

Qu'est ce que naturaliser la phénoménologie ?†

Jean Petitot

*Centre d'Analyse et de Mathématique Sociale
École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris*

Août 2022

Francisco était un grand ami, et notre compagnonnage a duré jusqu'à la fin. J'admirais énormément la façon inspirée dont il réussissait à synthétiser les neurosciences cognitives, les modèles dynamiques de l'activité cérébrale globale et la phénoménologie de la conscience. Sa force intellectuelle et spirituelle était extraordinaire et nous a tous profondément marqués. Les hommages auxquels j'ai participé entre 2001 et 2004 étaient bouleversants.¹

1. Spencer Brown

En fait, j'ai rencontré la réflexion de Francisco avant de le connaître. C'était dans les années 70. Je travaillais sur les modèles de morphogenèse de Thom et je cherchais à approfondir leurs applications à la perception (en phonétique, en vision) et au langage (en syntaxe structurale). Je cherchais à élaborer un structuralisme dynamique reprenant Jakobson, Lévi-Strauss et Greimas en termes de morphologies thomiennes. Le concept clé était celui de « différentiation » ou de « segmentation » au moyen de *discontinuités* qualitatives.

Je m'étais donc plongé dans les liens entre forme et structure, et j'avais été frappé par les travaux de George Spencer Brown (1923-2016), un mathématicien et ingénieur original disciple de Ronald Laing, qui avait publié en 1964 *The Laws of Forms*² où il développait une version des algèbres de Boole à partir d'une unique opération primitive de « distinction » (de différentiation, de séparation), au moyen d'un bord, d'une entité par rapport à son contexte (à son environnement, à son fond). Spencer Brown intéressa Heinz von Foerster, Humberto Maturana et un certain Francisco Varela. Il joua un rôle important dans l'élaboration de la théorie de l'auto-poïèse comme théorie dialectique et, en 1979, Francisco lui a consacré un article « The extended calculus of indications interpreted as a three-valued logic »³.

Dans les années 70, nous faisons partie de la même constellation scientifique, avec les remarquables progrès, et aussi les controverses, venant de René Thom, Ilya Prigogine, Henri Atlan et Jean-Pierre Dupuy. On se souvient des colloques inoubliables de Cerisy sur ces thèmes⁴. Mais c'est dans les années 80 que nous sommes devenus proches et cela, grâce

† À paraître dans les actes du Colloque du Centre de Cerisy, *Francisco Varela. Une pensée actuelle*, 13-19 août 2022.

1 Journée *La nature de l'esprit, Hommage à Francisco Varela*, Collège International de Philosophie, Cité Universitaire, Paris, 13 octobre 2001. *De l'autopoïèse à la Neurophénoménologie*, Colloque en hommage à Francisco Varela, Ministère de la Recherche, Paris, 23-24 juin 2003. *From Autopoiesis to Neurophenomenology*, Conférence en hommage à Francisco Varela, Sorbonne, Paris, 18-20 juin 2004. Les colloques de 2003 et 2004 ont été organisés par Paul Bourguin.

2 Spencer-Brown, G., (1969). Les références sont dans la Bibliographie.

3 Varela (1979).

4 Sur René Thom : *Logos et Théorie des catastrophes* (1982). Sur Ilya Prigogine : *Temps et Devenir* (1983). Sur Henri Atlan :

à Jean-Pierre Dupuy et au CREA qu'il avait fondé en 1982 à l'École Polytechnique, et que Francisco avait rejoint pour s'installer en France en 1986. Un autre scientifique chilien remarquable était d'ailleurs lié au CREA, Éric Goles, qui dirigea plus tard le CONICYT (le CNRS chilien) et l'Institut des Systèmes Complexes de Valparaiso.

De mon côté, je m'intéressais de plus en plus aux neurosciences cognitives. Je faisais partie de l'équipe que Michel Imbert avait mise en place pour le premier DEA de Sciences Cognitives à l'Université de Paris 6/EHESS/École Polytechnique, et lorsque Daniel Andler a créé une équipe de sciences cognitives au CREA, j'ai rejoint le centre avec Paul Bourguin qui était mon camarade de promo à l'X, et qui est également devenu très proche de Francisco pour tout ce qui concernait les systèmes complexes et la vie artificielle.

Ainsi s'est nouée, pendant cette période CREA-LENA, une très forte collaboration avec Francisco autour des neurosciences intégratives et computationnelles, de leurs modèles et de leurs problèmes épistémologiques. J'aimerais en dire quelques mots, avant que d'en venir à la phénoménologie.

2. Les neurosciences

Francisco s'intéressait en particulier, c'est bien connu, aux dynamiques neuronales *globales*, qui sont des dynamiques non-linéaires complexes définies sur des espaces de très grande dimension, possédant de nombreuses propriétés chaotiques, mais dont certains aspects sont néanmoins accessibles à l'observation. Pour ce faire, il a utilisé des outils permettant de reconstruire de telles dynamiques à partir des *séries temporelles* des mesures fournies par des signaux neuronaux appropriés, outils mis au point, sur la base de travaux précurseurs de Stephen Smale, René Thom, David Ruelle et Christopher Zeeman sur les systèmes dynamiques complexes, par Floris Takens, James Crutchfield et d'autres mathématiciens⁵.

