

PHÉNOMÉNOLOGIE NATURALISÉE
ET
MORPHODYNAMIQUE :
LA FONCTION COGNITIVE DU SYNTHÉTIQUE A PRIORI*

Jean Petitot

CAMS, EHESS, 54 Bd Raspail, 75006 Paris.

CREA, 1 rue Descartes, 75005 Paris.

1993

INTRODUCTION

1. Le lien des sciences cognitives avec la philosophie n'est pas extrinsèque. La philosophie, en particulier en ce qui concerne les liens entre épistémologie et ontologie, n'y intervient pas, comme dans les autres sciences, à un niveau second, critique et/ou réflexif. Elle y intervient d'emblée de façon constitutive. Cela est dû au fait que les sciences cognitives possèdent pour objets scientifiques propres les objets mêmes de certaines traditions épistémologiques et ontologiques. Elles reprennent les problèmes posés par les représentations, les actes et les processus mentaux, leur existence, leur nature et leur intentionnalité, par la catégorisation, l'apprentissage, le jugement, le raisonnement, les inférences non démonstratives, l'architecture fonctionnelle de l'esprit, la structure des états de choses externes, etc. Mais elles les reprennent en les *naturalisant*. Les sciences cognitives sont des sciences naturelles de l'esprit, "sciences naturelles" signifiant ici l'objectivation des phénomènes, les protocoles d'expérimentation, la modélisation mathématique et la simulation informatique.

* Version courte à paraître dans *Intellectica*.

Le programme de recherche des sciences cognitives conduit par là même à une profonde remise en cause des conceptions dominantes de la philosophie et des sciences humaines. Rendant à nouveau solidaires sciences et philosophie, il récuse catégoriquement le partage entre les sciences explicatives de la nature (*Naturwissenschaften*) et les sciences interprétatives de l'esprit (*Geisteswissenschaften*). Son horizon est celui d'une *naturalisation du sens*, et donc celui d'une critique des conceptions dialectiques, généalogiques (au sens post-nietzschéen), herméneutiques (au sens post-diltheyen), psychanalytiques et déconstructionnistes du sens.

Il existe par conséquent deux façons très différentes de concevoir les liens entre sciences cognitives et philosophie. La première consiste à soumettre les sciences cognitives — en tant que sciences naturelles de l'esprit — à une auto-réflexion philosophique qui en dégagerait les limites méthodologiques, les hypostases scientistes, les dogmatismes solipsistes ou réalistes, etc. Tel est par exemple le cas des critiques portées par Hubert Dreyfus contre le cognitivisme formaliste au nom d'une phénoménologie post-husserlienne (un mixte de Merleau-Ponty et de Heidegger). La deuxième façon consiste au contraire à montrer comment des descriptions philosophiques rigoureuses (i.e. à vocation scientifique, comme les descriptions phénoménologiques) de phénomènes cognitifs cruciaux peuvent être actualisées dans le programme de recherche des sciences cognitives.

C'est cette seconde voie que nous adopterons ici résolument.

2. Ceci dit, il existe *deux* façons de naturaliser l'esprit et le sens. Dans une première perspective, on utilise les puissantes et multiples ressources de *l'objectivité logique* (objectivité qui s'est constituée au siècle dernier entre Bolzano et Frege et qui a été profondément appliquée au cours de ce siècle par Russell, Carnap et Wittgenstein jusqu'à l'informatique théorique et au cognitivisme symbolique contemporain). Le lien avec les sciences naturelles s'effectue alors à travers une théorie de *l'implémentation* de structures symboliques formelles (logico-combinatoires) dans des substrats physiques (qu'il s'agisse de hardwares informatiques ou de substrats neuronaux). Le problème est alors de comprendre comment de telles machines à la fois symboliques et physiques traitent de l'information (théories computationnelles).¹

Dans une seconde perspective, on refuse au contraire l'idée dualiste qu'il puisse exister deux types hétérogènes d'objectivité : l'objectivité physique causale et l'objectivité logique idéale. On cherche à développer un *monisme* naturaliste. Cette seconde perspective est elle-même double. Soit, comme c'est le cas dans les conceptions dites éliminativistes, on élabore un réductionnisme physicaliste strict déniaut toute réalité autre que neuronale (et donc toute réalité symbolique autonome) aux actes, au proces-

¹Cf. par exemple Pylyshyn [1986].

sus, aux représentations et aux contenus mentaux. Soit on se propose d'expliquer cette réalité comme une réalité *émergente*, comme une réalité d'échelle en quelque sorte "macroscopique" émergeant de processus naturels collectifs d'(auto)organisation et d'(auto)régulation s'effectuant à l'échelle neuronale "microscopique" sous-jacente.² Cette approche émergentielle est en particulier celle du connexionnisme et de la morphodynamique. Elle nous paraît être la plus naturelle (dans les deux sens du terme) dans la mesure où :

- (i) elle n'est pas dogmatiquement réductionniste, et où
- (ii) elle ne postule pas quelque harmonie préétablie qui, par une magie téléologique de l'évolution biologique, aurait permis au système nerveux d'implémenter des langages symboliques formels de haut niveau.

Elle n'est évidemment plausible que si une modélisation physico-mathématique sophistiquée des organisations, des structures et des fonctions émergentes lui permettent de réaliser son programme. À ce titre, elle est aussi la plus exigeante sur le plan scientifique. Pour s'en convaincre, il suffit de penser au fait que le plus simple des réseaux connexionnistes possédant un grand nombre d'unités correspond au plus complexe des systèmes de spins (verres de spins).³

3. S'il est une conception philosophique qui mérite d'être reprise par le programme de recherche des sciences cognitives, c'est bien *de la phénoménologie* qu'il s'agit. En effet, à condition qu'on ne la dévoie pas (comme l'ont fait tant de philosophes éminents depuis Heidegger), la phénoménologie husserlienne reste sans doute le plus haut lieu de réflexion à la fois philosophique et scientifique sur l'esprit et la conscience. Sa reprise cognitiviste conduit à la naturaliser. Quand on connaît l'opposition catégorique, toujours fortement affirmée par Husserl, entre la phénoménologie et le naturalisme scientifique cela ne va évidemment pas sans faire question...

C'est pourquoi nous nous proposons ici de clarifier sur un exemple précis la signification à la fois philosophique et scientifique d'*une phénoménologie cognitive naturalisée*. Notre cadre sera celui, émergentiel, de l'approche *morphodynamique*.

²Le concept d'émergence n'a ici rien de vague ni de confusément métaphysique. Il renvoie aux progrès techniques considérables accomplis ces vingt dernières années en thermodynamique de non équilibre, en physique statistique et en dynamique qualitative, dans la compréhension des processus d'organisation — et en particulier des phénomènes *critiques* — produisant des structures macrophysiques qui, tout en étant *causalement* réductibles aux processus microphysiques sous-jacents manifestent néanmoins des propriétés *invariantes autonomes* qui en sont essentiellement indépendantes. (Pour une introduction, cf. Petitot [1992b] et EMG [1992]).

³Cf. Mézard, Nadal [1990] et Mézard *et al.* [1987].

Notre exemple concernera *la perception visuelle*. En effet, contrairement à ce que croient la majorité des philosophes appartenant aux traditions logico-linguistiques de la philosophie analytique et/ou de la philosophie de l'esprit, ce ne sont pas les structures syntactico-sémantiques des expressions linguistiques qui fournissent l'exemple princeps d'intentionnalité mais bien celles de la perception.

L'exemple sera volontairement le plus élémentaire possible. Nous souhaitons en effet argumenter techniquement en faveur de la possibilité d'une phénoménologie naturalisée. Pour être probante, notre démonstration doit donc être relativement détaillée et cela n'est évidemment possible dans un article (serait-il assez long) qu'à propos d'un exemple élémentaire.

Certes, l'actualisation scientifique de génies philosophiques comme Husserl ne va pas sans difficultés, indépendamment de tout problème de contenu. En effet, elle implique de reformuler un certain nombre de descriptions, de thèses et de réflexions dans des lexiques théoriques différents. Apparemment, cela risque de les dé/re-contextualiser et de les disjoindre de la *systematicité* de la pensée de leur auteur. Mais en fait le risque est tout à fait mineur. Emprisonner un philosophe, tel un écrivain, dans la lettre de son œuvre est le meilleur moyen de le condamner au seul commentaire érudit, c'est-à-dire de le condamner à mort. Comme nous l'expliquons dans Petitot [1991c], en nous inspirant de Husserl lui-même, les philosophes authentiques ne sont pas des "poètes du concept" mais bien des *savants*. Pour leur rendre justice, il est par conséquent légitime de les traiter comme tels, et en particulier de les actualiser. L'histoire scientifique est toujours une histoire *récurrente* (en quelque sorte "rétropropagée").

C'est donc très librement que nous nous permettrons de traduire un certain nombre de formulations husserliennes dans des lexiques théoriques (cognitifs et mathématiques) contemporains. Nous sommes conscient du fait que cela "trahit" la lettre de Husserl. Mais c'est la condition *sine qua non* pour faire revivre son esprit.

4. • Dans une première section nous rappellerons les ressemblances et les dissemblances entre la phénoménologie et le cognitivisme contemporain.

• Dans une deuxième et une troisième sections nous rappellerons ensuite certains éléments de la phénoménologie de la perception et nous évaluerons les difficultés incontournables de l'idéalisme formaliste husserlien.

• Dans une quatrième et une cinquième sections nous montrerons alors, en analysant le Premier chapitre de la *Troisième Recherche Logique* de Husserl, pourquoi et comment la naturalisation de la phénoménologie de la perception passe par un schématisme morphodynamique.

• Dans une sixième section nous montrerons enfin comment peut se concevoir l'implémentation connexionniste d'un tel schématisme.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

- Cela nous permettra en conclusion de préciser le sens d'une phénoménologie cognitive naturalisée.

I. RESSEMBLANCES ET DISSEMBLANCES ENTRE LA PHÉNOMÉNOLOGIE ET LE COGNITIVISME

I.1. Ressemblances

Il existe des rapprochements évidents entre la phénoménologie husserlienne et le cognitivisme contemporain. Ils concernent essentiellement le représentationnalisme mentaliste, le computationnalisme, le fonctionnalisme et le solipsisme méthodologique.

Rappelons très brièvement la signification de ces “ismes” barbares.

(i) Le cognitivisme symbolique classique est représentationnaliste au sens où il postule l'existence de représentations mentales neurologiquement implémentées (il s'oppose sur ce point aux éliminativismes physicalistes à la Churchland). Qui plus est, il conçoit ces représentations comme étant de nature symbolique, c'est-à-dire comme des expressions d'un langage mental interne possédant la structure d'un langage formel (symboles, expressions, règles d'inférence). Selon lui, celles-ci possèdent donc des propriétés formelles (syntaxiques) et représentationnelles (sémantiques). Dans les théories “représentationnelles” puis “computationnelles” de l'esprit, les états mentaux mettent en relation l'activité cérébrale avec des tokens de représentations mentales (qui sont elles-mêmes sémantiquement en relation avec des états de choses externes); les processus mentaux sont quant à eux des relations causales (computationnelles) entre tokens de représentations mentales, relations qui sont déterminées par les relations *syntaxiques* entre les *types* de ces tokens.

(ii) Il est computationnaliste dans la mesure où il postule que ces représentations traitent de l'information en activant et contrôlant (via leur implémentation) des processus physiques qui sont sensibles à leur structure syntaxique (dépendance relative aux structures en constituants), et qui ne sont sensibles *qu'à* leur structure syntaxique et non pas à leurs contenus sémantiques (condition de formalité). Les opérations computationnelles ne portant que sur la syntaxe, c.a.d. sur la structure intrinsèque des représentations, elles ne dépendent pas du monde externe.

(iii) Il est fonctionnaliste au sens où il postule que, comme en informatique, on peut découpler le niveau matériel bio-physique (hardware) et le niveau logiciel logico-symbolique (software) et que donc, en ce qui concerne leur fonction, les représentations mentales sont indépendantes de leur implémentation. Introduit par Hilary Putnam et Jerry Fodor (et récemment réfuté par Hilary Putnam lui-même), le fonctionnalisme permet

de “résoudre” élégamment le problème central des liens entre d’un côté les états, actes et processus mentaux et d’un autre côté les états, actes et processus neuronaux où ils s’implémentent. Mais, pour ce faire, il doit postuler que le mental est essentiellement de nature syntaxique.

(iv) Enfin, il admet les thèses du solipsisme méthodologique selon lequel l’identification fonctionnelle des contenus mentaux est méthodologiquement indépendante non seulement de leur implémentation mais aussi de tout rapport causal avec l’environnement externe. Dans la mesure où seules les propriétés syntaxiques des représentations mentales sont computationnellement significatives, les opérations mentales sont *opaques*, fermées à la sémantique de leurs symboles. Le contenu cognitif (syntaxique) des représentations mentales est un contenu “étroit”, différent du contenu sémantique “large” qui est, lui, causalement relié aux états de choses externes.⁴ La dite théorie causale de la référence (selon laquelle toute référence “organisme → environnement” peut-être ramenée à des relations inverses de relations causales “environnement → organisme”) ne concerne donc que les contenus larges. Elle n’est pas à strictement parler cognitive.

On peut considérer que Husserl est, au début de ce siècle, le véritable initiateur de ces points de vue. Avec sa conception *eidétique* et sa théorie de la *corrélation* entre d’un côté les actes et les processus mentaux — noèses — et d’un autre côté les structures idéales de sens — noèmes — (structures éventuellement formellement descriptibles dans des langages logiques appropriés), il a été le premier à élaborer un authentique *fonctionnalisme* évitant le double piège d’un réductionnisme psychologique et d’un ontologisme logique. Dans “l’antipsychologisme” de Husserl ainsi que dans ses thèses constamment répétées sur le statut des *idéautés* — plus précisément des *essences* idéales et des noèmes — en tant que structures formelles (logiques, syntaxiques, sémantiques) temporelles et identiques à elles-mêmes, *indépendantes* des vécus psychiques (des actes mentaux) quant à eux fluents et temporels où elles se réalisent, on trouve une étonnante anticipation des principaux caractères du fonctionnalisme contemporain. On trouve en particulier dans la thèse que, dans leur identité, ces idéautés constituent des composantes *non réelles* (i.e. non réductibles à des données sensorielles “hylétiques”) des actes mentaux, une profonde anticipation de la différence entre “token identity” et “type identity” des contenus mentaux. Comme les fonctionnalistes contemporains, Husserl rejette un physicalisme *des types* : les contenus mentaux ne peuvent pas être fonctionnellement identifiés par les processus neuronaux sous-jacents. Il y a selon lui *neutralité ontologique* des processus cognitifs relativement à la nature physico-biologique des processus neuronaux sous-jacents.⁵

4 Sur ces points délicats, cf. Proust [1990] et Pacherie [1992].

D'autre part, la fameuse *réduction transcendantale* (l'*epoché*, la “mise entre parenthèses” ou la “mise hors circuit” de la thèse de l'existence du monde) fournit l'exemple sans doute le plus élaboré et jusqu'ici le plus abouti de solipsisme méthodologique.

I.2. Dissemblances

Mais il existe néanmoins des différences fondamentales entre Husserl et le cognitivisme symbolique.

D'abord, malgré l'importance cruciale qu'il accordait à la logique, Husserl n'a jamais préjugé *du genre formel des idéalités* corrélatives des actes mentaux. La réduction eidétique permettant de dégager — par la méthode de variation eidétique — les invariants eidétiques constitutifs des essences idéales ne conduit pas nécessairement à des expressions symboliques et à des représentations *propositionnelles*. Profondément inspiré par la Gestaltheorie (dont l'un des fondateurs fut son second maître Carl Stumpf ⁶), Husserl a compris très tôt que toute compositionnalité et toute constituance ne sont pas forcément prédicativement formatées.

Il s'agit là d'un point essentiel et délicat. On a souvent souligné (H. Dreyfus, R. McIntyre, D. Føllesdal, etc.) la ressemblance qui existe entre le concept husserlien de noème et le concept cognitiviste de représentation mentale, ainsi que l'insistance de Husserl sur la structure *prédicative* du noème et sur sa structuration comme *hiérarchie de règles* (pour des synthèses noétiques). Non seulement Husserl serait représentationnaliste, mais il le serait “à la Fodor”, c.a.d. de façon symbolique (syntaxique et formaliste), les règles noématiques étant des précurseurs de programmes d'IA. Une telle interprétation n'est toutefois pas satisfaisante pour plusieurs raisons.

(i) D'abord, le point de vue symbolique et fonctionnaliste conduit à faire des systèmes cognitifs des systèmes syntaxiques *non* intentionnels “mimant” des systèmes sémantiques intentionnels (théorie de l'isomorphisme). Il y aurait la possibilité d'une *explication* fonctionnelle syntaxique de ce qui est *décrit* comme sémantique, la sémantique n'étant pas à proprement parler cognitive et mentale et étant renvoyée à une théorie causale de la référence. Par exemple, selon Dreyfus,

“Fodor et Dretske admettent tous deux que nous devons *décrire* l'esprit de façon *sémantique*, mais tous deux soutiennent que nous devons *l'expliquer de manière syntaxique*”.⁷

⁵Insistons sur le fait que nous ne nous intéressons pas ici à l'exégèse du texte husserlien mais bien plutôt à son actualisation. Cela suppose évidemment une forte part de réinterprétation.

