre entendement et cela d'autant plus que l'esthétique fournit un *passage* vers la Raison pratique (l'éthique).

La beauté est liée à *l'appréhension de la forme* dans l'imagination. Elle concerne la donation, la présentation, de l'apparaître morphologique. Pour Kant — et Claude Lévi-Strauss, nous l'avons vu, partage en grande partie ce point de vue — la seule beauté authentique, "libre", "pure", "non adhérente", "inconditionnée" (non conventionnelle, sans canon socioculturel) est celle des formes *naturelles*: fleurs, organismes, cristaux, transitions de phases, flammes, remous, tourbillons, ruisseaux, entrelacs, etc. Le jugement esthétique est un jugement "sans concept" qui ne porte que sur un accord général — possible tout en restant indéterminé — entre la faculté des intuitions (l'imagination) et la faculté des concepts (l'entendement). D'où l'idée kantienne étonnante d'une conformité indéterminée entre l'appréhension des formes (leur présentation dans l'intuition sensible) et leur connaissance possible (la représentation conceptuelle):

«La finalité [esthétique] possède dans l'objet et dans sa forme son fondement, bien qu'elle n'indique pas la relation de cet objet à d'autres objets d'après des concepts (selon des jugements de connaissance), mais ne concerne en général que l'appréhension de cette forme, pour autant qu'elle s'indique dans l'espace comme conforme aussi bien à la faculté des concepts qu'à celle de la présentation de ceux-ci (qui est identique à la faculté de l'appréhension).» (p. 115)

La conversion de la finalité interne objective en finalité subjective formelle repose ainsi sur une alliance subtile entre la liberté imaginative et la légalité cognitive :

«le goût, en tant que faculté de juger subjective, comprend un principe de la subsumption, non pas des intuitions sous des concepts, mais de la faculté des intuitions sous la faculté des concepts pour autant que la première en sa *liberté* s'accorde avec la seconde en sa *légalité*.» (p. 121)

### **3. Goethe**

Comme l'a remarqué Ernst Cassirer<sup>6</sup>, après Kant, le romantisme a cherché à dépasser l'affirmation critique que la connaissance exige de nier l'intériorité de la Nature. En particulier, avec la *Naturphilosophie*, Schelling a opposé le Concept

---

<sup>6</sup> Cassirer [1983].



mécanique objectif de la Nature à cette libre intuition de soi-même qu'est l'Absolu conçu comme tendance proleptique vers une liberté inconditionnée. En situant la "vie" au croisement de la Nature et de la Liberté, en la pensant comme "Liberté dans le phénomène" et comme autonomie dans l'être-là sensible, il a transgressé le verdict de la CFJ et a inauguré le vitalisme. Il a admis l'Idée de système comme principe de formation des formes organisées et a développé un nouveau principe entéléchique.

Goethe a suivi en partie Schelling.<sup>7</sup> Mais, contre le vertige spéculatif de l'intériorité, il s'en est tenu à l'apparaître des formes naturelles. Pour lui, la solidarité entre téléologie et esthétique a débouché sur une problématique de *la description de l'apparaître* qui — ainsi que l'a fort bien montré Filomena Molder<sup>8</sup> — peut être considérée comme un précurseur des problématiques phénoménologiques, structurales et sémiotiques. Goethe restreint le principe entéléchique à *l'Erscheinung*. Pour lui, la compréhension de ce dernier est *symbolique*. L'apparaître manifeste une *expressivité* qui affecte le sujet et qui doit être décrite dans un langage symbolique approprié. Les phénomènes ne sont pas que des représentations qui doivent être transformés en objets d'expérience. *Ce sont également des signes*, des présences traductibles en symboles. Il existe pour Goethe une structure sui generis de la visibilité de l'apparaître exprimant, dans un jeu entre *Bildung* et *Gestaltung*, son principe entéléchique de formation. Bien sûr, il y a un principe interne de la formation. Mais il s'agit de le comprendre à partir de la description de son "externalisation". Contrairement à ce qui se passe chez Schelling, chez Goethe le principe entéléchique n'est pas téléologique. Le "fondement" (le principe organisateur interne) n'est pas en deçà ou au-delà de l'apparaître. Il se donne dans l'apparaître même dans la mesure où les morphologies sont comme des signes qui *s'auto-interprètent*. C'est pourquoi la "Métamorphose" est l'objet d'une "nouvelle" science, la *Morphologie*, science eidétique *descriptive* autonome, nouvelle non pas tant par son objet que par sa méthode.