Francisco a en particulier étudié les phénomènes de *synchronisation* de neurones à grande échelle sur lesquels reposent les relations de *liage* (de *binding*). Dans des aires corticales comme celles du cortex visuel primaire, les *synchronisations temporelles* neuronales codent la *cohérence spatiale* des perceptions. Elles sont bien établies⁶. Mais lorsque l'on considère les modèles mathématiques standard de synchronisation d'oscillateurs (Kuramoto, Daido, Ermentrout, Kopell, etc.⁷), on constate que le processus de synchronisation est *trop lent* pour expliquer les résultats expérimentaux. Toutefois, avec Heinz Schuster, Francisco a montré comment des oscillateurs neuronaux de type Hodgkin-Huxley ou Fitzhugh-Nagumo pouvaient être *rapidement* synchronisés. Ce qui est un résultat tout à fait important⁸. Ainsi, l'intégration globale de grande échelle et ses propriétés émergentes, l'incarnation au sens de l'*embodiment* et l'efficacité causale de la conscience constituent le fil directeur de l'article co-rédigé avec Evan Thompson, « Synchronies neuronales et unité de l'esprit : une perspective neuro-phénoménologique », publié dans *Le*

Déterminisme et Complexité (2004). Sur Jean-Pierre Dupuy : *De l'auto-organisation au temps du projet* (2007).

5 Cf. par exemple ; Ruelle-Takens (1971).

6 Cf. les expériences de Gray, Singer, König, etc., avec qui Francisco a d'ailleurs collaboré. Gray et al. (1989).

7 Cf. Petitot (2008) Chapitre 8.

8 Cf. par exemple Le Van Quyen, Schuster, Varela (1996).

Cercle Créateur)⁹.

Nous avons beaucoup interagi sur ces thèmes : Francisco a participé au numéro spécial de la *Revue de Synthèse* que j'ai organisé en 1990 sur « Sciences Cognitives : quelques aspects problématiques »¹⁰. Nous avons co-organisé au CREA en 1992, avec André Orléan, un séminaire intitulé « Systèmes dynamiques. Phénomènes coopératifs et collectifs ». Par ailleurs, Francisco est venu parler des « Dynamiques lentes/rapides et fonctions cognitives » à mon Séminaire de l'EHESS en 1994. Enfin, au LENA, j'ai pu rencontrer Jacques Martinerie, Jean-Philippe Lachaux, Michel Le Van Quyen, ainsi que plusieurs de ses doctorants. Y repenser est pour moi très émouvant, car certaines soutenances (celles de Diego Cosmelli et d'Antoine Lutz) ont eu lieu hélas après la disparition de Francisco, et j'en ai assumé le rôle de directeur administratif.

3. Vers l'épistémologie

Francisco a été l'un des pionniers de la thèse, aujourd'hui largement admise mais largement refusée par les milieux cognitivistes dominants dans les années 1980, selon laquelle le cerveau n'est pas une machine computationnelle qui traite l'information fournie par les stimuli sensoriels afin de représenter un monde déjà donné, mais au contraire un organe *situé* dans un contexte, incarné dans un corps et entretenant une relation *énactive* avec son environnement. A cet égard, la *conscience* est la conscience d'un agent incarné et situé, et non pas une pure propriété des activités neuronales.

Le débat sur la causalité mentale est ancien et considérable. A l'époque, il opposait des positions philosophiques allant de dualismes cartésiens matière/esprit comme le dualisme « naturaliste » de David Chalmers jusqu'à des thèses physicalistes « éliminativistes » comme celles de Paul Churchland (avec sa « neurophilosophie » ou de Dan Dennett (avec son anti-cartésianisme primaire), thèses selon lesquelles le mental s'identifie au neuronal, et où l'esprit n'a aucune réalité. Il y avait aussi tout un spectre de positions intermédiaires de type épi-phénoménaliste.

Ces positions dogmatiques Thèse/Antithèse ramènent à une antinomie dialectique un problème scientifique particulièrement délicat, celui des différents niveaux de réalité intervenant dans les processus d'émergence comme ceux de synchronisation, où un grand nombre d'interactions de bas niveau détermine des propriétés « macroscopiques » émergentes de haut niveau. Même si la causalité *matérielle* est purement ascendante, il existe néanmoins une *autonomie théorique* des niveaux supérieurs, et ceux-ci ne sont donc pas épi-phénoménaux. En ce sens, l'émergence élargit le concept de causalité naturelle. Mais en quel sens exactement ? Causalité finale ? Boucle causale ?

Le problème est celui de la causalité descendante (*global-to-local downwards causation*). Il s'agit d'une causalité non-matérielle concernant la façon dont des paramètres globaux de haut niveau peuvent, dans les mécanismes d'auto-organisation et d'auto-poïèse, changer les dynamiques de bas niveau, et ce, au moyen de contraintes contextuelles.

⁹ Varela (2017), trad. fr. par Jean-Philippe Lachaux.

¹⁰ RS (1990). Contributions de : Joëlle Proust, Jean-Pierre Desclés, Massimo Piatelli, Daniel Andler, Francisco Varela, Jean Petitot.