⁶Rappelons que Husserl fut d'abord un vrai mathématicien, disciple et assistant de Weierstrass.

⁷Dreyfus [1991], p. 76.

Or, on ne trouve pas chez Husserl l'idée d'une telle problématique du “comme si” : la conscience serait une machine physique-symbolique qui se comporterait “comme si” elle était intentionnelle.⁸

(ii) Comme y a insisté Ronald McIntyre, Husserl a longuement et profondément médité sur le statut des symboles logiques et du symbolique, en particulier en mathématiques.⁹ Or, il a toujours expressément et catégoriquement rejeté l'idée que les structures et les règles noématiques pouvaient être symboliques. Ces structures et ces règles sont pour lui *sémantiques*. Le caractère intentionnel des représentations mentales est *intrinsèque* et constitutif. Il n'est pas épiphénoménal. Il n'est pas un artefact descriptif. On dirait aujourd'hui que le solipsisme et le fonctionnalisme husserliens sont *conceptuels* (au sens de la structure conceptuelle).

(iii) Enfin, comme nous le verrons, l'eidétique formelle se réalise toujours chez Husserl à travers des eidétiques *matérielles* non formelles, sources de règles “synthétiques a priori”. Ce n'est qu'au niveau de la *mathématisation* de ces eidétiques que Husserl adopte des thèses *formalistes* (hilbertiennes) et subordonne les eidétiques matérielles à une Analytique formelle. Mais en aucun cas, il n'admet la nature formelle *mentale* des noèmes.

(iv) D'ailleurs, même s'il se confine à la formalisation des structures noématiques, le formalisme husserlien ne va pas sans faire question. Il est la conséquence de la thèse princeps que le synthétique a priori n'est pas formalisable en tant que tel. Nous expliciterons plus bas ce point central (§ IV.3).

Une autre différence fondamentale entre Husserl et le cognitivisme contemporain concerne la nature de l'intentionnalité conçue comme directionnalité de la conscience, comme orientation et visée de la conscience vers des objets. L'une des plus grandes réussites de Husserl est de s'être donné les moyens — avec l'approfondissement de la corrélation noèse/noème — *de développer une théorie de l'intentionnalité dans le cadre solipsiste même de la réduction transcendantale*. L'idée directrice de la phénoménologie — à savoir celle de la fondation des transcendances objectales dans l'immanence des vécus et des actes —, la célèbre thèse que les objets intentionnels sont inclus

⁸On connaît l'importance de cette problématique du “comme si”, du *als ob*, dans la conception kantienne de l'organisation biologique. Le concept d'organisation biologique (finalité interne) n'est pas un concept objectif. Il n'appartient pas à l'*explication* objective des phénomènes, celle-ci étant nécessairement mécaniste; mais il est nécessaire à la description, à la compréhension et à l'anticipation des organismes biologiques et de leurs comportements (cf. Petitot [1985a]). Tout se passe donc “comme si” la finalité interne était objective. Le point de vue de philosophes comme Fodor, Dretske, et encore plus explicitement Daniel Dennett, sur l'intentionnalité retrouve exactement une problématique du même ordre.

⁹Cf. McIntyre [1986]. Dans Petitot [1991b] nous analysons avec un certain détail la conception symbolique des nombres et de l'arithmétique formelle chez Husserl.

à titre de composantes non réelles dans les actes dont ils sont les corrélats, cette idée et cette thèse expriment que *la directionnalité de la conscience se constitue sur la base des contenus mentaux étroits (cognitifs)*. En ce sens, l'intentionnalité ne relève pas chez Husserl d'une sémantique dénotationnelle. Intra-mentale et révélée par la réduction transcendantale, elle est indépendante de toute théorie causale de la référence. Sur ce point, Husserl non seulement anticipe sur le cognitivisme contemporain mais le dépasse dans la mesure où il apporte une réponse au problème le plus difficile, celui *d'une théorie internaliste endogène de l'intentionnalité*. Comme nous allons le voir, la thèse si importante de Husserl — mais considérée jusqu'ici comme irrémédiablement obscure par la plupart des commentateurs — que, dans une perspective noématique, *l'immédiateté* de la perception est elle-même un caractère noématique, autrement dit que la perception — dans son évidente intentionnalité — se constitue elle-même à partir d'une *aperception*, cette thèse ne fait que formuler le caractère *opaque* de l'intentionnalité, à savoir le fait que, bien qu'apparemment transparente et relevant apparemment des contenus sémantiques larges visant des transcendances objectales externes, l'intentionnalité perceptive se constitue en fait sur la base des contenus syntaxiques étroits.

Pour préciser ces points délicats nous allons prendre, comme nous l'avons annoncé, l'exemple de la perception visuelle. Nous allons en traiter avec un certain détail l'un des cas les plus simples de façon à montrer explicitement comment les descriptions phénoménologiques peuvent s'articuler sur des études cognitivistes techniques qui les naturalisent. Seuls de tels exemples précis peuvent rendre *décidable* le sens d'une actualisation cognitiviste de la phénoménologie, actualisation la faisant passer du statut de philosophie rigoureuse à celui de science rigoureuse.

II. RAPPELS ÉLÉMENTAIRES SUR L'EIDÉTIQUE PHÉNOMÉNOLOGIQUE ¹⁰

II.1. Essences, noèmes et ontologies régionales

Un concept central de la phénoménologie husserlienne est celui d'*ontologie régionale*. Il explicite l'idée (reprise de Kant) que les phénomènes ne portent pas en eux-mêmes leur type d'objectivité. Ce type est d'ordre *normatif*. C'est une "essence" au sens que Husserl donne à ce terme, c'est-à-dire un ensemble de règles eidétiques qui sont constitutives de ce type d'objet. La vérité empirique en sciences présuppose toujours *la conformité préalable* des données empiriques à un tel ordre normatif. Comme l'explique fort bien Husserl dans les *Ideen II*, toute induction empirique présuppose que le type

¹⁰Pour des précisions, cf. Petitot [1982], [1985a], [1986], [1992b].

d'expérience considéré soit déjà déterminé dans son essence par un ensemble de règles eidético-constitutives :

“c'est seulement en partant de l'essence du type d'expérience, et non inductivement et empiriquement, que peut être gagnée la connaissance de la *régulation constitutive* pour des unités de réalité de ce type”.¹¹

Le type d'objectivité caractéristique d'une ontologie régionale est un *noème*, c'est-à-dire, nous l'avons vu, le corrélat intentionnel (au sens de la corrélation noèse/noème) de “synthèses noétiques”, autrement dit d'actes et de processus mentaux synthétisant et représentant des données empiriques, par exemple des données sensorielles élémentaires (ce que l'on appelle en phénoménologie des “data hylétiques”). Ce noème est l'essence d'un objet intentionnel. Il prescrit a priori — et donc détermine *préalablement* — ce qui appartient *typiquement* et en général, *génériquement*, à l'objectivité des phénomènes de la région considérée. Il *anticipe* donc “ontologiquement” sur le contenu empirique des sciences expérimentales qui en dépendent. Comme l'affirme Husserl,

“il prescrit d'avance à toute recherche théorique une règle absolument contraignante”.

Le “sens originaire”, l'essence, du type d'objectivité dégagée par “l'intuition eidétique”

“est la norme qui doit être présupposée, à laquelle toute connaissance théorique possible est rationnellement liée”.¹²

II.2. Anticipation et schématisation

Il faut insister sur l'extraordinaire importance que revêt chez Husserl cette problématique de *l'anticipation*. Dans une certaine mesure, la possibilité d'anticipations cohérentes sur les données empiriques est la signature même de l'objectivité. Chez Husserl, elle s'étend beaucoup plus loin que la seule prédictibilité scientifique et trouve sa forme la plus fondamentale dans les anticipations *perceptives* (cf. plus bas §§ III.1 et IV la perception par esquisses).

Hubert Dreyfus y insiste également. Les noèmes constituent des règles universelles d'anticipation *de possibilités prédéterminées par essence*. Par exemple, dans la donation et la présentation perceptives d'un objet conforme au type des objets percep-

¹¹Husserl [1982], p. 182. Comme nous l'expliquons ailleurs (Petitot [1987], [1991c], [1992b]), la différence phénomène/objet donne son vrai sens à la fameuse “différence ontologique” étant/être.

¹²Husserl [1982], p. 138.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

tifs, les données sensorielles (les data hylétiques) sont mentalement représentées comme esquisses dans le contexte d'un *horizon* de donation et de représentations virtuelles (implicites) *co-données* (les autres esquisses du même objet). Autrement dit, les composantes sensorielles actuelles de la perception ne permettent pas de déterminer actuellement de façon *complète* l'objet perçu. Il appartient au noème de la perception de prescrire, à titre d'anticipations, les opérations qui permettront d'accéder à une détermination complète. C'est essentiellement pour cette raison que, comme l'explique McIntyre, les règles noématiques sont *sémantiques*. Elles prescrivent la façon dont un objet peut être

“élevé au rang de détermination complète, quant à son *sens* et son *mode de donnée*”.¹³

En ce sens, la noématique husserlienne reprend et généralise la problématique kantienne *du schématisme des concepts empiriques*. Les noèmes sont des schèmes qui sont des règles de détermination progressive permettant de passer de types génériques à des instances (tokens) complètement déterminées. Le parallèle qu'établit Dreyfus avec des “frames” au sens de l'IA est particulièrement éclairant.¹⁴

C'est la fonction d'anticipation qui commande l'intentionnalité et produit un *effet* de référence, de directionnalité, de renvoi systématique à une extériorité. L'intentionnalité est donc bien chez Husserl un caractère *intrinsèque* des représentations mentales. C'est grâce à l'anticipation que *le rapport* à l'objet (mais non pas l'objet évidemment) peut être révélé par l'épochê et faire partie intrinsèque du mental conçu au sens solipiste du terme.

C'est l'anticipation qui fonde les transcendances objectives dans l'immanence des actes y donnant accès. Elle fournit la réponse *transcendantale* au problème, sans elle insoluble, du *platonisme* des idéalités. Le mouvement est le suivant :

- (i) l'être transcendant (au sens naïf, i.e. extérieur à et indépendant de la conscience) se *donne* : problématique de la donation et de la présentation des phénomènes (ce que l'on appelle philosophiquement depuis Kant la question de la *Darstellung*) ;
- (ii) le donné est noématiquement structuré par des “structures de données” — des “synthèses noétiques” — qui le déterminent ;
- (iii) mais ce “traitement” est par essence incomplet ; il prédétermine des anticipations cohérentes concernant la structuration de données ultérieures actuellement virtuelles ;

¹³Husserl [1913/1950], § 142.

¹⁴Dreyfus [1991], p. 21. “Il y a convergence entre la tâche de l'IA et celle de la phénoménologie transcendantale. Toutes deux doivent essayer d'expliquer les prototypes dans divers domaines qui déterminent les affectations implicites possibles.”

(iv) L'incomplétude et l'anticipation sont la manifestation de la transcendance objective de l'objet dans l'immanence même des actes ; l'intentionnalité est donc un caractère *noématique* intrinsèque des représentations mentales.

II.3. La phénoménologie transcendantale comme épistémologie orientée objet

Une façon d'actualiser le concept d'ontologie régionale propre à la phénoménologie transcendantale est de dire que celle-ci élabore une épistémologie qui est en quelque sorte "orientée objet". De même qu'en programmation orientée objet (OOP) on pré-définit modulairement des objets génériques, i.e. des types, des classes et des méthodes qui sont informationnellement encapsulés et prescrivent des réponses spécifiques à des messages externes, de même une ontologie régionale pré-définit des types d'objets et des règles "eidético-constitutives" qui prescrivent des réponses spécifiques aux procédures générales — aux catégories et aux principes — de l'expérience scientifique.

De façon générale, chez Kant, les néo-kantiens et Husserl, l'épistémologie transcendantale est une épistémologie orientée objet qui a compris qu'il fallait soigneusement distinguer trois aspects de la connaissance :

- (i) ce qui est pré-défini dans le concept régional d'objet d'un type d'objectivité donné;
- (ii) ce qui relève d'une Analytique générale de l'objet quelconque (dont le type, l'"essence", est non spécifiée) ;
- (iii) ce qui relève de l'articulation entre ces deux composantes.

Dans le lexique transcendantal traditionnel :

- (i) relève du *synthétique a priori* exprimant les contraintes imposées a priori par un type d'objet régional (Esthétique transcendantale) ;¹⁵
- (ii) relève d'une *Analytique transcendantale* formulant sur une base logique les catégories générales de toute objectivité ;
- (iii) relève du *schématisme transcendantal* qui permet d'interpréter l'Analytique transcendantale à partir des règles synthétiques a priori dérivées de l'Esthétique transcendantale.

Chez Husserl, l'Analytique transcendantale de l'objet en général s'explicite sous la forme d'une *ontologie formelle*. Celle-ci explicite des catégories logiques formelles et

¹⁵Par exemple, dans le cas des objets spatio-temporels que sont les mouvements de la mécanique newtonienne, le synthétique a priori s'explicite à travers les contraintes a priori imposées par l'Esthétique transcendantale kantienne : métrique de l'espace et groupe de relativité de la cinématique galiléenne, nécessité de décrire les mouvements au moyen d'entités différentielles (vitesses, accélérations, etc.) variant de façon covariante, etc.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

des formes catégoriales comme objet, qualité, relation, connexion, pluralité, nombre, ordre, tout, partie, grandeur, etc. Quant au synthétique a priori il est explicitement repris à travers le concept d'ontologie régionale. Ces ontologies sont “matérielles” et non pas formelles. Elles portent sur des essences “concrètes” (comme les objets de perception ou le mouvement mécanique). Comme nous l'avons vu, dans une ontologie régionale l'expérience est spécifiée par avance, en quelque sorte “juridiquement” qualifiée, par une essence noématique. Gouvernée par des règles, c'est-à-dire *des programmes et des algorithmes*, la conscience structure les objets comme exemplifications (token, occurrences) de types prédéterminés. Husserl l'explique dans les *Ideen I*,

“la région n'est pas autre chose que l'unité générique (...) qui appartient à un concret”, “toute essence régionale détermine des vérités eidétiques de caractère “synthétique”, c'est-à-dire des vérités qui ont leur fondement en elle, en tant qu'elle est telle essence générique, et qui ne sont pas simplement des formes particulières de vérités empruntées à l'ontologie formelle.”

Les vérités synthétiques fondées dans une essence régionale

“forment le contenu de l'ontologie régionale” et “délimitent — et pour nous définissent — l'ensemble des catégories régionales.”

Ces catégories expriment en fonction des axiomes régionaux et en termes de généralité eidétique

“ce qui doit survenir *a priori* et “synthétiquement” à un objet individuel de la région.”¹⁶

Si l'on approfondit le parallèle entre épistémologie transcendantale et épistémologie orientée objet, on voit que le “synthétique a priori” qui a tellement épouvanté le logicisme et la philosophie analytique correspond essentiellement à *une thèse de modularité et d'encapsulation des objets*. Ce n'est pas une propriété inhérente de certains énoncés mais une stratégie de constitution d'objectivité, la constitution étant l'analogie pour l'épistémologie de ce qu'est le traitement d'informations pour la programmation. Il est aussi vain de se demander si un jugement est en soi analytique ou synthétique a priori que de se demander si une procédure est en soi une méthode encapsulée ou un message général.

Dans le cas des phénomènes sensibles, la modularité synthétique a priori consiste à *découpler* :

(i) ce qui relève de la mise au format spatio-temporel des data de sensation (data hylétiques), i.e. de leur “synthèse” géométrique (ce que Kant appelait “intuition pure” et Husserl “synthèse passive”), et

¹⁶Husserl [1950], pp. 55-56.

(ii) ce qui relève des opérations catégoriales générales (i.e. appartenant à l'ontologie formelle) applicables à ces objets déjà "intuitivement" constitués.

Cela correspond au découplage constitutif de l'OOP entre :

- (i) les objets comme liage de structures de données avec des routines sachant manipuler ces structures, et
- (ii) les messages et les méthodes universelles applicables à tout type d'objet prédéfini.

Nous reviendrons dans une autre étude sur cette interprétation de la problématique transcendantale en termes d'épistémologie orientée objet. Nous nous bornerons ici au tableau récapitulatif suivant.

Épistémologie transcendantale	Programmation orientée objet
Domaine : Constitution d'objectivités scientifiques.	Domaine : Programmation.
But : Connaissances scientifiques objectives effectives.	But : Gestion effective de connaissances.
Catégories générales de l'ontologie formelle ... applicables à tout type d'objet. Analytique transcendantale et ontologie formelle.	Messages externes applicables à <i>tout</i> type d'objet. Méthodes universelles.
Ontologies régionales (Essences). Objets typiques et règles eidético-constitutives. (Esthétique transcendantale, règles synthétiques a priori, vérités eidétiques régionales).	Classes. Types d'objets caractérisés par des attributs et des méthodes (opérations spécifiques).
Anticipation et spécification de ce qui doit survenir synthétiquement a priori à un objet individuel quelconque de la région.	Anticipation et spécification des caractéristiques et des comportements d'un objet individuel quelconque de la classe.
Objet d'une région (token) = instance de l'essence générique régionale (type).	Objet particulier (token) = instance d'une classe (type).
Liens de généralisation/spécialisation entre ontologies régionales.	Relations d'héritage Surclasses → Classes → Sous-classes.
Découplage de l'Esthétique transcendantale et du synthétique a priori relativement à l'Analytique transcendantale.	Encapsulation (information hiding) des data et des programmes (des attributs et des méthodes) constitutifs d'une classe.

