

Colloque
Usages contemporains de la phénoménologie
Clermont-Ferrand, 6-8 juin 2002

**QUE SIGNIFIE PHYSICALISER UNE EIDETIQUE
 DESCRIPTIVE?**

Jean Petitot
CREA & EHESS

INTRODUCTION

Les modèles complexes de l'architecture fonctionnelle des aires cérébrales permettent de *naturaliser* de nombreuses descriptions eidétiques, en particulier en ce qui concerne l'idéalité spatiale intuitive (qui est la forme, au sens de l'esthétique transcendantale kantienne, de la réalité externe), l'intentionnalité perceptive, ou la conscience du temps.

Ce qui est en cause est un tournant techno-scientifique aussi important que celui des machines de Turing, du λ -calcul et des ordinateurs. Cette révolution "computationnelle" a rendu *explicites* les opérations *matérielles* sur les symboles qui sous-tendent les idéalités logiques. Elle a expliqué comment l'idéalisme logique peut être naturalisé (et même "physicalisé"), autrement dit, comment des "softwares" logiques peuvent être implémentés dans des "hardwares" physiques.

Il en va de même ici. L'approche *neuro-computationnelle* permet de commencer à rendre explicite les opérations *matérielles* qui sous-tendent les idéalités géométriques au sens de Kant et Husserl (le synthétique a priori).

Nous allons aborder dans cette optique le problème *de la naturalisation de la phénoménologie de la perception*. Nous adopterons le point de vue suivant.

- (i) Une naturalisation de la phénoménologie de la perception doit posséder le statut *d'une science naturelle dont l'objet est la manifestation phénoménale elle-même conçue comme un processus naturel*.
- (ii) Le lien entre, d'un côté, les explications naturalistes, les modélisations mathématiques et les simulations informatiques et, d'un autre côté, les descriptions eidétiques de la phénoménologie s'établit en considérant celles-là comme une implémentation neuro-computationnelle de celles-ci.
- (iii) Sa condition de possibilité est fournie par la schématisation mathématique de l'eidétique descriptive phénoménologique. La naturalisation implémente ensuite la schématisation mathématique dans des substrats naturels (neuronaux) ou artificiels.

	<i>Idéalités</i>	<i>Implémentation</i>
<i>Logique</i>	Idéalités logiques	Machines de Turing
<i>Phénoménologie de la perception</i>	Éidétique descriptive	Neurogéométrie

I. LE TOURNANT TRANSCENDANTAL DE LA PHENOMENOLOGIE DE LA PERCEPTION

Commençons par quelques brefs rappels sur la phénoménologie de la perception dans *Ding und Raum* de Husserl (1907).¹

1. Perception et réduction

Dans sa dimension transcendantale, la phénoménologie de la perception vise à clarifier la façon dont le monde "chosique" 3D se constitue comme monde transcendant dans l'immanence des vécus de conscience et des actes intentionnels objectivants corrélatifs. Cela permet de justifier le "réalisme" naïf de la perception et de réfuter l'idéalisme solipsiste.

Dans la mesure où la réduction transcendantale met entre parenthèses temps et espace objectifs, les vécus purs ne sont plus des événements psychologiques (des contenus, des actes et des processus mentaux ou des affects privés concrètement éprouvés). La réduction révèle l'intentionnalité perceptive comme donation, "production originaire", "constitution" de l'objet.

Les structures eidétiques de l'expérience perceptive s'originent dans *les enchaînements réglés du flux des vécus*. 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 anté-prédicative ainsi que la conscience du temps servent ainsi de fondement aux actes logiques et judicatifs (Husserl l'explique particulièrement bien dans *Expérience et Jugement*).

L'analyse par réduction des évidences perceptives et en particulier de la corrélation entre, d'un côté, la hylé sensorielle et les vécus immanents et, d'un autre côté, les propriétés objectives des objets transcendants qui s'y esquissent conduit à la nouvelle question de droit :

¹ Husserl [1907]. Les références à la traduction française de *Ding und Raum, Chose et Espace*, de J-F. Lavigne se feront dans le texte.

"Comment sont possibles des énoncés évidents portant sur une objectivité qui n'est pas donnée effectivement dans le phénomène ?" (*D. und R.*, p. 41).