4. Épistémologie de la cognition

Au niveau épistémologique, ces approches dynamiques et éenactives, alternatives aux approches symboliques et fonctionnalistes du cognitivisme classique (la théorie dite computationnelle de l'esprit représentée par exemple par Jerry Fodor) conduisirent Francisco à de nombreux débats. Il refusait la thèse computationnaliste selon laquelle seule la *syntaxe* des processus mentaux peut être réalisée par un organisme biophysique comme le cerveau, les structures *sémantiques* étant par conséquent épi-phénoménales.

Je me souviens de chauds débats entre lui et Daniel Dennett à ce sujet début juin 1991, lors du colloque « Phenomenological and Existential Issues in Modern Cognitive Science », dans le Centre dirigé par Umberto Eco à l'Université de San Marino. Pour Francisco, de telles thèses n'étaient pas plausibles et, comme il aimait à le dire, elles étaient coupées de leurs « racines biologiques ». Elles ne pouvaient tout au plus que décrire des compétences au moyen de règles formelles, et non pas expliquer causalement des performances. Il rejoignait sur ce point Gerald Edelman, Edelman qui eut d'ailleurs l'année suivante, en décembre 1992, une controverse historique avec Jerry Fodor, également à San Marino, lors d'un colloque organisé par Massimo Piatelli « Brain and Cognitive Processes ».

Francisco critiquait avec force les thèses *représentationalistes* et le présupposé d'un monde objectif *pré-donné* qui serait représenté par le sujet. Dans son approche éenactive, les propriétés qui sont pertinentes pour un système cognitif ne lui pré-existent pas, mais sont *produites* par les interactions entre le système et son environnement. C'est leur couplage qui éenacte un monde externe signifiant pour le système. Ici, les affinités sont profondes avec, par exemple, la théorie de l'*Umwelt* de von Uexküll, la thèse de la constitution transcendante des objectivités dans la phénoménologie husserlienne, ou l'*écologie* de la perception de James Gibson¹¹.

5. Phénoménologie et géométrie

J'en viens donc maintenant à l'autre grand domaine dans lequel s'est nouée une profonde proximité avec Francisco, celui de la *phénoménologie*.

Ce que Francisco proposa d'appeler « neuro-phénoménologie » repose sur l'idée que les résultats expérimentaux « objectifs » des neurosciences cognitives et les expériences « subjectives », vécues en première personne, opèrent les uns par rapport aux autres selon des « contraintes réciproques ». Cela permet de dépasser l'antinomie opposant un objectivisme en troisième personne à un subjectivisme en première personne¹².

De mon côté, depuis le tout début de mes recherches au tournant des années 1960-70, j'avais montré que la morphologie thomienne permettait de *mathématiser* beaucoup des descriptions eidétiques de la perception élaborées par Husserl, des *Recherches Logiques*¹³

11 Cf. *The Embodied Mind*, Varela, Rosch, Thompson. (1992).

12 Cf. Varela (1996).

13 Husserl (1900-1901). Abrégé RL.

jusqu'aux *Idées directrices...I*¹⁴ en passant par *Chose et espace*¹⁵. Par exemple, cela concernait la théorie du flux temporel « héracitéen » des « esquisses » (*Abschattungen*), en relation avec la kinesthésie et le corps propre. L'enjeu était pour moi important, car Husserl, qui était à l'origine un excellent mathématicien, doctorant et disciple de Weierstrass, ami de Cantor et de Hilbert et maître de Hermann Weyl en philosophie, avait souvent affirmé que, pour des raisons de *principe*, une géométrie des morphologies naturelles (ce qu'il appelait les « essences morphologiques 'vagues' ») était *impossible*, les mathématiques étant nécessairement axiomatiques.

Ce point capital engage dans une certaine mesure le destin *scientifique* de la phénoménologie. Pour Husserl, « les configurations d'essence de toutes les données intuitives comme telles » *ne sont pas* des « concepts exacts et idéaux », et elles sont par là même non 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 *sui generis* »¹⁶.

Et l'anti-naturalisme de Husserl était en grande partie fondé sur cette thèse. Une eidétique descriptive *mathématique* de la perception étant impossible, il fallait une eidétique descriptive *alternative*, une phénoménologie introspective fondée sur des vécus en première personne, une eidétique des vécus purs.

L'attitude de Husserl est très énigmatique. Il connaissait très bien la physique mathématique, source d'un nombre considérable de *modèles* mathématiques depuis Newton. Avec Hermann Weyl et Oskar Becker, il avait travaillé sur la Relativité Générale et ses modèles de géométrie riemannienne avec courbure de Ricci. Il avait suivi les débuts de la Mécanique Quantique avec la mathématisation en termes d'opérateurs de Heisenberg-Dirac. Et il savait très bien que cet univers de modèles n'était pas pour autant une *axiomatisation* de la physique. En effet, il connaissait très bien Hilbert, et il savait pertinemment que l'axiomatisation de la physique était précisément le 6^{ème} des 23 problèmes présentés par Hilbert lors du « Congrès International des Mathématiciens » de 1900 à Paris. Les théories physiques ont été partiellement axiomatisées depuis, mais le problème de l'axiomatisation reste encore largement ouvert aujourd'hui, au-delà des modèles (avec, par exemple, la gravité quantique).