#### **4. Peirce**

A la suite de la *Naturphilosophie* schellingienne, les vitalistes introduiront également l'idée que des principes organisateurs morphogènes peuvent, bien que de nature non physique, s'incarner dans des substrats matériels. Mais l'échec de leur idéalisme fut complet. Le problème des formes et de leur développement demeura ainsi comme une épine métaphysique plantée dans le corps de la science. Avant la révolution des modèles physico-mathématiques de morphogenèse contemporains, sa seule

---

<sup>7</sup> Cf. Goethe [1780-1830].

<sup>8</sup> Molder [1991].

reconversion positive aura été le courant sémiotique qui, parti de Goethe, conduira, via la phénoménologie, au structuralisme.

Peirce est un jalon essentiel dans la reformulation sémiotique du problème de la forme et des structures. Dans sa tentative de comprendre l'énigme de la diversité et de la complexification évolutive croissante des êtres organisés, il a réactivé à sa façon tous les grands thèmes leibniziens et kantien. Comme Goethe, il en est également arrivé à une conception sémiotique des entéléchies organisatrices comme signes auto-interprétant (le signe étant dans ce cas pour lui une matière déterminée par une forme, c'est-à-dire une finalité interne).

## 5. Husserl

Husserl est un penseur essentiel pour notre propos dans la mesure où, appartenant au phylum aristotélicien à travers Brentano, il a entièrement repensé la problématique de la forme, et en particulier des structures morphologiques de l'apparaître sensible se donnant dans la perception, dans le cadre d'une théorie des relations de dépendance entre tous et parties qui conduira directement au structuralisme jakobsonien. Grâce à la phénoménologie, et en particulier à la corrélation noético-noématique, il est arrivé à tenir ensemble les dimensions morphologique, logique et ontologique de la question de la forme.

Husserl radicalise dans une perspective anti-naturaliste l'antinomie de la forme. Selon lui, il existe une impossibilité de principe d'une *physique de la manifestation*. La physique élimine les qualités sensibles et ce qu'il appelle le

«flux héraclitéen des morphologies sensibles remplissant la spatialité intuitive.»<sup>9</sup>

Il est donc contradictoire de vouloir y chercher leurs causes. Les “essences morphologiques vagues” proto-géométriques et les qualités secondes ne sont pas objectivables. Non seulement il n'existe pas, et ne peut pas exister, de physique morphologique, mais, même si les formes naturelles sont des structures spatio-temporelles, il ne peut pas non plus exister de *géométrie* morphologique qui pourrait jouer le rôle d'une eidétique de la forme. C'est pour des raisons *d'essence* que les concepts morphologiques ne peuvent pas être mathématisés.<sup>10</sup>

C'est donc une autre eidétique qui doit prendre en charge la question de la forme. Ce sera l'eidétique phénoménologique et, en particulier, l'ontologie formelle des relations de dépendance et de "fondation" entre déterminations.

---

<sup>9</sup> Husserl [1976], p. 32.

<sup>10</sup> Nous avons souvent commenté les analyses fondamentales de Husserl sur les limites intrinsèques de la géométrie. Cf. Petitot [1994], [1998a].

## **6. D'Arcy Thompson**

D'Arcy Thompson était un savant exceptionnel, éminent naturaliste, pionnier de l'océanographie, mathématicien, helléniste, poète. Outre Claude Lévi-Strauss, il inspira les plus grands spécialistes de la morphogenèse et de la théorie de l'évolution, en particulier Alan Turing, René Thom, Steve Gould (qui a préfacé *On Growth and Form*). Fasciné par l'énigme de la formation bio-physique de la géométrie du vivant, il reprit l'idée du plan d'organisation des espèces (Buffon, Geoffroy Saint Hilaire, Goethe) et s'attacha en particulier à comprendre comment les morphologies d'espèces comparables (comme différentes espèces de poissons ou le chimpanzé et l'homo sapiens) pouvaient être géométriquement transformées les unes dans les autres. Il peut être considéré comme l'un des fondateurs de la morphométrie. Les transformations qu'il utilise sont souvent des transformations *conformes*, moins rigides que les isométries (isomorphismes de la structure métrique) mais beaucoup plus rigides que les difféomorphismes (isomorphismes de la structure différentiable) ou, a fortiori, les homéomorphismes (isomorphismes de la structure topologique).<sup>11</sup>

Le concept de transformation est fondamental car il relie développement et évolution. Ainsi que l'explique Yves Bouligand, l'un des meilleurs spécialistes actuels des structures biométriques:

«Comme elle [la théorie des transformations] s'applique aussi bien au développement qu'à l'évolution, elle offre une voie d'accès à l'étude des relations entre l'ontogenèse d'une espèce et les modifications évolutives apparues dans la lignée de ses ancêtres.»<sup>12</sup>

En particulier, les transformations permettent de catégoriser les espèces en genres morphologiques en regroupant en classes les morphologies réciproquement transformables et en séparant celles-ci par des discontinuités morphologiques. Elles mettent à jour des contraintes *structurales* de la phylogénèse.