2. Auto-position VS exposition, immanence VS transcendance

Les perceptions "exposantes" (qui exposent des objets) ne présentent que des aspects *partiels* — des esquisses (des *Abschattungen*) — des objets qu'elles exposent. Il leur faut donc une "*synthèse d'identification*" et une "*conscience d'identité*" garantissant que *différentes* esquisses soient les esquisses d'un *même* objet. C'est ici qu'opère le *noème* au sens transcendantal.

Corrélat des synthèses noétiques, 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 de façon adéquate et complète. *Son inadéquation et son incomplétude d'essence constituent l'origine phénoménologique de l'intentionnalité perceptive comme rapport à un objet externe.*

3. Vécus et spatialité

L'une des grandes difficultés qu'a toujours rencontrée Husserl était liée à son impossibilité de penser *géométriquement* une extension spatiale intuitive qui ne se confonde pas avec celle de la spatialité physique *objective*. Toute perception possède un moment d'étendue, mais, selon Husserl,

"l'espace est la forme nécessaire de la choséité, et non la forme des vécus (...) 'sensibles'" (*D. und R.*, p. 66).

Pour Husserl, l'espace est toujours du côté de l'objet transcendant. Forme de la transcendance externe, il est constitué et s'esquisse dans des vécus spatiaux. Mais alors comment penser correctement la spatialité *immanente* de ces derniers si toute géométrie est une forme transcendante de manifestation ?

4. Présentation (*Darstellung*) et Appréhension (*Auffassung*)

Le rapport intentionnel des contenus réels (immanents) de la perception aux objets externes (transcendants) qui s'y esquissent repose sur leur *appréhension* (*Auffassung*). Celle-ci est un processus *actif* opérant sur les contenus (data) sensoriels.

"C'est par l'appréhension qu'ils [ces contenus] acquièrent, eux qui en soi seraient comme un matériau mort, une signification qui les anime, de telle sorte qu'avec eux un objet accède à l'exposition" (*D. und R.*, p. 69).

Nous rencontrons ici le ternaire de la corrélation noèse/noème : les data hylétiques sont animés par une morphé intentionnelle (synthèses noétiques = appréhension) qui les convertit en contenus noématiques où s'esquissent des objets (exposition). L'appréhension possède par conséquent le statut d'une *interprétation*. Le concept de signification qui opère ici est actif, processuel et non logico-sémantique. La naturalisation de la phénoménologie de la perception repose sur la thèse que les synthèses noétiques sont de nature neuro-computationnelle et concernent les algorithmes cognitifs *effectifs* de traitement qui convertissent les data hylétiques en esquisses présentatrices d'objets.

Or comme l'apparaître d'un objet ne peut se réduire à une esquisse unique où il se donnerait complètement, mais repose sur la co-donation d'une infinité d'esquisses du même objet (dont l'une est actuelle et les autres virtuelles : faces cachées, parties occluses, etc.), l'apparaître dépasse toujours l'intuitivement donné et implique des *renvois* représentationnels, en particulier à des *possibilités contrefactuelles*. D'où le risque d'erreurs dans l'interprétation des données.

II. EXEMPLES

1. L'extension comme format topologique des qualités

L'extension de l'objet est une qualité première remplie par des qualités sensibles secondes. C'est la *cohésion* de l'extension comme "spatialité pré-phénoménale", son "ordre" spatial (on dirait maintenant sa topologie) qui confère leur *unité* aux qualités.

"Les data de couleur ne sont pas éparpillés et sans liaison, ils ont une unité fixe et une forme fixe, la forme de la spatialité pré-phénoménale" (*D. und R.*, p. 94).

La spatialité est, dirait-on à présent, *un format* et même un format universel (multisensoriel) pour les qualités sensibles.

2. Segmentation et fusionnement. Continuité et discontinuités qualitatives

Mais on ne peut appréhender des moments intuitifs qualitatifs que s'ils composent une unité *globale* qui "doit se détacher en tant que phénomène". Ce que Husserl appelle une *phänomenale Abhebung*. Pour être saisi, un phénomène doit être *saillant*. Comment se constitue la saillance ? Husserl introduit, toujours à la suite de Stumpf,

"la différence entre les contenus 'séparés' intuitivement [...] de contenus connexes, et les contenus fusionnés avec ces derniers" (*LU² III*, §8, p. 26/243).