Donc, même s'il affirmait qu'une *axiomatisation logique* des « essences morphologiques vagues » était impossible, Husserl n'avait *aucune raison de principe* d'affirmer que, du coup, leur *modélisation géométrique* était également impossible. Et c'est précisément cette affirmation que sont venus infirmer les nombreux modèles morphologiques de toute sorte (bifurcations, phénomènes critiques, structures dissipatives, dynamiques synergétiques, chaos auto-organisé, etc., etc.) aujourd'hui développés dans de nombreuses disciplines. On peut dire qu'il existe désormais une « *phéno-géométrie* »¹⁷.

14 Husserl (1913).

15 Husserl (1907). Abrégé CE.

16 RL III, §9, p. 28/245.

17 Cf. par exemple Petitot (1994).

A partir du milieu des années 80, j'ai beaucoup travaillé en neurosciences cognitives avec Francisco, Michel Imbert, Yves Frégnac, Alain Berthoz, Jean Lorenceau et de nombreux autres collègues. Et plus j'approfondissais les neurosciences cognitives en relation avec la phéno-géométrie morphologique, plus j'étais convaincu qu'elles constituaient l'apport scientifique expérimental et mathématique, inimaginable à l'époque de Husserl, permettant de *naturaliser* la phénoménologie de la perception. C'est dans cette optique que j'ai organisé à partir de 1993 avec Jean-Michel Roy, aux Archives Husserl de l'École Normale Supérieure, ainsi qu'avec Bernard Pachoud, le séminaire « Phénoménologie, Cognition et Morpho-dynamique », consacré à la Naturalisation de la Phénoménologie.

Francisco, qui mettait parallèlement en place la neuro-phénoménologie avec Natalie Depraz, John Stewart et Claire Petitmengin, devint très vite, dès 1994, un co-organisateur du séminaire. Et c'est de ce séminaire qu'est issu, après un magnifique colloque organisé à Bordeaux en 1995 par Jean-Michel Roy, intitulé « Actualité cognitive de la phénoménologie. Les défis de la naturalisation », notre ouvrage collectif *Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science*, paru en 1999 à Stanford University Press¹⁸. Francisco joua un rôle essentiel dans cette publication, puisque c'est grâce à ses liens avec les directeurs de collection, Timothy Lenoir et Hans Ulrich Gumbrecht, que l'ouvrage est paru. Notons que dans l'ouvrage, l'article de Francisco « The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness »¹⁹ présente fort bien ses thèses. Par ailleurs, dans mon article de synthèse, « Eidétique morphologique de la perception »²⁰, je reviens sur plusieurs exemples concernant :

- (i) la description husserlienne des relations de dépendance entre extension spatiale et qualités sensibles donnée par Husserl dans la troisième *Recherche Logique* ;
- (ii) les liens entre géométrie, vision et contrôle kinesthésique développés dans *Chose et espace* ;
- (iii) la perception par esquisses telle qu'elle est décrite en particulier dans les *Idées directrices, I*.

Je rappelle dans cet article comment tous ces éléments d'eidétique husserlienne sont modélisables géométriquement. Ces modèles géométriques font intervenir des concepts de géométrie différentielle assez sophistiqués, tels ceux de forme différentielle, de fibration, de stratification, de théorie des singularités, de théorie du contrôle, de géométrie de contact ou de géométrie symplectique. La thèse est qu'une naturalisation des descriptions eidétiques de la phénoménologie est possible, et peut s'accomplir en deux étapes, la première concernant la modélisation mathématique de ces descriptions, et la seconde traitant de l'implémentation neuronale des structures géométriques ainsi obtenues.

Comme je l'ai dit, la première étape a été élaborée pendant les années 1970-1980. C'est en travaillant les résultats extraordinaires sur les architectures fonctionnelles des aires corticales visuelles primaires obtenus à partir du début des années 1990 par les techniques de *brain imaging* d'Amiram Grinvald et de Tobias Bonhöffer²¹ qu'on a pu développer ce que

18 NP (1999).

19 Varela (1999).

20 Petitot (1999) et (2004).

21 Bonhöffer, T., Grinvald, A., (1991), "Iso-orientation domains in cat visual cortex are arranged in pinwheel-like patterns", *Nature*, 353 (1991) 429-431.

j'ai appelé la « neurogéométrie », qui réalise la deuxième étape²². Ces méthodes dites de « *in vivo* optical imaging based on activity-dependent intrinsic signals » utilisent le fait que l'activité métabolique des couches corticales change leurs propriétés optiques : la fluorescence produite par l'absorption différentielle d'oxyhémoglobine et déoxyhémoglobine est un indice de la dépolarisation locale des neurones.

On a obtenu ainsi d'étonnants résultats, absolument révolutionnaires et inimaginables tant que le cerveau était une « boîte noire », sur les *architectures fonctionnelles* des aires visuelles primaires. On a pu commencer à *géométriser* la façon dont des traits géométriques *locaux* comme des orientations de bord pouvaient être *intégrés* en structures géométriques *globales* comme des *contours apparents*. Ces traits locaux sont détectés par les profils récepteurs de neurones visuels spécifiques (le profil récepteur est le petit domaine de la rétine auquel un neurone cortical visuel est relié par les connexions de la voie rétino-géniculo-corticale qui va de la rétine au cortex visuel primaire à travers le relai du corps genouillé latéral). L'intégration se fait à travers des systèmes spécifiques de connexions cortico-corticales de longue portée implémentant des structures différentielles non triviales.

