

# Hypothèse localiste, modèles morphodynamiques et théories cognitives: Remarques sur une note de 1975\*

JEAN PETITOT

## Introduction

Lors de la rencontre organisée entre Noam Chomsky et Jean Piaget en 1975 au *Centre Royaumont pour une Science de l'Homme* par Massimo Piattelli-Palmarini,<sup>1</sup> nous avons proposé une note sur les débats intitulée *Hypothèse localiste et théorie des catastrophes*. Elle se proposait d'aborder brièvement trois points.

(i) Le statut de l'apport de la théorie des catastrophes (TC) à la linguistique. A partir de quelles traditions les propositions linguistiques de René Thom trouvent-elles leur sens et leur portée? La syntaxe topologique morphodynamique de la TC est une syntaxe structurale, actantielle et casuelle. Thom s'est lui-même souvent référé à Tesnière. Mais son point de vue diffère notablement, par exemple, de ceux de Chafe et de Fillmore en grammaires casuelles, ou de Keenan, Comrie et Johnson en grammaires relationnelles, ou encore de Greimas en sémiotique narrative. D'abord il vise à assurer une *déduction* mathématique des universaux casuels. Ensuite il ramène les structures syntaxiques élémentaires aux possibilités d'interaction spatio-temporelles élémentaires entre actants spatio-temporels et, en ce sens, relie fondamentalement le langage et la perception. C'est pourquoi nous avons été conduit à la conclusion que la syntaxe topologique catastrophiste donnait (pour la première fois) un statut mathématique rigoureux à l'une des plus anciennes hypothèses de la linguistique — nommément *l'hypothèse localiste* — et que c'était donc relativement à cette tradition que l'on pouvait évaluer son sens et sa portée.

(ii) Le problème d'une déduction des universaux casuels. L'hypothèse fondamentale des conceptions casuelles et 'scéniques' de la syntaxe est qu'il existe une liste finie de cas profonds universels dont le contenu notionnel est déterminable, qui sélectionnent des rôles sémantiques et qui peuvent néanmoins être déterminés par des critères syntaxiques. Mais il existe un conflit entre, d'un côté, la prolifération de ces cas, qui provient

de leur fonction de discriminateurs de phrases, et, d'un autre côté, leur limitation, qui est imposée par leur statut d'universaux. Il faut donc trouver, selon le vœu de Fillmore, des principes théoriques généraux — 'a principled way' — permettant d'assurer quasi a priori une déduction (transcendantale) casuelle. C'est ce que permettent les schèmes catastrophiques de connexions structurales entre actants spatio-temporels.

(iii) La critique de l'innéisme chomskien. Dans la conception générative-transformationnelle, 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 les structures cognitives de la perception que les mécanismes dynamiques de la performance 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 nous avons été conduit à remettre en cause 'l'évidence' chomskienne selon laquelle notre ignorance des fondements physiques des structures mentales nous contraindrait à nous en tenir à une 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 nous a semblé que le 'bon syllogisme' était 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, processus d'où *émergent* les structures cinématiques formelles abstraites des automatismes 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 la syntaxe topologique de la T. C. D'abord, l'une des hypothèses centrales de Thom et de Zeeman (que l'on peut faire remonter à Riemann) 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 complexe 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 l'hypothèse localiste permet, comme nous l'avons évoqué plus haut, de déduire des schèmes actantiels 'archétypes' supportant des rôles sémantiques casuels universels. Ces *Gestalten* schématisques sont d'origine perceptive et non descriptibles dans le cadre des grammaires génératives-transformationnelles. 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.

Après cette note de 1975, nous avons développé en détails ces idées dans un certain nombre de travaux (Petitot 1982b, 1985a, 1987), mais sans rencontrer beaucoup d'écho dans la communauté des linguistes. Si l'on excepte les liens profonds établis entre René Thom et des linguistes comme Bernard Pottier ou Hans Jacob Seiler, ainsi que les débats approfondis que nous avons pu avoir avec nos collègues Daniel Andler, Jean-François Bordron, Per Aage Brandt, Jean-Pierre Desclès, Frédéric Nef, Pierre Ouellet, Peter Stockinger et Wolfgang Wildgen, bien peu aura été accompli au cours des années soixante-dix dans le domaine des modèles morphodynamiques de la sémio-linguistique.

Mais il se trouve que ces dernières années la situation s'est transformée en profondeur, radicalement même pourrait-on dire, et qu'un contexte plus favorable à la réception de ces idées s'est progressivement constitué. Cela est dû à deux facteurs principaux.

(i) Sous l'impulsion des sciences cognitives et de l'IA, certains linguistes ont commencé à s'intéresser en profondeur au rapport entre les universaux du langage et la perception. Pensons aux travaux récents de théoriciens comme par exemple Fillmore, Jackendoff, Johnson-Laird, Lakoff, Langacker ou Talmy.

(ii) Ensuite, à l'intérieur même du champ des sciences cognitives, le courant (néo)connexionniste a développé 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, McClelland, Rumelhart ou Smolensky.

C'est dans ce nouveau contexte que nous voudrions brièvement refaire

le point sur l'hypothèse localiste et les modèles morphodynamiques. Les détails techniques seront traités dans un prochain ouvrage.

### La signification théorique de l'hypothèse localiste

Dans notre ouvrage *Morphogenèse du Sens* (Petitot 1985a), nous avons rappelé l'histoire de l'hypothèse localiste en suivant le classique *La catégorie des cas* de Louis Hjelmslev (Hjelmslev 1935). Elle remonte on le sait aux travaux des grammairiens byzantins Théodore Gaza et Maxime Planude, qui prolongeaient ceux du grammairien grec Apollonius Dyscole. Elle consiste essentiellement à ramener à un *principe positionnel abstrait commun* l'ambivalence (reconnue depuis l'Antiquité) des usages grammaticaux et des usages locaux des cas: par exemple, comme cas du But, le Datif marque aussi bien un destinataire (usage grammatical) qu'un lieu d'arrivée (usage local). Pour reprendre la formulation de Hjelmslev, on peut dire qu'elle 'reconnaît comme équivalentes les manifestations concrètes ou locales et les manifestations abstraites ou grammaticales du principe de la direction' (Hjelmslev 1935: 15) et, plus généralement, des relations *positionnelles* (de rapprochement, d'éloignement, etc.) entre actants. Autrement dit, elle consiste à postuler que ces relations positionnelles sont indiscernablement locales et grammaticales et qu'elles renvoient identiquement aux rapports spatiaux concrets des référents des actants d'une phrase et à leurs rapports grammaticaux intraphrastiques.

Dans toute sa généralité, nous formulerons l'hypothèse localiste de la façon suivante:

- (i) les interactions spatio-temporelles élémentaires (i.e. les connexions topologico-dynamiques et les rapports de position organisés par un seul noeud connexionnel) entre actants spatio-temporels (i.e. entre positions) peuvent être pris comme *schèmes* archétypiques pour les connexions grammaticales en général;<sup>2</sup>
- (ii) ces schèmes sont des *Gestalten* syntaxiques et des morphologies auto-régulées fournissant une version topologico-dynamique du concept de *stemma* (des stemmas de Tesnière aux indicateurs syntagmatiques de la composante catégorielle des grammaires génératives-transformationnelles et aux schémas casuels ou aux scènes cognitives des grammaires casuelles);
- (iii) à travers ces systèmes de connexions, les positions *colocalisées* que sont les places actantielles dans les stemmas acquièrent un contenu *sémantique conceptuel* mais purement positionnel, relationnel, configurationnel — *et non pas catégoriel*;
- (iv) on obtient ainsi un schématisme iconique de l'actantialité profonde,

c'est-à-dire une sorte d'isologie' iconique — une similarité pictorielle — entre la syntaxe et des contenus spatio-temporels.<sup>3,4</sup>

Ainsi définie, l'hypothèse localiste possède un triple avantage (cf. Petitot 1985a):

(i) dans la mesure où les interactions élémentaires entre actants spatio-temporels sont mathématiquement déterminables et classifiables, elle permet d'accéder à une déduction des universaux casuels;

(ii) dans la mesure où le sémantisme local est purement positionnel et configurationnel, elle permet de briser le cercle vicieux d'une *interprétation* sémantique des structures profondes dans les grammaires casuelles et d'une définition catégorielle du contenu notionnel de ces catégories fonctionnelles que sont les rôles casuels;

(iii) dans la mesure où le contenu local d'un même cas (le cas But par exemple) *change* suivant la complexité topologique du stemma élémentaire dans lequel il se trouve positionné, elle permet de sortir du conflit opposant une exigence de limitation des universaux casuels à une prolifération spontanée de leur contenu: on ne peut pas attribuer aux cas profonds de contenus notionnels autonomes, mais seulement des contenus positionnels; cela permet de retrouver les versions du localisme analogues à celles proposées par John Anderson à partir d'une analyse *multicasuelle* des rôles sémantiques actantiels.<sup>5</sup>

Il est clair d'autre part, que l'hypothèse localiste repose sur la thèse d'un couplage cognitif entre syntaxe et perception. C'est même en fait une hypothèse possédant un fort contenu *phylogénétique*. Elle pose que les structures du langage sont issues des structures cognitives (en particulier perceptives) des primates au cours de l'homnisation. Mais cela n'implique évidemment pas qu'elle réactive pour autant l'idée d'un rapport de mimésis transparente entre le langage et le monde. L'hypothèse localiste ne signifie pas que le langage ne doit que référer à la structure du monde. Elle signifie que les structures syntaxiques de base sont *originellement contraintes* par la structure topologique des processus de repérage dans l'espace-temps (cf. Petitot 1985: § II. 5.2), ce qui est tout à fait autre chose.

La meilleure façon de formuler *épistémologiquement* — et non pas encore cognitivement — la signification et la portée de l'hypothèse localiste est sans doute d'en donner une version *transcendantale*. C'est ce que faisait déjà le grand grammairien kantien Wüllner au début du siècle dernier en posant que la forme casuelle du phénomène linguistique relève de la condition subjective transcendantale qu'est la *conception spatiale* et que c'est donc celle-ci que l'on doit appliquer non seulement (comme Kant) à la réalité objective, mais également à la rection syntagmatique (cf. Petitot 1985: § II. 6.1). Il s'agit, on le voit, d'un problème *d'esthétique transcendantale*: l'hypothèse localiste enracine les structures syntaxiques

du langage dans les a priori de la manifestation phénoménale et dans les conditions universelles de l'objectivité que sont les intuitions pures kantienne. Il ne s'agit donc pas avec elle, répétons-le, du problème de la référence du langage au monde mais bien de condition transcendantale de possibilité pour la forme du langage. Il s'agit au sens strict d'un *schématisme transcendantal spatio-temporel* — et non pas uniquement temporel comme chez Kant — des *relations actantielles*. Comme y a beaucoup insisté Hjelmslev dans *La catégorie des cas*, un tel schématisme s'oppose aux représentations purement *logiques* de ces relations. Il est nécessaire de conditionner par les intuitions pures la catégorie formelle de relation si l'on veut éviter de plonger le linguistique dans un univers formel abstrait où sa spécificité se dissout: 'La conception spatiale est inévitable si on veut donner à la relation *in abstracto* une interprétation tangible et plastique. S'en tenir aux relations abstraites sans leur fournir un support par lequel on peut les représenter, c'est s'interdire d'avance l'explication claire et évidente des faits' (Hjelmslev 1935: 45). Bref, avec l'hypothèse localiste, l'intuition pure de la position — de la localisation et de la co-localisation — devient une intuition donatrice originaire (au sens de Husserl) pour le concept catégorial de connexion syntaxique (Petitot 1985: § II. 6.2).

Nous avons développé ailleurs en détails la nécessité de prolonger le point de vue transcendantal des sciences physiques aux sciences humaines (Petitot 1982a, 1982d, 1984, 1985a, 1985b, 1986a, 1986d, 1987). Nous n'y reviendrons donc pas ici. Notons toutefois qu'il n'a rien de 'métaphysique' et peut être retrouvé sur des bases purement linguistiques. Un bel exemple en est fourni par le cognitivisme de Leonard Talmy.<sup>6</sup>

Dans un certain nombre de travaux, Talmy a développé un point de vue cognitiviste sur la linguistique qui consiste à introduire comme structures sémantiques profondes des représentations cognitives de nature *topologico-dynamique* compatibles avec les structures de la perception et de l'action. Dans un article de base de 1978 *The Relation of Grammar to Cognition*, il part de trois idées simples et puissantes.

(i) Un énoncé évoque — à travers des processus cognitifs complexes tant à la production qu'à la réception — une représentation cognitive (RC), disons une 'scène' au sens de Fillmore, scène conçue comme complexe de signification traitant une information perceptive. La sémantique lexicale fournit essentiellement le contenu de la RC et la syntaxe en fournit essentiellement la structure.

(ii) La différence entre lexique et grammaire peut être effectuée de façon *non sémantique* par la considération de l'opposition entre classes ouvertes et classes fermées. En effet, les classes lexicales (verbes, noms, adjectifs, etc.) sont *ouvertes*. Leur cardinal est grand et facile à augmenter. Au

contraire, les classes grammaticales (particules, inflexions, appositions, conjonctions, démonstratifs, types de constructions syntaxiques, relations grammaticales, ordre des mots, auxiliaires, etc.) sont *fermées*. Leur cardinal est petit et fixé.

(iii) Or — il s'agit là de l'idée fondamentale — *certaines notions se trouvent spécifiées grammaticalement par des classes fermées*.

C'est cette dernière idée qui est de nature très kantienne. Au lieu de se satisfaire d'une opposition simple entre syntaxe et sémantique, on dédouble la sémantique. Il existe d'abord la sémantique lexicale. Cela est clair. Il existe ensuite des formes syntaxiques structurant les énoncés. Cela est également clair. Mais certaines de ces formes syntaxiques spécifient *grammaticalement* des *contenus* spécifiques (très abstraits) que, par opposition aux contenus lexicaux, on pourrait, à la suite de G. G. Granger,<sup>7</sup> appeler des *contenus formels*.

D'où l'idée de recenser les notions grammaticalement spécifiées. Des études comparées montrent qu'elles manifestent une grande universalité (par exemple, la plupart des langues spécifient grammaticalement l'opposition numérique un / multiple par la catégorie de nombre, alors qu'aucune ne spécifie grammaticalement les couleurs). Elles se regroupent en classes formant système: le nombre et la quantification; la structuration de l'espace, les prépositions et les déictiques, les procédures de localisation et de repérage; la structuration du temps et l'aspectualité; les états de division (continu-discret); les degrés d'extensionnalité (point/extension bornés/extension illimitée); les gradients structurant les dimensions qualitatives comportant des degrés; les procédures de sélection d'un élément dans un ensemble, les niveaux de typicalité et d'exemplarité, etc. On dispose à leur propos d'analyses extensives et précises.<sup>8</sup> Or l'on constate que, dans un certain nombre de cas, le contenu formel de ces notions est de nature topologico-dynamique, c'est-à-dire *morphologique* au sens de Thom. Il est en grande partie *commun* au langage et à la perception: 'grammatically specified structuring appears to be similar, in certain of its characteristics and functions, to the structuring in other cognitive domains, notably that of visual perception' (Talmy 1978).

Dans un autre travail de 1983 *How Language Structures Space*, Leonard Talmy a analysé en détails l'information morphologique (considérable) spécifiée par certaines classes grammaticales fermées et en particulier par celle des prépositions. Il reprend l'idée directrice que 'the closed-class forms of a language taken together represent a skeletal conceptual microcosm' et que 'this microcosm may have the fundamental role of acting as an organizing structure for further conceptual material' (Talmy 1983: 228). Cette organisation fournit une structuration morphologique des scènes linguistiquement décrites qui est de nature *schématique* dans la mesure où

elle ne retient qu'une faible partie (très qualitative mais néanmoins encore très riche) de l'information disponible (par exemple l'information métrique n'est en général pas prise en compte). Selon Talmy, les quatre propriétés génériques de telles schématisations sont les suivantes:

(i) *L'idéalisation*. Pour pouvoir être *appliqués* projectivement à une scène particulière, les schèmes grammaticaux exigent une forte idéalisation préalable de celle-ci. L'idéalisation est le processus cognitif (gestaltiste) par lequel les états de choses externes sont appréhendés, saisis, conformément à des schèmes (la problématique remonte, au moins, à Husserl et à Wittgenstein).

(ii) *L'abstraction*. C'est la propriété complémentaire de l'idéalisation. Si des schèmes informationnellement limités sont applicables aux états de choses, c'est parce que de très nombreuses caractéristiques (physiques, métriques, etc.) en sont abstraites.

(iii) *La plasticité topologique*. Les schèmes grammaticaux ne tiennent pas compte des formes exactes et des échelles de grandeur.

(iv) *Les schématisations alternatives*. Les champs sémantiques des notions grammaticalement spécifiées sont en général de grande dimension (une vingtaine par exemple pour le système des prépositions en anglais). Contrairement à ce que l'on peut croire, ils ne sont pas catégorisés (i.e. décomposés en domaines d'extensions plus ou moins comparables) par les schèmes. Il en faudrait un nombre trop considérable. Autrement dit, les schèmes ne les constituent pas à proprement parler en paradigmes (contrairement à ce que Hjelmslev a tenté de montrer pour la catégorie des cas). Ils s'y distribuent plutôt de façon optimale, certains, généraux, représentant de grands domaines, d'autres beaucoup plus spécifiques, raffinant cette représentation grossière. La conséquence en est que, très souvent, il existe des alternatives pour le choix des schèmes à appliquer. L'état de choses sera à la fois sous-déterminé par rapport à des schèmes trop spécifiques (sur-spécifiques) et sur-déterminé rapport à des schèmes trop généraux (sous-spécifiés). Le recours au lexique sera donc nécessaire et c'est d'ailleurs pourquoi 'a major aim in cognitive linguistics must be to investigate the interactions between lexical and grammatical specifications arising in a single sentence' (Talmy 1978, cf. également le § 7).