Le fusionnement (*Verschmelzung*) de contenus voisins produit un effet de totalisation,³ un passage du local au global. C'est un processus de remplissage, de merging, de filling-in, bref, comme l'a bien vu Husserl, un processus actif de *completion*. En revanche, la séparation, la disjonction (*Sonderung*), est un processus actif de *segmentation* qui fait obstruction au fusionnement et permet de limiter des parties. Husserl insiste sur le fait qu'elle repose sur le concept de *discontinuité*.

La segmentatibilité est une "caractéristique" du champ visuel et se trouve intimement liée à son "ordre" spatial (i.e. à sa topologie). Elle définit une méréologie pré-phénoménale, c'est-à-dire des constituants 2D autonomes qui seuls peuvent posséder une fonction présentatrice d'objet.

On voit bien sur cet exemple élémentaire (mais basique) ce que peut signifier la naturalisation de la phénoménologie dans une optique cognitive. La description eidétique que nous venons de résumer est d'ordre noético-noématique. Pour la naturaliser on la géométrise puis on montre comment on peut l'implémenter dans des processus neurocomputationnels.

3. L'ordre spatial 2D du champ visuel

3.1. Le champ

Husserl consacre des analyses extrêmement précises au champ visuel *M* comme étendue pré-empirique munie d'un ordre spatial. Ce champ est basique car tous les contenus présentant des esquisses de choses en sont des fragments. Quatre questions doivent être résolues à son propos :

- (i) sa structure ;
- (ii) son contrôle kinesthésique ;
- (iii) la constitution phénoménologique à partir de lui de l'espace global qui est "co-perçu" dans toute perception (origine phénoménologique de l'esthétique transcendantale kantienne) ;
- (iv) la constitution de "l'étonnante position séparée du Je" corrélatif du monde environnant, de ce Je et de ce corps propre qui permettent la conversion de vécus purs

² Husserl [1900-1901], *Logische Untersuchungen*.

³ Pour 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.

en vécus psychiques "internes" (analogue phénoménologique du problème de "l'embodiment" et de l'implémentation corporelle des processus cognitifs).

3.2. La finitude du champ et l'espace comme variété (Mannigfaltigkeit)

Le champ visuel M est bidimensionnel et d'extension *finie*. Cela implique deux conséquences cruciales.

- (i) D'abord l'impossibilité de principe d'une présentation adéquate et complète d'une chose tridimensionnelle. C'est, nous l'avons vu, l'origine de l'intentionnalité perceptive.
- (ii) Ensuite la nécessité synthétique a priori d'un *recollement* des différents remplissements du champ, ces recollements constituant un espace *global* dans lequel chaque perception constitue, comme flux de vécus et d'esquisses, un chemin temporel.

Le champ est structuré par l'*ordre fixe* des positions qu'il détermine. La position dans le champ est une détermination fondamentale de tout élément de sensation. Elle lui confère "sa particularité qualitative". On dirait maintenant que cet ordre est fixe parce qu'il est câblé dans le hardware neuronal et impose une *rétinotopie* aux processus de traitement primaires.

Mais les positions sont toutes équivalentes et peuvent s'échanger continûment. Leur ordre de connexion fait donc que

"le champ visuel est une multiplicité bi-dimensionnelle, congruente avec elle-même, continue, simplement homogène, finie, et s'entend, délimitée" (*D. und R.*, p. 202).

Husserl dégage ainsi parfaitement les propriétés caractéristiques faisant du champ une variété différentiable $2D^4$, au sens moderne du terme, munie de son groupe d'automorphismes.

- (i) C'est une variété riemannienne métriquement bornée. La finitude correspond à cette propriété.
- (ii) Quant à la délimitation elle pose un problème car la résolution au bord du champ est faible et le bord n'est donc défini qu'à une échelle grossière. En fait le champ est une variété $2D$ *multi-échelle*.⁵
- (iii) C'est un espace homogène possédant un groupe d'automorphismes transitifs (i.e. pouvant échanger 2 points quelconques).

⁴ i.e. de dimension 2.

⁵ Pour le concept de géométrie multi-échelle, cf. Koenderink [1984], Florack [1993], Petitot [1994 a,b], Hamy [1997].