J'ai commencé à discuter de tout cela avec Francisco à partir de la fin des années 90, mais le destin ne nous a pas permis de continuer ce dialogue. C'est l'un de mes plus grands regrets.

6. Le flux du vécu et la synthèse cinétique

Je reviens un instant à la phénoménologie pure. Permettez-moi de dire un mot sur le concept husserlien de noème. Comme l'explique Rudolf Bernet dans « Le concept husserlien de noème »²³, le noème possède une *triple* idéalité :

- (i) L'apparence noématique : l'objet tel qu'il est donné intuitivement dans la synthèse cinétique de la multiplicité de ses esquisses. Il ne s'agit pas de sens intentionnel, mais de présentation, d'« exposition », de *Darstellung*, d'apparaître. Son idéalité est morphologique.
- (ii) Le sens noématique. C'est un contenu catégorial et propositionnel relevant du *jugement*. Il fait intervenir les catégories et les formes syntaxiques de la signification. Son idéalité est logique.
- (iii) Le noème comme objet = X (comme chez Kant), en tant qu'unité constituante, pôle d'identité et unité des règles et des connexions synthétiques des apparences. Son idéalité est transcendante.

Il est évidemment essentiel d'éviter l'amphibologie de ces trois dimensions (c'est-à-dire la confusion du sens et du phénomène, de l'intention et de l'intuition). C'est l'apparence noématique qui est géométrisable, contrairement à ce qu'affirmait Husserl. Le point crucial est qu'elle s'origine dans *les enchaînements réglés du flux des esquisses*. C'est l'ordre temporel immanent des vécus qui, par ses règles, se révèle constituant d'objectivité. La synthèse passive de la donation sensible pré-judicative et antéprédicative sert de fondement aux actes logiques et judicatifs. Les perceptions exposantes ne présentent que des aspects partiels — des esquisses, donc — des objets qui s'y exposent. Il faut donc pour les

²² Petitot (2008).

²³ Bernet (1991).

perceptions exposantes une « synthèse d'identification » et une « conscience d'identité » garantissant que différentes esquisses sont les esquisses d'un *même* objet. C'est là qu'opère le noème au sens transcendantal. L'objet ne peut donc pas être une composante *réelle* des vécus où il s'esquisse. Il n'en est qu'une composante intentionnelle. La donation de l'objet ne s'effectue jamais « sur le mode d'un objet auto-posé ». Son inadéquation et son incomplétude d'essence impliquent son essence temporelle comme flux et constituent l'origine phénoménologique de l'intentionnalité perceptive comme rapport à un objet externe.

Comme cela est bien expliqué dans *Chose et espace*, cette problématique relève de :

la grande tâche (...) de pénétrer le plus profondément possible dans la « création » phénoménologique tridimensionnelle, ou, si l'on veut, dans la constitution phénoménologique du corps identique de la chose par la multiplicité de ses apparitions²⁴.

Selon Husserl, ce serait une « monstrueuse présomption » que de croire qu'il existe des réponses simples à ces problèmes, car « sans exagération », « [ils] sont au nombre des plus difficiles dans le domaine de la connaissance humaine. »²⁵

7. La perception par esquisses

« L'identité effective de l'objet qui apparaît » ne peut donc pas se concevoir à partir de présentations isolées. Comme « identité de sens » noématique de nature *logique*, elle relie entre elles les différentes perceptions esquissant une même chose. Mais elle présuppose la possibilité de passer de façon *continue* d'une esquisse à une autre :

Ce n'est que lorsque, dans l'unité de l'expérience, le passage continu d'une perception à l'autre est garanti, que nous pouvons parler de l'évidence selon laquelle l'identité est donnée²⁶.

Autrement dit, *l'identité logique est subordonnée à la variation continue*. La synthèse logique de l'identité présuppose la synthèse cinétique qui, seule, relève de l'intuition donatrice originaire. Cette synthèse cinétique est celle d'enchaînements réglant phénoménologiquement l'apparence noématique. D'où le rôle central des *kinesthèses*, correspondant, pour la vision, à trois classes de mouvements: les mouvements oculaires, les mouvements du corps, les mouvements des objets.

Je n'ai géométrisé que la théorie des kinesthèses dans *Chose et espace*. Elles fonctionnent comme des contrôles temporels de flux d'esquisses présentatrices d'objets (des « chemins » kinesthésiques comme dit Husserl). Dans ses réflexions ultérieures, Husserl a d'ailleurs considérablement approfondi le concept de kinesthèse²⁷.

Mais les chemins temporels que sont les flux d'esquisses ne permettent de constituer des objets par synthèse cinétique que si l'on peut suivre un *même point* d'image dans le flux des images. Ce problème crucial et difficile est traité par Husserl au moyen du concept remarquable de « rayon intentionnel » :

24 CE, p. 189/154.

25 CE, p. 191/156.

26 CE, p. 190/155.

27 Sur ce point, cf. les travaux de référence de Jean-Luc Petit. Par exemple Petit (2010).

Les rayons intentionnels qui traversent les images actuellement données (...) rattachent en une conscience d'unité des points *correspondants* des images qui se transforment continûment l'une en l'autre (...) Les points qui se trouvent sur le même rayon intentionnel exposent par leurs contenus un seul et même *point d'objet*²⁸.