Talmy en arrive ainsi à dégager quatre systèmes principaux (quatre 'imaging systems') qui sont grammaticalement spécifiés, c'est-à-dire encodés dans ce qu'il appelle le niveau 'de structure fine'.

(i) Le système spécifiant les caractères 'géométriques' (qualitatifs) des objets et des situations.

(ii) Le système spécifiant le 'point de vue'. Celui-ci peut être par exemple éloigné de la scène, statique et synoptique ou, au contraire, mobile, local et interne à la scène, etc.

- (iii) Le système spécifiant la distribution de l'attention: focalisation, thématization, complémentarité gestaltique figure-fond, etc.
- (iv) Enfin le système spécifiant une *dynamique de forces* (cf. § 7).

### Le statut cognitif de l'hypothèse localiste

Ainsi définie, l'hypothèse localiste apparaît comme une hypothèse de nature linguistique. Pourtant elle porte sur des schèmes topologico-dynamiques de relations actantielles et non pas sur les relations grammaticales en tant que telles. C'est dire qu'elle relève d'une syntaxe structurale sous-jacente aux grammaires et dont la nature n'est pas a priori nécessairement linguistique. Il faut par conséquent interroger soigneusement son statut.

Jean-Pierre Desclès a proposé de distinguer quatre formes de localisme:<sup>9</sup>

- (i) un localisme faible se bornant à affirmer une compatibilité entre le langage et la perception;
- (ii) un localisme fort — de nature *cognitive* — affirmant que certaines représentations cognitives (RC) issues du langage sont d'une certaine façon équivalentes à certaines RC issues de la perception;
- (iii) un localisme superfort — de nature *métalinguistique* — affirmant que les schémas syntaxiques profonds qui codent les situations perceptives sont à l'origine des schémas syntaxiques qui codent des situations non perceptives;
- (iv) un localisme hyperfort — de nature *linguistique* — faisant la même affirmation à propos des structures phrastiques de surface.

En accord avec lui, nous pensons que l'hypothèse localiste trouve son vrai sens en tant que fondant un localisme fort, c'est-à-dire en tant qu'hypothèse *cognitive*.<sup>10</sup> Pour expliciter ce point nous nous appuyerons un instant sur un certain nombre de ses travaux récents. Dans son article *Représentation des connaissances: Archétypes cognitifs, Schémas conceptuels et Schémas grammaticaux* (Desclès, 1986), il analyse plusieurs niveaux de représentations symboliques conduisant, à travers divers processus de *compilation*, du niveau de surface des langues naturelles à des niveaux cognitifs profonds. Une première série de niveaux fait passer de représentations proprement linguistiques à des représentations métalinguistiques exprimées en langage logique (logique combinatoire par exemple) ou en langage de programmation. C'est à ces derniers niveaux que se rencontrent — après des opérations logico-combinatoires systématiques et canoniques de réduction — des *schémas conceptuels* qui permettent d'intégrer dans des *schémas grammaticaux* — sous forme de prédication

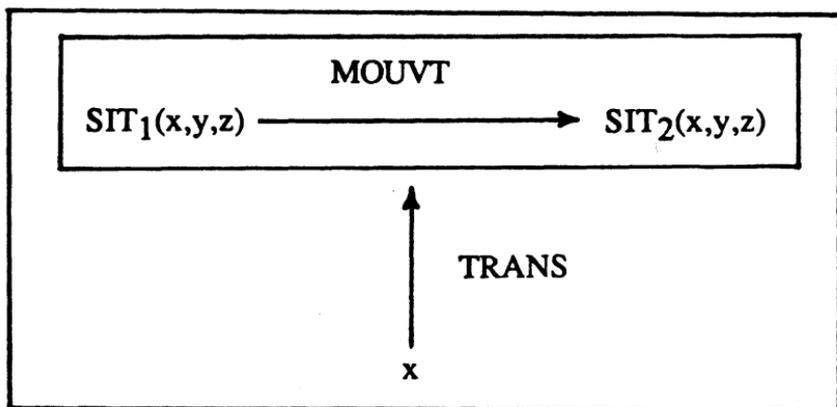


Figure 1.

linguistique impliquant des actants explicites — des *archétypes cognitifs* 'fondés, pour la plupart, sur une visualisation topologique de l'espace et du temps' (Desclés 1986: 3). Ces archétypes cognitifs doivent être considérés comme indépendants des langues naturelles. Ils servent 'à stocker dans la mémoire d'une machine, la représentation des informations extraites des énoncés. Leur utilisation est indispensable lorsqu'on veut simuler complètement les mécanismes de compréhension des énoncés' (ibid. 4). A ce titre, ils sont très proches des 'scènes', des 'frames', etc. utilisées par les théoriciens de l'IA comme Fillmore, Schank, Minsky, Winograd, etc.

Par exemple un archétype dynamique standard comme DONNER sera décrit ainsi par Desclés (Desclés 1986: § 2.2.):

Dans une telle description:

(i) SIT<sub>1</sub> et SIT<sub>2</sub> désignent des situations statives.

(ii) SIT<sub>1</sub>(x,y,z) est la situation stative descriptible par:

–  $y \in_0 fe (\text{Sit}(x))$  où  $\in_0$  est le relateur de localisation d'un objet dans un lieu, où  $fe$  est l'opérateur topologique de fermeture d'un lieu et où  $\text{Sit}(x)$  est le lieu occupé par  $x$ .

$y \in_0 fe (\text{Sit}(x))$  signifie essentiellement que  $y$  est localisé en  $x$ .

–  $y \notin_0 fe (\text{Sit}(z))$  i.e.  $y \in_0 ex (\text{Sit}(z))$ , où  $ex$  est l'opérateur topologique d'extérieur d'un lieu.

(iii) SIT<sub>2</sub>(x,y,z) est la situation stative descriptible par:

–  $y \notin_0 fe (\text{Sit}(x))$  i.e.  $y \in_0 ex (\text{Sit}(x))$

–  $y \in_0 fe (\text{Sit}(z))$ .

(iv) MOUVT est un opérateur de mouvement qui modifie l'univers référentiel;

(v) TRANS est un opérateur complexe exprimant que  $x$  est un 'agent' qui

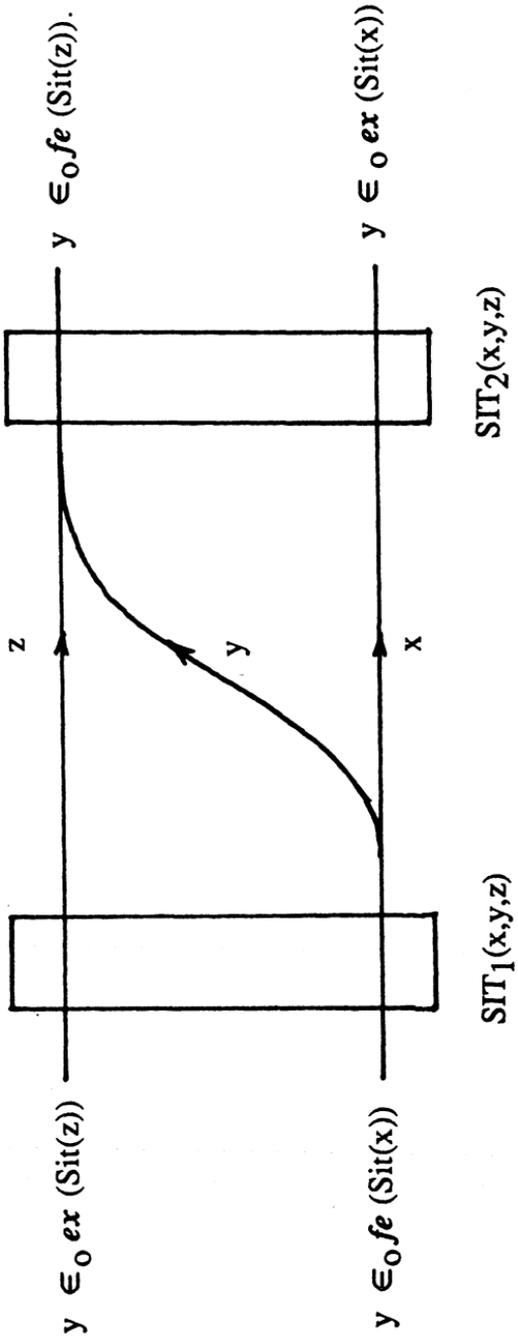


Figure 2.

contrôle et effectue le mouvement affectant  $y$  (i.e. TRANS est le composé des opérateurs FAIRE et CONTR de faire et de contrôle).

Un tel archétype peut être intégré dans un schème conceptuel (casuel) DONNER ( $x, y, z$ ) exprimant que  $y$  transite de  $x$  à  $z$ ,  $x$  étant l'agent du transfert, puis ensuite grammaticalisé (après le choix d'une lexicalisation, de la voix, du repérage par rapport au sujet de l'énonciation, etc.). On remarquera qu'il s'exprime facilement en termes du graphe catastrophique de transfert (Thom 1972, 1980, Petitot 1985a) à condition d'exprimer en termes de TC que  $x$  est l'agent du transfert (cf. fig. 2). Nous allons y revenir au § 7.5.

Dans un tel cadre on peut alors formuler l'hypothèse localiste sous sa forme cognitive comme une hypothèse affirmant que les archétypes cognitifs qui servent d'entrées aux divers dispositifs grammaticaux-prédicatifs descriptibles formellement par les diverses théories formelles des langages, sont, quant à leur forme, dérivables des interactions spatio-temporelles élémentaires entre actants spatio-temporels. A ce titre, ils constitueraient des représentations cognitives communes au langage et à la perception, représentations dont il s'agirait dans un second temps de comprendre l'implémentation dans le support neuronal.

Si l'on admet un tel point de vue, la question se pose alors du *statut* de ces représentations cognitives très particulières que sont les archétypes cognitifs. On peut adopter le paradigme cognitiviste classique — dit 'symbolique' — couplant un mentalisme computationnel — i.e. une théorie des représentations mentales où sont mises au premier plan les possibilités de manipulation calculatoire d'expressions symboliques — à un physicalisme objectiviste en ce qui concerne les informations servant d'entrées au système cognitif qui les traite. On considérera alors les archétypes comme des représentations *symboliques* d'un certain type. Mais ici se profile une difficulté. Dans une approche computationnelle fonctionnaliste, il est tout à fait légitime de faire l'hypothèse qu'il existe une suite de processus de compilation traduisant des représentations linguistiques en représentations symboliques intermédiaires et hiérarchisées, internes au système cognitif et de plus en plus proches du support neuronal. De même, il est tout à fait légitime de placer une théorie générale des représentations symboliques (symboles, arbres, règles, automates, algorithmes, logique combinatoire, grammaires catégorielles, catégories, topoï, etc.) au coeur de la linguistique théorique dans ses rapports à l'informatique fondamentale (Desclés 1988). Mais cela n'implique pas qu'une approche computationnelle et formaliste puisse pour autant être exhaustive. Elle rencontre en effet une double limite.

(i) D'abord, si l'hypothèse localiste a un sens, il faut que les archétypes cognitifs soient corrélables à des structures topologico-dynamiques du

monde extérieur. Or celles-ci ne sont pas de nature logique, mais, précisément, topologique. Plus, *morphologique*. Il faut donc pouvoir représenter les archétypes cognitifs à travers des représentations cognitives géométriques (et non symboliques) comme celles dont les travaux sur l'imagerie visuelle (Shepard, Kosslyn, etc ...) ont imposé l'hypothèse.

(ii) Ensuite, si l'on veut comprendre les mécanismes de la performance linguistique, il faut compléter le paradigme symbolique par le paradigme dit *sub-symbolique* et concevoir les niveaux cognitifs symboliques comme des niveaux 'macroscopiques' dont les structures symboliques *émergent* de dynamiques 'microscopiques' sous-jacentes (cf. plus haut).

La première limite conduit à s'interroger sur *les corrélats morphologiques objectifs* des représentations cognitives internes que sont les archétypes. La seconde conduit à se placer dans le cadre des modèles *connexionnistes*.

### **Localisme, structure conceptuelle, conscience phénoménologique et monde projeté**

Comme hypothèse cognitive, l'hypothèse localiste est adéquatement formulable en termes de *Structure conceptuelle* et de *Monde projeté* au sens que Ray Jackendoff a donné à ces notions. Rappelons que dans *Semantics and Cognition*, Jackendoff introduit — pour comprendre la structure sémantique qui fait que nous pouvons parler de ce que nous voyons — l'hypothèse de la Structure conceptuelle (SC): 'There is a *single level of mental representation, conceptual structure, at which linguistic, sensory, and motor information are compatible*' (Jackendoff 1983: 17). Cette hypothèse s'inscrit dans le cadre du mentalisme computationnel (paradigme symbolique classique). Elle a pour vocation de permettre de mieux comprendre les contraintes structurales imposées à une théorie de la cognition, ainsi que les rapports entre la grammaire universelle, les capacités cognitives en général et la structure de la pensée. elle pose que le langage 'reflète' la pensée et le monde (thèse réaliste et ontologique), qu'il existe une réalité psychologique de l'information linguistique et qu'il existe donc des contraintes *sémantiques* conditionnant la syntaxe, ces contraintes étant elles-mêmes contraintes par les structures de la perception.

La SC permet de transformer le monde réel (MR) de l'objectivité physique en un *monde projeté* (MP), à savoir le monde *sensible* — structuré *qualitativement* et organisé *phénoménologiquement* — qu'est le monde de l'expérience vécue, le monde de la manifestation phénoménale. Considérons l'exemple standard, donné par Jackendoff, de la *couleur*.

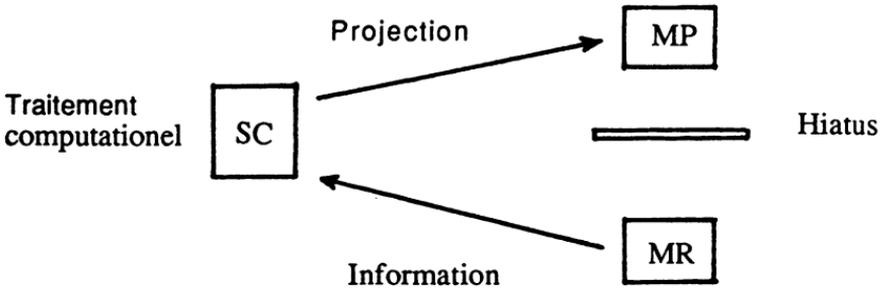


Figure 3.

Dans le MR il y a les ondes électromagnétiques. La qualité sensible /couleur/ appartient quant à elle au MP. Elle provient d'un traitement de l'information physique par un constituant conceptuel [COULEUR] appartenant à la SC. [COULEUR] est la structure de /couleur/ formellement exprimée dans la structure interne de la computation mentale associée, le rapport entre [COULEUR] et /couleur/ relevant du classique 'mind-body problem' (Jackendoff 1983: 31–34) (cf. fig. 3).

Le monde projeté ainsi défini n'est pas, par définition, le monde réel. Mais ce n'est pas seulement le monde perçu. C'est le monde 'pour nous' au sens *phénoménologique* du terme, le *corrélat* noématique, dirait Husserl, de la conscience phénoménologique. Ce monde phénoménologique n'est pas subjectif-relatif. Ce n'est pas un monde imaginaire d'apparences. C'est certes une *construction cognitive*, noétique dirait Husserl, mais une construction génétiquement contrainte et donc universelle pour notre espèce.

Jackendoff reprend ainsi tous les thèmes centraux de la phénoménologie husserlienne à partir de l'idée directrice que la conscience phénoménologique est le corrélat du MP. Cela signifie que la conscience ne se confond pas avec la computation mentale. L'information mentale relève d'un traitement, d'un calcul par les constituants de la SC. Mais la plus grande partie de la structure interne de ces constituants (comme [COULEUR]) *n'est pas projetable* (d'où d'ailleurs les limites intrinsèques de l'introspection husserlienne). L'expérience phénoménologique *ne manifeste pas* sa structure interne. Autrement dit, la 'projectabilité' est une *propriété* fondamentale du processus de constitution du MP. Ce point de vue est approfondi dans le dernier ouvrage de Jackendoff *Consciousness and the computational Mind*. Il s'agit, pour comprendre les rapports entre la conscience phénoménologique et l'esprit computationnel, de réélaborer une théorie de l'*intentionnalité*. Tout naturellement, Jackendoff retrouve le caractère fondamental de l'intentionnalité husserlienne qui est de

constituer un niveau *intermédiaire* entre les niveaux périphériques des sensations (la hylé sensorielle chez Husserl) et le niveau central de la pensée. La reconquête d'un point de vue phénoménologique permet alors à Jackendoff de renouer avec une conception *réaliste* du langage et de la perception. Le langage et la perception possèdent bien un contenu *ontologique*, mais il s'agit de l'ontologie du MP et non pas de celle, physique, du MR. A partir de ces prémisses, Jackendoff entreprend une analyse cognitive de la SC dans son rapport projectif au MP. Cela le conduit à dégager les *catégories ontologiques* du MP. Le MP est constitué de /choses/ spatio-temporellement délimitées, de /formes/, de /places/, d'états/, d'événements/. Ces *primitives* sont représentées dans la SC par des constituants conceptuels associés [CHOSE], [FORME], [PLACE], [ETAT], [EVENEMENT], qui processent également les informations sensorielles — et en particulier *visuelles*. Comme les catégories aristotéliennes, elles sont associées aux différents types de questions possibles.