3.3. Dimensionnalité et stratification

On sait qu'il est très difficile de définir correctement le concept de *dimensionnalité* d'un espace. Les définitions mathématiques standard (par exemple celle du cardinal d'une base d'un espace vectoriel) ne sont pas phénoménologiques dans la mesure où elles sont abstraites et idéales et ne sont pas données dans l'évidence intuitive de l'expérience. Phénoménologiquement, seuls sont donnés des fragments de recouvrement qualité \rightarrow extension. Pour définir purement *phénoménologiquement* la dimension à partir de la primitive de *segmentation*, Husserl a recours à l'intuition géométrique, formalisée depuis par Hassler Whitney et René Thom, de *stratification*.

"La bidimensionalité signifie que chaque fragment du champ est délimité par des limites dépendantes, qui sont elles-mêmes à leur tour des multiplicités continues, donc à nouveau fragmentables [...]. Mais les limites ne sont maintenant pas fragmentables, elles sont de simples éléments de l'étendue, des 'points'" (*D. und R.*, p. 202).

Considérons un domaine D de M (un ouvert connexe et simplement connexe égal à l'intérieur de sa fermeture). Comme fragment de M , D a la même dimension que M (que l'on a à déterminer). Il est muni d'un bord $B = \partial D$. Husserl fait implicitement des hypothèses de régularité sur les bords. Il suppose qu'ils sont eux aussi des "multiplicités continues", c'est-à-dire en fait des sous-variétés différentiables par morceaux. La première intuition fondamentale est que le bord d'une variété de dimension n est de dimension $n - 1$. La seconde intuition fondamentale est que l'on peut *itérer* l'opération bord ∂ et considérer $\partial^k D$ pour $k = 1, 2, \dots$. La troisième intuition fondamentale est que les points sont "infragmentables" et donc de dimension 0.

Cela permet de définir *phénoménologiquement* la dimension. On considère tous les domaines possibles $D \subset M$ et l'on compte le nombre minimal k d'opérations "prendre le bord" qui sont nécessaires pour être sûr d'arriver à des points. k est la dimension "phénoménologique" de M .

La dimension 2 correspond *neurophysiologiquement* au fait que nous possédons des détecteurs de singularités ponctuelles et des détecteurs de lignes.

4. Le concept de champ multi-échelle

Une autre intuition remarquable de Husserl est celle du caractère *multi-échelle* du champ visuel.

À propos du concept de fragmentation Husserl s'interroge sur la pertinence phénoménologique du concept de "point". La question est de savoir ce que sont les "atomes visuels" et

"si la fragmentation de fait, qui conduit à des *minima visibilia*, donne sous cette forme des éléments essentiellement derniers, si par conséquent des points et des atomes visuels sont une seule et même chose" (*D. und R.*, p. 202).

Husserl va assez loin dans cette intuition puisqu'on trouve même chez lui l'idée de *l'autosimilitude* et de *l'invariance d'échelle* du continuum pré-phénoménal. Il introduit l'idée que, en ce qui concerne les "atomes visuels", il peut y avoir une échelle de base ; ce que l'on retrouve dans les théories modernes avec le concept de grain ou de résolution (par exemple les *champs récepteurs* des cellules ganglionnaires de la rétine). Mais par ailleurs, il introduit aussi l'idée (très largement confirmée par les profonds travaux contemporains sur la géométrie multi-échelle) que la géométrie classique est une *idéalisation* consistant à transposer à une échelle infiniment petite la structure eidétique dégagée aux échelles d'observation.

5. Le rôle constitutif des kinesthèses

5.1. Primat du continu et synthèse cinétique

Le problème du contrôle kinesthésique de la perception fait partie 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 apparitions" (*D. und R.*, p. 189).

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" (*D. und R.*, p. 191).

"L'identité effective de l'objet qui apparaît" ne peut pas se concevoir, nous l'avons vu, à partir de présentations isolées. Comme "identité de sens" reliant entre elle les différentes perceptions esquissant une même chose, elle est une identité *logique*. Mais en tant que telle, 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 donnée" (*D. und R.*, p. 190).

Autrement dit, *l'identité logique est subordonnée à la variation continue* et c'est même là, selon Husserl, *l'origine du synthétique a priori*. La synthèse logique de l'identité

présuppose la synthèse continue qui, seule, relève de l'intuition donatrice originare. Mais comme cette dernière est toujours temporelle, elle est en fait une synthèse *cinétique*, celle d'enchaînements phénoménologiquement réglés correspondant à trois classes de *mouvements*: les mouvements oculaires, les mouvements du corps, les mouvements des objets.