On peut géométriser ces descriptions eidétiques. Il s'agit exactement de ce qu'on appelle des « recollements » « de données par des *isomorphismes locaux* de recollement, qui sont les « correspondance » entre « points correspondants », c'est-à-dire, exactement, des rayons intentionnels²⁹.

8. La phénoménologie comme problème inverse

Husserl explique comment le complexe kinesthésique, les recollements de morceaux d'images 2D par des rayons intentionnels, la stéré-opsie engendrant la troisième dimension, constituent l'espace 3D \mathbf{R}^3 à partir du flux des esquisses. Et il remarque que, une fois celui-ci constitué, on peut *inverser* l'ordre de dépendance entre le constituant et le constitué et considérer que les esquisses sont les projections sur le champ visuel des objets de \mathbf{R}^3 . Du coup, ce qui est premier dans l'ordre de la constitution phénoménologique devient second dans l'ordre de la causalité objective et vice versa. Nous rencontrons ici un exemple *princeps* de l'inversion de priorités qui existe entre l'approche phénoménologique fondée sur l'*époché* et l'approche objectiviste de l'attitude naturelle.

Cela montre que Husserl avait compris qu'il s'agit de ce que l'on appelle un *problème inverse*. Le problème *direct*, simple, celui de l'attitude naturelle, consiste à calculer les esquisses d'un objet à partir de la donnée de l'objet considéré comme déjà là. Les mouvements de l'objet induisent alors des flux d'esquisses. Le problème *inverse*, extrêmement difficile, celui de l'attitude phénoménologique *et aussi celui des neurosciences*, consiste au contraire à constituer des objets individués à partir de flux d'esquisses partielles, incomplètes et lacunaires.

Husserl insiste beaucoup sur cette inversion de perspective — propre à l'attitude naturelle objectiviste — qui devient possible une fois que l'espace 3D et ses objets sont devenus disponibles en tant que constitués. Je trouve la citation suivante extraordinaire : « Il en ira donc, *d'un point de vue formel*, pour ces diverses [esquisses] exactement comme pour les projections d'un corps géométrique sur un plan. »³⁰

Il est très important que l'attitude phénoménologique soit à l'attitude naturelle ce qu'un problème inverse est à un problème direct. *L'époché* est le nom de l'inversion d'attitude. Or, les neurosciences de la perception cherchent précisément à expliquer comment le cerveau résout le problème *inverse* de l'action causale de l'objectivité externe sur les organes sensoriels et perceptifs. L'affinité avec la phénoménologie est claire.

On a donc l'attitude objectiviste naturelle qui correspond à des problèmes directs, et des problèmes inverses qui se dédoublent entre attitude phénoménologique (expérience

28 CE, p. 230/191 et p. 238/198, je souligne.

29 Cf. Petitot (1999) et (2004).

30 DR, p. 285/241.

vécue en première personne³¹) et neurosciences cognitives (expérimentation scientifique troisième personne). La neuro-phénoménologie coordonne les deux : elle les oppose mais, en même temps, les réunit comme *double attitude inverse* de l'attitude naturelle.

9. L'exemple des contours apparents

Une façon très simple de comprendre les subtilités de la perception par esquisses est de prendre l'exemple géométrique des *contours apparents* (notés par après CAs) d'objets. On y voit très bien la façon dont la détermination complète de la donation de l'objet ne peut être que *temporelle* à travers des flux d'esquisses incomplètes renvoyant intentionnellement les unes aux autres dans un horizon de co-donation jamais actualisable.

Géométriquement, le problème husserlien de l'équivalence entre un objet T plongé dans l'espace ambiant \mathbf{R}^3 et la famille infinie (l'espace fonctionnel) de ses CAs est un *problème inverse* hautement non-trivial. Le problème direct est : étant donné l'objet T (une surface) dans \mathbf{R}^3 , un plan de projection P et une direction de projection π , il s'agit de construire le CA relativement à la projection. Il fait déjà intervenir des concepts mathématiques subtils. En effet, le CA est la projection sur P du *lieu singulier* sur T de cette projection, autrement dit, le lieu des points de T où la direction de projection est tangente à T .

Grâce à la théorie des singularités (en particulier aux travaux de H. Whitney, R. Thom, J. Mather, V. Arnold, etc.³²), on sait classer les singularités qui peuvent apparaître *génériquement* dans les CAs. Si l'on considère maintenant l'espace V des projections (i.e. des points de vue), on peut étudier l'évolution temporelle du CA de l'objet T lorsque l'on se déplace dans V le long de chemins kinesthésiques. On étudie d'abord la façon dont V est décomposé en domaines, chaque domaine correspondant à des CAs de *même type qualitatif*. Ce que l'on appelle un *aspect*. Un aspect étant une valeur centrale générique d'un type qualitatif, on retrouve exactement ce que Husserl appelait une esquisse *typique*.