Insistons sur le fait que le point de vue de la SC est un point de vue mentaliste phénoménologico-computationnel opposé à ceux du logicisme russellien ou du pragmatisme wittgensteinien. L'approche sémantique de Jackendoff réactive nombre de problèmes *gestaltistes* et phénoménologiques et, à ce titre, ne peut que conduire à une critique des différents courants de la sémantique formelle.<sup>11</sup> Pour elle, le niveau de la SC, 'the level at which linguistic and non linguistic information are mutually compatible', constitue le *même* niveau que celui de la structure sémantique, 'the level at which semantic properties of sentences such that synonymy, anomaly, presupposition, and inference can be formally captured' (Jackendoff, 1983: 95).

On ne s'étonnera donc point de ce que, lorsqu'il en vient à aborder la sémantique des expressions verbales, Jackendoff retrouve tout naturellement une version de l'hypothèse localiste. Ses analyses le conduisent à des structures tout à fait analogues aux archétypes statifs et dynamiques dont nous parlions plus haut. Elles aboutissent à cinq catégories ontologiques fondamentales: [CHOSE], [ETAT], [EVENEMENT], [PLACE] et [CHEMIN] qui peuvent se spécialiser conformément à certaines *règles* sémantiques de 'bonne formation'. Cela permet de décrire facilement les verbes de type ETRE, ALLER, RESTER, LAISSER, CAUSER, etc. ainsi que le système prépositionnel (i.e. casuel) associé. La formulation de l'hypothèse localiste est alors reprise à Gruber: 'In any semantic field of [EVENTS] and [STATES], the principal event-, state-, path- and place-functions are a subset of those used for the analysis of spatial location and motion' (ibid: 188).

Comme Thom il y a une vingtaine d'années, Jackendoff a bien réalisé le puissant contenu *phylogénétique* de l'hypothèse. 'The psychological claim

behind this methodology is that the mind does not manufacture abstract concepts out of thin air, aether. It adapts machinery that is already available, both in the development of the individual organism and in the evolutionary development of the species' (ibid: 189). '(The claim is) that all [EVENTS] and [STATES] in conceptual structure are organized according to a very limited set of principles, drawn primarily from the conceptualization of space' (ibid: 209). L'hypothèse dépend crucialement de l'ontologie du MP. Elle exprime une 'evolutionary conservation in cognition — the adaptation of existing structure rather than the development of entirely new mechanisms'. Elle conduit 'to highly structured hypotheses about the structure of thought'. Son rapport à la vision constitue 'the most important advance'. 'It integrates linguistic theory and methodology fully into the fabric of cognitive psychology' (ibid: 210).

### **Monde projeté et organisation morphologique: le problème d'une phéno-physique**

Nous partageons pleinement les analyses et les conclusions de Jackendoff, à une réserve près toutefois, pour nous fondamentale. La conception phénoménoïogique issue de l'hypothèse de la SC est, nous venons de le voir, purement *projective*. Le MP y apparaît comme une construction purement cognitive et se trouve séparé du MR physique par un hiatus ontologique infranchissable (cf. Fig. 3). A aucun moment on ne fait l'hypothèse qu'il pourrait exister *un processus naturel — non cognitif — de phénoménalisation du MR objectif en manifestation phénoménoïogique*. A aucun moment on ne considère la possibilité que la *structuration qualitative* du monde en choses, formes, états de choses, places, chemins, états, événements, processus, etc. puisse *en partie émerger* d'une organisation *morphologique* spontanée des substrats matériels — le terme 'morphologique' étant entendu ici et dans tout ce qui suit au sens naturaliste de structuration spatio-temporelle des formes naturelles organisées (pensons par exemple à la morphogenèse biologique). Autrement dit, on s'en tient à une conception physicaliste objectiviste classique de la physique et l'on attribue *au sujet* — au rapport entre 'computational mind' et 'phenomenological mind' — la phénoménalisation du MR en MP. La distance est grande avec des naturalismes 'écologiques' à la Gibson ...

Dans ce type de perspective intervient toujours un préjugé sur le sens de la physique, le préjugé que 'l'on sait bien' que la physique 'ne peut pas expliquer' l'organisation qualitative du monde. Or — et c'est là le point — une telle 'évidence' héritée de l'histoire de la physique moderne *ne peut plus être admise comme telle*. En effet, ces vingt dernières années, des

progrès considérables, tant physiques que mathématiques ont été accomplis dans la compréhension des phénomènes d'(auto)organisation des substrats matériels. Nous voulons ici faire référence:

(i) en mathématiques: à la théorie des singularités (algébriques, analytiques, différentiables) et de leurs déploiements universels (en présence ou non de symétrie); aux théories de la stabilité structurelle, de la généralité, de la transversalité ou des stratifications; à la théorie qualitative des systèmes dynamiques non linéaires (hamiltoniens ou non hamiltoniens), de leurs attracteurs (éventuellement 'étranges') et de leurs bifurcations, des propriétés d'ergodicité de tels systèmes déterministes; à la théorie des équations différentielles contraintes et des perturbations singulières; aux théories de la turbulence et des routes vers le chaos, etc.,

(ii) en physique et en thermodynamique non linéaire: aux théories des phénomènes critiques en général; à la théorie des transitions de phases et, plus généralement, à l'étude des phénomènes de rupture spontanée de symétrie dans les milieux organisés (théorie de Landau, puis groupe de renormalisation, etc.); à l'analyse des catastrophes de diffraction et des dislocations de fronts d'onde en optique ondulatoire avec leur conséquence pour l'approximation semi-classique de la mécanique quantique (caustiques et singularités des variétés lagrangiennes, solutions asymptotiques de l'équation des ondes et approximation de l'optique géométrique, intégrales oscillantes et méthodes de la phase stationnaire, etc.); aux innombrables applications des multiples théories évoquées plus haut à différents domaines comme les théories respectives de l'élasticité (phénomènes de flambage), des ondes de choc, des singularités des nombreux systèmes régis par des principes variationnels (de la théorie hamiltonienne en mécanique jusqu'aux théories de l'équilibre en économie), des structures dissipatives en cinétique chimique et en thermodynamique non linéaire et de non équilibre, etc.; à la théorie des défauts dans les milieux ordonnés et en particulier dans les phases mésomorphes (cristaux liquides), etc.<sup>12</sup>

Tous ces travaux convergents, oeuvres de certains parmi les plus éminents des scientifiques contemporains et impliquant d'immenses problématiques physico-mathématiques, ont profondément — radicalement même pourrait-on dire — modifié l'image de la physique. En effet ils ont développé de manière très diversifiée trois idées directrices:

(i) de façon très générale, les systèmes naturels sont — comme les systèmes thermodynamiques — des systèmes à (au moins) deux niveaux de réalité objective: un niveau 'micro', 'fin' et complexe, qui correspond à la physique fondamentale du système, un niveau 'macro', grossier et en général finiment descriptible, qui est quant à lui de nature plus morphologique que physique. Le niveau morphologique 'macro' émerge du niveau

'micro' sous-jacent et l'on peut contrôler mathématiquement le processus de changement de niveau dans les modèles. Il provient essentiellement de comportements collectifs coordonnés et coopératifs des entités 'micro' locales (cf. la mécanique statistique en thermodynamique, la théorie de l'agrégation en économie ou le connexionnisme en sciences cognitives).

(ii) Le niveau 'macro' est essentiellement organisé autour des singularités (caustiques, transitions de phases, ondes de choc, défauts, ruptures de symétrie, etc.) des processus physiques sous-jacents. Ces singularités portent l'information et sont phénoménologiquement dominantes (saisantes comme dit Thom). C'est à travers elles que s'effectue la structuration qualitative, l'organisation morphologique, des phénomènes. L'exemple en est spectaculaire dans l'explication des caustiques en termes d'intégrales oscillantes ou dans l'explication des transitions de phases en termes de groupe de renormalisation (cf. Petitot 1986b).

(iii) Il existe des contraintes abstraites (formelles, 'platoniciennes') mathématiquement formulables imposées aux phénomènes critiques en général. L'analyse révèle de fortes propriétés d'*universalité* des comportements critiques, c'est-à-dire une notable *indépendance* de l'organisation du niveau 'macro' (suivant des règles morpho-structurales) relativement à la physique fine sous-jacente.

On peut donc parler à bon droit d'un *niveau morphologique* émergent et autonome ainsi que d'*infrastructures catastrophiques* des phénomènes. Pour parler de ce niveau morphologique nous utiliserons, à la suite d'une proposition de Per Aage Brandt, le néologisme de *phéno-physique*: la physique fondamentale peut être conçue comme une sorte de 'généophysique' *s'exprimant* phéno-physiquement à travers un niveau morphologique possédant une autonomie relative et des lois structurales d'organisation qui lui sont propres.

Le préjugé physicaliste et objectiviste dont nous parlions plus haut peut alors facilement se formuler comme la thèse suivante: *il n'existe pas de niveau phéno-physique*. La conséquence immédiate en est évidemment la corrélatrice thèse cognitive projectiviste: *le phénoménologique (conscience + MP) est de nature 'phéno-cognitive'* (si l'on nous permet cet autre néologisme). Mais la thèse physicaliste n'étant désormais plus tenable, la thèse projectiviste doit être révisée: *le monde phénoménologique — le monde naturel sensible (MN) — est à la fois phéno-cognitif — i.e. projeté — et phéno-physique — i.e. émergent*. Il n'y a donc pas de hiatus ontologique entre MP et MR. Le diagramme proposé plus haut au § 4 doit être révisé dans le sens suivant (cf. fig. 4):

Dans un certain nombre de travaux nous avons analysé en détails, à la suite de René Thom, le statut d'une phéno-physique (Petitot 1982c, 1982d, 1983a, 1983b, 1986a, 1986b, 1988a). Nous avons interrogé épistém-

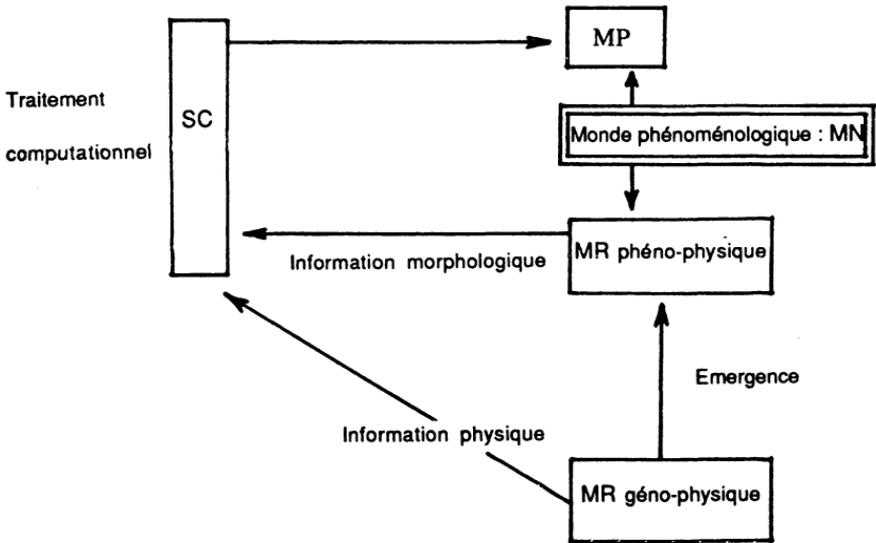


Figure 4.

mologiquement ses contenus physico-mathématiques et nous avons investigué ses liens privilégiés avec une double tradition, la tradition de la Philosophie de la Nature d'une part, la tradition de la phénoménologie, d'autre part. Nous avons montré que son horizon philosophique (nous n'avons pas peur de ce mot) était celui d'une *phénoménologie réaliste* débouchant sur un *naturalisme moniste* incluant la problématique métaphysique de la présence et de la manifestation du monde. Ce faisant nous avons — à notre façon et bien avant d'avoir pris connaissance de *Semantics and Cognition* — traité de la plupart des thèmes abordés par Jackendoff. Par exemple:

(i) La reconstruction gestaltiste d'une forme à partir de ses contours apparents. Il s'agit là d'un lieu particulièrement nodal de confrontation entre la phénoménologie husserlienne et le cognitivisme contemporain, en particulier celui développé par David Marr dans *Vision* où le niveau intermédiaire de l'esquisse 2 1/2 — dimensionnelle correspond assez exactement à l'intentionnalité de la perception par esquisses chez Husserl. Nous y reviendrons par ailleurs.

(ii) Les problèmes de catégorisation et de typicalité. Il s'agit d'interpréter dans le cadre de la théorie de la stabilité structurelle la dialectique type/token et la façon dont un espace peut être catégorisé de façon à devenir un paradigme. Le cas est particulièrement important pour les paradigmes phonologiques et la perception catégorielle (Petitot 1983a, 1985a, 1986e).

(iii) L'hypothèse localiste.

(iv) L'explication de l'orientation intentionnelle de la conscience.

Cette convergence renforce l'idée qu'une authentique phénoménologie de l'organisation de la substance du monde doit être non seulement projective mais également morphologique (réaliste) et doit donc conjuguer un cognitivisme avec une philosophie de la nature dans le programme de recherche d'une 'physique du sens' ou, comme aime à le dire Thom, d'une 'sémio-physique'.<sup>13</sup>

### **Le principe morphologique—connexionniste de double organisation et de double émergence**

Pour intégrer une composante proprement morphologique à une phénoménologie cognitiviste comme celle de Jackendoff, il faut transformer de façon assez notable le paradigme symbolique et fonctionnaliste (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). Comme l'affirme David Marr, cette représentation a pour fonction *d'expliciter* certains aspects de l'information. 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 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).

Un tel point de vue conduit immédiatement à un problème redoutable, celui que Zenon Pylyshyn appelle dans *Computation and Cognition* le problème du 'bridge from Physical to Symbolic'. Dans une optique physicaliste objectiviste, l'information physique externe étant *a priori* non symbolique — et donc *a priori* sans signification computationnelle — on doit admettre que l'interface entre le système cognitif et la réalité se réduit à l'opération de modules périphériques — de transducteurs — convertissant cette information en information computationnellement significative. Cela est évidemment nécessaire puisque, pour que les représentations symboliques représentent (i.e. possèdent une sémantique) elles doivent

bien être corrélées avec des événements physiques externes. Pylyshyn insiste sur le fait que la réponse que l'on donne à cette question est centrale pour la conception que l'on peut se faire de la cognition en général. Il opte quant à lui pour un strict dualisme, opposé au naturalisme moniste que nous avons esquissé. Pour lui, il existe une coupure *irréductible* entre le cognitif (le symbolique) et le physique. Il n'existe pas de description physicaliste des entrées utilisables par un système cognitif. Les opérations cognitives 'map computational states onto computational states but not physical descriptions onto physical descriptions' (Pylyshyn 1986: 170);<sup>14</sup> 'The relevant aspects of the environment are generally not describable in physical terms' (ibid: 166); 'Psychological regularities are attributable to *perceived* not physically described properties' (ibid: 166). Le lexique cognitif fonctionnel est sans contenu physique. Et étant donné cette 'general failure' (ibid: 167), il faut donc que les transducteurs convertissant les entrées physiques en entrées utilisables par le système épuisent le contenu ontologique 'objectif' de la cognition, le reste de son contenu ontologique étant défini projectivement à partir de l'ontologie du MP (cf. §.5). Cette solution à la difficulté du hiatus entre symbolique et physique pose des problèmes ardu car les transducteurs doivent opérer *indépendamment* du système cognitif. Leur opération est donc cognitive-ment opaque et doit être décrite physiquement et causalement.

Dans un tel paradigme dualiste, deux énigmes demeurent.

- (i) Côté objet, nous l'avons vu, celle des *formes*, autrement dit, celle de la dimension proprement morphologique du monde naturel sensible.
- (ii) Côté sujet, celle du *sens*. 'Comment le sens vient-il au symbole?' (Ander 1987: 18). Ainsi que l'ont souligné de nombreux auteurs (Searle, Putnam, Dreyfus, etc.), le paradigme symbolique ne fournit pas une bonne théorie de l'*interprétation* des représentations mentales et de l'orientation *intentionnelle* des sujets vers les objets (Cf. Proust 1987).

Pour éclairer ces deux énigmes il faut, pensons-nous, une *double* théorie de l'émergence. Côté objet, il faut, nous l'avons vu, développer une phéno-physique à partir des modèles morphodynamiques des phénomènes critiques et des phénomènes d'(auto)-organisation. Côté sujet, il faut, nous l'avons déjà noté au §1. (iii), élaborer cette idée directrice de Thom et de Zeeman qu'un signifié 'macro' est assimilable à la topologie d'un attracteur d'une dynamique 'micro' sous-jacente et que les structures logico-combinatoires de la compétence doivent donc être interprétées comme des régularités stables et émergentes dans le cadre de la théorie des bifurcations des systèmes dynamiques non linéaires — d'où une analogie principielle avec les modèles thermodynamiques de transitions de phases. Ces dernières années, cette idée a été retrouvée par les modèles *néo-connexionnistes* de la performance dans le cadre du paradigme dit

sub-symbolique. Dans le point de vue connexionniste les entités possédant une sémantique sont, au niveau micro, des patterns complexes et globaux d'activation d'unités locales élémentaires interconnectées entre elles et fonctionnant en parallèle. La sémantique y est donc bien 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 invariante, 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 de type TC ...