## **7. Turing**

Sans doute René Thom est-il le principal héritier de D'Arcy Thompson <sup>13</sup> dans la mesure où il a en grande partie réalisé son rêve d'une géométrie morphologique. Mais il ne faut pas oublier Alan Turing qui fut l'un des pionniers d'une théorie physicaliste

---

<sup>11</sup> Il existe de nombreux exemples de transformations conformes en biologie. Par exemple les cartes corticales du cortex visuel primaire sont en partie des représentations conformes de la rétine.

<sup>12</sup> Bouligand, Lepescheux [1997], p. 32.

<sup>13</sup> Cf. Thom [1972], [1980].

générale de la morphogenèse biologique, en particulier dans son article clé de 1952 "The Chemical Basis of Morphogenesis". Il fut le premier à comprendre comment des formes pouvaient résulter d'instabilités dans des processus biochimiques de réaction-diffusion faisant interagir différentes substances morphogènes. Les instabilités brisent l'homogénéité des tissus et, à partir de cette nucléation, développent des motifs morphologiques. Ces idées ont été appliquées avec un succès considérable aux processus d'émergence de patterns spatio-temporels caractéristiques (taches comme sur les pelages d'animaux, pigmentations comme sur les coquillages, bandes parallèles comme dans les empreintes digitales, etc.).

Turing est également très important dans la mesure où il fut l'un des premiers à comprendre *techniquement* (et pas seulement spéculativement comme ses prédécesseurs) qu'il existait un lien essentiel entre morphogenèse biologique et structures cognitives. Dans les deux cas, les formes-structures "macroscopiques" émergent d'interactions "microscopiques" de nature physique (chimique, électronique, neuronale) et il est donc justifié *de viser une théorie physicaliste unitaire des formes biologiques et des structures cognitives*.<sup>14</sup>

Depuis ces travaux pionniers, des progrès extraordinaires ont été accomplis dans la compréhension de l'organisation morphologique des substrats. Nous y reviendrons plus bas. Par exemple on comprend de mieux en mieux comment s'effectue la biominéralisation et comment la formation dans les tissus de cristaux biogéniques de formes très différentes peut être contrôlée par l'organisme. Bref, on commence à expliquer la façon dont, dans tous les domaines, les structures morphodynamiques peuvent être *matériellement implémentées*.

## **8. Valéry**

Un autre éminent penseur morphologique est Paul Valéry qui a développé une réflexion ininterrompue sur la phénoménologie de la réalité sensible et de l'apparaître intuitif dont l'intelligibilité est détruite par les reconstructions scientifiques. Comme Goethe, comme Kant, il a particulièrement bien compris le lien indissoluble qui existe entre la contemplation esthétique et l'explication naturaliste des formes résultant de la "technique de production" de la Nature.

Dans un certain nombre de textes, en particulier *L'Homme et la Coquille*,<sup>15</sup> à propos de formes comme celle d'un cristal, d'une fleur, d'une coquille, il retrouve la

---

<sup>14</sup> Cf. le récent beau livre de Jean Lassègue sur Turing.

<sup>15</sup> Valéry [1957], pp. 886-907. Nous avons vu que Claude Lévi-Strauss remontait à Dürer. Valéry remonte quant à lui à Léonard. Le parallélisme est étonnant. Il existe vraiment des généalogies de la vérité.

difficulté centrale analysée par Kant, celle de la disjonction dans les êtres organisés entre “l’intelligibilité” immédiate et intuitive produite par leur saisie sensible et le “mystère” intellectuel de leur principe organisateur interne.

«Ils nous proposent, étrangement unies, les idées d’ordre et de fantaisie, d’invention et de nécessité, de loi et d’exception.»

Magnifique façon de reformuler l’alliance esthétique kantienne entre la liberté imaginative et la légalité cognitive. Et s’ensuit immédiatement une formulation toute aussi heureuse de l’aporie kantienne de la finalité: se représenter dans l’apparaître même l’idée d’une fin, d’un processus générateur, tout en ne pouvant pas accéder conceptuellement à une connaissance procédurale de celle-ci.

«Nous trouvons à la fois dans leur apparence, le semblant d’une *intention* et d’une *action* qui les eût façonnés à peu près comme les hommes savent faire, et cependant l’évidence de procédés qui nous sont interdits et impénétrables.»