Application des catégories de l'ontologie formelle aux ontologies régionales.	Communication avec l'objet au moyen de messages.
Schématisme transcendantal. Interprétation des catégories conformément aux caractéristiques d'une Esthétique transcendantale. ¹⁷	Polymorphisme. Spécificité des réponses de chaque type d'objet aux messages par sélection des méthodes appropriées pour répondre à un message.

On notera que l'épistémologie logiciste-analytique qui aura dogmatiquement dominé ce siècle depuis les travaux du Cercle de Vienne aura essentiellement consisté à déconstruire l'architecture "orientée objet" de l'épistémologie transcendantale pour l'aplatir sur une épistémologie purement "procédurale" exprimée dans un langage formel de bas niveau (logique du premier ordre). Cela était sans doute nécessaire pour qu'une pensée technologique du formel puisse se constituer. Mais maintenant que celle-ci a redécouvert d'elle-même, à travers l'informatique théorique et l'IA, l'importance cruciale d'une "orientation objet", il devient urgent de redéployer une conception transcendantaliste de l'objectivité, et cela d'ailleurs non seulement pour les sciences comme la physique mais aussi *pour les mathématiques pures*. En effet, le point de vue axiomatique-structural (à la Hilbert-Bourbaki) en mathématiques correspond lui aussi typiquement à un point de vue "orienté objet".

III. RAPPELS SUR LA PHÉNOMÉNOLOGIE DE LA PERCEPTION VISUELLE : SCHÈMES SENSIBLES ET PERCEPTION PAR ESQUISSES

III.1. Eidétique des schèmes sensibles

La perception constitue une ontologie régionale, et même l'ontologie régionale de base sur laquelle s'édifie la plupart des autres. Dans les *Ideen I et II*, Husserl décrit les objets sensibles comme des "archi-objets" (sur lesquels s'édifient d'autres synthèses noétiques que celles de la perception) donnés "en personne" (i.e. corporellement) et *pré-judicativement* dans une synthèse noétique *esthésique*. L'apparaître ainsi défini est non pas celui de "choses" matérielles concrètes mais celui de *schèmes sensibles*.

Il existe trois caractères phénoménologiques essentiels des schèmes sensibles. Ils sont accessibles par les méthodes de réduction eidétique, de variation eidétique et de réduction transcendantale conduisant à "l'intuition eidétique" d'une expérience de per-

¹⁷Par exemple, la catégorie de cause s'interprète sous la forme de conditions initiales en mécanique classique et sous la forme d'instabilité structurelle en théorie des phénomènes critiques.

ception générique, i.e. à une essence régionale exprimée en termes de généralité eidétique.

(1) *Le rapport de fondation des qualités sensibles dans l'extension spatio-temporelle.* L'extension d'un schème sensible constitue son “attribut eidétique caractéristique”.¹⁸ Elle n'est pas elle-même une propriété réelle mais “une forme eidétique de toutes les propriétés réales” (ce que Kant appelait les formes de l'intuition sensible, ces formes étant à la fois les formes de la manifestation phénoménale et les formes de l'extériorité i.e. de l'intentionnalité perceptive). L'extension spatio-temporelle constitue ce que Husserl appelle *le corps spatial* du schème sensible, corps idéal (géométrie) dont le remplissement par les qualités sensibles est une donnée originaire de toute expérience perceptive. Comme l'affirme Husserl en reprenant le langage métaphysique traditionnel :

“la chose ne connaît pas d'autres déterminations extensives que la pure corporéité [spatiale] (qualité première) et les qualités sensibles qui la modifient, c'est-à-dire les qualités secondes qui la qualifient”.¹⁹

(2) *La mise en relief de la forme (Gestalt) ainsi qualifiée.* Elle est nécessaire à la saisie de la forme. Elle s'opère à travers des *discontinuités qualitatives*.

(3) *La perception par esquisses.* Un schème sensible est lui-même une *unité* de manifestation. Ce n'est pas une perception particulière. Il est l'unité d'une multiplicité d'apparences, de contours, de “faces”, d’“aspects”, de “profils” que Husserl appelle des *esquisses* (Abschattungen). La manifestation par esquisses est un mode de manifestation *originaire*, caractéristique de la perception et “principiellement autre que la manifestation de propriétés réales [chosiques, matérielles]”.²⁰

Ces trois caractères eidétiques des schèmes sensibles permettent de préciser ce que nous avons vu de façon plus générale dans les sections précédentes.

1. Les schèmes sensibles sont des corrélats noématiques d'actes mentaux et donc des objets intentionnels. À ce titre, ce sont des structures *idéelles*. Mais, chez Husserl, leur idéalité est *double*.

(i) Il y a d'abord leur idéalité que nous appellerons *morphologique* : celle des formes, de leur contours et des qualités sensibles (couleurs, textures, etc.) qui les remplissent. Elle est de nature topologique-géométrique, schématique et iconique.

(ii) Mais il y a aussi leur idéalité comme structures de *sens*. Elle est de nature prédictive-logique, symbolique et formelle.

¹⁸Husserl [1982], p. 189.

¹⁹Ibid., p. 60.

²⁰Ibid, p. 189.

Comme nous le verrons, l'un des problèmes centraux de la phénoménologie, problème exceptionnellement difficile, et d'ailleurs laissé irrésolu par Husserl, est celui du rapport entre ces deux types d'idéalité.

2. Dans la mesure où la corrélation noèse/noème reliant les actes mentaux et les vécus aux objets intentionnels possède la nature d'un fonctionnalisme, il faut élaborer *un fonctionnalisme morphologique* si l'on veut pouvoir tenir compte de l'idéalité morphologique des schèmes sensibles. Une telle tâche se trouve au cœur du programme de recherche de la Morphodynamique cognitive.²¹

3. Il existe par ailleurs un parallèle assez frappant entre le point de vue husserlien et la théorie de la vision computationnelle telle que la concevait David Marr.²² Dans la conception noématique de l'intentionnalité, les actes constituants (les synthèses noétiques objectivantes) sont eux-mêmes contraints par la légalité eidétique exprimée par le noème. Dans le lexique de Marr cela revient à dire que les algorithmes de la vision computationnelle sont contraints et finalisés par le type d'objectivité propre à la perception, c'est-à-dire précisément par ce que Marr appelle la théorie computationnelle du domaine considéré.

4. On voit clairement dans le cas de la perception sensible la différence qui existe entre d'un côté les vécus de perception et la "matière" sensorielle de leurs contenus réels et d'un autre côté l'objet intentionnel dont l'apparaître objectif s'esquisse dans ces apparences subjectives. On voit d'autre part que l'objet intentionnel se trouve défini, comme objet invariant support d'identité, de deux façons différentes correspondant respectivement à sa double idéalité morphologique et sémiotique.

(i) Comme schème sensible proprement dit, l'objet intentionnel est une structure morphologique tridimensionnelle, une Gestalt objective qui se trouve "processée" par les algorithmes perceptifs (les synthèses noétiques).

(ii) Comme essence, comme sens noématique déterminant un mode d'apparaître, l'objet intentionnel est aussi le pur principe d'identité qui permet aux différentes esquisses se déformant continûment dans un flux continu de perceptions de fusionner et de s'unifier dans un objet invariant. Comme Husserl l'explique dans ses leçons de 1907 *Chose et Espace* :

"les perceptions que nous nommons perceptions du même objet se signalent comme telles dans l'unité de la conscience d'identité qu'elles fondent par leur essence (...). C'est en vertu de leur essence qu'elles s'adaptent l'une à l'autre dans l'unité d'une conscience d'identité, la possibilité d'une telle unification se fonde a priori dans leur essence".²³

21Cf. Andler-Petitot-Visetti [1991].

22Pour une introduction à la théorie de David Marr, cf. Petitot [1989d], [1990b].

23Husserl [1907], p. 28.

5. L'exemple de la perception éclairée aussi le sens de *l'anticipation* comme fondement de *l'intentionnalité*. Corrélée au principe d'identité noématique, la donnée d'une esquisse d'un schème sensible permet d'anticiper de façon cohérente les autres esquisses. Un *horizon* de potentialités, d'attentes, d'expectatives (les esquisses virtuelles, en puissance, non actuellement données) se trouve donc *co-donné* avec les contenus actuels de la perception.

III.2. Les difficultés de la conception husserlienne du noème

Comme nous venons de le voir au § 1.1., c'est le rapport entre les deux types respectivement morphologique et sémiotique de l'idéalité du noème qui constitue la difficulté centrale de la conception noématique husserlienne. Les autres aspects en sont, pour l'essentiel, clarifiés et justifiés par les sciences cognitives contemporaines dans la mesure où ils en constituent une anticipation prophétique.

C'est d'ailleurs sur cette difficulté maîtresse que se concentrent les principales divergences entre les interprètes de la phénoménologie.

Ceux qui, comme Dagfinn Føllesdal ou Hubert Dreyfus veulent penser les sens noématiques comme des *significations*, vont les identifier à des *structures conceptuelles*. Ils vont affirmer que les règles noématiques relèvent d'une *syntaxe symbolique* et que le format des noèmes comme "data structures" (essences génériques) est donc de nature essentiellement *prédicative*.²⁴ C'est en ce sens que Dreyfus peut affirmer que la noématique husserlienne est le précurseur du cognitivisme symbolique et computationnel à la Fodor.

Notons qu'une telle interprétation comprend une thèse implicite concernant la nature *a priori symbolique* des règles. Parler de règles impliquerait nécessairement que l'on parlât de connaissances conscientes traitées au moyen d'une application de règles *explicites* exprimées dans un langage formalisé (un langage de programmation de haut niveau par exemple). Tout ce qui concerne les arrière-plans de pratiques, les connaissances intuitives et les savoir-faire d'experts n'appartiendrait donc pas à la sphère intentionnelle de la conscience (c'est la raison principale pour laquelle Dreyfus donne raison à Heidegger contre Husserl). Mais il s'agit là selon nous d'une mésinterprétation de la phénoménologie.

De nombreux autres phénoménologues ont relié au contraire la noématique husserlienne à la Gestaltthéorie. Dans *Physique du Sens*²⁵ nous avons analysé l'exemple d'Aron Gurwitsch et de Johannes Daubert. Pour Gurwitsch, le noème perceptif doit gar-

24Pour des précisions sur ce point, cf. Petitot [1986], [1992b] ainsi que l'excellent Pachoud [1990].

25Cf. aussi Petitot [1986].

der le statut d'un percept (et non pas d'un concept). Il ne s'identifie pas au système prescriptif de règles formelles à travers lequel l'objet est saisi, mais à la Gestalt à travers laquelle il se donne intuitivement. Son idéalité morphologique est première par rapport à son idéalité sémiotique. A partir du moment où il a traité l'immédiateté de la perception (sa "transparence") comme un caractère noématique, comme l'effet d'une *aperception* reposant sur une réduction transcendantale solipsiste, Husserl n'aurait plus pu rendre compte de façon convaincante de la *donation* des phénomènes, de leur *présentation* (Darstellung). Mais, dualement, en identifiant noème et Gestalt, Gurwitsch, comme l'explique bien Dreyfus,²⁶ confond intention et intuition, type objectif et manifestation, type d'intentionnalité et mode d'apparaître (Erscheinung).

De même, Daubert adopte une conception plus réaliste du noème. Il admet avec Husserl qu'il s'agit bien d'un sens intentionnel déterminant le mode d'apparaître de l'objet à travers ses esquisses. Mais pour lui l'apparaître est contraint par la réalité. Il est objectif non seulement au sens de l'idéalité des essences mais au sens *naturaliste*. Ce n'est pas un contenu de conscience mais une structure morphologique émergeant de la réalité physique.²⁷

C'est sans doute Maurice Merleau-Ponty qui a le mieux compris la nécessité de compléter la noématique husserlienne par une théorie morphologique réaliste. Comme il l'explique dans ses cours au Collège de France (années 1952-53 et 1959-60),²⁸ pour comprendre le lien entre sens noématique et Gestalt (i.e. entre les deux types d'idéalité du noème perceptif), il faut une théorie de la structuration et de l'organisation des substrats matériels — une "physis phénoménologique", ce que nous avons proposé d'appeler une "phéno-physique", c'est-à-dire aussi bien une *physique qualitative* — qui permette de comprendre sur des bases physicalistes

"l'émergence entre les micro-phénomènes, de macro-phénomènes originaux, lieux singuliers de l'espace".²⁹

On a besoin, comme il le formule admirablement, d'une "*topologie phénoménale*". Et Merleau-Ponty ajoute que le *sens* doit lui-même se fonder dans une telle macro-physique émergentielle. Le langage et ses significations *s'édifient sur* les formes. Les formes naturelles — ce que Husserl appelait si bien le "flux héraclitéen des essences morphologiques vagues" — sont *intrinsèquement significatives*. Elles constituent un langage figuratif naturel. Elles manifestent dans leurs "moments figuraux" le paradoxe

²⁶Dreyfus [1982].

²⁷Cf. Schuhmann-Smith [1985].

²⁸Merleau-Ponty [1968].

²⁹On reconnaîtra là une magnifique anticipation des théories émergentielles de l'auto-organisation et des phénomènes critiques. Cf. Petitot [1993a].

“d'une *force* lisible dans une *forme*”, “d'une trace ou d'une signature du temps dans l'espace”.

Bref, avant d'être une signification au sens sémantique du terme, *le sens est une couche d'être qui s'édifie sur la couche d'être de la forme*.³⁰ L'idéalité sémiotique s'édifie sur l'idéalité morphologique.

Husserl aurait sans doute refusé une telle conception émergentielle fondant, dans le cadre d'un fonctionnalisme morphologique, le sens noématique dans une physique qualitative elle-même corrélative d'une théorie computationnelle. Il y aurait sans doute dénoncé une hypostase naturaliste. Mais il faut bien voir que chez lui le refus de tout naturalisme s'est soldé par une déréalisation solipsiste qui soulève des difficultés inextricables quand il s'agit d'en revenir à la spatio-temporalité morphologique du noème perceptif.

Ce point a été admirablement analysé par le phénoménologue Roger Chambon.³¹ Nous avons vu que, noématiquement, l'appréhension perceptive (*Erfassung*) est une construction interprétative (*Auffassung*), une opération où se conjuguent l'intuition (non constructive) des contenus sensibles et l'intentionnalité active (constructive) d'un “calcul” sur les contenus. Husserl fait donc des esquisses des *vécus*. Pour lui, ce sont des contenus immanents où s'esquissent des bords, des contours, des qualités constitutives de schèmes sensibles. Pourtant, ces éléments, ces “moments”, sont des entités morphologiques *spatio-temporelles*. Les penser comme des *vécus* interdit de les constituer côté noématique comme phénomènes *spatio-temporels*. Du coup, le noème se trouve déréalisé et identifié à une structure idéale de sens. Roger Chambon a fort bien commenté ce point :

“à partir du moment où l'esquisse sensible est entendue comme une donnée immanente inétendue, l'esquissé (la propriété soi-disant objective et transcendante) ne peut plus être qu'un “sens” produit intuitivement par la noèse” (p. 99).

Cette identification de l'*Abschattung* et de l'*Erlebnis* constitue “le point névralgique” où se nouent les principales difficultés de la réduction transcendantale.

30“Couche d'être” est le terme husserlien pour “niveau de réalité”. La subordination du sens à la forme et la thèse que les formes sont *intrinsèquement* significatives (avant toute interprétation, toute opération inférentielle et toute identification sémantique qui permet de les reconnaître comme telle ou telle forme) sont essentielles chez Merleau-Ponty. Elles sont également essentielles dans l'approche morphodynamique.

31Cf. Chambon [1974]. On ne peut que s'étonner du peu d'attention portée par les philosophes à cette grande œuvre phénoménologique qu'est *Le Monde comme Perception et Réalité*.

III.3. Actualité du débat phénoménologique formalisme/réalisme

Le débat interne à la phénoménologie qui a opposé le “formalisme” husserlien au “réalisme” de phénoménologues comme Gurwitsch, Daubert, Merleau-Ponty ou Chambon est précurseur de certains débats contemporains internes au cognitivisme. Nous évoquerons brièvement deux débats de cet ordre.

3.1. *Cognitivism symbolique classique/cognitivism connexionniste morphodynamique*

Doit-on considérer que toute syntaxe et toute compositionnalité sont a priori de nature logico-symbolique ? Certainement pas. Il existe nous l'avons vu deux types de l'idéalité syntaxique : l'idéalité logique (format prédicatif) et l'idéalité morphologique (format topologico-géométrique). Comme le montrent un nombre de plus en plus impressionnant de travaux et de résultats convergents, en particulier les travaux connexionnistes ainsi que ceux concernant l'essence *schématique et iconique* de la syntaxe,³² rien n'oblige à ramener la syntaxe à l'étude d'opérations formelles sur des expressions symboliques.³³ Les structures syntaxiques peuvent également être pensées comme des schèmes morphologiques. Constituance et compositionnalité peuvent s'interpréter dans ce cadre.³⁴ Il est par conséquent légitime de reprendre dans une perspective morphologique les concepts phénoménologiques et fonctionnalistes que nous avons évoqués. Cela résout les difficultés exposées au § 2.