On voit que la géométrie de la forme de l'objet T *catégorise* l'espace des points de vue V en catégories regroupant chacune les occurrences (*tokens*) d'un même *type* de CA. Cette *catégorisation des esquisses en aspects* s'appelle le *graphe d'aspects* G_T de T . Il y a *équivalence* entre T et G_T . La donnée de T engendre G_T : c'est le problème direct. Réciproquement, la question est de savoir si la donnée de G_T permettant de reconstruire T est le problème *inverse* (beaucoup plus difficile) : celui de l'apparence noématique. Cette équivalence géométrique $T \Leftrightarrow G_T$ est la version mathématique de la loi eidético-constitutive husserlienne³³.

10. Les corrélats neuronaux de la conscience phénoménale

La géométrisation de l'eidétique descriptive de la phénoménologie de la perception permet alors de revenir de façon nouvelle sur le fossé explicatif (« explanatory gap »³⁴) entre :

31 "Première personne" au sens structurel et générique du vécu husserlien et non pas au sens de l'expérience concrète d'un sujet singulier.

32 Un texte de référence (technique) est Thom (1955).

33 Cf. Petitot (1999) et (2004).

34 Levine, (1983).

- (i) la biophysique des réseaux de neurones ;
- (ii) les traits qualitatifs de l'expérience consciente en première personne (la conscience phénoménale).

Comme on le sait, cette question est au cœur de la neuro-phénoménologie de Francisco, et j'aimerais pour conclure en dire un mot.

Le problème de l'émergence de la conscience visuelle intrique deux sous-problèmes complètement différents (d'où sa difficulté) :

- (i) l'émergence de macrostructures E à partir de mécanismes physiologiques sous-jacents dans un substrat neuronal micro N ,
- (ii) l'accord ou *matching* entre certaines macrostructures émergentes E et certaines expériences phénoménales conscientes C .

Pour ne prendre qu'un exemple : Alva Noé et Evan Thompson ont publié en 2004 dans le *Journal of Consciousness Studies* un *target paper* intitulé : « Are there neural correlates of consciousness ? »³⁵ Ils utilisent la définition suivante, due à Chalmers, des corrélats neuronaux de la conscience (NCC) :

An NCC (for content) is a minimal neural representational system N such that representation of a content in N is sufficient, under conditions C , for representation of that content in consciousness. (Chalmers, 2000, p.31)³⁶

Ils y affirment entre autres, en utilisant le concept de champ récepteur des neurones (RF = *receptive field*), que « RF-content is too thin to sustain a match with perceptual experience. » (p. 90)³⁷, et que « It is difficult to see how a structural coherence could be built up (...) out of RF-contents atoms. » (p. 14)³⁸

Mais précisons un peu l'argument d'un gap N/C à partir de l'exemple des contours apparents. Si l'on cherche à corrélérer directement C (l'esquisse perceptive comme vécu) avec N , on rencontre de grands obstacles, car l'émergence s'intrique avec l'opposition « objectivité à la troisième personne » / « subjectivité à la première personne ».

Une réponse émergentiste au problème des NCC ne peut être philosophiquement clarifiée que si une émergence éventuelle $N \rightarrow C$ peut d'abord être « factorisée » (comme diraient les mathématiciens) à travers un niveau macro naturel E ne mettant pas en jeu des vécus subjectifs. La factorisation $N \rightarrow C = N \rightarrow E$ (verticale) $E \leftrightarrow C$ (horizontale) dés-intrique en effet le problème.

- (i) L'émergence « verticale » $N \rightarrow E$ est naturaliste (géométrie des contours apparents). Le

35 Noé-Thompson (2004).

36 «Un corrélat neuronal de la conscience pour un contenu [mental] est un système de représentation neuronale minimal N tel que la représentation d'un contenu dans N soit suffisante, sous des conditions C , pour la représentation de ce contenu dans la conscience.»

37 «Le contenu d'un champ récepteur est trop fin pour assurer une correspondance avec l'expérience perceptive.»

38 «Il est difficile de voir comment une cohérence structurelle pourrait être construite (...) à partir d'atomes de contenu de champs récepteurs.»

problème qu'elle pose n'est pas un problème de naturalisation des vécus subjectifs, mais le problème qui consiste à dériver E de N . Or, il existe une foule de travaux expérimentaux montrant comment des profils récepteurs et des connexions neuronales peuvent implémenter des contours apparents. C'est un domaine essentiel de la neuro-géométrie.

(ii) L'accord « horizontal » $E \Leftrightarrow C$ (le contour apparent géométrique et l'esquisse vécue) pose un problème de *matching* de contenus représentationnels, mais pas de problème d'émergence.

Dans cet exemple, le macro-niveau naturaliste E est morphologique-géométrique (phéno-géométrique). Et c'est précisément son caractère géométrique, qui n'est plus biophysique et peut être en accord avec un vécu perceptif, qui apporte une solution à l'*explanatory gap*. En l'absence du niveau E , la question d'une émergence possible $N \rightarrow C$ devient insoluble, mais, en présence de E , elle se ramène à une question *très différente* et beaucoup plus abordable, celle de la corrélation entre vécus spatiaux et géométrie. Ce que Kant appelait déjà dans sa célèbre note au §26 de la Dédution Transcendantale, à propos de l'Esthétique Transcendantale, le lien entre les « formes de l'intuition » (vécu subjectif) et les « intuitions formelles » (géométrie)³⁹.