Le conflit dialectique interne au savoir est bien celui entre “construction” mécanique et “formation” vivante (téléologique).

«Nous concevons la *construction* de ces objets, et c’est par quoi ils nous intéressent et nous retiennent; nous ne concevons pas leur *formation*, et c’est par quoi ils nous intriguent.»

Mais comment la matière en vient-elle à s’organiser? Bien sûr nous disposons de tous les résultats de la physico-chimie, de la biochimie et de la génétique. Mais ils demeurent apparemment insuffisants. Car “je ne sais que ce que je sais faire” et c’est pourquoi la connaissance humaine est essentiellement *mécaniste*. La *contingence de la forme* et la “bizarrerie” de ses “agréments” en est un nécessaire point d’achoppement.

«Car une *machine* ne commet pas de tels écarts; un *esprit* les eût recherchés avec quelque intention; le *hasard* eût égalisé les chances. Ni machine, ni intention, ni hasard... Tous nos moyens sont évincés.»

Et c’est pourquoi la formation est “mystérieuse” et conduit, comme l’affirmait Kant, à élargir le Concept de la Nature du mécanisme à *l’art*.

Le mécanisme ne suffit pas et

«peut-être se trouve-t-il ici une difficulté essentielle — je veux dire: qui tient à la nature de nos sens et de notre esprit.»

Ce que la finitude de notre entendement discursif rend si difficile à comprendre est que, comme le formule admirablement Valéry, la vie “*ne sépare pas sa géométrie de sa physique*”.

«le moindre coquillage me fait voir (...) [une] liaison indissoluble et réciproque de la figure avec la matière.»

Pour comprendre les morphologies, il faudrait donc une Dynamique et une Physique de la Forme, autrement dit, une théorie de l'(auto)-organisation. Il faudrait comprendre comment des mécanismes d'interactions microphysiques et biochimiques peuvent engendrer des formes macroscopiques émergentes tout à la fois aussi irrégulières et aussi organisées. Valéry l'a fort bien compris. Il a saisi ce que pourrait être un structuralisme dynamique pour la biologie.

## **9. Jakobson**

Claude Lévi-Strauss ancre le structuralisme dans la "Métamorphose" de Goethe et les transformations de D'Arcy Thompson. Roman Jakobson l'a quant à lui ancré dans la phénoménologie de Husserl. Il a en grande partie tiré la légitimation philosophique du concept de structure des *Recherches Logiques*, et en particulier de la troisième Recherche concernant la théorie méréologique des touts et des parties. Elmar Holenstein, l'un des meilleurs spécialistes de ces questions, en a souvent témoigné.<sup>16</sup> Selon lui (interprétation confirmée par Jan Patocka), on peut aller jusqu'à considérer le structuralisme pragois comme un courant du mouvement phénoménologique dans la mesure où le concept même de structure comme système de déterminations réciproques repose sur ce que Husserl appelait des relations de dépendance et de fondation.

«According to Jakobson, the sounds of a language form a "structural whole". In Husserl's writings, Jakobson found a definition of wholes heuristically productive for phonology.»<sup>17</sup>

Signalons d'ailleurs que dans son interview avec Roberto Benatti Elmar Holenstein donne une précision fort intéressante:

«In 1974 and 1975, Jakobson spent the summer months in Switzerland, in Einsiedeln near Zurich. He wrote an article there about "structuralism" for the *Enciclopedia Einaudi*. Unfortunately, he never completed this article. In this context he said that for him there were "three great structuralists": Trubetzkoi, Lévi-Strauss, and Thom. Saussure and especially Hjelmslev did not belong among them. According to Jakobson, they were both formalists and not structuralists. For a structuralist, "form" and "content" are not independent of each other.»

## **10. Merleau-Ponty**

Nous avons vu que la généalogie du structuralisme non formaliste se partage entre le naturalisme et la phénoménologie. Nous concluons donc ces quelques points de

---

<sup>16</sup> Cf. Holenstein [1974], [1992].

<sup>17</sup> Holenstein [1992], p. 135-136.

repères en évoquant la synthèse contemporaine de ces deux perspectives dans le cadre d'une phénoménologie naturalisée.<sup>18</sup>