5.2. Les sensations kinesthésiques

Mais là encore, pour établir le partage entre ces trois types de mouvements, il ne faut pas confondre le constituant et le constitué et, comme le fait spontanément l'attitude naturelle, considérer le mouvement des objets externes comme premier. En effet, il est le produit d'une constitution. Dans une description eidétique correcte, la source phénoménologique de tout mouvement se trouve au contraire dans *les sensations kinesthésiques* et la proprioception musculaire. Comme chez Poincaré, on trouve chez Husserl l'idée force que la constitution de l'espace perçu est impossible sans une *intégration* des images visuelles et des actions musculaires du corps propre.

Husserl part du fait que

"le moment extensionnel de la sensation visuelle (...) ne suffit (...) pas à rendre possible la constitution de la spatialité" (*D. und R.*, p. 196).

Il faut en plus les sensations kinesthésiques. Celles-ci ont un statut très particulier. En effet, elles appartiennent à l'appréhension animatrice (la morphé intentionnelle) des synthèses noétiques sans pour autant posséder en tant que telles de fonction présentatrice : elles rendent possible la présentation des objets externes mais sans être elles-mêmes présentatrices. En fait nous allons voir qu'elles agissent *comme des contrôles sur les champs sensoriels*.

5.3. L'espace de contrôle kinesthésique et ses chemins

L'espace \mathcal{K} des contrôles kinesthésiques est multidimensionnel et hiérarchisé. Il correspond aux degrés de liberté des mouvements oculaires, des mouvements de la tête et des mouvements du corps. Ces contrôles opèrent à travers des *chemins temporels* k_t dans \mathcal{K} . Les sensations kinesthésiques

"n'édifient d'unités continues que sous la forme de chemins,⁶ où une multiplicité linéaire, extraite de la multiplicité globale des sensations kinesthésiques, se superpose, à la manière d'un continuum remplissant, à l'unité continue du chemin temporel pré-empirique" (*D. und R.*, p. 207).

⁶ Nous préférons traduire ici "Verlauf" par le terme géométrique de "chemin" plutôt que par le terme psychologique de "décours" utilisé, d'ailleurs à juste titre, par le traducteur.

En jargon phénoménologique, cela signifie simplement qu'une ligne γ dans \mathcal{K} ("multiplicité linéaire, extraite de la multiplicité globale des sensations kinesthésiques") est paramétrée temporellement ("se superpose, à la manière d'un continuum remplissant, à l'unité continue du chemin temporel pré-empirique") et devient donc un chemin k_t .

5.4. Le contrôle kinesthésique comme réponse phénoménologique à la relativité du mouvement

Il y a évidemment équivalence entre une situation où l'œil se meut et où le champ d'objets est au repos et la situation réciproque où l'œil est au repos et où le champ d'objets se meut. Cette équivalence évidente, qui n'est rien d'autre que le principe de relativité du mouvement, n'est toutefois pas du tout triviale phénoménologiquement si, encore une fois, on s'interdit de confondre le constituant et le constitué. La relativité présuppose l'espace constitué. Au niveau constituant pré-empirique, il faut donc disposer *d'une autre instance* permettant de distinguer les deux situations équivalentes. Et c'est là que les chemins du contrôle kinesthésique interviennent de façon décisive.

L'analyse de Husserl est très proche de celle de Poincaré qui a également beaucoup insisté sur le fait que les localisations spatiales étaient constitutivement liées aux mouvements musculaires.

5.5. Le contrôle kinesthésique n'est pas directement un lien associatif

Husserl commence par étudier la situation la plus simple où le corps propre étant fixe et les objets en repos le contrôle se réduit à la correspondance $k \leftrightarrow i$ entre la sensation kinesthésique purement oculaire k et l'image visuelle i . Si l'on considère une série temporelle t_1, \dots, t_n on aura alors une série de correspondances $k_1 \leftrightarrow i_1, \dots, k_n \leftrightarrow i_n$ et si l'on considère un flux temporel, on aura une correspondance continue $k_t \leftrightarrow i_t$.

Husserl analyse alors la nature de cette relation de dépendance réciproque $k \leftrightarrow i$ et commence par montrer qu'elle n'est pas de nature associative (au sens de l'associationisme empiriste). Les corrélations $k \leftrightarrow i$ ne sont pas de ce type. Un contrôle k ne détermine pas une image particulière i . N'importe quel contrôle k peut être lié à n'importe quelle image i . Il n'y a donc pas d'association, de motivation empirique, entre k et i . Quelle est donc la nature de leur lien?