J'aurais vraiment voulu pouvoir discuter de tous ces sujets avec Francisco, qui était un incomparable compagnon de route.

Bibliographie

Bernet, R.,(1991), “Le concept husserlien de Noème in Phénoménologie et psychologie cognitive”, *Les Études Philosophiques*, 1 (1991) 79-100.

Bonhöffer, T., Grinvald, A., (1991), “Iso-orientation domains in cat visual cortex are arranged in pinwheel-like patterns”, *Nature*, 353 (1991) 429-431.

Chalmers, D.J. (2000), “What is a neural correlate of consciousness?”, *Neural Correlates of Consciousness: Empirical and Conceptual Questions* (T. Metzinger, ed.), The MIT Press, Cambridge, MA, 2000.

Gray, C.M., Konig, P., Engel, A.K., Singer, W., (1989), “Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronization which reflects global stimulus properties”, *Nature*, 338 (1989) 334-337.

Husserl, E., (1900-1901), *Logische Untersuchungen*, Max Niemeyer, Halle, 1913. Ed. française *Recherches Logiques*, (trad. H. Elie, A. Kelkel, R. Schérer), Presses Universitaires de France, Paris, 1961.

Husserl, E., (1907). *Ding und Raum*, Vorlesungen 1907, *Husserliana XVI*, Martinus Nijhoff, La Hague, 1973, *Chose et Espace*, trad. J.-F. Lavigne, Paris, P.U.F., 1989.

Husserl, E., (1913). *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*, *Husserliana III-IV*, , Martinus Nijhoff, La Hague, 1976. Trad. française *Idées Directrices pour*

³⁹ Kant, E., (1781-1787).

une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures, (trad. Paul Ricœur), Gallimard, Paris, 1950. Nouvelle trad. *Idées directrices pour une phénoménologie pure et une philosophie phénoménologique*, (trad. Jean-François Lavigne), 2018.

Kant, E., (1781-1787), *Kritik der reinen Vernunft*, Kants gesammelte Schriften, Band III, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1911. Trad. dans *Œuvres philosophiques* (F. Alquié ed.), Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, Paris, 1980-1986.

Le Van Quyen, M., Schuster, H., Varela, F., (1996), “Fast dynamic coupling from slow neuronal oscillators”, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 06/10 (1996) 1807-1816.

Levine, J., (1983), “Materialism and qualia: the explanatory gap”, *Pacific Philosophical Quarterly*, 64 (1983) 354–361.

Noé, A., Thompson, E., (2004), “Are there neural correlates of *consciousness*?”, *Journal of Consciousness Studies*, 11/1 (2004) 3–28.

NP, (1999), *Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science*, (J. Petitot, F. Varela, J.-M. Roy, B. Pachoud, eds), Stanford University Press, 1999. Trad. française, *Naturaliser la phénoménologie*, CNRS Editions, Paris, 2002.

Petit, J.-L., (2010), “Intention in Phenomenology and Neuroscience: Intentionalizing Kinesthesia as an Operator of Constitution”, *Naturalizing Intention in Action* (F. Grammont, D. Legrand, P. Livet, Eds), The MIT Press, Cambridge, MA, 2010, 269-292.

Petitot, J., (1994), “Phénoménologie computationnelle et objectivité morphologique”, *La connaissance philosophique. Essais sur l'œuvre de Gilles-Gaston Granger*, (J. Proust, E. Schwartz eds.), 213-248, Paris, PUF.

Petitot, J., (1999), “Morphological Eidetics for Phenomenology of Perception”, *NP 1999*, 330-371.

Petitot, J., (2004), “Géométrie et Vision dans *Ding und Raum* de Husserl”, *Des lois de la pensée aux constructivismes* (M.-J. Durand-Richard ed.), *Intellectica*, 39 (2004) 139-167.

Petitot, J., (2008), *Neurogéométrie de la vision. Modèles mathématiques et physiques des architectures fonctionnelles*, Les Editions de l'Ecole Polytechnique, Distribution Ellipses, Paris, 2008.

RS, (1990), “Sciences Cognitives : quelques aspects problématiques”, *Revue de Synthèse*, 1/2, 1990.

Ruelle, D.; Takens, F. (1971), “On the nature of turbulence”, *Communications in Mathematical Physics*, 20/3 (1971) 167–192.

Spencer-Brown, G., (1969), *The Laws of Forms*, Allen & Unwin, London, 1969.

Thom, R., (1955), “Les singularités des applications différentiables”, *Annales de l'Institut Fourier*, 6 (1955) 43-87.

Varela, F., (1979), "The extended calculus of indications interpreted as a three-valued logic", *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 20/1 (1979) 141-146.

Varela, F., Rosch, E., Thompson, E., (1992), *The Embodied Mind*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1992.

Varela, F., (1996), "Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem", *Journal of Consciousness Studies*, 3/4 (1996) 330-349.

Varela, F., (1999), "The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness", *NP1999*, 266-314.

Varela, F., (2017), *Le cercle créateur. Écrits (1976-2001)*, Seuil, Paris, 2017.