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 nous paraît être au coeur 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 'apprentissage' qui consistent à faire évoluer  $w$  jusqu'à ce que  $T_w$  associe des états internes préétablis à des données initiales préétablies.<sup>15</sup>

(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* (cf. notre § 1. (iii) et notre note 14). 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' (cf. également §1(iii) et note 14).

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

Ajoutons à cela que les travaux récents sur la structure qualitative (complexe) des systèmes dynamiques non linéaires et des itérations d'endomorphismes montrent *comment en émergent naturellement des structures logico-combinatoires de nature symbolique*. Il est donc bien théoriquement pertinent et effectif d'introduire des dynamiques 'micro' de

la performance 'sous' les cinématiques formelles des compétences 'macro'. Nous allons y revenir en conclusion (§ 8).

Nous voyons ainsi le monde naturel de la manifestation phénoménologique devenir le produit de *trois* processus interdépendants:

- (i) l'émergence d'une structure conceptuelle symbolique hors d'un niveau dynamique sub-symbolique sous-jacent;
- (ii) la projection de cette SC ('computational mind') sur la corrélation Conscience-Monde projeté;
- (ii) l'émergence d'un niveau morphologique phéno-physique hors du niveau géno-physique.

Cela nous conduit à formuler le principe suivant, qui remet en cause les conceptions projectives et dualistes à la Pylyshyn-Fodor. Il existe *plusieurs* niveaux de réalité dont le contenu ontologique est objectif. Le niveau physique de base (conçu au sens physicaliste), bien sûr: ondes lumineuses, ondes sonores, etc. Mais également le niveau intermédiaire morphologique ainsi que le niveau supérieur des mouvements d'objets dans l'espace tridimensionnel  $\mathbb{R}^3$ . On dispose de théories mathématiques *autonomes* (non computationnelles) de ces niveaux d'objectivité. Côté 'sujet', il existe par ailleurs des niveaux (hiérarchisés) *d'explicitation* de l'information. *Or certains de ces niveaux admettent pour corrélats objectifs des niveaux objectifs de réalité.* Par exemple, en ce qui concerne la perception *de la forme* des objets, les trois niveaux fondamentaux de la théorie perceptive de David Marr possèdent tous trois des corrélats objectifs mathématiquement descriptibles:

- (i) l'optique (géométrique et ondulatoire) pour le niveau sensoriel périphérique 2D: propagation des singularités de fronts d'ondes que sont les contours apparents d'objets et détection par critère de zéro-crossing;
- (ii) la théorie des singularités (TC à la Thom-Arnold) pour le niveau intermédiaire 2½-D: contours apparents et reconstruction d'une forme à partir de la famille de ses contours apparents;
- (iii) la géométrie et la mécanique classiques (groupes de Lie, mouvement des solides, etc.) pour le niveau central 3D.

Ces théories objectives ne sont pas computationnelles. Mais elles définissent des *types* d'information. Le principe que nous proposons consiste alors à *finaliser* les théories computationnelles par les théories objectives: *lorsqu'un niveau d'explicitation (de représentation) de l'information possède un corrélat objectif c'est la théorie objective du niveau de réalité corrélatif qui doit commander la théorie computationnelle du niveau informationnel explicité.* Autrement dit, c'est la détermination *objective* d'un type d'information qui doit déterminer la théorie de son traitement.

Appliqué à ce qui précède, ce principe de finalisation se formule de la façon suivante. L'information servant d'entrée au système cognitif est non

seulement physique mais également morphologique. Elle est *pré-organisée* de façon déjà significative pour le système, et cela sur des bases *objectives*. Mais cette signification ne concerne sans doute pas directement le niveau symbolique. Il est naturel de faire l'hypothèse qu'elle concerne plutôt le niveau *sub-symbolique*. En effet, les niveaux respectivement sub-symbolique et phéno-physique étant régis *par des formalismes morphodynamiques du même type*, il est plus facile de comprendre comment l'un peut *simuler* l'autre. Certes, le rapport entre le symbolique et le physique demeure énigmatique. Mais il n'a plus ici ce caractère de hiatus ontologique qu'il possède chez Pylyshyn et les cognitivistes classiques. Une fois représentée au niveau sub-symbolique, l'information morphologique remonte vers la structure conceptuelle et, par projection sur le niveau phénoménologique, transforme le monde naturel en un monde projeté. C'est ce que nous appelons *le principe de la double émergence et de la double organisation* (phéno-cognitive et phéno-physique) du monde naturel. Ajoutant les modèles morphodynamiques du connexionnisme à ceux de l'organisation morphologique, il fonde selon nous un 'tournant' — un 'morphological turn' — de la phénoménologie. Il y fait confluer une phénoménologie cognitive à la Husserl-Jackendoff et une philosophie de la nature à la Merleau-Ponty-Thom. (Cf. Fig. 5).

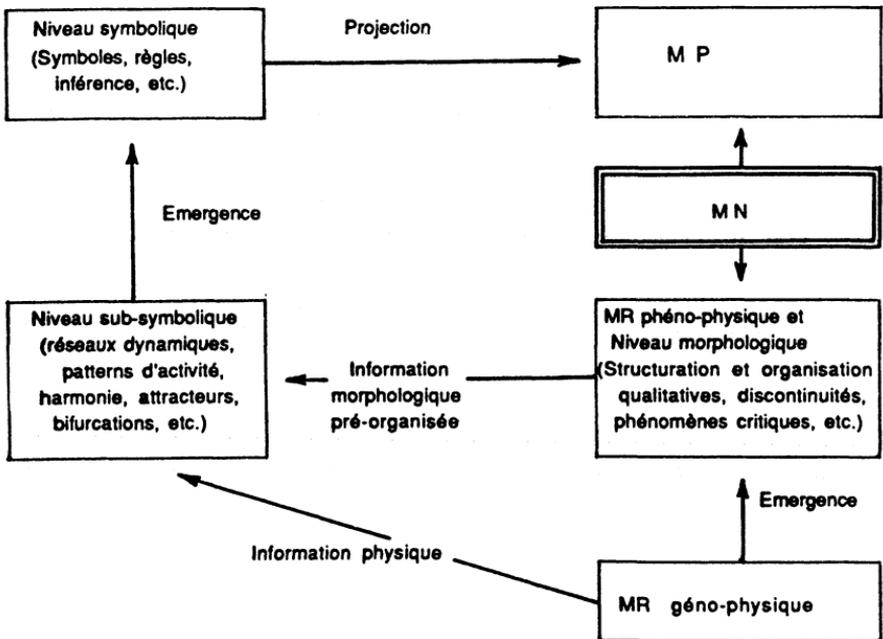


Figure 5.

### Hypothèse localiste et morphodynamique cognitive

Revenons à l'hypothèse localiste. C'est selon nous dans ce cadre épistémologique qu'il faut évaluer — et réévaluer — les idées initiales de Thom. Dans la mesure où nous avons longuement exposé ces idées ailleurs (Petitot 1982a, 1982b, 1985a, 1986a), et où nous réservons les détails techniques du lien avec la perception visuelle (à la Marr) et le connexionnisme (à la Smolensky) à d'autres publications, nous nous bornerons ici à quelques remarques.

#### *Du niveau 3D de Marr aux graphes actantiels de Thom*

Plaçons-nous d'abord du côté perceptif et considérons un processus d'interaction élémentaire entre proto-actants spatio-temporels, c'est-à-dire une 'scène'. Si l'on veut développer correctement l'hypothèse localiste, le problème est de dégager une organisation 'gestaltiste' de l'interaction qui soit *encore* objective et *déjà* syntaxique. 'Objective' au sens phéno-physique et 'syntaxique' au sens phéno-cognitif (proto-linguistique). Ce point est évidemment tout à fait essentiel. L'hypothèse localiste peut se formuler en disant — avec la terminologie de Leonard Talmy rappelée au § 2 — que la classe fermée des marqueurs morphosyntaxiques casuels *spécifie un contenu formel*, contenu formel servant précisément de base à la *schématisation* des relations actantielles. C'est dire que cette schématisation ne doit pas consister en une représentation linguistique ou métalinguistique. Le schématisme — *l'iconicité* — de l'actantialité profonde, bien que spécifié grammaticalement, *n'est pas accessible linguistiquement*. Wittgenstein dirait qu'il *se montre*. Si l'on veut éviter pour cette monstration un cercle vicieux analogue à celui du *Tractatus*, il est donc vital *d'y avoir un accès non (méta)linguistique*. C'est dire encore que, comme nous y avons insisté au § 2 (en particulier à propos de Hjelmslev), il est crucial que les relations actantielles spatio-temporelles *ne soient pas traitées de façon logico-formelle*. Si la 'conception spatiale' transcendante a un sens, il faut:

- (i) que les relations soient *topologiques et non logiques*; et
- (ii) qu'il en existe *un dynamisme générateur*.

Pour faire des relations actantielles spatio-temporelles des relations topologiques on peut développer les étapes suivantes.

- (i) Comme le propose Marr à la fin de *Vision* on réduit les proto-actants (constituables au niveau 3D) à des boules topologiques (i.e. à de pures positions spatio-temporelles). Cette perception 'grossière' constitue un 'vital link' avec les scénarios et les rôles actantiels sélectionnés pour la

description de la scène. Elle constitue une idéalisation, une abstraction et une schématisation topologiquement plastique au sens de Talmy (cf. § 2). (ii) La principale difficulté est alors de définir d'une façon à la fois objective et psychologiquement plausible les *relations* entre ces proto-actants. Comme on le sait, c'est sur ce point fondamental que s'est toujours joué le conflit entre les gestaltismes réalistes et les formalismes nominalistes. Plusieurs solutions sont envisageables dans le cadre de théories morphodynamiques (il faudra des données expérimentales supplémentaires pour trancher). On peut par exemple utiliser une généralisation de l'hypothèse du *cut locus* d'Harry Blum (Blum 1973). Pour analyser les rapports entre la perception d'un objet et l'action motrice de sa saisie, Blum a 'psychologisé' — en le transformant — le concept de front d'onde dû à Huyghens. Il a fait l'hypothèse que tout se passait visuellement comme si le contour de l'objet émettait des ondes sphériques se propageant. Le *cut locus* est alors l'ensemble des points intérieurs au contour qui sont atteints simultanément par deux ondes, ou encore qui sont centres de sphères ayant au moins deux points de tangence avec le contour. C'est typiquement un ensemble de catastrophes (cf. Fig. 6).

L'hypothèse est alors que c'est ce *cut locus* — qui est une structure gestaltiste invisible, reconstruite mentalement à partir du stimulus — qui commande les stratégies motrices de saisie. Elle a été validée expérimentalement par Psočka. Si l'on demande à des sujets de pointer de façon réflexe un point à l'intérieur d'un contour, les réponses s'accroissent de façon nette sur le *cut locus* (cf. Fig. 7 d'après Psočka 1978).

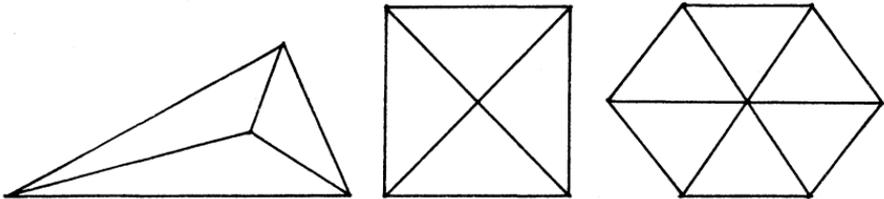


Figure 6.

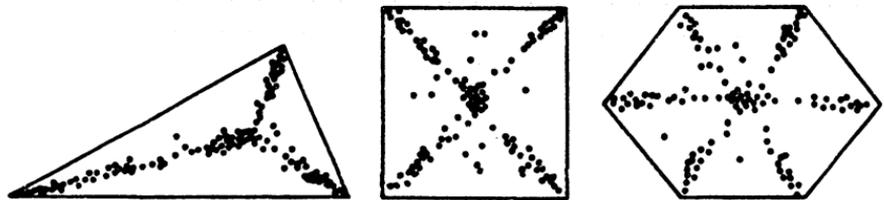
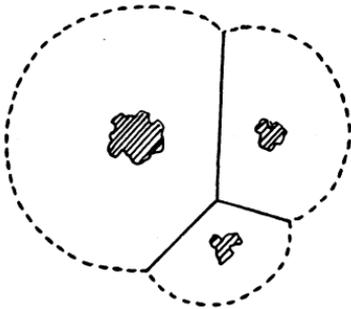


Figure 7.

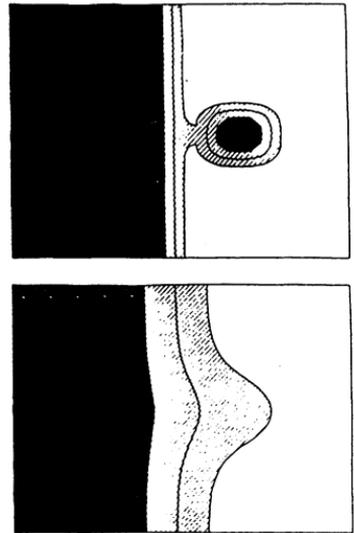
On peut supposer que, comme des contours, les boules topologiques que sont les proto-actants d'un processus définissent un cut locus c'est-à-dire une décomposition, une catégorisation, de la carte locale où se déroule le processus en domaines respectifs de domination et d'influence des actants (cf. Fig. 8(a)).

Lorsque le temps varie, les frontières (les interfaces) définissant cette décomposition tridimensionnelle varient et l'on obtient ainsi une *stratification* de la carte spatio-temporelle locale considérée. Lorsque la situation est *générique* (structurellement stable), cette stratification est constituée de singularités et de transformations de singularités (d'«accidents») qui sont *classifiables*. En fait il y a derrière cette idée apparemment assez simple de profonds problèmes mathématiques dont la résolution permet d'élaborer une théorie *dynamique* des formes visuelles.

(iii) Jan Koenderink — et il s'agit d'une autre possibilité — a pour sa part proposé de pratiquer une diffusion de contour par l'équation de la chaleur  $\Delta F = \delta F / \delta t$ . L'idée est d'inclure canoniquement une forme  $\phi$  dans une famille à un paramètre  $F = \phi_t$  reliant la forme initiale  $\phi = fF_0$  à une forme finale indifférenciée  $\phi_1$  (cf. Fig. 8(b)). Parcourue dans l'autre sens (de  $t = 1$  à  $t = 0$ ) cette famille fournit une structuration dynamique, progressive et canonique, de la forme  $\phi$  (cf. Koenderink, van Doorn 1986). Nous ne



(a) Construction à la Blum



(a) Construction à la Koenderink

Figure 8.

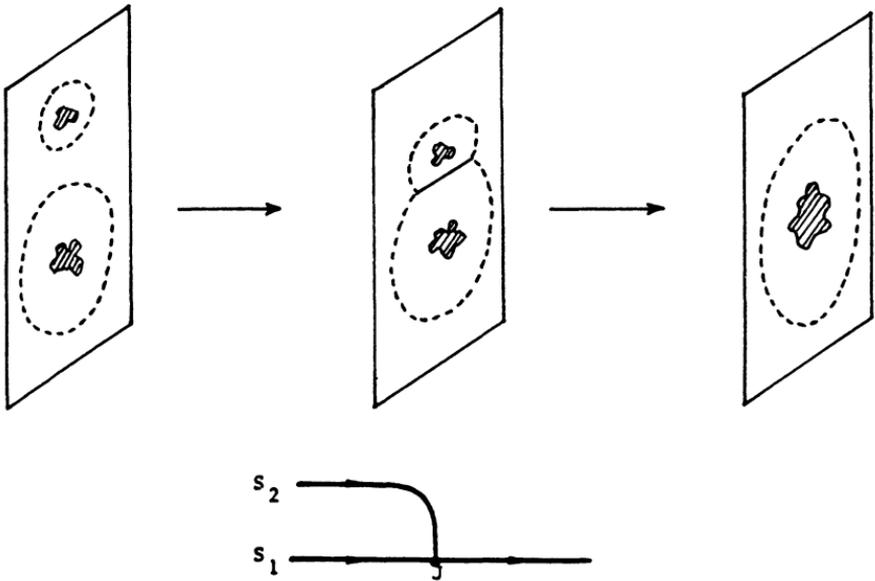


Figure 9. Exemple trivial de graphe actantiel: la capture de  $S_2$  par  $S_1$

traiterons pas ici de ces aspects pourtant fondamentaux et nous nous en tiendrons à des intuitions ultra-rudimentaires.

(iv) Les structures obtenues à partir des constructions de Blum ou de Koenderink sont perceptives, de nature gestaltiste. On peut leur associer une structure cognitive *déjà proto-syntaxique* à travers le concept thomien de *graphe actantiel* (Thom 1972, 1980; Petitot 1982a, 1982b, 1985a, 1987; Wildgen 1982). On réduit les boules topologiques proto-actantielles à un point et donc leur évolution à des lignes temporelles. Les interactions actantielles sont alors décrites par des rencontres de lignes temporelles. On obtient ainsi le graphe actantiel du processus (cf. Fig. 9).