Une approche connexionniste-morphodynamique est essentielle au débat actuel sur l'intentionnalité. Comme nous l'avons noté plus haut, de nombreux auteurs considèrent que, dans la mesure où elles ne sont pas régies par des règles conscientes explicites, les connaissances intuitives (celles des experts, celles sous-jacentes aux savoir-

32Sur les travaux de linguistes cognitivistes comme Charles Fillmore, Ronald Langacker, Leonard Talmy, Ray Jackendoff ou George Lakoff, cf. Petitot [1989a], [1989c], [1991c].

33C'est dans tous les domaines que les conceptions dogmatiquement formalistes sont en train de céder le pas devant des schématismes géométriques. De la géométrie des preuves dans la logique de Girard jusqu'aux nouvelles tendances de l'IA, se manifeste un mouvement de fond aussi profond et global que celui du logicisme mais d'orientation inverse. Sur ce point, cf. la belle étude de Giuseppe Longo [1992].

34On sait que les cognitivistes classiques ont accusé les connexionnistes de ne pouvoir construire des modèles acceptables de syntaxe (de structures en constituants et de compositionnalité). Nous avons analysé ce débat et proposé une solution dans Petitot [1991a], [1991d], [1993b]. Cf. également Visetti [1990]. Deux colloques de Royaumont *Interdisciplinary Workshop on Compositionality in Cognition and Neural Networks* ont été organisés sur ce thème par D. Andler, E. Bienenstock et B. Laks en 1991 et 1992.

faire, celles du sens commun) ne relèvent plus d'activités intentionnelles. Cette thèse nous paraît être gravement erronée. En effet, ce qui concerne les connaissances intuitives gouvernées par des schèmes peut être formalisé dans le cadre des modèles connexionnistes et morphodynamiques.³⁵ A partir du moment où ce cadre comprend la phénoménologie, il n'y a plus aucune raison d'exclure ces connaissances de la sphère intentionnelle de la conscience.

3.2. *Morphodynamique et physique qualitative*

Dans une optique “naturaliste-réaliste”, il faut également comprendre comment la structuration et l'organisation morphologiques du monde sensible peuvent émerger, comme le remarque Merleau-Ponty, des phénomènes microphysiques en tant que phénomènes macro-physiques originaux. Une phénoménologie morphologique doit se compléter d'une macro-physique qualitative, d'une “phéno-physique”.³⁶

IV. LA FONDATION DES QUALITÉS SENSIBLES DANS L'EXTENSION SPATIO-TEMPORELLE : LA TROISIÈME RECHERCHE LOGIQUE.

IV.1. La relation de dépendance “qualité → extension”

Nous allons résumer certains passages de la troisième Recherche Logique où Husserl décrit admirablement la structure eidétique du remplissement du corps spatial d'un schème sensible par des qualités sensibles comme la couleur. Nous indiquerons en allemand les mots clefs de cette analyse.

La troisième Recherche Logique est consacrée à la théorie méréologique des Touts et des Parties. Elle commence par l'introduction de la différence fondamentale entre contenus “abstraites” et contenus “concrets” [“abstrakten” und “konkreten” Inhalten] que Husserl identifie aussitôt à la différence établie par Stumpf entre contenus “dépendants” et contenus “indépendants” [unselbständigen und selbständigen Inhalten]. Cette différence est fondamentale pour “la théorie pure (a priori) des objets comme tels” qui traite des “catégories objectives formelles” et des “vérités d'essence de l'ontologie formelle”.

³⁵Paul Smolensky a souvent insisté sur ce point. Cf. Smolensky [1988]. Cf. aussi Petitot [1991a].

³⁶Sur les liens qu'entretient la Morphodynamique avec la Physique qualitative, cf. Petitot, Smith [1991]. Comme nous avons longuement développé ce point ailleurs, nous ne l'aborderons pas ici.

L'opposition tout/partie appartient donc, selon Husserl, à l'ontologie formelle. Mais nous allons voir que la troisième Recherche Logique se compose pourtant de deux chapitres de nature totalement différente. Dans le premier chapitre, “La différence entre les objets dépendants et les objets indépendants”, Husserl développe (expose au sens d'une “exposition” [Erörterung] très analogue aux “expositions” de l'Esthétique transcendantale kantienne) une analyse morphologique. Mais dans le second chapitre, “Réflexions sur une théorie des formes pures des tous et des parties”, il passe du “matériel” (du topologique-géométrique-morphologique) au “formel” et cherche à développer une “axiomatique” des relations tous/parties.³⁷

Le concept traditionnel de “partie” recouvre (au moins) deux genres d'entités distincts.

- (i) Les parties “détachables” d'un tout morcelable. Ces “morceaux” sont des parties disjointes, séparables et indépendantes.
- (ii) Les parties “non détachables” — ou moments — comme les couleurs ou les contours qui, bien qu'étant des composantes des objets, entretiennent avec leur extension un rapport de *dépendance*. Ils en sont inséparables [Inséparabilité = Unabtrennbarkeit].

On remarquera qu'une telle opposition fait intervenir de façon essentielle le concept *d'espace* (d'extension, d'étendue). La détachabilité-indépendance-séparabilité est essentiellement liée au caractère *fragmentable* de l'étendue, c'est-à-dire au fait que les contours d'objets délimitent différentes composantes connexes. En revanche, l'indétachabilité-dépendance-inséparabilité repose sur une *dépendance unilatérale* qualité → extension qu'il faut analyser plus en détail.

Pour ce faire, Husserl développe deux points au §4 en se référant aux travaux de Carl Stumpf.³⁸ D'abord une théorie des qualités comme *essences abstraites*. Les moments qualitatifs et spatio-temporels immédiats de l'intuition sensible (cette couleur-ci, cette forme-ci) sont singuliers et concrets. Mais ils se regroupent en *espèces* abstraites

³⁷Cette axiomatique, ainsi que la façon dont elle a été reprise dans la méréologie polonaise a été étudiée avec un soin remarquable par Kevin Mulligan, Barry Smith et Peter Simons. Cf. Smith [1982], Mulligan *et al.* [1984] et Poli [1992]. Nous donnons un aperçu de ces travaux dans *Physique du Sens*. Dans un dialogue récent avec Roberto Benatti, Elmar Holenstein, dont on connaît les études remarquables sur la phénoménologie et le structuralisme, insiste sur les liens existant entre la troisième Recherche Logique et le structuralisme de Roman Jakobson. Il rappelle à ce propos que dans son article “Structuralisme” pour l'Enciclopedia Einaudi, Jakobson parlait de “three great structuralists : Trubetzkoy, Lévi-Strauss and Thom”. Le lien est effectivement fondamental entre la phénoménologie husserlienne, le structuralisme jakobsonien et la morphodynamique thomienne. Cette “trinité” est au centre de la plupart de nos travaux.

³⁸Pour une introduction au concept de *Gestalt* (en particulier chez Stumpf, von Ehrenfels et Meinong), cf. Smith [1988].

qui se regroupent elles-mêmes hiérarchiquement en espèces super-ordonnées et en genres. Autrement dit, pour Husserl, il existe une *catégorisation* des qualités et des formes. Et la relation de dépendance unilatérale “qualité → extension” ne devient *une loi que relativement* à ces catégorisations.

“La dépendance [Abhängigkeit] des moments immédiats [der unmittelbaren Momente] concerne donc une certaine relation conforme à une loi existant entre ceux-ci, relation qui est déterminée purement par les *abstracta* immédiatement supérieurs [die nächst übergeordneten Abstrakta] de ces moments ”.³⁹

Les “dépendances fonctionnelles” dans la variation des moments se réalisent dans le champ de variation délimité par ces espèces abstraites. Il s'agit là d'un point essentiel mais assez délicat. Husserl distingue soigneusement une qualité comme *abstractum* et “le moment immédiat qui s'y rapporte dans l'intuition.”⁴⁰ Il appelle un tel moment immédiat une “différence spécifique ultime [niederste Differenz]”. La relation entre une extension particulière et des moments qualitatifs immédiats est une “dépendance fonctionnelle” alors que celle entre les genres de l'extension et de la qualité est une “loi” qui *légalise* les dépendances fonctionnelles qu'elle subsume.

En termes cognitivistes on pourrait dire que Husserl distingue une donnée de sensation, par exemple /couleur/, du constituant de *structure conceptuelle* [COULEUR] (au sens de Jackendoff) qui permet de traiter l'information qu'elle encode.⁴¹ La loi de dépendance unilatérale ne concerne selon lui que la structure conceptuelle.

Husserl propose ensuite une conception *objective et a priorique* de la loi de dépendance. C'est la dépendance fonctionnelle qualité/étendue légalisée par la loi de dépendance qui rend les moments qualitatifs inséparables, qui en fait des contenus partiels non détachables.

“Ce n'est pas là, de toute évidence, un simple fait empirique [eine bloße empirische Tatsache], mais une nécessité *a priori* [eine a priorische Notwendigkeit], qui se fonde sur les essences pures [in den reinen Wesen]”.⁴²

Les paragraphes 5-7 approfondissent ce point. La distinction dépendant / indépendant est *objective*. Elle relève d'une “nécessité idéale objective”, d'une “légalité objective” et d'une “évidence apodictique”. Elle est indépendante des actes d'appréhension corrélatifs, indépendante de toute conscience psychologique effective, de toute “factici-

39§4, p. 14.

40Ibid.

41Sur la structure conceptuelle de Jackendoff, cf. Jackendoff [1983], [1987] et Petitot [1989a].

42§4, p. 15.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

té de notre pensée subjective”.⁴³ Pour en saisir la nécessité, “*il n'est besoin d'aucune référence [Rückbeziehung] à la conscience*”.⁴⁴ Elle est “fondée dans l'essence pure des choses”, c'est-à-dire dans leur généralité.

“À l'essence d'une telle nécessité objective appartient corrélativement une légalité pure [eine reine Gesetzlichkeit], déterminée dans chaque cas”.⁴⁵

La “nécessité objective” est ici la conformité à une “légalité objective”. Il s'agit non pas d'une nécessité empirique mais d'une “nécessité idéale *a priori* fondée dans les *essences matérielles*”.⁴⁶ On a là un exemple typique de *synthétique a priori* au sens de Husserl. Nous allons y revenir. Notons toutefois dès à présent le point essentiel : selon Husserl, la dépendance fonctionnelle n'est pas mathématisable en tant que telle; seule peut l'être en droit la *loi* qui la légalise à un niveau d'abstraction supérieur.

IV.2. Séparation et Fusionnement. Discontinuités et continuité qualitatives

C'est dans les §§ 8-9 que la description eidétique husserlienne culmine. Le titre du §8 est “De la différence entre contenus *indépendants* et contenus *dépendants* et de la différence entre contenus qui se *détachent* intuitivement [anschaulich sich abhebenden Inhalten] et contenus *fusionnés* [verschmolzenen] intuitivement.” Husserl y explique qu'on ne peut *appréhender* des moments intuitifs qualitatifs et spatio-temporels que si les contenus concrets globaux dont ils sont les moments composent une unité globale [ein ganze objekt] qui “doit se détacher en tant que phénomène” [phänomenal Abhebung]. Pour être saisi, un phénomène doit, comme le dirait Thom, être *saillant*.

Comment se constitue la saillance ? Husserl introduit, toujours à la suite de Stumpf, “la différence entre les contenus “*séparés*” intuitivement [anschaulich “gesonderten” Inhalten], “*se détachant*” [sich “abhebenden”] ou “*se scindant*” [sich “abscheidenden”] de contenus connexes [angeknüpften Inhalten], et les contenus *fusionnés* [verschmolzenen] avec ces derniers, *fondus* en eux [in sie überfließenden], sans qu'il y ait entre les uns et les autres de délimitation [ohne Scheidung]”.⁴⁷

43§6, p. 21.

44§5, p. 18 (souligné par Husserl).

45§7, p. 22.

46§7, p. 22.

47§8, p. 26.

Le fusionnement de contenus voisins produit un effet de totalisation.⁴⁸ Ce que l'on appellerait maintenant un passage du local au global. En revanche, la séparation, la disjonction [Sonderung], parce qu'elle fait obstruction au fusionnement, permet de limiter des parties. Husserl insiste sur le fait qu'elle repose sur le concept de *discontinuité* : “Sonderung beruht (...) auf *Diskontinuität*” [“la séparation se fonde (...) sur la discontinuité”]. Et il résume ainsi le fusionnement (le passage est entièrement souligné par lui) :

*“Deux réalités concrètes [Konkreta] sensibles [sinnliche] simultanées [gleichzeitige] forment nécessairement une “unité indifférenciée” [eine “unterschiedslose Einheit”], quand l'ensemble des moments immédiatement constitutifs de l'une passe continûment [“stetig”] dans les moments constitutifs correspondants [entsprechende] de l'autre. Le cas de l'identité [Gleichheit] de moments correspondants quelconques doit être considéré ici comme cas limite possible de la continuité [Grenzfall der Stetigkeit], c'est-à-dire comme le fait que ces moments “passent” continûment “en eux-mêmes””.*⁴⁹

C'est dire que la continuité est conçue par Husserl comme une *identité qualitative*, et donc la discontinuité comme une *différence qualitative*.

Dans le §9, Husserl traite de deux points. D'une part du statut des concepts de continuité et de discontinuité. Nous allons y revenir. D'autre part des *phénomènes de fusionnement* [Verschmelzungsphänomene]. Comme nous venons de le voir, la séparation [Sonderung] correspond à la discontinuité [Diskontinuität] et le fusionnement [Verschmelzung] à la continuité [Kontinuität]. Les discontinuités sont des discontinuités qualitatives, c'est-à-dire des transitions brusques entre différences spécifiques ultimes catégorisées (cf. plus haut).

“La discontinuité comme telle se rapporte aux différences spécifiques ultimes à l'intérieur d'un seul et même genre [Gattung] pur immédiatement supérieur [übergeordnet]”.⁵⁰

48Pour des précisions sur ce concept fondamental de “fusion” phénoménale, cf Smith [1988]. Husserl l'utilise aussi pour comprendre les moments d'unité “figuraux” de collections discrètes comme des “lignes” d'arbres, des “tas” de pierres, des “essaims” d'abeilles, etc. (Pour ce point, cf. également Petitot [1991b]). Comme nous le verrons plus bas, la façon la plus simple d'expliquer ce phénomène clef de la perception visuelle est de tenir compte du fait que, dès le traitement précoce (rétinien) du signal optique, le système visuel convolue ce signal par des gaussiennes d'échelles différentes et “lisse” donc les détails de petite échelle. C'est le lissage qui produit le fusionnement (cf. § VI.2).

49§8, p. 27. Le traducteur français a traduit “stetig” par “continuellement”. Nous pensons que le contexte favoriserait plutôt “continûment”.

50§9, p. 29.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

C'est dire qu'elle est une discontinuité de la *dépendance fonctionnelle* “qualité → extension”. Cela implique qu'elle est plus qu'un simple écart [Abstand] dans le genre de qualités considéré. Il faut que cet écart se réalise entre moments qui “s'étendent de part et d'autre d'une limite commune”.⁵¹ Il doit concerner non seulement la qualité mais aussi le “rapport de recouvrement [Deckungszusammenhang] (au sujet duquel seul il est question de discontinuité)” de l'extension par la qualité.⁵² Bref, ces discontinuités qualitatives ne sont saisissables *que si* elles sont contigûment déployées [sie “angrenzend ausgebreitet” sind]

“sur le fond d'un moment variant continûment [ein kontinuierlich variierendes Moment], à savoir le moment spatial et temporel”.⁵³

Ce dernier point est capital. Il définit en effet le contenu synthétique a priori de la relation de dépendance unilatérale “qualité → extension” : l'extension spatio-temporelle doit être le support d'un déploiement, d'une propagation [Ausbreitung], de qualités; elle doit en *contrôler* les variations. D'où cette remarquable définition du concept gestaltiste de discontinuité qualitative :

“C'est à partir d'une limite de l'espace et du temps [einer Raum- oder Zeitgreuze] que l'on saute [springt] d'une qualité visuelle à une autre. Dans ce passage continu [kontinuierlichen Übergang] d'une partie d'espace [Raumteil] à une autre partie d'espace nous ne progressons pas à la fois aussi d'une manière continue dans la qualité qui les recouvre [in der überdeckenden Qualität], mais du moins à un endroit de l'espace [Raumstelle] les qualités “limitrophes” [die “angrenzenden” Qualitäten] ont un écart [Abstand] fini (et pas trop petit)”.⁵⁴

Bref, il ne peut y avoir *détachement* — de “mise en relief” — des objets,

“que si une discontinuité a été créée au moyen des moments qui la recouvrent”.

Et Husserl ajoute, de façon profonde, que la *spatialité* [Raumlichkeit] intervient dans cette description eidétique à la fois comme “le moment de sensation” dont “l'aperception objective [objektive Apperzeption] constitue la spatialité phénoménale” et comme “le moment *intentionnel* ” où se manifeste intuitivement la figure spatiale objective. C'est dire que l'espace possède une face noétique (format de la synthèse passive) et une face noématique (intuition pure au sens de Kant).

51Ibid. La citation faite par Husserl est de Stumpf.

52§9, p. 30.

53§9, p. 29.

54Ibid.