5.6. Le contrôle kinesthésique comme opérateur sur les chemins

L'idée de Husserl est la suivante. Considérons une liaison initiale $k' \leftrightarrow i'$ entre un contrôle kinesthésique k' et une image i' et ensuite une autre image i'' . À un chemin visuel i_t allant de i' à i'' correspond un chemin kinesthésique k_t allant de k' à un autre contrôle k'' qui établira une nouvelle liaison (finale) $k'' \leftrightarrow i''$. Autrement dit,

"avec la représentation d'un mouvement d'image $i' \rightarrow i$ ", j'ai tout de suite la représentation d'un écoulement kinesthésique $k' \rightarrow k$ ", comme d'un écoulement lui appartenant" (*D. und R.*, p. 217).

En termes modernes, cette situation peut s'expliciter de la façon suivante. Introduisons "l'espace" \mathcal{J} des images visuelles. C'est idéalement (i.e. si l'on ne tient pas compte de la pixélisation des images) un espace fonctionnel de dimension infinie. \mathcal{K} contrôle \mathcal{J} au sens où les *chemins* dans \mathcal{K} opèrent sur les *chemins* dans \mathcal{J} . Plus précisément, soit une liaison initiale $k \leftrightarrow i$ et un chemin k_t d'origine k dans \mathcal{K} (par exemple un mouvement oculaire). Alors k_t détermine un mouvement dans \mathcal{J} (un mouvement d'images) i_t et, qui plus est, avec le même paramétrage temporel. Cette corrélation est suffisamment forte pour que le système visuel puisse résoudre *le problème inverse*, à savoir reconstituer un chemin k_t à partir de la donnée du chemin i_t .

5.7. Le contrôle kinesthésique comme opérateur de recollement

Husserl traite l'exemple élémentaire d'un carré a, b, c, d . On peut formaliser sa description de la façon suivante. Pour simplifier, traitons le champ visuel M comme un simple domaine D (disons un disque). Fixer des yeux un point a signifie alors que D est centré sur a . C'est la problématique classique du "spot attentionnel". On suppose pour simplifier que le carré est suffisamment petit par rapport à D (si tel n'est pas le cas, il suffit de considérer suffisamment de points intermédiaires) (figure 1).

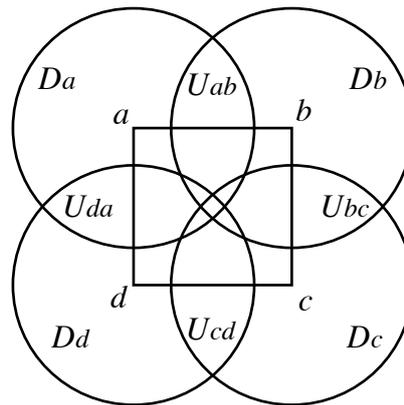


Figure 1. Scanning d'un carré S de vertex a, b, c, d . À chaque position p correspond un exemplaire D_p du champ visuel D centré sur p (focalisation). Les D_p voisins se recouvrent.

À chaque position $p = a, b, c, d$ correspond un exemplaire D_p du champ D . Et si la figure i_a remplissant D_a "renvoie" à la figure i_b remplissant D_b , c'est parce que D_a et D_b se recouvrent, autrement dit se *recolent* à travers leur intersection $U_{ab} = D_a \cap D_b$. Cela signifie qu'il existe un isomorphisme local de recollement :

$$\varphi_{ab} : U_{ab} \subset D_a \rightarrow U_{ab} \subset D_b$$

identifiant l'intersection U_{ab} vue comme sous-domaine de D_a avec U_{ab} vue comme sous-domaine de D_b . Cette idée de recollement est explicite chez Husserl puisqu'il affirme que

"l'identification court de telle façon qu'elle n'amène pas le champ du stade- k et le champ du stade- k' à coïncidence [k et k' étant deux contrôles successifs], mais au décalage (*Überschiebung*), une partie seulement [étant] en coïncidence" (*D. und R.*, p. 413).

Si l'on passe au continu, on aura une série temporelle de D_t avec des opérateurs de recollement $\varphi_{tt'}$, si t et t' sont assez voisins. Cette série purement spatio-temporelle se trouve remplie par la série des images i_t .