Comme les boules topologiques que sont les proto-actants, les schèmes protocasuels que sont les graphes actantiels possèdent les propriétés caractéristiques dégagées par Talmy (cf. § 2): idéalisation, abstraction et plasticité topologique. D'autre part, ils sont construits *précisément sur les catégories ontologiques du monde naturel* (/chose/, /place/, /chemin/, /état/, /événement/) qui interviennent dans la formulation cognitive de l'hypothèse localiste (cf. § 3). Ils appartiennent donc selon nous à la *structure conceptuelle* et constituent une version *topologique* des *archétypes cognitifs* (cf. § 3), c'est-à-dire une représentation de la même information, mais à travers des représentations cognitives géométriques et non pas symboliques.

*Des schèmes actantiels aux 'scènes'*

Dans Petitot 1982a, 1982b, 1985a, nous avons analysé en détails l'usage linguistique et narratif de ces schèmes.

(i) La façon dont les actants positionnels peuvent être spécialisés en actants A (animés ou non, anthropomorphisés, etc.) ou en lieux L. Par exemple, dans le schéma de transfert d'une place T entre une place source S et une place but B, la spécialisation  $S \rightarrow A$  animé,  $T \rightarrow A$  inanimé,  $B \rightarrow A$  animé produira un archétype cognitif qui sera pris en charge par un schème conceptuel de type /donner/, alors que la spécialisation  $S \rightarrow L$ ,  $T \rightarrow A$  animé et  $B \rightarrow L$  produira un archétype pris en charge par un schème conceptuel de type /aller/.

(ii) La façon dont les graphes interviennent dans la théorie des *scènes* au sens de Fillmore, Schank, etc. Une scène  $\Sigma$  se compose d'un graphe actantiel global G entre proto-actants positionnels  $P_i$ , de spécialisations des  $P_i$ , ainsi que d'une isotopie sémantique I (par exemple 'commercial' dans l'exemple célèbre de l'échange commercial). G est une Gestalt définie dans une carte locale  $\Lambda$  de  $\mathbb{R}^4$ . Le positionnement — le repérage — de  $\Lambda$  dans  $\mathbb{R}^4$  sera exprimé linguistiquement par des circonstants et des déictiques. L'expression linguistique de G présuppose deux choses. D'abord le recouvrement de G (qui peut être complexe) par des graphes actantiels archétypes  $\Gamma_1, \dots, \Gamma_k$ . Ensuite des lexicalisations appartenant à l'isotopie I. D'où toute une série de phénomènes bien connus: les anaphores pour les recollements des  $\Gamma_i$  entre eux, les équivalences paraphrastiques entre les différents recouvrements possibles de G, les involutions d'actants dans le sémantisme verbal lexical, etc.

Nous ne reviendrons pas sur ces analyses. Nous voudrions plutôt nous concentrer en conclusion sur deux points, portant l'un sur le rôle exact de la TC, et l'autre sur l'intégration des graphes actantiels à des schémas grammaticaux.

*Le rôle de la TC*

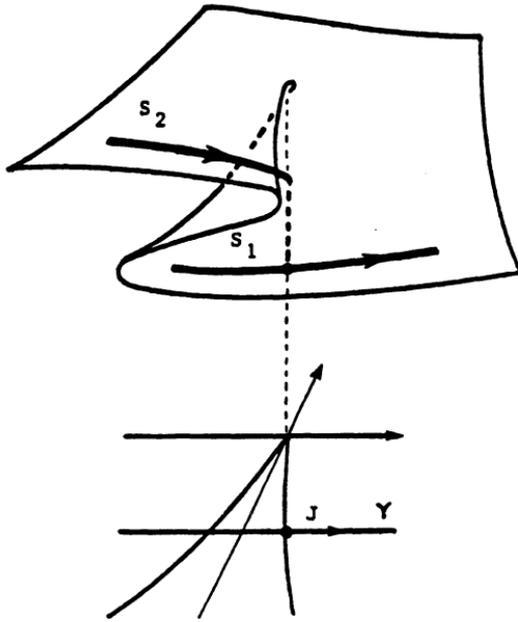
Les graphes actantiels permettent bien de *schématiser topologiquement* les relations abstraites entre proto-actants positionnels. Ils sont bien construits à partir des bonnes catégories ontologiques du monde naturel. En tant que constituants conceptuels de la structure conceptuelle ils donnent donc tout son sens au localisme. Mais cela ne suffit pas. En effet, une des visées principales de l'hypothèse localiste concerne le programme *d'une déduction des universaux casuels* (cf. §§ 2 et 3). *Il faut donc pouvoir engendrer à partir de la structure topologique de l'espace-temps des graphes*

*actantiels universels que, en raison de leur processus d'engendrement même, on pourra qualifier d'archétypes. C'est exactement ici qu'intervient le formalisme de la TC: convenablement interprétées les catastrophes élémentaires (CE) deviennent des principes générateurs de graphes actantiels archétypes. Pour ce faire (cf. Thom 1972, 1980 et Petitot 1982a, 1982b, 1985a, 1986c):*<sup>16</sup>

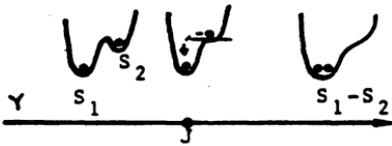
- (i) on interprète les minima du potentiel générateur  $f_w$  de la CE  $\chi$  considérées comme des proto-actants positionnels;
- (ii) on introduit des chemins  $\gamma$  dans l'espace externe  $W$  de  $\chi$ ;
- (iii) on relève  $\gamma$  sur la surface des états de  $\chi$  et on considère les interactions actantielles associées: elles correspondent à la traversée par  $\gamma$  des strates de l'ensemble catastrophique  $K$  de  $\chi$ ;
- (iv) les classes d'homotopie de chemins  $\gamma$  dans le complémentaire des strates de codimension  $\geq 2$  de  $K$  définissent des variantes.

L'engendrement catastrophiste du graphe archétype (trivial) de 'capture' de la figure 9 est représenté à la figure 10. Il s'effectue à partir de la CE 'cusp' (aussi dite 'fronce'). On voit que l'espace *externe* du cusp  $y$  est un espace de contrôle où opère *le temps* et que l'espace *interne* sur lequel est défini le potentiel  $f_w$  (dont les minima sont les proto-actants  $S_1$  et  $S_2$ ) est une représentation interne de *l'espace visuel*. C'est l'introduction du potentiel générateur  $f_w$  qui a paru longtemps aux linguistes et au cognitivistes classiques relever de la spéculation théorique. Elle est pourtant bien naturelle dans une optique à la Blum ou à la Koenderink. Considérons par exemple deux proto-actants  $S_1$  et  $S_2$  comme dans la figure 9 et pratiquons une diffusion de contour. Cela définit dans l'espace ambiant un potentiel  $G$  dont les lignes de niveau sont représentées à la figure 11(a). C'est ce potentiel qui exprime la cohésion *holistique* (gestaltique) du 'tout' composé de  $S_1$  et  $S_2$ . Si l'on réduit les proto-actants à des points, on obtient un potentiel  $F$  contenant essentiellement la même information (cf. Fig. 11(b)). Si maintenant on simplifie ce potentiel  $F$  défini sur un espace interne de dimension effective 3 (de dimension 2 sur les figures) en le ramenant à un potentiel  $f$  défini sur un espace interne de dimension 1 et contenant encore essentiellement la même information (cf. Fig. 11(c)), on obtient le *potentiel générateur de la figure 10(b)*. Qui plus est, supposons que dans un modèle connexionniste les proto-actants  $S_1$  et  $S_2$  soient représentés par les attracteurs  $A_1$  et  $A_2$  d'un système dynamique  $T:N \rightarrow N$  (cf. § 6).  $G$  se trouve alors associé à des fonctions de Lyapounov de ces attracteurs, fonctions, qui, lorsque l'on réduit  $A_1$  et  $A_2$  à des attracteurs ponctuels, s'agrègent en une fonction potentiel globale qui n'est rien d'autre *qu'une fonction harmonie au sens de Smolensky* (Smolensky 1986).

Si l'on admet de telles hypothèses, l'on voit que les constituants de la structure conceptuelle que sont les graphes actantiels peuvent être pensés



(a) Le chemin  $\gamma$  dans l'espace externe de la fronce.

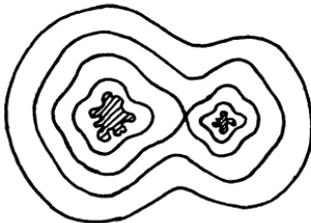


(b) L'évolution des actants-minima.

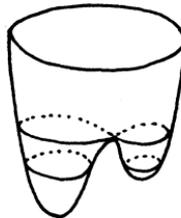


(c) Le graphe actantiel correspondant.

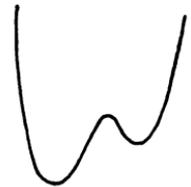
Figure 10. Engendrement du graphe actantiel de capture par la catastrophe cusp.



(a) Potentiel G



(b) Potentiel F



(c) Potentiel f

Figure 11.

en termes *d'émergence* conformément au principe de double émergence et de double organisation exposé au § 6. Ils fournissent même un remarquable exemple de ce principe.

(i) La structure topologique de l'espace-temps, ainsi que les contours et les positions des objets appartiennent au niveau morphologique du MR phéno-physique.<sup>17</sup>

(ii) Cette information morphologique sert d'entrée au niveau sub-symbolique de la SC. Elle s'y trouve représentée de diverses manières. D'abord, côté perception, à travers la structure issue de l'hypothèse du cut locus ou de la diffusion de contour. Ensuite, côté langage (dans le cas d'un graphe archétype), à travers une fonction harmonie qui en supporte la catastrophe organisatrice.

(iii) Par émergence 'micro' → 'macro', on passe de la SC sub-symbolique à la SC symbolique.

(iv) Puis, par projection, on revient au MN de façon à ce que l'interaction actantielle qualitative du MR phéno-physique soit interprétée phénoménologiquement conformément au graphe actantiel du MP (cf. Fig. 5).

#### *Graphes archetypes topologiques et archétypes cognitifs symboliques*

Une fois ainsi conquis ces constituants conceptuels de la SC que sont les graphes actantiels archétypes, on peut alors en revenir aux niveaux symboliques supérieurs des représentations mentales méta-linguistiques et linguistiques. C'est là que des formalismes comme ceux proposés par Jean-Pierre Desclés retrouvent toute leur pertinence. Considérons un exemple simple — purement topologique, sans contrôle — d'interaction de type 'capture': 'le ballon (x) entre dans la pièce (y)'. Il est très facile d'associer au graphe actantiel l'archétype cognitif dynamique correspondant (cf. § 3) (cf. Fig. 12).

En effet les relations  $x \in_0 \text{ ex Sit}(y)$  et  $x \in_0 \text{ in Sit}(y)$  peuvent s'interpréter aussi bien comme des relations topologiques dans l'espace extérieur que

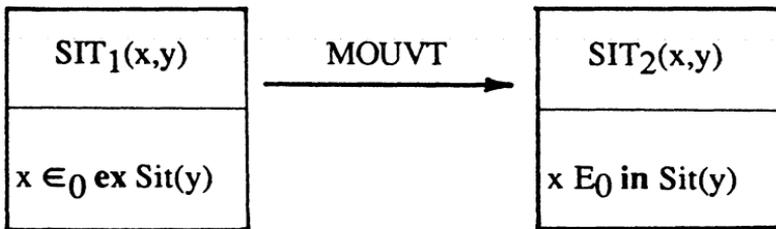


Figure 12.



Figure 13.

comme des relations internes exprimées par le potentiel générateur de la catastrophe ‘cusp’. Dans le premier cas on a l’interprétation à la Harry Blum ou à la Jan Koenderink:

Dans le second cas,  $x \in_0 \text{ex Sit}(y)$  exprime que  $x$  et  $y$  sont séparés par un seuil et

$x \in_0 \text{in Sit}(y)$  que  $x$  occupe la place définie par  $y$ :

Mais nous venons de voir que dans les deux cas le graphe archétype engendré est le même et c’est à cette identité qu’est due ici la compatibilité entre le langage et la perception.

On peut donc transformer le graphe archétype en archétype cognitif comme il est indiqué à la figure 15 (cf. également la figure 2).

On remarquera (même si l’exemple est trivial), que l’archétype cognitif rend bien compte de la transformation de la situation initiale en la situation finale. Mais il faut aussi rendre compte de la singularité — de l’événement — qui organise cette transformation par son déploiement.<sup>18</sup> Or c’est précisément ce ‘centre organisateur’ qui, aux niveaux supérieurs



Figure 14.

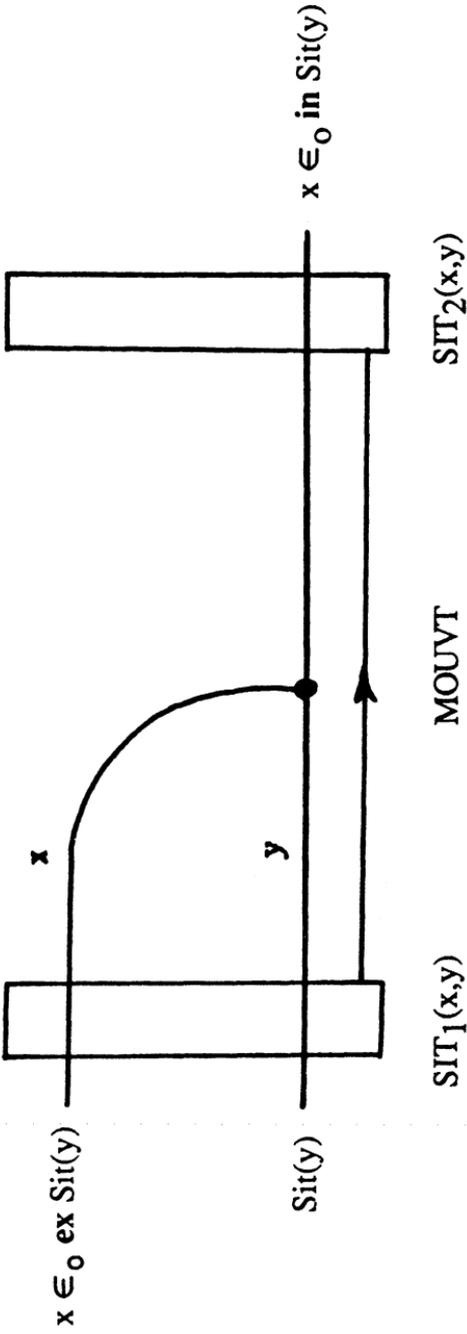


Figure 15.

de représentation linguistique, *correspond au noeud verbal, explique la valence verbale et définit le schème actantiel-casuel du syntagme verbal qui le lexicalise. Cette sémantique verbale* est contenue au niveau sub-symbolique dans la fonction potentiel génératrice du graphe. Elle exprime en quelque sorte la 'physique' de l'interaction. Elle subit une *conversion* lors du passage du niveau sub-symbolique au niveau symbolique.

### *Dynamiques externes et agentivité intentionnelle*

Last but not least, un dernier point pour conclure. La théorie actantielle 'standard' proposée par Thom et approfondie par Wildgen et par nous-même était plus topologique que véritablement dynamique dans la mesure où:

- (i) elle supposait que les dynamiques internes (les potentiels) fixaient les déterminations actantielles dans leur minima, et n'envisageait donc pas que ces déterminations puissent posséder une *énergie interne propre*;
- (ii) elle ne considérait pas de *dynamiques externes* à proprement parler: certes elle considérait des chemins  $\gamma$  dans les espaces externes  $W$  des CE mais elle ne traitait pas ceux-ci comme des trajectoires de dynamique.

Autrement dit, le dynamisme des modèles se restreignait aux dynamiques internes dérivées des potentiels. Il n'incluait *ni* des dynamiques *intra*-actantielles *ni* des dynamiques externes. Cette limite se manifestait dans la difficulté qu'il y avait à rendre compte des phénomènes de *contrôle* (au sens du § 3) et d'*agentivité* propres aux actants *intentionnels et modalisés*.

Cet obstacle a été levé récemment par Per Aage Brandt dans un important travail (cf. Brandt 1986 et pour une discussion Petitot 1988b). Brandt part d'un article fondamental de Leonard Talmy *Force Dynamics in Language and Thought* (Talmy 1985) où celui-ci montre que les *systèmes modaux* des langues *spécifient grammaticalement un contenu formel* (au sens du § 2) ayant trait aux notions *dynamiques* de force, d'obstacle, de résistance, de blocage, de dépassement, de coopération, de compétition, d'interaction, etc. Les schèmes associés sont les schèmes ag-antagonistes des rapports de *force* possibles entre deux actants et de leurs transformations possibles (la combinatoire est facile à faire). La thèse est que cette dynamique de forces constitue 'the semantic category that the modal system as a whole is dedicated to expressing' (Talmy 1985: 1). Or, comme l'a montré Eve Sweetser, ces schèmes se ramènent au schème de base suivant: un actant E parcourt un chemin C et rencontre une barrière R avec laquelle sa force interne F entre en conflit. Mais une telle situation est très facilement représentable dans les modèles de CE. Un actant E est muni d'une énergie propre F. Il est soumis à l'action d'un potentiel  $f_w$

dans un modèle  $\chi$  de CE. La dynamique interne de  $\chi$  le contraint à occuper les minima de  $f_w$  (positions actantielles). Mais son énergie interne  $F$  peut lui permettre de franchir les barrières de potentiel  $R$  que sont les maxima ou les cols de  $f_w$ . La transformation du rapport de force  $F/R$  peut se faire soit par variation de  $F$ , soit par déformation de  $f_w$  c'est-à-dire par déplacement dans l'espace externe  $W$  de  $\chi$ . Par conséquent, *les dynamiques dans les espaces externes peuvent être considérées comme des dynamiques modales*. D'où l'intentionnalité et le contrôle, et cela de façon purement dynamique, c'est-à-dire en dehors de toute 'psychologisation' des actants.