La thématization philosophique d'une telle synthèse remonte à Maurice Merleau-Ponty. On connaît les liens étroits entre Claude Lévi-Strauss et Merleau-Ponty qui fut l'un de ses principaux soutiens lors de son élection au Collège de France en 1959. On connaît aussi les travaux de ce dernier sur le structuralisme dont il fut l'un des premiers philosophes à comprendre toute l'importance. Il est donc particulièrement important généalogiquement de souligner que cette perspective s'inscrit chez Merleau-Ponty dans une refondation naturaliste de la phénoménologie. Comme il l'a expliqué dans ses derniers cours du Collège de France récemment publiés (1952-53, 1959-60),<sup>19</sup> on a besoin, outre d'une description eidétique (au sens husserlien) du flux héraclitéen des morphologies sensibles, d'une théorie dynamique des formes et des structures permettant d'expliquer sur des bases physiques, biochimiques, thermodynamiques, et "cybernétiques" (systémiques), les "gradients morphogénétiques" des morphologies naturelles, c'est-à-dire. la façon dont

«l'organisation réinvestit l'espace physique»

à travers

«l'émergence entre les micro-phénomènes, de macro-phénomènes originaux, lieux singuliers de l'espace.»

On retrouve aussi chez Merleau-Ponty l'idée, néo-goethéenne et néo-peircienne, que c'est dans une phénoménologie se dépassant vers une approche topologique et dynamique des formes qu'il faut fonder le sens. Les formes naturelles et les *Gestalten* perceptives corrélatives sont intrinsèquement significatives. Elles manifestent "figurativement",

«une *force* lisible dans une *forme*».

Autrement dit, avant que d'être une signification, le sens est une couche d'être qui s'édifie sur la couche d'être de la forme. Le sémiotique s'édifie sur le morphologique.

### III. MATIERE, SUBSTANCE, FORME: LA NATURALISATION DU STRUCTURALISME

*La forme est le phénomène de l'organisation de la matière*, la matière organisée par la forme étant substance. D'où un double destin de l'idée de forme. Dans le cas des formes naturelles le substrat matériel est donné. Même si pendant longtemps l'on n'a pas

---

<sup>18</sup> Cf. SCP [1995], NP [1998].

<sup>19</sup> Merleau-Ponty [1968].

compris les processus physiques, biochimiques, thermodynamiques, systémiques engendrant les formes, même si pour les penser on a dû avoir recours à des concepts spéculatifs comme celui d'entéléchie, il n'empêche que la donation du substrat ne faisait pas question. L'idéalisme de la forme (le vitalisme par exemple) résultait des difficultés insurmontables de la théorisation. Il n'était pas imposé par les phénomènes en tant que tels. En revanche dans le cas des structures cognitives, sémiotiques et symboliques il en va tout autrement. La matière n'est pas donnée dans le phénomène et c'est pourquoi l'objectivation de la forme se fait en général sur le mode formaliste: *l'idéalisme formaliste s'impose lorsque les formes sont découplées de leur matière*. En fait la matière de la cognition, de la pensée, de la conscience, de l'esprit et du sens, la matière où leurs structures s'implémentent, est la matière neuronale.

L'actualité scientifique du structuralisme comprend deux aspects:

- (i) la convergence de ses deux généalogies dans le cadre d'un naturalisme élargi incluant une naturalisation de la phénoménologie;
- (ii) la possibilité d'en développer des modèles matérialistes permettant de dépasser l'idéalisme formaliste.

### **1. Physique mathématique des formes**

En ce qui concerne les morphologies naturelles, il en existe désormais des modèles physico-mathématiques. Des théories — théorie des catastrophes et des bifurcations d'attracteurs de systèmes dynamiques non linéaires, théorie des phénomènes critiques et des ruptures de symétrie, théorie de l'(auto)-organisation, états critiques auto-organisés, thermodynamique non linéaire et structures dissipatives, etc. — expliquent comment, sur la base de processus d'interaction et de comportements collectifs coordonnés (coopérations et conflits) se situant à une échelle intermédiaire ("mésoscopique"), des unités de petite échelle ("microscopiques") peuvent s'organiser en structures émergentes de grande échelle ("macroscopiques"). Elles ont permis d'élaborer ce que Per Aage Brandt a proposé d'appeler une "phéno-physique" et ont montré que le niveau morphologique "macro" émergent s'organise essentiellement autour des *singularités* — des *discontinuités qualitatives* — des processus "micro" sous-jacents. Ces singularités sont phénoménologiquement dominantes, saillantes comme aime à le dire Thom, parce qu'elles "brisent" l'homogénéité de l'espace substrat. Ce que Husserl appelait "les essences morphologiques vagues", essences étrangères à la physique fondamentale classique, est donc désormais susceptible d'une approche physicaliste à condition d'avoir recours à la *macrophysique qualitative des systèmes complexes* et non plus à la microphysique des systèmes élémentaires. Cela permet de comprendre l'origine de la *phénoménalisation* de la réalité physique en structures qualitatives du monde.