Dire que le "renvoi" des i_t est *intentionnel*, ou dire que des intentions "traversent" la série des i_t , c'est dire que l'intentionnalité correspond à des opérateurs de recollement constitutifs de la *synthèse cinétique* et permet ainsi d'identifier des points autrement indistinguables. Husserl parle de "rayons intentionnels traversant les images" pour identifier les points correspondants d'images différentes.

5.8. La catégorisation de l'espace des i -chemins par les k -chemins

Il existe selon Husserl une différence fondamentale entre les contrôles k et les images i remplissant le champ M . Pour l'expliquer, il considère encore l'exemple où l'on parcourt des yeux un carré en suivant son bord $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ (cf. figure 2).

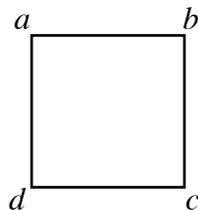


Figure 2. Un carré $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ parcouru des yeux.

"À chaque position de l'œil [fixant l'un des sommets] correspond alors une figure pré-empirique déterminée" (*D. und R.*, p. 218)

et l'on obtient ainsi une suite de telles figures $i_a \rightarrow i_b \rightarrow i_c \rightarrow i_d \rightarrow i_a$ se transformant continûment l'une en l'autre. De même, il existe un continuum de sensations kinesthésiques $k_a \rightarrow k_b \rightarrow k_c \rightarrow k_d \rightarrow k_a$. Ce sont des exemples de corrélations $k_t \leftrightarrow i_t$. La différence phénoménologique fondamentale entre les k et les i est que

"dans cette transformation continue i_a "renvoie" à son voisin continu"

alors que, au contraire, les k_a

"ne renvoient pas les uns aux autres" (*D. und R.*, p. 218).

Ils s'écoulent simplement.

Ce renvoi de i_a à i_b , etc. est exprimé par Husserl en termes *intentionnels* comme constituant une *conscience d'unité*:

"des intentions traversent la série de i_a à i_d et se remplissent continûment dans l'écoulement de la série. Nous trouvons une conscience d'unité fondée sur ces moments, qui les traverse" (*D. und R.*, p. 218).

Au contraire, les k

"ne sont pas les supports d'intentions qui les traversent"

et ne sont donc pas unifiés dans/par une conscience d'unité.

Cette analyse — qui définit phénoménologiquement ce que nous appelons "contrôle" — permet à Husserl de distinguer

"deux moments, fonctionnant de façon tout à fait différentes".

Selon sa formulation,

"les k sont les 'circonstances', les i sont les 'apparitions'" (*D. und R.*, p. 219).

Lorsque l'image varie librement, les changements k_t des contrôles k impliquent des changements corrélatifs i_t des figures i . Mais ce sont toujours *les i seules qui produisent la conscience d'unité*.

"Dans la série d'images qui s'écoule, l'une renvoie continûment à l'autre et toujours de nouveau à d'autres, ou bien à travers elle passent l'intention d'unité et le remplissement d'unité" (*D. und R.*, p. 219).

5.9. Intentionnalité transversale et rayons intentionnels : de l'identification à l'identité

La chose est produite par l'unité du flux. L'unité repose sur "l'intention-vers" (la protention le long de la trajectoire temporelle) et celle-ci n'est pas "délimitée" i.e. réduite à une seule phase momentanée.

"En vertu de son essence, elle n'a pas son terme dans l'image déterminée (...). Elle la traverse et garde ce caractère d'élément transversal, de quelque façon que la continuité d'apparition actuelle puisse s'élargir" (*D. und R.*, p. 229).

Mais quelle est la nature de cette intentionnalité transversale ? Husserl l'explique à partir du concept remarquable de "*rayon intentionnel*".

"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" (*D. und R.*, p. 230).

Ces rayons intentionnels sont donc bien conçus par Husserl comme des isomorphismes de recollement. La conscience d'identité se fonde sur ces opérations d'identification.

"Les points qui se trouvent sur le même rayon intentionnel exposent par leurs contenus un seul et même point d'objet" (*D. und R.*, p. 238).