Etant données la complexification rapide des CE<sup>19</sup> et la diversité des dynamiques externes possibles, on voit que — à condition d'être *morphodynamiquement* interprétée — l'hypothèse localiste fournit une très riche *déduction transcendantale* de graphes actantiels archétypes dont les actants peuvent être intentionnalisés et modalisés. C'est plus qu'il n'en faut pour engendrer — et engendrer 'in a principled way' — tous les archétypes cognitifs et donc, en injectant ceux-ci dans la SC d'abord sub-symbolique puis symbolique, pour fonder théoriquement les théories actantielles, de Wüllner à Jackendoff en passant par Hjelmlev, Tesnières, Greimas et quelques autres ...

### **Critique de l'argument F-P de Fodor et Pylyshyn contre le Connexionnisme**

Dans leur analyse critique du connexionnisme (déjà évoquée au § 6) Jerry Fodor et Zenon Pylyshyn opposent, nous l'avons vu, un certain nombre d'arguments au point de vue dynamique et émergentiel (non formaliste) du 'sub-symbolique'. Comme nous l'avons dit, ces arguments ne nous paraissent guère convaincants et nous paraissent méconnaître l'essentiel du profond renouvellement théorique apporté par ces théories. Les réflexions ébauchées dans la section précédente nous semblent pouvoir en apporter la preuve. Nous allons donc en esquisser l'application à l'argument principal de nos auteurs, en réservant des développements plus détaillés à une étude ultérieure.

#### *La structure générale de l'argument*

A.1. Les cognitivistes classiques (CL) et les cognitivistes connexionnistes (CX) étant tous deux des représentationalistes admettant des états mentaux encodant des propriétés du monde extérieur (Fodor-Pylyshyn 1988: 9), le conflit CL/CX est un conflit interne au cognitivisme. Il porte

sur un point précis: 'The architecture of representational states and processes' (ibid.: 10). Le CX est donc soumis à l'impératif de démontrer qu'il peut fournir une bonne théorie de l'architecture cognitive, c'est-à-dire des 'processes which operate on *the representational states* of an organism' (ibid.: 10).

A.2. Or il existe une différence fondamentale entre les paradigmes CL et CX. Les cognitivistes CL assignent des contenus sémantiques à des expressions, et admettent entre les entités sémantiquement évaluables et évaluées non seulement des relations causales mais également des *relations structurales*. Ils postulent — cela est essentiel et caractéristique:

(i) que les représentations mentales ont *une syntaxe et une sémantique combinatoire* (ibid.: 12) et

(ii) que les processus mentaux sont *dépendants de cette structure* ('structure sensitive'), les opérations opérant sur les représentations mentales en fonction de leur structure combinatoire i.e. *de leur forme* (ibid.: 13).

Au contraire, selon les auteurs, les CX n'assigneraient de contenus sémantiques qu'à des entités holistiques *sans structure combinatoire interne* (noeuds étiquetés symbolisant des patterns d'activité de réseaux). Qui plus est, ils n'admettraient comme seule relation entre ces entités sémantiquement évaluables et évaluées *que des relations causales* (ibid.: 12). Bref, selon les auteurs, seuls les CL 'are committed to a symbol-level of representation, or to a 'language of thought': i.e. to representational states that have combinatorial syntactic and semantic structure' (ibid.: 2). Contrairement aux CX, les CL posent que les opérations computationnelles se font à partir de la structure syntaxique des symboles complexes et que, dans la mesure où les relations syntaxiques sont parallèles aux relations sémantiques 'it may be possible to construct a *syntactically* driven machine whose state transitions satisfy *semantical* criteria of coherence'. Telle est 'the foundational hypothesis of Classical cognitive science' (ibid.: 30).

A.3. Les limites (intrinsèques selon les auteurs) du CX sont rédhitoires car *il faut* que les représentations mentales possèdent une structure combinatoire syntactico-sémantique interne. Une telle structure en constituants est en effet nécessaire pour expliquer quatre aspects fondamentaux et indubitables de la cognition.

(i) *La productivité et la générativité*. Comme le langage naturel, le 'langage' de la pensée possède la capacité d'engendrer un nombre indéfini d'expressions à partir de moyens finis. Il faut donc des règles d'engendrement et cela présuppose une structure interne des expressions (ibid.: 33).

(ii) *La systémativité*. Même si l'on remet en cause la productivité et la générativité des capacités cognitives, on ne peut raisonnablement remettre en cause leur systémativité, c'est-à-dire les liens *intrinsèques* reliant la

compréhension et la production de certaines expressions à celles d'autres expressions. Cela n'est explicable que s'il existe une structure interne des expressions permettant de définir des règles *de bonne formation* et de relier *structuralement* entre elles des expressions différentes (ibid.: 37-39).

(iii) *La compositionnalité*. Il existe des transformations *sémantiques* (une 'covariance') entre des expressions *systématiquement* reliées (comme 'Jean aime Marie' et 'Marie aime Jean', ou comme 'être une vache brune', 'être brune' et 'être une vache', etc.). Le principe de compositionnalité selon lequel les propriétés sémantiques des constituants sont indépendantes du contexte n'est compréhensible que s'il existe une structure syntactico-sémantique en constituants (ibid.: 42-44).

(iv) *La cohérence inférentielle*. Il en va de même pour comprendre les rapports de similitude logiques entre différentes inférences (ibid.: 47).

A.4. Bref, si l'on accepte une structure interne des représentations on peut alors évidemment parler de représentations de *même* structure, de structures *semblables*, ou de structures *reliées entre elles* de telle ou telle façon. Or selon les auteurs, une caractéristique essentielle du CX serait de refuser une telle structure. Pour les CX, les systèmes cognitifs sont des systèmes 'that can exhibit intelligent behavior without storing, retrieving, or otherwise operating on structured symbolic expressions' (ibid.: 5). Certes, les étiquettes qui étiquètent les entités holistiques sémantiquement évaluables ont, elles, en général, une structure en constituants, mais la dynamique processuelle des systèmes *n'est pas* déterminée causalement 'by the structure — including the constituent structure — of the symbol arrays that the machines transform' (ibid.: 17). Les graphes CX ne sont pas des descriptions structurales des représentations mentales, mais des spécifications de relations purement causales. 'The intended interpretation of the links as causal connections is intrinsic to the theory' (ibid.: 19). 'A network diagram is not a specification of the internal structure of a complex mental representation. Rather, it's a specification of a pattern of causal dependencies among the states of activation of nodes' (ibid.: 26). D'autre part, le fait que des représentations mentales soient *distribuées* sur des micro-traits (dérivés par apprentissage et dégagés par analyse multivariationnelle à partir des propriétés statistiques d'échantillons de stimuli) *n'implique en rien* que ces représentations soient structurées. En effet 'you have constituent structure when (and only when) the parts of semantically evaluable entities are themselves semantically evaluable'. 'Complex spatially-distributed implementation in no way implies constituent structure' (ibid.: 19). L'erreur principale du CX, sa 'major misfortune', serait d'avoir confondu une analyse componentielle en micro-traits avec une structure combinatoire. 'The question whether a representational system has real-constituency is independant of the question of microfeature analysis'. 'It

really is very important not to confuse the semantic distinction between primitive expressions and defined expressions with the syntactic distinction between atomic symbols and complex symbols' (ibid.: 22). Bref, à partir du moment où les entités sémantiquement évaluables (noeuds, patterns d'activation, etc.) sont conçues comme des *Gestalten holistiques et atomiques* n'entretenant entre elles que des relations causales, il devient *impossible* de rendre compte des caractères fondamentaux de la cognition que sont la productivité-générativité, la systémativité, la compositionnalité et la cohérence inférentielle (cf. A.3). 'The Connectionist architecture (...) has no mechanism to enforce the requirement that logically homogeneous inferences should be executed by correspondingly homogeneous computational processes' (ibid.: 47). Le CX *pré-suppose* l'organisation systématique de la cognition. Alors qu'il devrait au contraire *l'expliquer*. 'It's not enough for a connectionist to agree that all minds are systematic; he must also explain *how nature contrives to produce only systematic minds*'. D'où le verdict sans appel: 'The only mechanism that is known to be able to produce pervasive systematicity is classical architecture. And (...) classical architecture is not compatible with connectionism since it requires internally structured representation' (ibid.: 50).

A.5. Qui plus est, selon les auteurs, la critique principale faite par les CX aux CL n'est pas acceptable. Elle affirme que, selon les CL, les régularités comportementales doivent provenir de règles *explicitement* encodées. Mais cela est faux. Pour les CL de nombreuses fonctions peuvent être encodées de façon implicite (par exemple en étant parties du hardware). Ce qui doit être explicite ne sont que les structures de données que la machine cognitive transforme et non pas les règles (la grammaire) des transformations (ibid.: 60-61).

A.6. En conséquence de tout cela, le CX doit être rejeté comme théorie *cognitive*. Il débouche sur une 'mauvaise' psychologie, de nature *associationniste*, vis à vis de laquelle on peut répéter les critiques rationalistes bien connues contre l'associationnisme, traditionnelles depuis Kant (ibid.: 27).

A.7. Les auteurs concluent alors de leur réflexion que l'unique intérêt véritable du CX est de fournir une théorie alternative de l'*implémentation* de l'architecture fonctionnelle classique. Ils insistent d'abord sur le fait que la plupart des arguments mis en avant par les CX portent sur les limitations imposées à la compétence par les contraintes concrètes de la performance. La finitude matérielle de la performance résulte, selon eux, d'une interaction entre d'un côté une compétence formelle *non bornée* (mais finiment descriptible par des règles: générativité, cf. A.3.(i)) et d'un autre côté des ressources limitées (ibid.: 34). Et, dans une optique radicalement opposée à celle, *émergentielle*, du CX, ils *découplent* ce qui

relève de l'architecture fonctionnelle (les algorithmes) et ce qui relève de l'implémentation. Il s'agit pour eux d'une 'principled distinction' (ibid.: 65). Les modèles d'implémentation (niveau micro) sont *neutres* quant à la nature des processus cognitifs (niveau macro) et nier ce fait c'est *confondre structure et fonction*. C'est opérer une subreption illicite du physique au fonctionnel, subreption conduisant à conclure par exemple, de l'existence indubitable de réseaux neuronaux à une psychologie associationniste (réseaux de représentations), ou de la non moins certaine distributivité anatomique des neurones à une distributivité fonctionnelle des représentations mentales elles-mêmes (analyse componentielle en micro-traits), ou du renforcement de la connexion de deux neurones par leur co-activation à des modèles statistiques (associationnistes) de l'apprentissage (ibid.: 64), ou encore, dans l'autre sens, d'une localité fonctionnelle (position d'un symbole dans une expression par exemple) à une localisation physique dans l'instanciation (ibid.: 57). Le 'brain style' du CX repose donc en définitive sur une erreur épistémologique: 'the implicit — and unwarranted — assumption that there ought to be similarity of structure among the different levels of organization of a computational system' (ibid.: 63). Il projette le neuronal sur le cognitif et, ce faisant, réactive 'the worst of Hume and Berkeley' (ibid.: 64).

A.8. Donc le CX 'may provide an account of the neural (or 'abstract neurological') structures in which classical cognitive architecture is implemented' (ibid.: 2). Les structures symboliques du cognitivisme CL sont physiques. Elles sont cérébralement encodées et instanciées et ce sont les propriétés physiques les instanciant qui causent les comportements opératoires du système cognitif. Les arguments CX deviennent valides lorsqu'on les interprète comme des arguments en faveur d'une implémentation physique dans des réseaux à parallélisme massif. Par exemple, le fait que les processus cognitifs sont rapides alors que la vitesse des phénomènes neuronaux est lente, ou la possibilité de reconnaître rapidement un nombre considérable de formes (mots, visages, etc.) stockées en mémoires, ou encore les propriétés de continuité, de flou, d'approximation, de stabilité structurelle, etc. des processus cognitifs, tous ces faits plaident bien en faveur d'une implémentation CX des algorithmes de l'architecture fonctionnelle CL (ibid.: 51-56). Mais si les modèles CX proposent bien une théorie de l'implémentation, ils doivent alors renoncer à toute prétention cognitive. Ils doivent en particulier refuser d'assigner 'a representational content to the units (and/or aggregates) that they postulate' (ibid.: 66).

A.9. Un argument qui n'est pas toujours bien explicité par les auteurs est que qui dit 'structuralisme' dit 'symbolico-formel'. Si les représentations mentales possèdent une syntaxe et une sémantique combinatoires,

alors elles sont ipso facto des 'symbol systems'. Comme nous allons le voir, c'est cette 'évidence' formaliste qui est le talon d'Achille de toute l'argumentation.

*Commentaires: le problème d'un structuralisme dynamique*

Les arguments de Fodor et de Pylyshyn que nous venons de résumer sont bien construits et apparemment d'une grande force. On peut toutefois s'interroger sur leur réelle validité, et cela à plusieurs niveaux.

C.1. Les arguments A.1 et A.2 (en ce qui concerne la caractérisation du cognitivisme CL), A.3, A.5, A.8 (sauf sa conclusion) sont, selon nous, excellents et incontournables. Mais ils *n'impliquent pas* la condamnation du CX comme théorie cognitive. Ils lui imposent simplement des contraintes et des exigences supplémentaires (comme l'explique A.1): pouvoir développer *l'hypothèse structurale*.

C.2. La présentation et la caractérisation du CX données en A.2 et A.4 sont caricaturales (cf. nos remarques du § 6). La seule chose véritablement démontrée par les auteurs est le syllogisme suivant:

- (i) un 'bon' CX cognitiviste doit posséder la ressource de développer l'hypothèse structurale;
- (ii) pour des raisons intrinsèques, le CX caricatural défini en A.2 et A.4 ne possède pas cette ressource;
- (iii) donc le CX caricatural est 'mauvais' ('bad') comme théorie cognitive. Mais rien ne prouve évidemment que le CX caricatural s'identifie au CX dans toutes ses potentialités théoriques.

Appelons *dynamique* — en le distinguant de *symbolique* — le cognitivisme CX. La question centrale est la suivante: *de même qu'il est possible, à partir de théories formelles appropriées, de développer un structuralisme symbolique, est-il possible, à partir de la théorie mathématique des systèmes dynamiques, de développer un structuralisme dynamique?* Si l'on conçoit les modèles CX comme des graphes de relations causales entre des unités holistiques sans structure interne, il est trivial de conclure par la négative. *Mais ces modèles n'utilisent qu'une partie infime de la théorie mathématique des systèmes dynamiques.* Nous allons y revenir car il s'agit du point essentiel.

C.3. Même à supposer que, contrairement aux affirmations des auteurs, on puisse bien élaborer un authentique structuralisme dynamique, cela ne devrait pas pour autant conduire à penser l'écart CL/CX comme une alternative manichéenne. La 'guerre des paradigmes' si prisée dans certains milieux n'est que l'hypostase sociologique (pouvoir académique, positions institutionnelles, crédits, etc.) de difficultés théoriques et épisté-

mologiques d'une tout autre portée. En tant que telle, elle n'a en général, du moins en sciences humaines, aucun contenu gnoséologique. Il existe certainement un niveau supérieur de fonctionnement du système cognitif qui est de nature symbolique. Mais cela n'implique évidemment en rien qu'il n'existe pas également un niveau inférieur de nature dynamique. La psychologie associationniste n'est certainement pas suffisante, mais ce n'est évidemment pas pour cela qu'elle devrait être rejetée intégralement. Des superstructures logico-symboliques peuvent parfaitement posséder des infrastructures associationnistes. La question n'est donc pas de savoir si le CX doit se substituer au CL (ou si celui-ci doit excommunier celui-là) *mais de savoir si l'hypothèse structurale prend ou non sens dès le niveau dynamique des processus cognitifs*. Un tel structuralisme dynamique doit se distinguer du structuralisme symbolique formel. L'important est:

- (i) que ce soit un structuralisme authentique, et
- (ii) qu'il soit *proto-symbolique*, i.e. compatible avec le niveau symbolique. Si on veut malgré tout le critiquer, il faut une argumentation plus raffinée (cf. C.6).