La possibilité de modéliser de façon physicaliste la *complexité* des systèmes naturels, permet d'élargir les sciences naturelles aux phénomènes cognitifs et sociaux. 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) et présentent une sensibilité à des variations infinitésimales de leurs paramètres de contrôle, sensibilité produisant des effets de divergence. 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. Ils n'ont plus rien à voir avec le déterminisme mécaniste laplacien.<sup>20</sup> Leur analyse repose tant sur les nouvelles théories physico-mathématique que nous venons d'évoquer que sur la synthèse computationnelle faisant un usage massif de la simulation sur ordinateur.

## **2. Modèles neuro-cognitifs et structuraux**

L'unification des modèles morphologiques naturalistes et des modèles structuraux s'est effectuées en deux étapes. La première a consisté à développer des modèles morphodynamiques pour les structures. C'est ce qui a été fait dans les années 70-80, par exemple pour la phénoménologie de la perception, les catégorisations phonologiques, la syntaxe structurale ou les structures sémio-narratives. La seconde étape a consisté à implémenter ces modèles dans des substrats neuronaux en utilisant la théorie des systèmes complexes et en particulier les réseaux de neurones. C'est ce qui a été fait pour les exemples cités au cours des années 80-90.

Ces avancées s'intègrent en fait dans l'un des phénomènes scientifiques majeurs de cette fin de siècle, à savoir l'investissement techno-scientifique massif des opérations cognitives animales et humaines (perception, action, apprentissage, catégorisation, inférence, etc.) et des interactions sociales complexes. Après celle du vivant, l'exception ontologique de l'humain disparaît au profit d'une unification matérialiste et d'une intégration naturaliste. Évoquons très brièvement quelques exemples de phénomènes cognitifs et structuraux que l'on doit désormais considérer comme "physiques" dans un sens généralisé.

---

<sup>20</sup> L'étude des systèmes complexes est devenue une new frontier des sciences dures. La convergence des intérêts scientifiques, économiques et industriels y est considérable, sans équivalent depuis la biologie moléculaire et l'informatique. Comme il se doit, au nom de son exception culturelle la France est en train d'accumuler un retard ruineux dans ce domaine.

1. La segmentation des images visuelles et leur décomposition en constituants, les phénomènes analysés par la Gestaltheorie et la phénoménologie, comme par exemple ceux du grouping, des anticipations perceptives ou de l'intentionnalité perceptive.
2. Les phénomènes de catégorisation et de typicalité. On introduit d'abord un système dynamique sous-jacent dont les attracteurs sont pensés comme des prototypes et les bassins d'attraction comme des catégories. Les bifurcations d'attracteurs sous l'action de paramètres de contrôle conduisent ensuite à des catégorisations d'ordre supérieur. Les modèles dynamiques de catégorisation rendent compte du principe structuraliste de détermination réciproque qui est constitutif des paradigmes phonologiques et sémantiques.
3. La complémentarité des axes syntagmatique et paradigmatic dans le langage. Si l'on apprend (par apprentissage supervisé) à un réseau de neurone 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. En fait, de nombreux problèmes linguistiques (inférence grammaticale, anaphore, ambiguïté, polysémie, etc.) sont désormais susceptibles de telles approches connexionnistes.
4. L'implémentation des liens (beaucoup plus compliqués que l'on peut croire) entre la sémantique des langues naturelles et les scènes perceptives. Par exemple une simple préposition constitue une catégorisation relationnelle de niveau supérieur. Elle s'applique en effet à une infinité continue de situations possibles. C'est un problème de reconnaissance des formes "au second degré". On a construit des modèles morphologiques de systèmes prépositionnels ainsi que des réseaux de neurones capables de les apprendre et de les appliquer correctement à des configurations statiques ou dynamiques d'objets (des mini-scénarios).
5. Le phénomène d'apprentissage. L'apprentissage résout un problème inverse. Le problème direct est, étant donnés les paramètres de contrôle du système (par exemple les poids synaptiques d'un réseau de neurones), de déduire sa structure et ses performances (par exemple les attracteurs du réseau 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.
6. 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.
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 correspond au processus de reconnaissance.

8. 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).

9. La syntaxe topologique et les structures sémio-narratives. Nous avons montré, en nous appuyant sur les modèles proposés par René Thom, qu'il était possible d'utiliser la théorie des bifurcations des systèmes dynamiques non linéaires pour développer des modèles de la syntaxe structurale, des grammaires casuelles (Hjelmslev, Fillmore, la tradition de la dite hypothèse localiste), de la syntaxe actantielle (Greimas) et des grammaires cognitives (Langacker, Talmy, Jackendoff, Lakoff). Jointes à ceux de catégorisation paradigmatique évoqués plus haut, ces modèles permettent de formaliser les structures sémio-narratives.