IV.3. Le conflit entre le synthétique-matériel-morphologique et l'analytique-formel-logique

Un problème central est alors de définir le statut de cette description eidétique — clairement *morphologique* — de la saillance phénoménale. Incontestablement, elle relève selon Husserl du *synthétique a priori*. A la fin du §9, il explique qu'avec la différence entre contenus détachés et non détachés

“nous nous mouvons dans la sphère des intuitivités “subjectives” vagues [der vagen “subjektiven” Anschaulichkeiten], qui précisément a aussi ses particularités d'essence remarquables, et que, par conséquent, avec *cette* différence, nous restons fort éloignés de la différence *ontologique* universelle entre contenus abstraits et concrets, entre contenus indépendants et contenus dépendants”.⁵⁵

Autrement dit, les essences morphologiques décrites précédemment appartiennent à l'ontologie *régionale* “matérielle“ de la perception et non pas à l'ontologie formelle.

Les lois de dépendance comme la loi de dépendance “qualité → extension”

“trouvent leur fondement (...) dans la particularité essentielle des contenus, dans leur spécificité”.⁵⁶

Ce sont “des lois d'essence déterminées concrètement et susceptibles de multiples variations”⁵⁷,

“des lois pures *déterminées quant à leur contenu*”.⁵⁸

Elles sont fondées dans les espèces et les genres purs qui en sont constitutifs. C'est dire qu'elles relèvent de concepts génériques *matériels* (géométriques) et non formels. L'opposition entre concepts “matériels” et concepts “formels” est ici cruciale. Les concepts formels de l'ontologie formelle ne concernent que l'objet “en général” à travers les “axiomes ontologiques formels”. Les concepts matériels concernent au contraire les genres concrets où s'enracinent les ontologies régionales matérielles. C'est dans cette *division cardinale* [kardinale Scheidung] entre “formel” et “matériel” que se fonde celle entre les disciplines, les lois et les nécessités respectivement *analytiques-a priori* [analytisch-apriorischen] et *synthétiques-a priori* [synthetisch-apriorischen]. Husserl est catégorique en ce qui concerne le caractère *synthétique a priori* de la loi de fondation “qualité → extension”.

55§9, p. 31.

56§11, p. 35.

57§10, p. 33.

58§10, p. 34.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

“Il est clair (...) que toutes les lois ou toutes les nécessités se rapportant aux différentes *espèces de dépendances* entrent dans les sphères de l'a priori *synthétique*”.⁵⁹

Le problème se pose alors de savoir quel est le statut *mathématique* des lois de dépendance *matérielles* (synthétiques a priori). Sur ce point crucial, la position de Husserl est très ambiguë. C'est que pour lui, seules les lois analytiques, parce qu'elles sont d'essence logique, “peuvent se *formaliser* complètement”. Toute analytique

“s'édifie purement sur des catégories logiques formelles et des formes catégoriales”.⁶⁰

C'est ce que tente de faire Husserl dans le chapitre II de la troisième Recherche Logique en développant une axiomatique générale des rapports de fondation.

L'exemple princeps *d'eidétique matérielle* étant pour Husserl la géométrie, on s'attendrait à ce qu'il propose une formalisation géométrique des lois synthétiques a priori morphologiques qu'il a si bien dégagées. On s'y attendrait d'autant plus qu'il se réclame explicitement de Kant en ce qui concerne le synthétique a priori :

“on comparera les définitions données ici avec celles de Kant, qui, à notre avis, ne méritent nullement d'être nommées “classiques”. Il nous semble qu'avec elles nous sommes arrivés à une solution satisfaisante de l'un des problèmes les plus importants de la théorie de la science”.⁶¹

Or, comme on le sait, chez Kant le synthétique a priori relève de l'Esthétique transcendantale et celle-ci comprend deux “expositions” [Erörterung] : l'exposition *métaphysique* exposant l'espace comme forme de donation phénoménologique (intuition pure) et l'exposition *transcendantale* exposant la géométrisation de cette forme de donation.⁶² Husserl reprend et généralise l'exposition métaphysique. Mais il semble hésiter devant une reprise et une généralisation de l'exposition transcendantale.

Bien que dans la première édition des *Recherches Logiques* il ait envisagé de

“caractériser le plus clairement possible au moyen de concepts exacts [i.e. mathématiques] les formalismes vagues [i.e. les essences morphologiques anexactes] de l'intuition”⁶³,

il affirme en entrée du §9 :

59§11, p. 36.

60§12, p. 39.

61§12, p. 40.

62Sur ce point, cf. Petitot [1991c], [1992a], [1992b]. Cf. également Salanskis [1991].

63p. 28

“Kontinuität und Diskontinuität sind natürlich nicht in mathematischer Exaktheit zu nehmen” [“continuité et discontinuité ne doivent naturellement pas être prises avec une exactitude mathématique”].

En effet, selon Husserl, les lieux de discontinuité [die Unstetigkeitsstellen] *ne sont pas* des limites mathématiques.

Pour comprendre ce point critique qui engage dans une certaine mesure le destin scientifique de toute la phénoménologie, il faut comprendre *l'incompatibilité* qui existe selon Husserl entre les “essences morphologiques vagues” de l'intuition sensible et les idéalités mathématiques, seraient-elles géométriques. Pour Husserl,

“les configurations d'essence de toutes les données intuitives comme telles”

ne sont pas des “concepts exacts et idéaux” et ne sont pas par là même mathématiques.

“Les essences appréhendées dans les données intuitives par idéation [Ideation] directe sont des essences “inexactes” et ne doivent pas être confondues avec les essences “exactes” qui (...) sont issues d'une “idéalisation” [Idealisierung] *sui generis*”.⁶⁴

Il n'existe donc pas, selon Husserl, *de géométrie morphologique* et, par conséquent, il n'existe pas *de schématisation morphologique* de la relation de dépendance fonctionnelle “qualité → extension” qui jouerait le rôle de schématisation transcendantal pour le synthétique a priori morphologique (pourtant si bien eidétiquement décrit).

Comme nous l'avons montré en détail dans *Physique du Sens*, ce refus d'un schématisation morphologique engage l'ensemble du projet scientifique de la phénoménologie.

“Les concepts descriptifs de toute description pure, c'est-à-dire de celle qui se conforme immédiatement et fidèlement à l'intuition [Anschauung], donc aussi de toute description phénoménologique [aller phänomenologischen Deskription], sont, par conséquent, différents par principe des concepts déterminants de la science objective [der objektiven Wissenschaft]. Elucider cet état de choses, c'est là un problème phénoménologique auquel on ne s'est pas encore appliqué sérieusement, et qui, même en ce qui concerne la distinction présente n'est pas résolu”.⁶⁵

Autrement dit, il existe chez Husserl une opposition principielle et irréductible entre description qualitative et formalisation, entre essence morphologique et ontologie formelle. Cette opposition est développée de façon profonde dans les *Ideen I* où Husserl confronte la phénoménologie comme eidétique descriptive morphologique à la géomé-

64§9, p. 28.

65Ibid.

trie et conclut à nouveau qu'une géométrie morphologique est impossible à élaborer.⁶⁶ La conséquence en a été l'impossibilité pour Husserl de dépasser le stade de la description pure.

V. LE SCHÉMATISME MORPHOLOGIQUE DE LA DÉPENDANCE “QUALITÉ → EXTENSION”

On voit bien sur cet exemple élémentaire (mais basique) ce que signifie la *naturalisation* de la phénoménologie dans une optique cognitive. La description eidétique que nous venons de résumer est d'ordre *noématique*. Elle constitue la plus simple et la plus primitive des composantes des schèmes sensibles. Pour la naturaliser il faut la compléter dans deux directions.

- (i) D'abord, dans le cadre du fonctionnalisme morphodynamique, il faut en élaborer le schématisme morphologique. Cela correspond, dans une optique à la Marr, au niveau de la théorie computationnelle.
- (ii) Ensuite, dans le cadre d'un computationnalisme connexionniste il faut expliciter les algorithmes qui en formalisent les synthèses noétiques corrélatives.

Sous le titre de “naturalisation”, il s'agit donc de développer la stratégie suivante. D'abord convertir l'eidétique descriptive phénoménologique en une *eidétique descriptive géométrique*. La schématisation géométrique du synthétique a priori est la clef de la naturalisation. Elle fournit en effet une version non naïvement “formaliste” de la noématique. *La noématique perceptive est d'abord affaire de géométrie* et non pas de logique (au sens naïf du terme).

Une fois conquise la géométrisation du synthétique a priori morphologique, il s'agit alors :

- (i) de montrer comment on peut la corréler à une “*phéno-physique*” qualitative (versant “externe” de la naturalisation) ; sur ce point les théories macro-physiques de l'organisation et des phénomènes critiques jouent un rôle essentiel;
- (ii) de montrer comment on peut l'implémenter dans des réseaux de neurones (versant “interne” de la naturalisation).

Commençons par le schématisme morphologique.

V.1. La schématisation des concepts et le problème du continu (Esthétique transcendantale)

Reprenons les concepts fondamentaux de la description husserlienne. Ce sont essentiellement ceux de :

⁶⁶Pour une analyse détaillée, cf. Petitot [1986] et [1992b] III.4.

- (i) espace-étendue-extension ;
- (ii) qualité concrète / abstraite, espèce, genre ;
- (iii) dépendance / indépendance, indétachabilité / détachabilité, inséparabilité / séparabilité ;
- (iv) dépendance fonctionnelle unilatérale et fondation “qualité \rightarrow extension” ;
- (v) fusion / séparation de qualités voisines (“connexes”) ;
- (vi) continuité / discontinuité ;
- (vii) déploiement (Ausbreitung).

Les lois d'essence formulées par Husserl sont, nous l'avons vu, des lois synthétiques a priori (“matérielles”) portant sur les essences *abstraites* de ces concepts. Et ici s'ouvre une alternative quant à leur formalisation : soit on les axiomatise directement dans le cadre d'une *ontologie formelle*, i.e. d'une Analytique (même si elles relèvent d'une ontologie régionale matérielle), soit on les mathématise en tant que lois synthétiques a priori. Dans *Physique du Sens*, nous expliquons pourquoi Husserl a dû choisir la première voie de l'alternative. C'est que pour lui, nous l'avons vu, étant donné ce qu'il croyait être l'essence axiomatique des mathématiques, les lois synthétiques a priori matérielles n'étaient formalisables *qu'à travers* leur subordination à des lois analytiques de l'ontologie formelle.

Nous choisissons ici la seconde voie, celle de la *schématisation mathématique* du synthétique a priori.

Nous ne pouvons pas expliciter en détail notre conception de la schématisation des catégories d'une ontologie régionale. Nous renvoyons le lecteur à nos ouvrages *La philosophie transcendantale et le problème de l'objectivité* et *Physique du Sens*. Mais disons brièvement que le problème fondamental est le suivant : comment articuler une *axiomatisation* des concepts et des principes constitutifs d'une ontologie régionale avec une *modélisation* des phénomènes subsumés par ces concepts et principes. Par définition, des phénomènes sont toujours donnés à travers des formes de donation, des formes de manifestation (par exemple l'espace-temps). Et leurs modèles feront par conséquent intervenir de façon constitutive une mathématique de ces formes. D'un autre côté, l'axiomatisation des concepts et des principes, si elle est conçue dans une optique formaliste, va s'effectuer dans le cadre d'une Analytique de l'objet en général (ontologie formelle) et n'entretiendra donc aucun rapport intrinsèque avec ces formes. *D'où une disjonction entre axiomatisation et modélisation*. Celle-ci est la croix des formalisations en sciences humaines.

La schématisation consiste à dissoudre cette disjonction et à rendre *compatibles* l'axiomatisation des concepts et la modélisation des phénomènes. Comment ? Précisément en redonnant tous ses droits au synthétique a priori en tant que tel dans le processus de formalisation. Au lieu de le subordonner à une axiomatisation “analytique”, il

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

s'agit de le mathématiser en tant que tel. Comment ? *En l'interprétant par des structures mathématiques issues des formes de la donation phénoménale*. Cette stratégie herméneutique et mathématique est pour nous la règle d'or (“le principe suprême” dirait Kant) de la formalisation en sciences.⁶⁷ *Elle transforme les lois d'essence (à la Husserl) en des structures mathématiques qui sont la source de modèles pour les phénomènes*. Nous allons l'appliquer ici.

Le premier pas est purement *géométrique*. Il consiste à donner un statut aux concepts d'espace, d'étendue, d'extension, de continuité et de fusionnement (*Verschmelzung*). Il est à la fois philosophique, mathématique et cognitif puisqu'il s'agit du problème du *continu* comme “format” de synthèse passive pour le “divers pur” des données de sensation.

Le problème est monumental. Central dans l'histoire de la philosophie mathématique depuis Aristote, il a été remis en perspective de façon originale à l'époque contemporaine, en particulier grâce à l'Analyse non standard. Nous renvoyons sur ce point aux beaux travaux de Jean-Michel Salanskis.⁶⁸

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails.⁶⁹ Disons seulement que les mathématiques ont su donner un statut rigoureux aux propriétés phénoménologiques fondamentales du continu (non compositionnalité, connexité, invariance d'échelle, etc.) telles qu'elles ont été dégagées par Peirce, Brentano ou Veronese dans leurs critiques de l'arithmétisation à la Cantor-Dedekind. Mais cela exige une ontologie ensembliste riche (platonicienne) qui n'est pas compatible avec les orientations finitistes et constructivistes (anti-platoniciennes) devenues dominantes. D'où un débat délicat. À cela s'ajoute le fait que le continu intuitif demeure *une énigme cognitive*, peut-être l'énigme centrale de la perception.

Supposons néanmoins que nous nous autorisions à utiliser les diverses mathématisations du continu intuitif (autrement dit, supposons acquise une Esthétique transcendante). Il devient alors possible de schématiser topologiquement et géométriquement — morphologiquement — la description husserlienne.

V.2. La *Verschmelzung* et la géométrie différentielle riemannienne

Les espaces intuitifs en jeu sont des continua, des domaines d'espaces standard \mathbb{R}^n . À quel niveau de structure correspond donc le concept basique de *Verschmelzung* ?

67Pour des précisions, cf. Petitot [1987], [1990a], [1992b].

68Cf. Salanskis [1991] ainsi que le Colloque de Cerisy *Le Continu Mathématique* (LC [1992]).

69Pour des précisions mathématiques sur le problème du continu et l'Analyse non standard, cf. Petitot [1979a], [1989e], [1991b], [1992c].

Ce n'est pas le niveau purement topologique, qui est trop faible : on sait en effet que les structures topologiques peuvent être d'une complexité interne infinie (fractale), ce qui n'est évidemment pas le cas ici. Mais ce n'est pas non plus le niveau métrique, qui est trop fort. En fait, le niveau de structure du continu phénoménologique intuitif est sans doute celui de la structure *différentiable* des espaces.⁷⁰

Cette hypothèse peut être confirmée historiquement. En effet, le concept de *Verschmelzung* remonte aux études consacrées par le psychologue J.F. Herbart à la façon dont des représentations mentales peuvent présenter des transitions continues (ce qu'il appelait des *Reihenformen*, des “formes sérielles”). Herbart avait fondé une bonne partie de sa psychologie sur l'idée que le continu renvoyait à un processus *mental* fondamental et il avait forgé le néologisme de *synéologie*⁷¹ à cet effet.⁷² Or, Riemann a été profondément inspiré par Herbart.⁷³ Son concept de *variété* (*Varietas*, *Mannigfaltigkeit*) provient directement de cette psychologie continuiste et mathématise les situations où des représentations conceptuelles peuvent subir des transitions continues. C'est sur la base de ces substrats intuitifs qu'il a introduit les concepts fondamentaux de coordonnées locales et de métrique riemannienne.⁷⁴ Autrement dit, comme le remarque Erhard Scholtz, la différence entre la théorie de Riemann et la théorie moderne des variétés qui en est issue est que

“the role of the topological space [is] taken in a vague sense by a Herbartian-type of “serial form”, backed by mathematical intuition”.⁷⁵

Or, l'espace “intuitif” sous-jacent à une variété riemannienne est en fait une variété différentiable.

70Cf. Petitot [1989d], [1990b].

71De “συνεχές” = “continu” en grec.

72Peirce aussi a fondé sa sémiotique et sa phénoménologie de la perception (phanérocopie) sur le concept de continu, sur un “synéchisme”.

73Cela est attesté par ses réflexions philosophiques (non traduites dans l'édition française de ses œuvres mais dont une traduction inédite est néanmoins disponible sur demande).

74On sait que dans son fameux mémoire de la Société Royale des Sciences de Göttingen “Sur les Hypothèses qui servent de fondement à la géométrie” (1867), Bernhard Riemann définit le concept général de grandeur n -dimensionnelle comme un concept dont celui d'*espace* (“grandeur étendue”) n'est qu'un cas particulier. La conséquence de cette distinction est que le problème “des rapports métriques de l'espace” devient un problème de physique expérimentale : avec Riemann le synthétique a priori kantien passe du niveau métrique au niveau différentiable sous-jacent et le niveau métrique devient physique. C'est en ce sens que Riemann anticipe la relativité générale (cf. Petitot [1992a]).

75Scholtz [1992], p. 23.

V.3. Le rapport de fondation “qualité → extension” et le concept de fibration

Dans l'optique qui est la notre, la schématisation de la *loi* de fondation “qualité → extension” doit correspondre à un genre de *structures* mathématiques d'un certain type, ce que l'on appelle en mathématiques une *catégorie* de structures. Dans sa généralité, le type de ces structures correspond aux essences (aux “genres”) sur lesquelles porte la loi. Les structures mathématiques *spécifiques* appartenant à ce genre correspondent quant à elles à des *modèles* des instances phénoménales de la loi.