. Nous retrouvons ici des problèmes épistémologiques analogues à ceux que nous avons rappelés d'emblée à propos du point de vue de Chomsky (cf. § 1) et que nous avons précisés à propos de notre principe de double organisation et de double émergence (cf. § 6 et note 14). Fodor et Pylyshyn méconnaissent profondément, semble-t-il, de quelle nature peut être une *émergence* d'un niveau 'macro' hors d'un niveau 'micro'. En découplant de façon *principielle* le niveau fonctionnel des algorithmes de celui de l'implémentation, ils règlent *a priori* le différend à leur profit dans la mesure où ils dénie le problème central propre au point de vue qu'ils critiquent. Pourtant, le parallèle physico-thermodynamique qu'ils utilisent aurait dû les inciter à plus de circonspection. 'The point is that the structure of "higher levels" of a system are rarely isomorphic, or even similar, to the structure of "lower levels" of a system. No one expects the theory of protons to look very much like the theory of rocks and rivers, even though, to be sure, it is protons and the like that rocks and rivers are "implemented in"' (ibid.: 63). L'argument est fallacieux. En physique, le rapport entre niveau micro (géno-physique) et niveau macro (phéno-physique) est émergentiel. Nous en avons rappelé quelques caractères fondamentaux au § 5. Mais il ne viendrait à l'esprit d'aucun physicien de *découpler* les niveaux et de postuler, comme les auteurs le font pourtant à propos du fonctionnalisme, que le niveau micro est 'neutre' par rapport au niveau macro et que ce dernier est donc *indépendant* de son 'implémentation'. Tout le problème (colossal) est au contraire de comprendre *comment* un niveau macro émergent — et donc *non indépendant* — peut néanmoins posséder une certaine *autonomie* de structure. Que deux

niveaux soient de types différents n'implique pas qu'ils soient indépendants et 'neutres' l'un par rapport à l'autre. L'affirmer c'est gravement méconnaître l'épistémologie de l'émergence. Les CX sont donc dans le vrai quand ils distinguent les problèmes d'implémentation du problème *intracognitif* de l'émergence d'un niveau symbolique hors d'un niveau dynamique sub-symbolique. Mais, répétons-le, les CL ont à leur tour raison quand ils affirment que ce niveau dynamique doit alors, pour mériter le titre de cognitif, être structural.

C.5. Et c'est sur ce dernier point que nous rencontrons le noeud du problème. Les auteurs accusent les CX de supposer l'organisation systématique de la cognition et de ne pas *l'expliquer* (A.4). Mais on peut leur retourner partiellement l'argument. *Car eux-mêmes n'expliquent pas cette systématisme. Ils la décrivent formellement, ce qui signifie tout autre chose.* En réduisant les contraintes de la performance à la concrétude matérielle de l'implémentation, en découplant les niveaux (comme nous venons de le voir) et en autonomisant ainsi la compétence, ils peuvent subrepticement *confondre une description logico-combinatoire formelle de la compétence avec une déduction de l'hypothèse structurale.* Cette confusion n'est légitime que si l'on admet la thèse A.9 selon laquelle structural  $\equiv$  symbolique (logico-combinatoire). Mais, si on l'admet en effet, alors l'argumentation devient triviale: le CX n'est pas symbolique (par définition); 'donc' il n'est pas structural; 'donc' il ne peut pas rendre compte de l'essence structurale des processus cognitifs. En fait, le problème est le suivant. Une *description symbolique formelle* des représentations mentales et des processus mentaux est clairement possible. *Mais, en tant que telle, elle ne saurait être confondue avec une explication.* Pour posséder une explication il faut:

- (i) modéliser les entités sémantiquement évaluables par des structures mathématiques — éventuellement très sophistiquées — d'un certain type i.e. appartenant à un certain univers mathématique;
- (ii) montrer qu'une théorie de la structure est développable à l'intérieur de cet univers.

La question du CX *cognitivist* (et non pas simplement 'implémentational') devient donc maintenant (cf. C.2 et C.3): *si l'on modélise certaines entités sémantiquement évaluables par des attracteurs de systèmes dynamiques  $T_w: N \rightarrow N$  (cf. §6) peut-on, oui ou non, dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques, développer une théorie de la structure?*

C.6. Si les cognitivistes classiques se satisfont d'une description symbolique formelle c'est que, pour eux, *l'explication des structures cognitives doit, dans la lignée de l'épistémologie chomskienne, être de nature innéiste.* Derrière la controverse CL/CX et le conflit d'arguments de part et d'autre, derrière la critique rationaliste de l'associationnisme empiriste, se

joue donc en fait une alternative épistémologique de première grandeur. Celle-ci vient d'être excellemment décrite par Massimo Piattelli Palmarini dans son essai *Evolution, Selection and Cognition: From 'Learning' to Parameter-Fixation in Biology and in the Study of Mind*. Le point est le suivant. Dans tous les domaines biologiques (darwinisme, néo-darwinisme, immunologie, etc.), on est passé progressivement de théories *instructivistes* ('lamarckiennes') à des théories *sélectivistes*. Dans tous les cas, on est arrivé expérimentalement et théoriquement à la conclusion qu'il ne peut pas y avoir de transfert de structure de l'environnement dans l'organisme et que ce que l'on prend pour des mécanismes d'apprentissage ne sont en réalité que des mécanismes de sélection *interne*, de filtrage et de fixation de paramètres qui viennent sélectivement stabiliser certaines possibilités parmi un *très riche* univers de possibles *génétiquement déterminés*. Dans les points de vue instructivistes, les contraintes génétiques sont pauvres et la structuration provient, à travers des capacités générales, d'adaptations, de résolutions de problèmes par essais et erreurs, etc. Dans les points de vue sélectivistes, au contraire, les contraintes génétiques sont déterminantes, la structuration est fortement innée et modulaire et l'adaptation est remplacée par 'l'exaptation', i.e. par le fait que les caractères peuvent être sélectionnés indépendamment de toute valeur adaptative, même si, après coup, il en acquièrent une (cela renforce le rôle du hasard dans ce qui *pour nous* a valeur spécifique de nécessité). La thèse sélectiviste est donc en définitive que l'impossibilité pour un organisme d'assimiler des structures externes est une impossibilité *nomologique*: il est nomologiquement improbable que 'structures external to the organism might possibly be "internalized" through a "learning" process'; il est en revanche nomologiquement très probable que 'a process of selection, of triggering and parameter-fixation, acting on a vast, profligate and highly articulated repertoire of innate structures may prove to be the most productive explanatory hypothesis' (Piattelli-Palmarini 1988: 23). C'est ce point de vue innéiste et sélectiviste qui, depuis quelque temps, est en train de se développer dans le domaine des sciences cognitives, aussi bien en ce qui concerne la syntaxe que *la sémantique même*. L'exemple des rôles sémantiques casuels tel qu'il est traité dans l'argument de Fodor et Pylyshyn (cf. § 8.3) le manifeste bien. D'où la critique radicale entreprise par Chomsky, Fodor et leurs collègues contre les théories empiristes de l'apprentissage par imitation, association, assimilation, induction, 'problem-solving', etc. Tout semble montrer qu'il existe une riche et subtile architecture syntactico-sémantique des langues dont l'universalité est d'origine génétique: 'our species innately possesses a rich, specific, modular and highly articulate capacity for language, organized around certain universal "principles"' (ibid.: 68). Cette capacité cognitive serait

*indépendante* de la perception et de l'action. Elle manifesterait 'a very intricate and closely interdependent process, full of "deductive" consequences that are known to each of us in a totally unconscious way' (ibid.: 69). C'est pourquoi, en dernière instance, les contraintes génétiques étant *contingentes*, la description formelle *peut valoir pour une explication*. Telle est 'l'évidence' chomskienne que nous avons critiquée d'emblée (§ 1). Car, répétons-le, ces arguments ne nous semblent pertinents que pour le niveau *symbolique*. Ils n'impliquent pas que la forme symbolique innée du système cognitif épuise sa structure. Il est parfaitement légitime d'admettre qu'il existe des *contenus objectifs* sur lesquels vient opérer cette forme. Les sélectivistes sont des rationalistes qui, parfois, citent Kant (contre Hume). Mais ils devraient se rappeler que, dans sa critique de l'empirisme, *le transcendantalisme ne se réduit pas à un innéisme*. Il existe beaucoup de contraintes qui ne sont pas attribuables à quelque 'nécessité' génétique mais bien plutôt à une fonction du *synthétique a priori* dans le langage, la perception et la cognition (cf. le § 2 sur l'interprétation transcendantale de l'hypothèse localiste, ainsi que Petitot 1987). Or *c'est ce synthétique a priori que l'on peut chercher à schématiser dynamiquement*.

### *L'argument central F-P*

Appliquons les remarques épistémologiques et méthodologiques qui précèdent à l'argument central de Fodor et Pylyshyn. Ils considèrent la façon dont certains CX (Hinton, McClelland, Rumelhart) ont traité un énoncé comme 'John loves Mary'. Le problème est, évidemment, celui des *relations actantielles* ('the role relations that traditionally get coded by constituent structure' (ibid.: 22)). Les CX cités les représentent par l'ensemble d'unités activées {+ John-subject; + loves; + Mary-object} où les descripteurs J-S, L et M-O sont des étiquettes d'unités holistiques *sans* structure syntaxique interne et *sans* inter-relations structurales. Pour eux, ces descripteurs conjoignent une identité (un actant J,M.) et un rôle actantiel (S,O) et permettent de représenter la structure syntaxique de l'énoncé de façon ensembliste (ibid.: 22). Fodor et Pylyshyn montrent alors facilement qu'une telle représentation conduit immédiatement à une suite d'inextricables difficultés qui ne peuvent être résolues que par une prolifération 'grotesque' du nombre des descripteurs: 'the idea that we should capture role relations by allowing features like John-subject thus turns out to be bankrupt'. 'It is, of course, no accident that the connectionist proposal for dealing with role relations runs into these sorts of problems. Subject, object and the rest are classically defined *with respect to the geometry of constituent structure trees*. And the connection-

ist representations don't have constituents' (ibid.: 24). Si l'on se borne à *superposer* ensemblistement des entités holistiques activées pour rendre compte des énoncés, alors il devient, par exemple, impossible de rendre compte du rapport entre  $\{+J-S; +L; +M-O\}$  et  $\{+M-S; +L; +J-O\}$  (argument de systématité, cf. A.3 (ii)). 'This consequence (...) offers a particularly clear example of how failure to postulate internal structure in representations leads to failure to capture the systematicity of representational systems' (ibid.: 40). De même, dans le cas d'une conjonction d'énoncés, il devient impossible de retrouver les structures initiales. La superposition conduit à une déstructuration irréversible. C'est bien le point décisif: 'when representations express concepts that belong to the same proposition, they are not merely simultaneously active, but also *in construction with each other*' (ibid.: 25). Et pour être en rapport de 'construction' des représentations doivent être des constituants de représentations plus complexes (on retrouve les arguments A.2 et A.3). 'Representations that are in construction form parts of a geometrical whole, where the geometrical relations are themselves semantically significant' (ibid.: 26).

### Réfutation de l'argument central F-P

R.1. L'argument central F-P est valable (et même sans faille) pour autant qu'il est appliqué à une forme *faible* de CX. Nous appelons ici CX faible, un CX qui modélise de façon *uniforme* les entités sémantiquement évaluables par des structures mathématiques de *même* type (attracteurs de dynamiques de réseaux), sans tenir compte de leur appartenance à des *catégories* grammaticales différentes. Nous appelons en revanche CX *fort* un CX qui possède la capacité de modéliser les différences et les rapports entre différentes catégories grammaticales. La question devient donc: *la théorie mathématique des systèmes dynamiques permet-elle d'élaborer un CX fort?* Elle précise celles formulées en C.2, C.3 et C.5.

R.2. Précisons encore. L'argument F-P repose sur la dénonciation d'une confusion catégoriale. Son syllogisme est le suivant.

S1. (i) Soient  $A_i (i=1, \dots, n)$  les actants d'un énoncé et V le verbe organisateur des relations actantielles. *Modélisons* les actants  $A_i$  par des structures mathématiques  $G_i$  d'un certain type (par exemple des patterns d'activité) sur lesquelles est définie une opération de composition  $\oplus$  'additive' i.e. une loi de groupe associative, commutative, symétrique avec élément neutre (par exemple l'union ensembliste de patterns d'activité).

(ii) *Modélisons* le verbe V par une structure F de même type que les  $G_i$ .

(iii) *Modélisons* l'interaction actantielle des  $A_i$  à travers  $V$  par la somme  $\bigoplus_{i=1}^{i=n} F \oplus G_i$

(iv) *Constat*: cette modélisation conduit à telle et telle difficulté inextricable.

(v) *Conclusion*: La modélisation des actants  $A_i$  par les structures  $G_i$  est à rejeter car elle est réfutable expérimentalement.

Qui plus est, les auteurs opposent à ce syllogisme un autre syllogisme destiné à montrer la supériorité du cognitivisme CL.

S2. (i) *Symbolisons* les actants  $A_i$  par des symboles  $\tilde{A}_i$ .

(ii) *Symbolisons* également le verbe  $V$  par un symbole  $\tilde{V}$ .

(iii) *Symbolisons* l'interaction actantielle des  $A_i$  à travers  $V$  par des relations syntagmatiques entre les  $\tilde{A}_i$  et  $\tilde{V}$  (par exemple un arbre syntagmatique d'une grammaire générative ou d'une grammaire en constituants).

(iv) *Constat*: cette symbolisation est fidèle.

(v) *Conclusion*. elle est donc à adopter car elle est validée expérimentalement.

Le problème est que, de ces syllogismes, le premier (S1) est fallacieux et le second (S2) tautologique.

*S1 est fallacieux*. En effet il se réduit à la trivialité que les structures (logico-combinatoires) de type arbres syntagmatiques étant non associatives et non commutatives ne sont effectivement ni associatives ni commutatives et ne peuvent donc pas être des structures algébriques de type groupe. Reproduisons l'argument pour une autre théorie, par exemple une théorie (quasi)physique (archi-simpliste et donc physiquement fausse: les physiciens pardonneront cet abus) des particules élémentaires (p.e.).

(i) *Modélisons* des p.e. libres  $P_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) par des représentations unitaires irréductibles  $G_i$  du groupe de Poincaré dans un espace de Hilbert.

(ii) *Modélisons* le concept d'interaction par une autre représentation irréductible  $F$ .

(iii) *Modélisons* l'interaction des  $P_i$  par la somme  $\bigoplus_{i=1}^{i=n} F \oplus G_i$

(iv) *Constat*: cette modélisation est réfutable expérimentalement.

(v) *Conclusion*: la modélisation des  $P_i$  par les  $G_i$  est à rejeter car elle est réfutable expérimentalement.

Dans ce cas la 'fallacy' saute aux yeux. On a fait une 'erreur de catégorie' en confondant en (ii) et (iii) le concept d'interaction avec une p.e. libre supplémentaire  $I$ . (iv) se réduit à la trivialité que l'interaction des  $P_i$  n'est pas la même chose que le système des  $P_i$  libres auquel on aurait ajouté  $I$ . L'inférence (iv) $\Rightarrow$ (v) est donc *illicite*. Il en va de même dans le cas de l'argument F-P. Il repose lui aussi sur une erreur de catégorie: on

modélise une interaction, d'actants par une structure *F de même type* que celles qui servent à modéliser les actants eux-mêmes.

*S2 est tautologique.* Il est clair en effet que si l'on *symbolise* des constituants par des symboles formels on peut *symboliser* leurs relations structurales par des relations *formelles*.

R.3. Il est donc nécessaire de préciser et approfondir l'argument central F-P. On peut le faire de la façon suivante.

(i) Il faut d'abord bien prendre la mesure de *l'écart radical qui sépare une modélisation mathématique d'une symbolisation formelle*. Modéliser une certaine classe de phénomènes naturels, c'est les interpréter par des structures mathématiques sophistiquées permettant de *reconstruire mathématiquement* leurs propriétés alors que les symboliser c'est *représenter formellement* celles-ci. L'exigence de la modélisation est sans aucune commune mesure avec celle de la symbolisation: une physique mathématique des interactions des particules élémentaires n'a aucune mesure avec des représentations symboliques de type  $I(P_i)$  où  $I$  est une relation  $n$ -aire ... La limite du point de vue formaliste-symbolique est *de confondre une description par symbolisation formelle avec une explication par modélisation mathématique* (cf. Petitot 1982(a), 1982(b), 1982(d), 1984, 1985(a), 1986(d), 1986(e)). On voit quelles sont les conséquences de l'argument A.9 que nous avons critiqué en C.5.!

(ii) Le CX constitue jusqu'à présent la plus décidée et la plus courageuse des tentatives de passage d'une symbolisation formelle à une modélisation mathématique en sciences cognitives. Nous en avons rappelé l'univers mathématique au § 6. Son propos est de modéliser au moyen de modèles dynamiques le niveau de fonctionnement dynamique du système cognitif. Si l'on doit donc bien exiger de lui une *explication* des phénomènes *structuraux proto-symboliques* (cf. C.2 et C.3) on ne peut pas pour autant — en se fondant sur l'amalgame du structural et du symbolique — lui imputer son défaut de formalisme.

(iii) Pour réfuter l'argument F-P, la première question à résoudre est de savoir s'il existe — dans le cas des structures syntaxiques — *deux niveaux authentiquement structuraux susceptibles de correspondre aux niveaux respectivement dynamique et symbolique*. Dans de nombreux travaux (cf. par exemple Petitot 1982(a), 1982(b), 1983(c), 1985(a), 1985(b), 1986(c), 1986(e), 1987) nous avons tenté de montrer que tel était bien le cas. Sous-jacent au niveau proprement *grammatical* des relations grammaticales (SN Sujet, SN Objet, SV, etc.) clairement et adéquatement descriptibles en termes de structures symboliques (arbres syntagmatiques, etc.), il existe en effet le niveau *des relations actantielles* où les actants sont définis par leurs rôles sémantiques (casuels) et où les verbes expriment des *interactions actantielles*. Les différences entre les grammaires formelles et

les syntaxes actantielles-casuelles sont bien connues. Nous y avons souvent référé au cours de ce travail (cf. §§ 1 et 7).