10. Pour conclure ces quelques indications on nous permettra, dans un hommage à Claude Lévi-Strauss, de dire un mot sur les travaux que nous avons consacrés à la formule canonique du mythe (FCM) proposée en 1955 (texte repris dans *Anthropologie structurale*), réactivée en 1985 dans *La Potière jalouse* et beaucoup commentée depuis. En ce qui concerne le statut formel de la FCM, on peut montrer que son interprétation algébrique (de type groupe booléen) reste très largement insuffisante. Nous avons proposé l'idée que l'on peut plutôt voir la FCM comme une sorte "d'équation" fondamentale possédant pour "solutions" tout un ensemble de structures formelles.<sup>21</sup> L'avantage principal d'une telle perspective est de rendre la FCM *générative*. 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 plaquer sur la réalité empirique. La rendre générative c'est la rendre opératoire et effective. Ses conséquences ("solutions") sont alors testables empiriquement. En effet il existe énormément de "solutions" explicites différentes de "l'équation" et on peut les comparer aux données empiriques.

En nous appuyant sur nos modèles dynamiques sémio-narratifs nous avons montré que la FCM exprime un couplage entre deux oppositions qualitatives opérant sur des codes différents, ce qui la relie naturellement à un modèle déjà notablement complexe, dit du "double cusp": la singularité cusp modélise une opposition qualitative

---

<sup>21</sup> Cf. Petitot [1988], NP [1998].

et la singularité double cusp provient d'un couplage de deux cusps. Ce modèle permet d'engendrer un nombre considérable de structures sémantico-actantielles.

Dans sa thèse de doctorat magistrale consacrée à la FCM, Lucien Scubla a commenté en détail et de façon exhaustive les travaux dont elle a fait l'objet, en particulier le fameux modèle de médiation dû à Pierre Maranda. Nous avons récemment montré que cela permet de justifier et d'améliorer de façon notable le modèle du "double cusp".

## CONCLUSION

Partis de la référence de Claude Lévi-Strauss à D'Arcy Thompson nous avons esquissé quelques éléments de la généalogie morphologique du structuralisme. Nous avons vu que, *philosophiquement*, cette généalogie se partage entre deux traditions: celle du naturalisme et celle de la phénoménologie. Mais, *scientifiquement*, les deux perspectives se sont récemment unifiées dans le cadre d'une théorie de l'organisation morphologique des substrats matériels. Le paradigme organisationnel et morphodynamique de la complexité est ainsi devenu dominant par rapport au paradigme logico-combinatoire formaliste.<sup>22</sup>

Les structures analysées par les théories de la perception (Gestalten visuelles, catégorisations phonétiques, etc.), la syntaxe structurale et les grammaires cognitives, la théorie sémio-narrative, l'anthropologie, sont des structures mentales et correspondent donc au cas où les substrats sont neuronaux. En ce sens, les neurosciences cognitives intégrées détiennent la clé de l'avenir scientifique du structuralisme.

Nous avons vu aussi que la révolution apportée par les théories physico-mathématiques des formes et des structures avait mobilisé certaines des avancées techno-scientifiques les plus importantes de ces dernières années. C'est dire que les problématiques du structuralisme sont désormais devenues solidaires des sciences "dures" et que les physiciens, biologistes, informaticiens, ingénieurs de la complexité, mathématiciens en assurent, chacun à leur façon et sans forcément se référer au label "structuraliste", le développement. Ce transfert de compétences se produit à un moment où, du moins en France, les sciences humaines ont démissionné, abdicé même, sur le plan de l'objectivation théorique. Retrouvant qui les délices de l'engagement militant, qui les délices de l'essayisme descriptif, qui les délices du magistère éthique, les "post"-structuralistes estiment que c'est presque un devoir moral pour les sciences humaines que d'abandonner toute prétention à une scientificité "dure". Quand on pense aux

---

<sup>22</sup> Pour un exemple de la transformation complète de point de vue introduit en sciences cognitives par le paradigme dynamique, cf. l'ouvrage de référence *Mind as Motion. Explorations in the Dynamics of Cognition*, Port & van Gelder, [1995].

extraordinaires découvertes faites par les structuralistes, les biologistes et les physiciens mathématiciens que nous avons évoqués, on ne peut que se convaincre du caractère bien fondé de la sentence de Claude Lévi-Strauss «les sciences humaines seront structurales ou ne seront pas» et lui ajouter «les sciences structurales seront des sciences naturelles ou ne seront pas».