De quelle catégorie de structures s'agit-il ? Il s'agit de celle de *fibration* ou d'*espace fibré*.⁷⁶

De façon intuitive un espace fibré est une variété différentiable E muni d'une *projection différentiable* $\pi : E \rightarrow M$ sur une variété différentiable de base M et satisfaisant les propriétés (v) et (vi) ci-dessous.

- (i) M est la *base* de la fibration ;
- (ii) π est la *projection structurale* ;
- (iii) E est l'*espace total* de la fibration ;
- (iv) l'image réciproque $E_x = \pi^{-1}(x)$ par π d'un point x de la base M s'appelle la *fibres* de la fibration au-dessus de x ;
- (v) toutes les fibres E_x sont isomorphes à une fibre type F ;
- (vi) π est localement “triviale” : pour tout $x \in M$, il existe un voisinage U de x tel que $E_U = \pi^{-1}(U)$ soit difféomorphe au produit direct $F \times U$, la restriction de π à E_U se transformant par ce difféomorphisme en la projection canonique $F \times U \rightarrow U$ de ce produit sur son second facteur.

Dans l'exemple qui nous occupe ici la variété base M est l'extension W d'un substrat et l'espace fibre F est l'espace Q du genre des qualités sensibles considérées (par exemple les couleurs). Ces qualités sont traitées comme des grandeurs intensives. *C'est la structure de projection constitutive d'une fibration qui schématise la loi de fondation en tant que loi d'essence*. Il faut voir cette affirmation comme une extension de l'Esthétique transcendantale kantienne et du principe transcendantal dit des “Anticipations de la perception” qui formule la loi de dépendance des grandeurs intensives par rapport aux grandeurs extensives. Ici les grandeurs sont toutes des grandeurs au sens de Riemann-Herbart. Mais la fibration introduit une *dissymétrie* entre la variété base M et la variété fibre F : la base est un *espace “externe” extensif*, la fibre un *espace “interne” intensif*. Le fait que la projection structurale π projette E sur M exprime alors la *dépendance unilatérale* des grandeurs intensives relativement aux grandeurs extensives : c'est l'espace “externe” qui “contrôle” l'état “interne”.

⁷⁶Pour une introduction pédagogique aux structures géométriques localement triviales (revêtements, fibrés, etc.) et à leurs généralisations par des faisceaux, cf. Petitot [1979b], et surtout sa bibliographie.

La variété base peut exister sans une fibration qui s'y projette. Mais une fibration ne peut pas exister sans sa base. Cet élément de *l'axiomatique* des fibrations axiomatise une loi phénoménologique *eidétique* et *synthétique a priori* : à travers une schématisation mathématique adéquate, le synthétique a priori se convertit donc en axiomatique.⁷⁷ Répétons qu'une telle axiomatisation *indirecte* médiatisée par une schématisation est foncièrement différente d'une axiomatisation *directe* de la loi conceptuelle de fondation dans le cadre d'une ontologie formelle (ce qu'essaye de faire Husserl dans le chapitre II de la troisième Recherche Logique). Au lieu de subordonner le synthétique a priori à une analytique, elle l'interprète d'abord mathématiquement et ce n'est qu'à travers cette médiation herméneutique qu'elle rejoint l'axiomatique.

V.4. Le concept de section d'une fibration et la dépendance fonctionnelle husserlienne

Nous avons noté plus haut que la principale limite de la description husserlienne était de ne pas mathématiser correctement le concept de dépendance fonctionnelle. La structure générale de fibration permet de le faire. Elle est la *source* d'une infinité de *modèles* possibles pour des phénomènes spécifiques qui sont des instances (des “tokens”) de la loi eidétique de fondation.

D'abord, comme nous l'avons vu, on spécifiera l'espace externe base M comme extension W d'un substrat et l'espace interne fibre F comme espace Q d'un genre de qualités. Mais à quel concept mathématique correspondra la façon dont les moments qualitatifs non détachables dépendent de l'extension W ? Ce concept est celui de *section* d'une fibration. Il généralise celui de fonction.

Soit $\pi : E \rightarrow M$ une fibration. Une section de π est une application $s : M \rightarrow E$ qui “relève” M dans E , c'est-à-dire qui, à tout $x \in M$ associe un élément $s(x)$ de E qui appartient à la fibre E_x de π au-dessus de x . Cela s'exprime en imposant la contrainte que l'application composée $\pi \circ s : M \rightarrow M$ soit l'identité de M . Une trivialisat[i]on locale $\pi_U : E_U \simeq F \times U \rightarrow U$ transforme une section s en une application $x \rightarrow (f(x), x)$ de U dans $F \times U$ où $f : U \rightarrow F$ est une application (une “fonction”) de U dans F . La section s sera dite continue, différentiable, etc. suivant que ces f le sont.

Une section d'une fibration exprime donc très précisément une *dépendance fonctionnelle spécifique* des moments qualitatifs de la fibre par rapport à l'extension de la base. Et elle l'exprime en relation avec la loi de dépendance que schématise la fibration.

⁷⁷D'où l'illusion transcendantale du logicisme qui consiste à arguer de ce fait pour ramener le synthétique a priori à l'analytique en oubliant que cela n'est possible qu'à travers une stratégie “herméneutique” (interprétative) où se concentre l'essentiel de l'invention scientifique.

tion. Nous retrouvons donc exactement la description “pure” husserlienne. Cela prouve que, contrairement à l’affirmation de Husserl, celle-ci est mathématisable.

V.5. Morphologies et discontinuités qualitatives : le passage de Husserl à Thom

Les discontinuités qualitatives rendant un phénomène saillant sont des discontinuités de sections. De façon plus précise, soient q_1, \dots, q_n les qualités sensibles (les moments dépendants) “recouvrant” l’espace externe W . Elles appartiennent à des espaces de genre Q_1, \dots, Q_n (couleurs, textures, etc.). Soient $q_1(w), \dots, q_n(w)$ les *sections* exprimant le “recouvrement” de W par les q_i (i.e. $q_i : W \rightarrow E_i$ est une section de la fibration $\pi_i : E_i \rightarrow W$ de fibre Q_i). Cette donnée permet de schématiser le concept de saillance phénoménologique qui est constitutif du concept de morphologie. C’est l’un des grands mérites de Thom que d’avoir conçu une telle formalisation. Avec lui, on appellera *régulier* un point $w \in W$ où toutes les sections $q_i(w)$ sont *localement continues*, i.e. continues dans un voisinage de w . Par définition, les points réguliers forment un *ouvert* R de W .⁷⁸ Soit K le fermé complémentaire $K = W - R$ de R dans W . K est constitué des points — dits *singuliers* — où l’une au moins des sections $q_i(w)$ est discontinue. Il est la morphologie dont la saillance phénoménologique correspond exactement à la description husserlienne.

V.6. Catégorisation des espaces de qualités

Il faut ajouter à cette description le fait que, en général, les espaces Q de qualités sont *eux-mêmes catégorisés*. Cela signifie essentiellement qu’il existe :

- (i) une décomposition de Q en domaines (catégories) par un système de frontières Σ (ce que l’on appelle une stratification) et
- (ii) des *prototypes* correspondant à des “valeurs centrales” dans ces domaines.

Une façon simple de catégoriser un espace est d’introduire une dynamique. Les prototypes s’interprètent alors comme les attracteurs de cette dynamique, les catégories comme les bassins d’attraction et les frontières comme les séparatrices des bassins.⁷⁹

L’introduction de telles catégorisations engendre en général des discontinuités qualitatives supplémentaires. En plus des discontinuités provenant de celles des sections $q_i(w)$, il y a les discontinuités provenant du fait que $q_i(w)$ *change de catégorie*. Elles peuvent exister même si la section q_i est continue.

⁷⁸Rappelons qu’un ouvert est en effet un voisinage de chacun de ses points.

⁷⁹Les modèles connexionnistes de mémoires associatives sont des implémentations de tels modèles dynamiques. Pour les modèles morphodynamiques de catégorisations, cf. Petitot [1985b].

V.7. Schématisation morphologique et eidétique descriptive

Nous voyons de façon claire sur cet exemple la façon dont une schématisation (ici une schématisation morphologique) permet de *mathématiser une description phénoménologique en faisant droit à toutes ses composantes et à tous ses niveaux eidétiques*.

1. La dépendance fonctionnelle existant au niveau des différences spécifiques ultimes correspond à la donation d'un phénomène particulier. Elle se trouve modélisée par une section particulière $\sigma : W \rightarrow E$ d'une fibration particulière. Autrement dit, le caractère *fonctionnel* des relations de dépendance se trouve ici traité de façon mathématiquement rigoureuse à travers le concept de section. Rappelons que celui-ci généralise celui de fonction en prenant en compte le fait qu'en chaque point de l'extension W la qualité actuelle appartient à un *paradigme* de qualités (dont les autres termes demeurent virtuels).
2. Les discontinuités qualitatives sont modélisées par des discontinuités des sections.
3. La loi d'essence "déterminée concrètement par ses contenus" correspond à une fibration particulière $\pi : E \rightarrow W$ ayant pour fibre un espace de qualités particulier Q . Il s'agit d'un premier niveau de généralité : l'extension W et le genre de qualité Q sont déterminés, mais aucune section particulière n'est privilégiée. Il s'agit donc d'une loi de dépendance entre *espèces* déterminées (et non plus entre différences spécifiques ultimes).
4. La loi synthétique a priori de dépendance "qualité \rightarrow extension" correspond à la structure mathématique générale de fibration. Elle porte sur des genres abstraits (des essences : espace et qualité).
5. "L'axiomatisation analytique" de la loi de dépendance dans le cadre de l'ontologie formelle correspond enfin à l'axiomatique (cette fois au sens fort et correct, Hilbertien, du terme) de la structure de fibration, c.a.d. à la *catégorie mathématique* de fibration.

V.8. Le synthétique a priori et l'Esthétique transcendantale : la réponse au problème de l'intentionnalité

Tel que nous venons de l'explicitier sur un exemple particulièrement élémentaire, le schématisation morphodynamique permet de clarifier un problème central., celui de la fonction de la *géométrie* comme *syntaxe* cognitive.

Nous avons vu aux §§ I.2 et III.2 les difficultés qu'il y a à penser l'intentionnalité comme un caractère intrinsèque des représentations mentales dans le cadre d'une conception symbolique, syntaxique et "internaliste", bref solipsiste, des contenus "étroits". En fait, la plupart de ces difficultés viennent d'une conception trop naïvement "logique" de la syntaxe. Elles s'évanouissent en grande partie dès que l'on comprend :

- (i) que la géométrie est, elle aussi, une "syntaxe",
- (ii) que ce qui en fait une syntaxe est la même chose que ce qui en fait la forme de l'extériorité.

C'est parce que, *en tant que géométrie*, une syntaxe des contenus mentaux peut être dans le même temps une forme de l'extériorité qu'il est possible de fonder l'intentionnalité de façon solipsiste. Cette vérité fondamentale dont la découverte extraordinaire a fait culminer le génie kantien a été occultée par le primat philosophique accordé à la logique (élémentaire) au cours de ce siècle. La conséquence en a été l'impossibilité de sortir des paralogismes de l'intentionnalité.

Précisons un peu ce point. Dans les réflexions précédentes, il existe (au moins) *trois* niveaux complètement différents de "syntacticité". Ils ne sont d'ailleurs pas sans rappeler les trois niveaux de David Marr. Il s'agit respectivement de ceux de l'implémentation, des algorithmes et du "computationnel" (i.e. du formel).

- (i) Le niveau "micro-physique", celui des opérations au niveau matériel des processeurs, qu'ils soient neuronaux ou informatiques.
- (ii) Le niveau "macro-synthétique", celui de la géométrie et des schèmes morphologiques, ainsi que celui des algorithmes corrélatifs.
- (iii) Le niveau "macro-analytique", celui de l'axiomatisation et de la théorie formelle des structures géométrico-topologiques constitutives de (ii).

Le niveau (i) est celui de l'implémentation. Il ne fait pas ici problème. Le niveau (ii) est celui des contenus idéaux des représentations. Il supporte toute l'eidétique phénoménologique-cognitive. L'illusion du cognitivisme symbolique est de croire que sa réalisation mentale implique ipso facto celle du niveau formel (iii) (version cognitiviste de la subordination husserlienne du synthétique a priori à l'analytique). Cette illusion de *transitivité* des niveaux relève de l'*illusion transcendantale*. C'est elle qui conduit aux paralogismes de l'intentionnalité car, à l'inverse d'une syntaxe géométrique, une syntaxe logique ne peut pas être d'elle-même une forme de l'extériorité ! Notre thèse est que le niveau (ii) est mentalement réalisé dans les opérations cognitives de la perception *sans que* le niveau (iii) (qui en est la *théorie* formalisée) le soit.

Cette thèse est assez analogue à celle proposée par Paul Smolensky dans sa dernière réponse à Jerry Fodor et à Zenon Pylyshyn sur la constituance dans les modèles connexionnistes.⁸⁰ On peut l'explicitier de la façon suivante. Il faut d'abord avoir une

⁸⁰Cf. Smolensky *et al.* [1992].

conscience claire de ce que Smolensky appelle *le dilemme "structure/statistique"*, à savoir le paradoxe cognitif opposant des modèles dynamiques numériques-statistiques (connexionnistes) de *performances réelles* à des descriptions formelles (à base de règles) de *compétences idéales*. Il n'y a que pour les compétences idéales que la transitivité (ii) → (iii) est acceptable. *Elle ne l'est pas pour la performance*. D'une part, la nature symbolique du niveau formel (iii) *n'implique pas* la nature symbolique du niveau (ii). Ce niveau algorithmique peut parfaitement être dynamique et non pas symbolique. D'autre part, les constituants symboliques qui *émergent* au niveau (iii) n'ont pas d'efficacité causale au niveau (ii). Ils n'appartiennent pas à la réalité interne des représentations mentales : *les symboles sont des artefacts de la description formelle des compétences idéales*.

Autrement dit, comme l'a remarqué Yves-Marie Visetti⁸¹, dans le cadre d'un fonctionnalisme morphodynamique *l'effectivité* computationnelle se sépare du symbolique sans pour autant s'identifier au niveau micro-physique de l'implémentation. Elle demeure une effectivité de structures idéales "syntaxiques" mais son idéalité syntaxique est d'essence géométrique.

Nous retrouvons ainsi l'idée force kantienne que les contenus géométriques sont bien des *contenus* mais des contenus en quelque sorte *syntaxiques*. La géométrie est une pure syntaxe, mais en tant que syntaxe elle agit aussi comme une "intuition pure" qui est la forme de l'extériorité.⁸²

Le sens cognitif profond du synthétique a priori réside dans *la non transitivité* du "macro-synthétique" vers le "macro-analytique". Celle-ci permet une théorie solipiste "étroite" de l'intentionnalité. L'espace, au sens de l'Esthétique transcendantale kantienne, reste la clef de l'intentionnalité. Toute intentionnalité s'y fonde et en dérive. Elle en hérite l'intentionnalité primitive.

VI. PHÉNOMÉNOLOGIE DE LA PERCEPTION, SCHÉMATISME MORPHODYNAMIQUE, VISION COMPUTATIONNELLE ET ONDELETTES

Nous avons montré ailleurs en détail comment l'on pouvait schématiser les autres lois d'essences explicitées par Husserl à propos de la perception, et en particulier celles concernant les esquisses d'objets (*Abschattungen*).⁸³ Nous ne pouvons pas aborder ici ces problèmes qui relèvent de ce que D. Marr a appelé l'esquisse 2 1/2D. Disons

81Communication privée.

82Kant avait déjà introduit une différence fondamentale entre l'espace phénoménologique comme forme de l'intuition et l'espace géométrisé comme "intuition formelle". Cf. Petitot [1991c].

83Cf. Petitot [1990b] et [1992b].

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

simplement que les contours apparents d'un corps spatial fournissent l'exemple le plus frappant et le plus probant de moments dépendants qui, parcequ'ils peuvent se déformer continûment — *fusionner* — les uns dans les autres, permettent une *anticipation* de données virtuelles (inférence d'autres contours apparents à partir d'un contour apparent donné). Cette anticipation est constitutive de l'effet de transcendance objective. Sur ce point la description phénoménologique se trouve parfaitement corroborée par les théories perceptives. Par exemple, dans un article concernant les singularités pouvant apparaître génériquement dans les déformations de contours apparents, Jan Koenderink conclut :

“consequently, if an observer has been permitted to visually explore a certain body by means of changing his vantage point voluntarily, he can gather enough information to predict future changes of the visual image [anticipation]. He is able (...) to interpret such changes as proprioceptive, and may consider the object as an unchanging entity, despite the changing visual input [unité et identité objectives]. Our geometrical theory [la théorie des singularités] enables us to understand the structure of the observer's internal models of external bodies [théorie internaliste de l'intentionnalité perceptive]”.⁸⁴

Les lois husserliennes concernant les esquisses perceptives sont schématisables par la théorie mathématique des contours apparents (équivalence entre un objet et la *famille* de ses contours apparents). Celle-ci fait un usage essentiel (et nécessaire) de la théorie des singularités, de la théorie des jets, de la théorie de la stabilité structurelle et de la théorie des grassmanniennes (qui généralise celle des espaces projectifs). Ces théories, qui sont toutes des théories fondamentales de la géométrie et de la topologie différentielles modernes, interviennent donc de façon constitutive dans le programme de naturalisation de la phénoménologie.