(iv) Or on remarquera que l'argument F-P est *neutre* quant à cette différence de niveaux. Il concerne en effet les *rôles* actantiels et ne fait appel qu'à la 'géométrie' de la structure de totalités en construction où 'les relations géométriques sont elles-mêmes sémantiquement significatives'. Il est donc légitime d'appliquer les remarques exposées ci-dessus (en R.2) à la syntaxe actantielle. D'où la question: *si l'on modélise les actants  $A^i$  d'un processus par des attracteurs  $G_i$  de systèmes dynamiques, est-il possible, dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques, d'élaborer une théorie des interactions actantielles, c'est-à-dire une théorie du verbe?*

(v) Renforçons encore la question de façon à la rendre encore plus contraignante. Dans le style des §§ 6 et 7.3, introduisons des fonctions harmonies à la Smolensky et remplaçons donc les attracteurs  $G_i$  par les minimas  $m_i$  d'une fonction potentiel  $f$ .

QUESTION: *Si l'on modélise les actants  $A_i$  d'un processus par les minima  $m_i$  d'une fonction potentiel  $f$ , est-il possible, dans le cadre de la théorie dynamique des fonctions potentiel, d'élaborer une théorie des interactions actantielles, c'est-à-dire une théorie du verbe?*

(vi) REPOSE: *Oui, et la théorie existe depuis déjà vingt ans.* Elle est celle qui a servi de base à nos réflexions dans ce travail (cf. en particulier §§ 7.3 et 7.4). Un des principaux succès de René Thom a été en effet de montrer qu'il est effectivement possible d'élaborer un structuralisme dynamique en général et une syntaxe actantielle en particulier à partir de la théorie des systèmes dynamiques. Cela fournit une réfutation de l'argument F-P. L'idée centrale (déjà brièvement rappelée en 7.3) est de plonger le potentiel  $f$  dans une famille  $f_w$  (un déploiement) paramétrée par un espace externe  $W$ . Lorsque l'on suit les chemins  $^\circ$  dans l'espace externe  $W$  il se produit à la traversée de l'ensemble catastrophique  $K$  (i.e. des strates de conflits entre actants et des strates de bifurcations d'actants) des interactions actantielles. Or si l'on considère des potentiels structurellement *instables*, ils possèdent des *déploiements universels*. Ces déploiements fournissent des *schèmes* d'interactions actantielles archétypes, schèmes qui satisfont à *toutes* les propriétés *structurales* exigées par Fodor et Pylyshyn. 'En interprétant les régimes locaux stables [des catastrophes élémentaires] comme des actants, il est possible de donner de l'allure qualitative des catastrophes une interprétation sémantique, exprimée en langage usuel. (...) On obtiendra ainsi ce que je pense être le *tableau structural universel* qui contient tous les types de phrases élémentaires' (Thom 1980: 188).

## Conclusion

L'argument F-P n'est donc en définitive valable que pour le CX faible (cf. 8.4, R.1).

Un CX fort *peut* être développé dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques. Mais pour cela il ne suffit pas de modéliser les entités sémantiquement évaluables par des attracteurs de systèmes dynamiques. Il faut également utiliser la théorie *des bifurcations et des conflits* de ces attracteurs. Cette théorie (qui constitue un aspect dominant de la dynamique qualitative contemporaine) permet entre autres de modéliser la différence catégoriale — structurellement essentielle — entre actants et verbe.

Les affirmations suivantes de Fodor et Pylyshyn ne sont par conséquent pas acceptables scientifiquement: 'so far as we know, there are no worked out attempts in the Connectionist literature to deal with the syntactic and semantical issues raised by relations of real-constituency' (Fodor-Pylyshyn 1988: 22); 'There doesn't seem to be any other way [que celle esquissée en 8.3] to get the force of structured symbols in a Connectionist architecture. Or, if there is, nobody has given any indication of how to do it' (ibid.: 24); 'There are no serious proposals for incorporating syntactic structure in Connectionist architectures' (ibid.: 67). Curieux phénomène de sociologie des sciences que celui qui consiste à tirer des conséquences radicales de l'ignorance de données scientifiques disponibles depuis longtemps ...

## Notes

\* Ce travail doit beaucoup à certains Workshops récents: le Colloque *Sémiotique et Cognition* que nous avons organisé avec Jean-Pierre Desclès en Juillet 1987 à l'Université d'Urbino à la suite d'un séminaire commun, le Colloque *Epistémologie du Sens et Mathématisation* organisé en Novembre 1987 à l'Université d'Aarhus par Per Aage Brandt, ainsi que deux rencontres organisées en Italie par Noëmon Sigma, l'une avec Omar Calabrese à la Fondation Clarke de Bagni di Lucca en 1986 et l'autre avec Herman Parret à la Fondation Rockefeller de Bellagio en Février 1988. Il a été rédigé lors d'un séjour au Séminaire de Sémiotique Générale de la Faculté des Sciences Humaines de l'Université d'Aarhus grâce à un soutien de l'Académie Danoise de Recherche Scientifique (Forskerakademiet).

1. Les actes de la rencontre ont été publiés sous le titre *Théories du langage, théories de l'apprentissage* (TLTA 1979).

2. Dans la tradition, on restreint l'hypothèse localiste aux interactions *spatiales*. D'où le problème de savoir si les relations temporelles sont schématisables par des relations spatiales. Mais le débat est quelque peu byzantin (Cf. Parret 1988). Il est plus naturel

- de se situer directement dans l'espace-temps, c'est-à-dire dans le cadre a priori de la phénoménalité.
3. Cette idée d'une iconicité spatio-temporelle figurative de la syntaxe a été récemment mise à l'honneur par un certain nombre de linguistes. Cf. par exemple *Iconicity in Syntax* (Haiman 1985).
  4. Pour le concept de similarité pictorielle, en particulier chez Wittgenstein, cf. Ouellet 1982.
  5. Cf. Anderson 1971, 1975.
  6. Nous devons au travail de P. A. Brandt ces considérations (Brandt 1986).
  7. Cf. Granger 1982 et 1988.
  8. Si l'on remplace 'formes syntaxiques' par 'formes logiques du jugement', l'on retrouve la doctrine kantienne: ces formes spécifient logiquement des notions dont le contenu formel est donné par une Esthétique transcendante.
  9. Communication à un Séminaire commun de 1987.
  10. On peut penser qu'une des raisons principales du peu d'écho des propositions 'linguistiques' de Thom chez les linguistes provenait du fait que celles-ci étaient en vérité de nature cognitive et concernaient les rapports entre langage, pensée, perception et monde. Les développements récents de la linguistique cognitive devraient permettre de leur rendre justice.
  11. Pour une critique philosophique de la sémantique formelle à partir de la Gestalttheorie et de l'ontologie phénoménologique, on pourra consulter Mulligan 1986, Mulligan et al. 1984 et Smith 1982.
  12. Pour une introduction à ces problèmes, on pourra se référer par exemple à Thom 1972, Zeeman 1977, Poston-Stewart 1978, ainsi qu'à Petitot 1982a, 1985a et, surtout, à leurs bibliographies. On pourra d'autre part consulter les actes du Colloque de Cerisy *Logos et Théorie des Catastrophes* où tous ces thèmes sont longuement abordés.
  13. Une des meilleures expositions du programme de recherche d'une Physique du Sens est due à Pierre Ouellet (Ouellet 1987).
  14. On notera l'analogie avec l'affirmation de Chomsky évoquée au § 1. (iii). Il semble qu'il y ait grosso modo deux classes de théories des changements de niveaux. Les théories transformationnelles qui font passer d'un niveau à un niveau de *même type* et les théories 'émergentielles' qui font passer d'un niveau à un niveau de *type différent*. Les secondes sont évidemment beaucoup plus exigeantes sur le plan mathématique.
  15. Pour des précisions sur le concept de réseau acentré, on pourra consulter Petitot 1977 ainsi que sa bibliographie. Pour des précisions sur les itérations d'endomorphismes et la complexité (fractale) des dynamiques associées on pourra consulter Petitot 1986b et 1988c ainsi que leurs bibliographies.
  16. Pour une définition des concepts catastrophistes orientée vers la sémio-linguistique, on pourra consulter en particulier les articles du second volume du *Dictionnaire raisonné de Sémiotique* (Petitot 1986c) ainsi que Petitot 1982a, 1983c, 1985a et 1988d.
  17. Nous donnerons ailleurs une interprétation phéno-physique précise du problème, soulevé par David Marr à propos de l'esquisse  $2\frac{1}{2}$  dimensionnelle, de la reconstruction des formes à partir de la famille de leurs contours apparents. Une telle interprétation exige beaucoup de théorie des singularités (et donc de géométrie et de topologie différentielles). Mais, dans la mesure où il faut également comprendre comment l'information morphologique contenue dans les ensembles critiques que sont les contours apparents peut être véhiculée par les ondes lumineuses, elle exige également beaucoup d'optique ondulatoire (théories des fronts d'ondes, des caustiques et des intégrales oscillantes).
  18. On peut faire une analogie avec la physique. Dans une interaction de particules on peut considérer les particules entrantes et les particules sortantes. Mais il faut également

élaborer la physique de l'interaction elle-même, même si celle-ci est — en tant que telle — inobservable.

19. A propos de cette complexité, on pourra consulter Petitot 1988d.

## Références

- Anderson, J. M. (1971). *The Grammar of Case, Towards a Localistic Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1975). La grammaire casuelle, suivi de Maximi Planudis in Memoriam. *Langages*, 18–64 et 81–103. Paris: Didier-Larousse.
- Andler, D. (1987). Progrès en situation d'incertitude. *Le Débat*, 47, 5–25.
- Blum, H. (1973). Biological Shape and Visual Science. *Journal of Theoretical Biology*, 38, 205–287.
- Brandt, P. A. (1986). *La Charpente modale du Sens*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Paris III.
- Descles, J. P. (1986). Représentations des connaissances: archétypes cognitifs, schémas conceptuels, schémas conceptuels, schémas grammaticaux. *Actes Sémiotiques*, VII, 69/70. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- (1988). *Langage naturel, compilation et cognition*. Documents du CAMS. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- Fodor, J., Pylyshyn, Z. (1988). Connectionism and Cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, 28, 1/2, 3–71.
- Granger, G. G. (1982). On the Notion of Formal Content. *Social Research*, 49, 2.
- (1988). *Pour la Connaissance philosophique*. Paris: Odile Jacob.
- Haiman, J. (ed.) (1935). *Iconicity in Syntax*. Amsterdam: J. Benamins.
- Hjelmslev, L. (1935). *La catégorie des cas*. München: Wilhelm Fink Verlag [1972].
- Jackendoff, R. (1983). *Semantics and Cognition*. Cambridge: MIT Press.
- (1987). *Consciousness and the Computational Mind*. Cambridge: MIT Press.
- Koenderink, J. J., van Doorn, A. J. (1986). Dynamic Shape. *Biological Cybernetics*, 53, 6, 383–396.
- LTC (1988). *Logos et Théorie des Catastrophes*, J. Petitot (ed.). Genève: Patino (à paraître).
- Mulligan, K., Simons, P., Smith, B. (1984). Truth-Makers. *Philosophy and Phenomenological Research*, XLIV, 3, 287–321.
- Mulligan, K. (ed.) (1986). *Speech Act and Sachverhalt. Reinach and the Foundations of Realist Phenomenology*. Le Haye: Nijhoff.
- Ouellet, P. (1982). *Le Sens de Forme du Sens: Essai sur l'Ordre du Logos*. Thèse, Université de Paris VII.
- (1987). Une Physique du Sens. *Critique*, 481/482, 577–597.
- Parret, H. (1988). Cognition, the localist Hypothesis, and back to Kant. *Worlds behind Words*, F. Steurs, J. F. Heyvaert (eds.), Festschrift F. G. Droste. Leuven (à paraître).
- PDP (1986). *Parallel Distributed Processing*, D. E. Rumelhart, J. L. McClelland (eds.). Cambridge: MIT Press.
- Petitot, J. (1977). Centrato/Acentrato. *Enciclopedia Einaudi*, II, 894–954. Torino: Einaudi.
- (1979). Hypothèse localiste et théorie des catastrophes. *TLTA (1979)*, 516–524.
- (1982a). *Pour un Schématisme de la Structure*. Thèse, 4 vol. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- (1982b). Sur la signification linguistique de la théorie des catastrophes. *Mathématiques et Sciences humaines*, 79, 37–74. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

- (1982c). A propos de la querelle du déterminisme. *Traverses*, 24, 134–151.
- (1982d). Structuralisme et Phénoménologie: la théorie des catastrophes et la part maudite de la Raison. *LTC (1988)*.
- (1983a). Paradigme catastrophique et Perception catégorielle. *Recherches Sémiotiques (RS/SI)*, 3 (3), 207–245.
- (1983b). La lacune du Contour. *Anàlise*, 1 (1), 101–140. Lisbonne.
- (1983c). Théorie des catastrophes et Structures sémiotiques narratives. *Actes Sémiotiques*, V, 47/48, 5–37.
- (1984). A propos de Logos et Théorie des catastrophes. *Babylone*, 2/3, 221–260.
- (1985a). *Morphogenèse du Sens I*. Paris: Presses Universitaires de France.
- (1985b). Sens et Savoir: Une question d'ontologie. *Protée*: Université de Chicoutimi, Québec. 13 (1), 47–55.
- (1986a). *Le 'morphological turn' de la Phénoménologie*. Documents du CAMS. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- (1986b). *Epistémologie des Phénomènes critiques*. Documents du CAMS. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- (1986c). Articles divers, *Sémiotique. Dictionnaire raisonné de la théorie du langage*, A. J. Greimas, J. Courtès (eds.), Vol. 2. Paris: Hachette.
- (1986d). Thèses pour une objectivité sémiotique. *Sémiologie et Sciences exactes*. Degrés, 42/43, g1–g23. Bruxelles.
- (1986e). Structure, *Encyclopedic Dictionary of Semiotics*, Th. Sebeok (ed.), 2, 991–1022. New York: Walter de Gruyter
- (1987). Sur le réalisme ontologique des universaux sémiolinguistiques, *Sémiotique en jeu*, M. Arrivé, J. C. Coquet (eds.), 43–63. Paris-Amsterdam: Hadès-Benjamins.
- (1988a). Phénoménologie et Sémiotique du Monde naturel (à paraître aux presses de l'Université de Lisbonne).
- (1988b). Eléments de dynamique modale. *Poetica et Analytica*. Université d'Aarhus (à paraître).
- (1988c). Nouveaux aspects de la Méthode de Newton, *L'A peu près*. Université d'Urbino (à paraître aux publications de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales).
- (1988d). Approche morphodynamique de la formule canonique du mythe. *L'Homme*, 106–107 (à paraître).
- Piattelli-Palmarini, M. (1988). *Evolution, Selection and Cognition: From 'Learning' to Parameter — Fixation in Biology and in the Study of Mind*. Cambridge: MIT Center for Cognitive Sciences.
- Poston, T., Stewart, I. (1978). *Catastrophe Theory and its Applications*. London: Pitman Publishing.
- Proust, J. (1987). L'intelligence artificielle comme philosophie. *Le Débat*, 47, 88–102.
- Psotka, J. (1978). Perceptual Process that May Create Stick Figures and Balance. *Journal of Experimental Psychology (Human Perception and Performance)*, 4 (1), 101–111.
- Pylyshyn, Z. (1986). *Computation and Cognition*. Cambridge: MIT Press.
- Smith, B. (ed.) (1982). *Parts and Moments. Studies in Logic and Formal Ontology*. Vienne: Philosophia Verlag, Analytica.
- Smolensky, P. (1986). Information Processing in Dynamical Systems: Foundations of Harmony Theory. *PDP (1986)*, I, 194–281.
- (1988). On the proper treatment of connectionism, *The Behavioral and Brain Sciences*, 11 (à paraître).
- Talmy, L. (1978). Relation of Grammar to Cognition. *Proceedings of TINLAP — 2 (Theoretical issues in natural language processing)*, D. Waltz (ed.). Urbana: University of Illinois.

- (1983). *How Language Structures Space. Spatial Orientation: Theory, Research and Application*, H. Pick, L. Acredolo (eds.). Plenum Press.
- (1985). *Force Dynamics in Language and Thought. Parasession on Causatives and Agentivity*. Chicago Linguistic Society (21st Regional Meeting).
- Thom, R. (1972). *Stabilité structurelle et Morphogenèse*. New York: Benjamin, Paris: Ediscience.
- (1980). *Modèles Mathématiques de la Morphogenèse*. Paris: Christian Bourgois.
- TLTA (1979). *Théories du Langage, Théories de L'Apprentissage*, Massimo Piattelli-Palmarini (ed.). Paris: Le Seuil.
- Wildgen, W. (1982). *Catastrophe Theoretical Semantics*. Amsterdam: Benjamins.
- Zeeman, C. (1977). *Catastrophe Theory*. Massachusetts: Addison-Wesley.

Jean Petitot (né en 1944 à Paris) est Directeur d'Etudes à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales à Paris. Ses principaux intérêts de recherche sont la Sémio-linguistique, les Modèles mathématiques, les Sciences cognitives ainsi que l'Epistémologie. Parmi ses récentes publications on peut distinguer les articles suivants parus dans l'Enciclopedia Einaudi 'Centrato/Acentrato', 'Infinitesimale', 'Locale/Globale', 'Sistemi di Riferimento', 'Unita della Matematica' (1977-1980), ainsi que 'Pour un Schématisme de la Structure' (Thèse de Doctorat d'Etat 1982), 'Morphogenèse du Sens' (1985), 'Les Catastrophes de la Parole. De Roman Jakobson à René Thom' (1985).