## BIBLIOGRAPHIE

- BOULIGAND, Y., LEPESCHEUX, L., 1997. "La théorie des transformations", *L'origine des formes, La Recherche*, 305, 31-33.
- CASSIRER, E., 1918. *Kants Leben und Lehre, Kant's Life and Thought* (trad.J. Haden), Yale University Press, 1981.
- CASSIRER, E., 1983. *Les Systèmes post-kantiens* (trad. Collège de Philosophie), Presses Universitaires de Lille. Vol. 3 de *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und der Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlin, 1923.
- GOETHE, J.W. von, 1780-1830. *La Métamorphose des Plantes* (trad. H. Bideau), Paris, Triades, 1975.
- HOLENSTEIN, E., 1974. *Jakobson ou le structuralisme phénoménologique*, Paris, Seghers.
- HOLENSTEIN, E., 1992. "Phenomenological Structuralism and Cognitive Semiotics", Interview avec R. Benatti, *Scripta Semiotica*, 1, 133-158, (Peter Lang).
- HUSSERL, E., 1900-1901. *Logische Untersuchungen*, Halle, Max Niemeyer, 1913. *Recherches Logiques*, Paris, Presses Universitaires de France, 1969-1974.
- HUSSERL, E., 1976. *La Crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, (trad. G. Granel), Paris, Gallimard.
- KANT, I., 1790. *Kritik der Urtheilskraft*, Kants gesammelte Schriften, Band V, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1913. *Critique de la Faculté de Juger*, trad. A. Philonenko, Paris, Vrin, 1979.
- KÖNGÄS, E., MARANDA, P., 1971. *Structural Models in Folklore and Transformational Essays*, La Haye, Mouton.
- LASSÈGUE, J., 1998. *Turing*, Paris, Les Belles Lettres.
- LÉVI-STRAUSS, C., 1958. *Anthropologie structurale*, Paris, Plon.
- LÉVI-STRAUSS, C., 1985. *La Potière jalouse*, Paris, Plon.
- LÉVI-STRAUSS, C., ERIBON, D., 1988. *De Près et de Loin*, Paris, Odile Jacob.
- MERLEAU-PONTY, M., 1968. *Résumés de Cours. Collège de France 1952-1960*, Paris, Gallimard.
- MM, 1995. *Mind as Motion: Explorations in the Dynamics of Cognition*, (T. van Gelder, R. Port eds.), Cambridge, MIT Press.

- MOLDER, F., 1991. *O pensamento morfológico de Goethe*, Lisbonne, Imprensa Nacional.
- NP, 1998. *Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science*, (J. Petitot, F. J. Varela, J.-M. Roy, B. Pachoud, eds.), Stanford, Stanford University Press.
- 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, XXVIII (2-3), 24-50.
- PETITOT, J., 1989a. "Structuralisme et Phénoménologie", *Logos et Théorie des Catastrophes* (Colloque de Cerisy autour de René Thom), , 345-376, Genève, Patino.
- PETITOT, J., 1989b. "Forme", *Encyclopaedia Universalis*, XI, 712-728, Paris.
- PETITOT, J., 1992, *Physique du Sens*, Editions du CNRS, Paris.
- PETITOT, J., 1994. "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., 1998b. "Modèles morphodynamiques de catégorisations phonétiques", *The Roman Jakobson Centennial Symposium* (P-A. Brandt, F. Gregersen eds), *Acta Linguistica Hafniensia*, 29, 239-269.
- PETITOT, J., 1998c. "New remarks on the morphodynamical schematization of the canonical formula for myths", *The Double Twist: from Ethnography to Mathematics*, (P. Maranda ed.), à paraître.
- ROBINET, A., 1986. *Architectonique disjonctive, Automates systémiques et Idéauté transcendante dans l'œuvre de G. W. Leibniz*, Paris, Vrin.
- SCP, 1995. *Sciences cognitives et Phénoménologie*, numéro spécial des *Archives de Philosophie*, 58/4, (J. Petitot ed.).
- SCUBLA, L., 1998. *Lire Lévi-Strauss*, Paris, Odile Jacob.
- THOM, R., 1972. *Stabilité structurelle et Morphogenèse*, New-York, Benjamin, Paris, Ediscience.
- THOM, R., 1980. *Modèles mathématiques de la Morphogenèse*, Paris, Christian Bourgois.
- THOM, R., 1988. *Esquisse d'une Sémiophysique*, Paris, InterEditions.
- TODOROV, T., 1983. "Présentation" des *Ecrits sur l'Art de Goethe*, Paris, Klincksieck.
- TURING, A., 1952. "The Chemical Basis of Morphogenesis", *Collected Works*, 4, 1-36, North-Holland, 1992.
- VALÉRY, P., 1957. *Œuvres I*, Paris, Gallimard.