Nous avons explicité dans de nombreux autres travaux la façon dont la théorie thomienne permet de modéliser en termes *de physique qualitative* l'émergence *objective* de structures morphologiques dans les substrats matériels.⁸⁵ Nous n'aborderons donc pas ces points ici. Nous nous focaliserons dans cette dernière section sur les synthèses *noématiques* (les actes mentaux) qui sont corrélatives de la loi noématique de dépendance. Autrement dit, nous abordons des problèmes relevant du niveau de l'implémentation des algorithmes morphologiques.

VI.1. Synthétique a priori - Schématisme - Noématique VS Synthèses cognitives- Algorithmes - Noétique

⁸⁴Koenderink, van Doorn [1976], p. 59.

⁸⁵Cf. en particulier Petitot [1992b], [1992d].

Le schématisme morphodynamique de la loi de dépendance est d'ordre *noématique* objectif. Mais, pour une conscience concrète, il est le produit de “synthèses noétiques”, c'est-à-dire en langage actuel, d'algorithmes cognitifs neunalement implémentés appartenant à la vision computationnelle. Pour reprendre la terminologie de Marr (cf. plus haut §§ III.3 et V.8), on peut dire que le schématisme relève de la théorie computationnelle dans la mesure où il *finalise* les algorithmes perceptifs. Ces algorithmes doivent en permettre la production.

Pour ne pas allonger démesurément cette étude, nous ne traiterons ici qu'un seul exemple, concernant le niveau rétinien. Signalons toutefois que la prise en compte de certaines structures corticales et en particulier celles des colonnes et hypercolonnes du cortex visuel primaire serait essentielle pour notre propos. En effet, depuis les travaux de Hubel et Wiesel, on sait que le système visuel est à même d'associer à des localisations rétiniennes (préservées par rétinotopie) des éléments locaux (par exemple des orientations ou des directions). Cela permet au système d'implémenter *des champs d'éléments locaux* (par exemple des champs de directions). Or ces champs (que l'on appelle en géométrie différentielle des *feuilletages* dans le cas de l'exemple) sont *des sections de fibrés* ayant pour base le champ rétinien et pour fibre l'espace des éléments locaux possibles (par exemple l'espace projectif des directions). Autrement dit, *de par leur architecture neuro-anatomique, les (hyper)-colonnes implémentent des fibrations*. La théorie des jets évoquée plus haut est essentielle dans la mesure où elle montre que le problème de la reconstruction d'un objet à partir de ses contours apparents est résolvable au moyen de champs de données différentielles (les jets précisément), ces données étant accessibles au moyen de processeurs structurés en (hyper)-colonnes. Il semble qu'il en aille de même pour le traitement visuel des couleurs — existence de colonnes de couleurs — même si celui-ci fait intervenir d'autres zones corticales et d'autres types de structures.⁸⁶

VI.2. L'esquisse 2D de Marr et l'algorithme corrélatif du schématisme morphodynamique. La naturalisation de la corrélation noèse/noème

Nous allons voir que les descriptions husserliennes et leur schématisation thomienne correspondent très précisément à la façon dont le système visuel traite (dès les niveaux précoces de la transduction rétinienne) le signal optique.

On sait que la rétine est essentiellement composée de trois types de couches de cellules : les photorécepteurs, les cellules bipolaires et les cellules ganglionnaires. Les photorécepteurs sont des détecteurs qui réalisent la transduction — le codage neuronal —

⁸⁶Cf. Buser, Imbert [1987].

des propriétés physiques du signal optique. Les cellules bipolaires intermédiaires (auxquelles il faut adjoindre, côté récepteurs, les cellules horizontales et, côté cellules ganglionnaires, les cellules amacrines) forment un réseau complexe de connexions. Quant aux cellules ganglionnaires, dont les axones sont les fibres du nerf optique, elles sont essentiellement caractérisées par la structure de leur champ récepteur.

Le champ récepteur (CR) d'une cellule ganglionnaire est l'ensemble des photorécepteurs auxquels elle se trouve reliée. Une donnée fondamentale de la neurophysiologie rétinienne est que ces champs sont des domaines convexes (grosso modo des disques) organisés de façon concentrique par un antagonisme centre/périphérie. Cela signifie que si un stimulus lumineux ponctuel appliqué au centre du CR a un effet excitateur (cellule centre ON), alors un stimulus lumineux ponctuel appliqué à la périphérie a un effet inhibiteur (périphérie OFF) et réciproquement. Les cellules ganglionnaires qui sont des analyseurs spatiaux sont des cellules énergétiques, toniques, à fort gradient d'antagonisme centre/périphérie et à résolution spatiale élevée. Elles agissent sur le signal optique $I(x, y)$ (l'image pixélisée au niveau des récepteurs photiques) comme des filtres, c'est-à-dire par *convolution* du signal I avec le *profil récepteur* (PR) de leur CR. David Marr a remarqué que ce profil récepteur est une approximation de laplacien de gaussienne ΔG . Cette remarque lui a permis de clarifier *la fonction* de l'antagonisme centre/périphérie. Elle est de détecter *les discontinuités qualitatives* encodées dans le signal. Il s'agit du célèbre critère dit de *zero-crossing*. L'idée en est simple. Explicitons-la en dimension 1.

Soit $f(x)$ une fonction différentiable réelle d'une variable réelle. Une discontinuité se caractérise par un pic (distribution δ de Dirac) de la dérivée première f' et, pour la dérivée seconde f'' , par une traversée de zéro (zero-crossing) encadrée par deux pics de signes opposés. Quelle opération effectue la convolution $\Delta G \bullet I$? Comme il est trivial de vérifier que $(\Delta G) \bullet I = \Delta(G \bullet I)$, on voit qu'il s'agit :

- (i) de *lisser* le signal à une certaine *échelle* définie par G (convolution $G \bullet I$);⁸⁷
- (ii) de considérer les dérivées secondes (laplacien).

Or il existe dans la rétine des champs de cellules ganglionnaires *d'échelles différentes*. Cela conduit à l'hypothèse que la vocation fonctionnelle de ce remarquable dispositif neurophysiologique est d'être un processeur d'images effectuant des analyses spatiales multi-fréquences qui détectent les discontinuités qualitatives *localement et à plusieurs échelles*. Cela permet de caractériser les discontinuités *objectives* comme celles qui sont détectées *à plusieurs échelles*.

La structuration morphologique des images commence donc, dès les stades les plus précoces de la perception visuelle, comme un processus ascendant (“bottom-up”) et “data-driven” que David Marr appelle “raw primal sketch”. Elle fournit la base de re-

⁸⁷Rappelons le lien entre lissage et *Verschmelzung* (cf. §§ IV.2 et V.2).

présentations ultérieures, plus symboliques et de plus haut niveau. Comme Marr l'a souligné,

“zero-crossing provides a natural way of moving from an analogue or continuous representation like the two-dimensional image intensity values $I(x, y)$ to a discrete, symbolic representation”.⁸⁸

C'est dire que le morphologique se situe bien entre le continu physique et le discret symbolique. Ses singularités (discontinuités qualitatives) concentrent l'information significative objective (“intrinsèque”) contenue dans l'image.

“The raw primal sketch is a very rich description of an image since it contains virtually all the information in the zero-crossings from several channels. Its importance is that it is the first representation derived from an image whose primitives have a high probability of reflecting physical reality directly”.⁸⁹

Autrement dit, *la rétine implémente neurophysiologiquement un algorithme de traitement local et multi-échelle du signal optique qui se révèle être exactement corrélatif du schématisme morphodynamique de la loi d'essence husserlienne*. Dans ce cas particulier très simple (mais exemplaire) on peut donc donner un sens technique cognitif clair et précis — mathématique, algorithmique (computationnel) et neuro-physiologique — à la corrélation noèse/noème. Tel est le sens d'une naturalisation de la phénoménologie. L'eidétique descriptive s'y convertit en une *physique mathématique* des processus cognitifs sous-jacents. Qui plus est, cette physique mathématique réalise un *fonctionnalisme dynamique* concernant l'émergence macroscopique de structures morphologiques (pôle noématique). D'où le concept de ce que nous avons proposé d'appeler une “*phéno-physique*”.

VI.3. L'algorithme des ondelettes

Indiquons pour conclure ce qu'il en est de l'interprétation mathématique de l'algorithme de Marr. Il s'agit de l'algorithme des *ondelettes*. Il est devenu ces dernières années l'un des outils les plus puissants de l'analyse. Explicitons-en l'idée mathématique en dimension 1.⁹⁰

Partons de la transformée de Fourier classique, si essentielle en théorie du signal. Soit $L^2(\mathbb{R})$ l'espace de Hilbert des fonctions de carré intégrable sur \mathbb{R} . La théorie

⁸⁸Marr [1982], p. 67.

⁸⁹Ibid., p. 71.

⁹⁰Pour une introduction à la théorie des ondelettes cf. Meyer [1988], Mallat [1989], Mallat-Zhong [1989]. Cette section en est un résumé très sommaire.

de Fourier (analyse spectrale) fournit une décomposition *fréquentielle* de chaque élément $f \in L^2(\mathbb{R})$ sur la base orthonormale des fonctions trigonométriques (ou ondes planes). Cette décomposition de $f(x)$ s'exprime par la transformée de Fourier (FT). On montre que FT est une *isométrie* des espaces de Hilbert $L^2(\mathbb{R})_x$ et $L^2(\mathbb{R})_\omega$ (où les indices x et ω indiquent les positions et les fréquences), ce qui signifie que la FT de f est une autre façon de décrire f , de façon fréquentielle et non plus positionnelle.

Le problème posé par la FT est que l'information qu'elle fournit est *délocalisée* (car les ondes planes sont complètement délocalisées) : elle est parfaitement déterminée dans l'espace des fréquences et totalement indéterminée dans l'espace des positions (in-égalité de Heisenberg). Pour la localiser, Gabor introduisit dans les années 1940 la transformée de Fourier *avec fenêtrage* (WFT)⁹¹ qui consiste à moduler les ondes planes par une fenêtre spatiale g centrée sur une position u que l'on translate le long de l'axe x des positions. La FT correspond au cas particulier où la fenêtre g qui *localise* la WFT est la fonction constante 1 (délocalisation complète).

La WFT ne dépend pas seulement de la fréquence ω mais aussi de la position u de la fenêtre. Mais, sous certaines conditions, elle définit aussi une *isométrie* entre les espaces de Hilbert $L^2(\mathbb{R})_x$ et $L^2(\mathbb{R})_{\omega,u}$. Mais cette isométrie est *très redondante* et on peut la simplifier en *échantillonnant* de façon convenable les variables u et ω .

Le problème avec la WFT est que, même si elle localise l'information, elle n'opère toutefois qu'à *une seule* échelle de résolution définie par la largeur w de la fenêtre. Elle donne une description de f dans des cellules de résolution de taille w mais à l'intérieur de ces cellules, l'information *reste délocalisée*. On ne peut donc pas localiser des discontinuités si celles-ci sont à une échelle plus petite que w . Autrement dit, si le signal est une donnée *multi-échelle* (par exemple fractale) on ne peut pas l'analyser en détail.

D'où la nécessité d'une FT non seulement localisée mais aussi, comme pour la rétine, *multi-échelle*. C'est ce que réalise le concept *d'ondelette*. Il s'agit de trouver une décomposition de $L^2(\mathbb{R})$ en n'utilisant qu'une fonction $\varphi(x)$ (la "mère" des ondelettes) ainsi que ses transformées par translation et par changement d'échelle.

On obtient alors une transformée par ondelettes WT⁹²: Elle est bien définie si *une condition d'admissibilité* sur la FT de $\varphi(x)$ est satisfaite. Le principal résultat de la théorie est que, contrairement à ce que l'on pourrait croire, de telles ondelettes *existent*. Un exemple typique en est précisément l'ondelette de Marr ΔG . Le théorème de J. Morlet et A. Grossmann dit alors que, à un coefficient près, W est une *isométrie*⁹³ de $L^2(\mathbb{R})_x$

91W = Window.

92W = wavelet.

93Dans ce qui suit \mathbb{R}^* représente le groupe multiplicatif des réels positifs (groupe des échelles).

dans $L^2(\mathbb{R}^* \times \mathbb{R})_{s,u}$. La redondance de cette représentation par WT est en général considérable.

L'amplitude de la WT est par ailleurs un indicateur privilégié des *discontinuités* (des singularités) encodées dans le signal (ce que Marr avait déjà bien compris). Comme Stephane Mallat l'a noté :

“the ability of the WT to characterize the type of local singularities is a major motivation for its application to detect the signal sharper variations”.⁹⁴

Comme la WT est très redondante, il est possible de la discrétiser en échantillonnant les variables u et s . Avec de tels dispositifs, il devient possible de *compresser* une image *sur la base de sa structure intrinsèque*. On peut même raffiner la méthode en introduisant des *paquets d'ondelettes*. On utilise alors plusieurs ondelettes en parallèle de façon à adapter au mieux le choix d'une base de décomposition à la structure intrinsèque du signal. Le critère de fit est la minimisation de l'entropie d'information.⁹⁵

Dans un travail remarquable, Stephane Mallat et Sifen Zhong ont pratiquement démontré la “conjecture de Marr”, à savoir qu'une image peut être *reconstruite et compressée* uniquement à partir de ses *discontinuités* détectées par WT.⁹⁶ Après avoir noté que l'esquisse 2D de Marr constitue

“the first coherent multiscale edge representation”,

ils en présentent une variante. Plutôt que d'utiliser un laplacien de gaussienne ΔG , ils utilisent un gradient de gaussienne ∇G . Les discontinuités ne sont donc plus caractérisées par les zero-crossings mais par les *maxima* de la représentation. En éliminant les “petits” maxima et en appliquant la transformation inverse de WT on reconstruit une image compressée. Si la reconstruction demeure étonnamment fidèle à l'image originale c'est parce qu'elle se fonde sur la structure *morphologique intrinsèque* de l'image et discrétise le signal à partir de ses discontinuités. Ce sont essentiellement les détails fins — et en particulier les *textures* — qui se trouvent lissés.

Comme le montrent Mallat et Zhong, cette méthode permet de distinguer trois catégories de discontinuités (de maxima des WT).

- (i) *Le bruit*. Il peut être éliminé par seuillage des maxima.
- (ii) *Les textures*. Ce sont des discontinuités n'existant que dans un petit intervalle d'échelles et dont les variations ne sont pas significatives individuellement mais seulement collectivement.

94Mallat-Zhong [1989], p. 9.

95Cf. Wickerhauser [1991].

96Mallat-Zhong [1989].

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

(iii) *Les bords*. Ce sont des discontinuités détectables à plusieurs échelles différentes et *individuellement saillantes*. *Intrinsèquement significatives* (“significant by themselves”), elles sont à la base des processus de segmentation servant de support aux phases ultérieures, symboliques, cognitives, inférentielles, interprétatives, du processing visuel.⁹⁷

Ces résultats peuvent être utilisés pour faire avancer la résolution du problème fondamental de la perception, qui est de reconstruire une scène 3D à partir de son image 2D. Or, ce problème *inverse* (le problème “direct” étant celui de la projection “scène 3D → image 2D”) est *mal posé* (au sens mathématique du terme). On peut faire l’hypothèse que pour le résoudre de façon si efficace, le système perceptif applique la stratégie suivante :

- (i) la prise en compte des données sensorielles et de leurs régularités statistiques ;
- (ii) une connaissance *a priori* sur le problème à résoudre ;
- (iii) le principe de *maximisation de l’entropie* de toutes les hypothèses compatibles avec (i) et (ii).⁹⁸

Cette façon profonde de voir les choses — qui est celle des mathématiciens et des physiciens statisticiens⁹⁹ — est philosophiquement très pertinente. En effet, la connaissance *a priori* qu’elle introduit est que l’image doit pouvoir être organisée morphologiquement par un système de discontinuités qualitatives objectives. Or cet *a priori* est exactement celui fourni par la schématisation morphodynamique des lois synthétiques *a priori* dégagées par Husserl.

97 Cette thèse concernant des structures saillantes “intrinsèquement significatives” est en général très mal acceptée par les philosophes de la cognition. C’est que, en général, ceux-ci acceptent la thèse qu’un élément cognitivement significatif ne peut l’être qu’à partir de la façon dont il est mentalement représenté, que cette représentation ne peut être qu’un codage symbolique et que la signification passe donc par l’inférence de certaines propriétés du référent à partir de celles de la représentation. Mais c’est oublier que toute représentation n’est pas forcément symbolique et qu’il existe des représentations iconiques. Tel est le cas des représentations perceptives de bas niveaux (proches de la transduction sensorielle). À ce niveau, la seule organisation des représentations — et donc la seule “signification” — provient de la rétino-topie et des discontinuités qualitatives. C’est pourquoi celles-ci sont “intrinsèquement significatives”. La “signification” ici en jeu est *morphologique*, donc ni sémiotique ni sémantique. Comme le montrent beaucoup de travaux récents convergents, la “signification” (au sens traditionnel) est en grande partie cognitivement épiphénoménale.

98 Sur le principe de maximisation de l’entropie, qui fonde la possibilité des inférences inductives, cf. les actes du Colloque *From Statistical Physics to Statistical Inference and back* organisé par Peter Grassberger et Jean-Pierre Nadal à Cargèse en septembre 1992.

99 Cf. Mumford, Shah [1988].

Le fait fondamental que nous voulons souligner ici à propos de ces algorithmes de vision computationnelle est que la contrainte de *compression* de l'information¹⁰⁰ — qui est une contrainte générale sur les processus de traitement — conduit tout naturellement à l'analyse morphologique de structures géométriques objectives stables. On a là une exemplification technique de la signification cognitive (computationnelle) de la corrélation noèse/noème. Côté noématique, on trouve une idéalité spatio-temporelle morphologique (fondée sur l'idéalité du continu), phénoménologiquement descriptible et mathématiquement formalisable. Côté noétique, on trouve des algorithmes de traitement d'information. L'intermédiaire se fait à travers une théorie du signal. Mais il existe bien une *corrélation* entre les deux pôles noétique et noématique puisque des contraintes sui generis de l'un (ici la contrainte de compression) permettent de reconstruire l'autre (l'analyse géométrique qualitative).

CONCLUSION

Ce que nous venons de brièvement esquisser à propos de l'esquisse 2D peut être généralisé à l'esquisse 21/2D et au niveau des représentations 3D. En ce qui concerne l'esquisse 21/2D — centrale dans la théorie de Marr (cf. plus haut) — nous avons montré ailleurs,¹⁰¹ en convergence avec certains travaux de Jan Koenderink, que la structure en colonnes et hypercolonnes du cortex visuel primaire pouvait servir à implémenter *un calcul de jets* qui lui-même permet d'élaborer la théorie mathématique de l'équivalence entre un objet et la famille de ses contours apparents. Cette théorie schématise morphologiquement les lois d'essence de la perception par esquisses. Ici encore le synthétique a priori se trouve mathématisé par des structures morphologiques qui finalisent les algorithmes et fonctionnent comme connaissance a priori pour le principe de maximisation de l'entropie.

Évidemment, une question importante se pose, celle de la représentation interne *neuronale* des structures géométriques, et avant tout de l'espace. Au niveau d'une telle représentation interne seules comptent les relations fonctionnelles. L'ordre spatial réalisant l'interface externe/interne doit donc être converti en un *ordre fonctionnel interne*. Comme l'a profondément expliqué Jan Koenderink, cet ordre fonctionnel repose sur la structure de *corrélation temporelle* des signaux véhiculés par les fibres du nerf optique, la corrélation étant due au recouvrement des champs récepteurs des cellules ganglionnaires rétinienne.

¹⁰⁰La rétine comprime considérablement l'information : passage d'environ 160 millions de photorécepteurs à environ 1 million de fibres dans le nerf optique.

¹⁰¹ Cf. Petitot [1990b].

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

“The two-dimensionality of the visual field is objectively present in the cross-correlation structure of optic nerve signals, it exists independently from an external observer's description of the retina as a two-dimensional receptor array”.¹⁰²

Etant donnée la rétinotopie, la géométrie se traduit par des corrélations temporelles. Mais, réciproquement, on peut montrer mathématiquement que des corrélations temporelles imposées par des contraintes neuro-anatomiques d'architecture équivalent à une structure géométrique. La géométrie n'a donc pas à être “reconstruite” dans le système nerveux central. Elle est encodée dans l'ordre fonctionnel interne.

“Thus the most primitive spatial notions in vision (e.g. “cohesive multiply — say two fold — extended simultaneous presence”) are neither “posited” (space as a man-made artifice) nor “extracted” (that is found in the world), but are implicit bounds on the system's potentialities, constraints on the set of states the system can possibly assume. (This remind us of Kant's notion of innate space ideas). These constraints are fixed in the system's anatomy (...) although not in properties like “somatotopy” but in nervous connections that constrain the freedom of the nervous net as a whole”.¹⁰³

En ce sens, le synthétique a priori, dont nous avons explicité l'idéalité transcendante (morphologique), se réalise concrètement comme un format de traitement d'information et un ensemble de structures de données imposés par l'architecture nerveuse. On retrouve ici sa double interprétation transcendante/innéiste.

Rien ne s'oppose donc plus, ni en droit ni en fait, à la naturalisation de la phénoménologie de la perception. Celle-ci se révèle avoir des liens profonds tant avec les théories cognitives contemporaines qu'avec la physique qualitative. Une mathématique morphologique et une “phéno-physique” de la manifestation sensible sont désormais à même d'assumer les fonctions de l'eidétique descriptive, du synthétique a priori et du schématisme transcendantal généralisé.

Dans l'interprétation que nous en avons donnée, l'Esthétique transcendante et le synthétique a priori constituent, à travers l'idéalité du géométrique, le fondement de l'intentionnalité phénoménologique. Leur dénégation aura piégé le problème de l'intentionnalité dans d'insurmontables paralogismes. Dans la sphère de la conscience perceptive, leur fonction transcendante — exprimée par le schématisme morphodynamique — est aussi une fonction cognitive qui peut être réalisée à travers des algorithmes effectifs, explicitement implémentés dans des architectures fonctionnelles neuronales.

BIBLIOGRAPHIE

102Koenderink [1984a], p. 35.

103Koenderink [1984b], p. 50.

- ANDLER, D., (ed.), 1992. *Introduction aux Sciences Cognitives*, Paris, Gallimard.
- ANDLER, D., PETITOT, J., VISETTI, Y.M., 1991. "Dynamical Systems, Connectivism and Linguistics", *Compositionality in Cognition and Neural Networks*, Colloque de Royaumont.
- ARNOLD, V.I., VARCHENKO, A., GOUSSEIN-ZADE, S., 1985. *Singularities of Differentiable Maps*, I, Birkhäuser, Boston.
- BUSER, P., IMBERT, M., 1987. *Vision*, Hermann, Paris.
- CG, 1992. *1830-1930 : a Century of Geometry*, (L. Boi, D. Flament, J.M. Salanskis eds.), Springer, Berlin.
- CHAMBON, R., 1974. *Le Monde comme Perception et Réalité*, Paris, Vrin.
- DREYFUS, H., 1982. "Husserl's Perceptual Noema", in *Dreyfus (ed.)* [1982].
- DREYFUS, H., 1991. "Husserl et les Sciences Cognitives" et "L'épiphénoménologie de Husserl", *PPC* 1991, 1-29 et 57-77.
- DREYFUS, H. (ed.), 1982. *Husserl, Intentionality and Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge.
- EMG, 1992. *Émergence dans les Modèles de la Cognition*, (A. Grumbach, E. Bonabeau eds.), Telecom, Paris.
- GURWISTCH, A., 1966. *Studies in Phenomenology and Psychology*, Northwestern University Press.
- HOLENSTEIN, E., 1992. "Phenomenological Structuralism and Cognitive Semiotics" (R. Benatti ed.), *Scripta Semiotica*, 1, 133-158, (Peter Lang).
- HUSSERL, E., 1900-1901. *Logische Untersuchungen*, Max Niemeyer (1913).
- HUSSERL, E., 1907. *Chose et Espace*, Presses Universitaires de France, Paris (1989).
- HUSSERL, E., 1913. *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*, Husserliana III-IV.
- HUSSERL, E., 1950. *Idées Directrices pour une Phénoménologie*, (trad. P. Ricoeur), Paris, Gallimard.
- HUSSERL, E., 1969-1974. *Recherches Logiques*, Paris, Presses Universitaires de France.
- HUSSERL, E., 1982. *Idées directrices pour une Phénoménologie II : Recherches phénoménologiques pour la Constitution*, (trad. E. Escoubas), Paris, Presses Universitaires de France.
- JACKENDOFF, R., 1983. *Semantics and Cognition*, Cambridge, MIT Press.
- JACKENDOFF, R., 1987. *Consciousness and the Computational Mind*, Cambridge, MIT Press.
- KOENDERINK, J.J., VAN DOORN, A.J., 1976. "The Singularities of the Visual Mapping", *Biological Cybernetics*, 25, 51-59.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

KOENDERINK, J.J., 1984a. "Simultaneous Order in Nervous Nets from a Functional Standpoint", *Biological Cybernetics*, 50, 35-41.

KOENDERINK, J.J., 1984b. "Geometrical Structures Determined by the Functional Order in Nervous Nets", *Biological Cybernetics*, 50, 43-50.

LC, 1992. *Le Labyrinthe du Continu* (J.M. Salanskis, H. Sinaceur, eds.), Springer, Paris.

LONGO, G., 1992. "Reflections on Formalism and Reductionism in Logic and Computer Science", *Technical Report*, DMI, Ecole Normale Supérieure, Paris.

LTC, J., (ed.), 1989. *Logos et Théorie des Catastrophes* (Colloque de Cerisy de 1982 en l'honneur de R. Thom, J. Petitot ed.), Genève, Ed. Patiño.

MALLAT, S.G., 1989. *Review of Multifrequency Channel Decompositions of Images and Wavelet Models*, Technical Report, CEREMADE, Paris.

MALLAT, S.G., ZHONG, S., 1989. *Complete Signal Representation with Multiscale Edges*, Technical Report n° 483, Department of Computer Sciences, New-York University.

MARR, D., 1982. *Vision*, San Francisco, Freeman.

McINTYRE, R., 1986. "Husserl and the Representational Theory of Mind", *Topoi*, 5, 101-113. (Traduction française dans *PPC [1991]*).

McINTYRE, R., WOODRUFF SMITH, D., 1982. "Husserl's Identification of Meaning and Noema", in *Dreyfus (ed.) [1982]*.

MERLEAU-PONTY, M., 1968. *Résumés de Cours. Collège de France 1952-1960*, Paris, Gallimard.

MEYER, Y., 1988. *Ondelettes et Opérateurs*, Paris, Hermann.

MEYER, Y., 1989. "Ondelettes, Filtres miroirs en quadrature et traitement numérique de l'image", *Gazette des Mathématiciens*, 40, 31-42.

MEZARD, M., NADAL, J.P., 1990. "Réseaux de neurones et Physique statistique", *Modèles Connexionnistes* (D. Memmi, Y.M. Visetti, eds.), *Intellectica*, 9-10, 213-245.

MEZARD, M., PARISI, G. VIRASORO, M.A., 1987. *Spin Glass Theory and Beyond*, World Scientific Lecture Notes in Physics, vol. 9, Singapore.

MULLIGAN, K., SIMONS, P., SMITH, B., 1984. "Truth-Makers", *Philosophy and Phenomenological Research*, XLIV,3, 287-321.

MUMFORD, D., SHAH, J., 1988. "Boundary Detection by Minimizing Functionals", *Proceedings IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference*, Ann Arbor, Michigan.

PACHERIE, E., 1992. *Perspectives physicalistes sur l'intentionnalité*, Thèse, EHESS, Paris.

PACHOUD, B., 1990. *Présentation de quelques thèmes phénoménologiques husserliens pertinents pour les sciences cognitives*, Mémoire de DEA, EHESS, Paris.

- PETITOT, J., 1979a. "Infinitesimale", *Enciclopedia Einaudi*, VII, 443-521, Einaudi, Turin.
- PETITOT, J., 1979b. "Locale/Globale", *Enciclopedia Einaudi*, VIII, 429-490, Einaudi, Turin.
- PETITOT, J., 1982. *Pour un Schématisme de la Structure*, Thèse d'État, Paris, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- PETITOT, J., 1985a. *Morphogenèse du Sens*, Paris, Presses Universitaires de France.
- PETITOT, J., 1985b. *Les Catastrophes de la Parole*, Paris, Maloine.
- PETITOT, J., 1986. *Le "morphological turn" de la Phénoménologie*, Documents du CAMS, EHESS, Paris.
- PETITOT, J., 1987. "Mathématique et Ontologie", *La scienza tra filosofia e storia in Italia nel Novecento*, (F. Minazzi, L. Zanzi, eds.), 191-211, Edizione della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Rome.
- PETITOT, J., 1989a. "Hypothèse localiste, Modèles morphodynamiques et Théories cognitives : Remarques sur une note de 1975", *Semiotica*, 77, 1/3, 65-119.
- PETITOT, J., 1989b. "Structuralisme et Phénoménologie", *LTC [1989]*, 345-376.
- PETITOT, J., 1989c. "Modèles morphodynamiques pour la Grammaire cognitive et la Sémiotique modale", *RSSI (Canadian Semiotic Association)*, 9, 1-2-3, 17-51.
- PETITOT, J., 1989d. "Forme", *Encyclopædia Universalis*, XI, 712-728, Paris.
- PETITOT, J., 1989e. "Rappels sur l'Analyse non standard", *La Mathématique non standard*, 187-209, Editions du CNRS, Paris.
- PETITOT, J., 1990a. "Logique transcendantale, Synthétique a priori et Herméneutique mathématique des Objectivités", *Fundamenta Scientiæ*, (numéro en l'honneur de L. Geymonat), 10, 1, 57-84.
- PETITOT, J., 1990b. "Le Physique, le Morphologique, le Symbolique. Remarques sur la Vision", *Revue de Synthèse*, 1-2, 139-183.
- PETITOT, J., 1991a. "Why Connectionism is such a Good Thing. A Criticism of Fodor's and Pylyshyn's Criticism of Smolensky", *Philosophica*, 47, 1, 49-79.
- PETITOT, J., 1991b. "Idéalités mathématiques et Réalité objective. Approche transcendantale", *Hommage à Jean-Toussaint Desanti*, (G. Granel ed.), 213-282, Editions TER, Mauvezin.
- PETITOT, J., 1991c. *La Philosophie transcendantale et le Problème de l'Objectivité*, Paris, Editions Osiris.
- PETITOT, J., 1991d. "Syntaxe topologique et Grammaire cognitive", *Langages*, 103, 97-128.
- PETITOT, J., 1992a. "Actuality of Transcendental Aesthetics for Modern Physics", *CG [1992]*, 273-304.
- PETITOT, J., 1992b. *Physique du Sens*, Editions du CNRS, Paris.

J. Petitot. *Phénoménologie naturalisée*

- PETITOT, J., 1992c. “Continu et Objectivité”, *LC [1992]*, 239-263.
- PETITOT, J., 1992d. “Matière-Forme-Sens : un problème transcendantal”, *Les Figures de la Forme*, (J. Gayon, J.J. Wunenburger eds.), L’Harmattan, Paris.
- PETITOT, J., 1993a. “Topologie phénoménale. Sur l’actualité scientifique de la phusis phénoménologique de Maurice Merleau-Ponty”, *Colloque Maurice Merleau-Ponty de Grenoble*, (à paraître).
- PETITOT, J., 1993b. “Attactor Syntax”, *Conference on Dynamic Representations in Cognition*, Indiana University, (à paraître chez MIT Press).
- PETITOT, J., SMITH, B., 1991. “New Foundations for Qualitative Physics”, *Evolving Knowledge in Natural Science and Artificial Intelligence*, (J.E. Tiles, G.J. McKee, G.C. Dean eds.), 231-249, Pitman, London.
- POLI, R., 1992. *Ontologia formale*, Marietti, Genova.
- PPC, 1991. *Phénoménologie et Psychologie cognitive*, (E. Rigal ed.), *Les Etudes Philosophiques*, 1, 1991.
- PROUST, J., 1990. “De la difficulté d’être naturaliste en matière d’intentionnalité”, *RS [1990]*, 13-32.
- PYLYSHYN, Z., 1986. *Computation and Cognition*, Cambridge, MIT Press.
- RS, 1990. “Sciences cognitives : quelques aspects problématiques”, (J. Petitot ed.). *Revue de Synthèse*, IV, 1-2.
- SALANSKIS, J. M., 1991. *L’Herméneutique formelle : L’Infini – Le Continu – L’Espace*, Paris, Editions du CNRS.
- SCHOLTZ, E., 1992. “Riemann’s Vision of a New Approach to Geometry”, *CG [1992]*, 22-34.
- SCHUHMANN, K., SMITH, B., 1985. “Against Idealism : Johannes Daubert vs Husserl’s *Ideas I*”, *Review of Metaphysics*, 39, 763-793.
- SMITH, B., (ed.), 1982 . *Parts and Moments. Studies in Logic and Formal Ontology*, Philosophia Verlag, Analytica, Vienne.
- SMITH, B., (ed.), 1988, *Foundations of Gestalt Theory*, Philosophia Verlag, Munich.
- SMITH, B., MULLIGAN, K., 1982. “Parts and Moments : Pieces of a Theory”, *Smith (ed.) [1982]*, 15-109.
- SMOLENSKY, P., 1988. “On the Proper Treatment of Connectionism”, *The Behavioral and Brain Sciences*, 11, 1-23.
- SMOLENSKY, P., LEGENDRE, G., MIYATA, Y., 1992. *Principles for an Integrated Connectionist/Symbolic Theory of Higher Cognition*, Technical Report, Department of Computer Science, University of Colorado at Boulder.
- THOM, R., 1972. *Stabilité structurelle et Morphogénèse*, New York, Benjamin, Paris, Édiscience.

THOM, R., 1980. *Modèles mathématiques de la Morphogenèse*, Paris, Christian Bourgois.

VISETTI, Y.M., 1990. “Modèles connexionnistes et représentations structurées”, *Modèles Connexionnistes* (D. Memmi, Y.M. Visetti eds.), *Intellectica*, 9-10, 167-212.

WICKERHAUSER, M. V., 1991. *Lectures on Wavelet Packet Algorithms*, Technical Report, Department of Mathematics, Washington University.