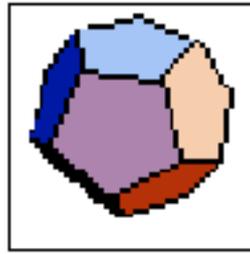
Husserl y insiste

"une conscience posant l'unité traverse donc ici la continuité temporelle pré-empirique. Un flux de contenus, pris en enfilade par le rayon intentionnel, expose, phase par phase, le même point de chose" (*D. und R.*, p. 238).

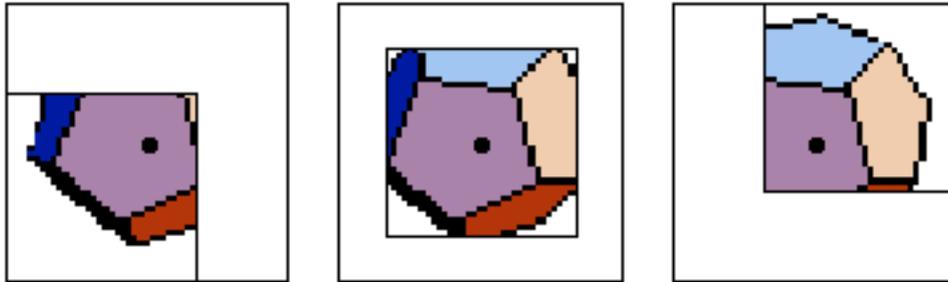
On voit opérer ici de façon évidente l'écart considérable qui existe entre les vécus subjectifs et les données objectives puisqu'une ligne de champ dans un flux subjectif de vécus (synthèses noétiques) devient équivalente à un seul point objectif (identité noématique).

Nous montrons à la figure 3 comment une image globale I^7 d'extension globale W peut se constituer via le déplacement d'une sous-fenêtre D (un carré pour raisons de simplicité) dans W . La première image montre I dans W . La seconde montre comment D évolue à travers le "remplissement" de trois exemplaires de D . Elle montre aussi un point distingué p occupant successivement trois places différentes dans D . Les remplissements successifs de D présentent les données locales immanentes dont le recollement produit l'extension objective W . La troisième image montre le rayon intentionnel suivant ("traçant") p par "point tracking" et le transformant en un "point de chose" objectif individué. La figure 4 montre comment, une fois l'image objective constituée, il devient possible de traiter le champ visuel comme une fenêtre se déplaçant dans W .

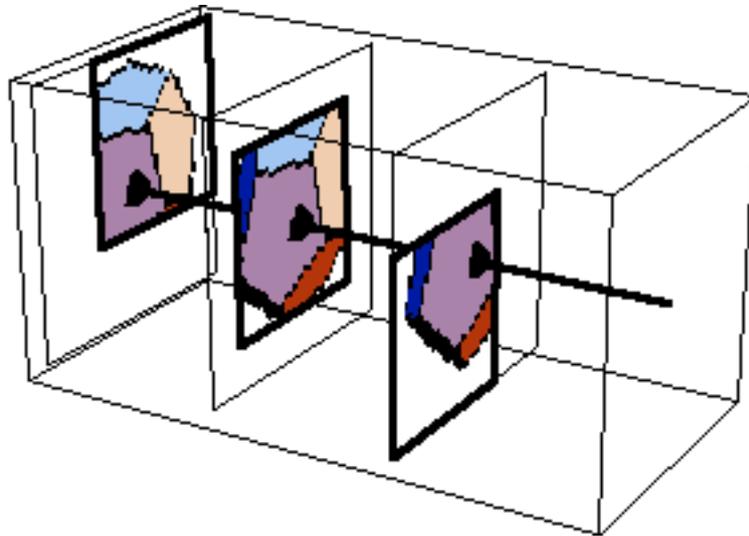
⁷ Les figures ont été effectuées avec *Mathematica*. Pour des raisons de simplicité, il nous fallait une image simple mais de morphologie suffisamment différenciée et asymétrique. Nous avons opté pour un dodécaèdre et nous avons volontairement laissé l'image pixélisée de façon à simuler une échelle de traitement par des capteurs (par exemple des cellules ganglionnaires).



(a)



(b)



(c)

Figure 3. Constitution d'une image globale I (un dodécaèdre) dans une fenêtre globale W à l'aide du déplacement d'une sous-fenêtre D (un carré).
 (a) I dans W . (b) Evolution de D . Un point distingué p occupe différentes places dans les différents exemplaires de D . (c) Un rayon intentionnel "trace" p et le transforme en un "point de chose" objectif individualisé.

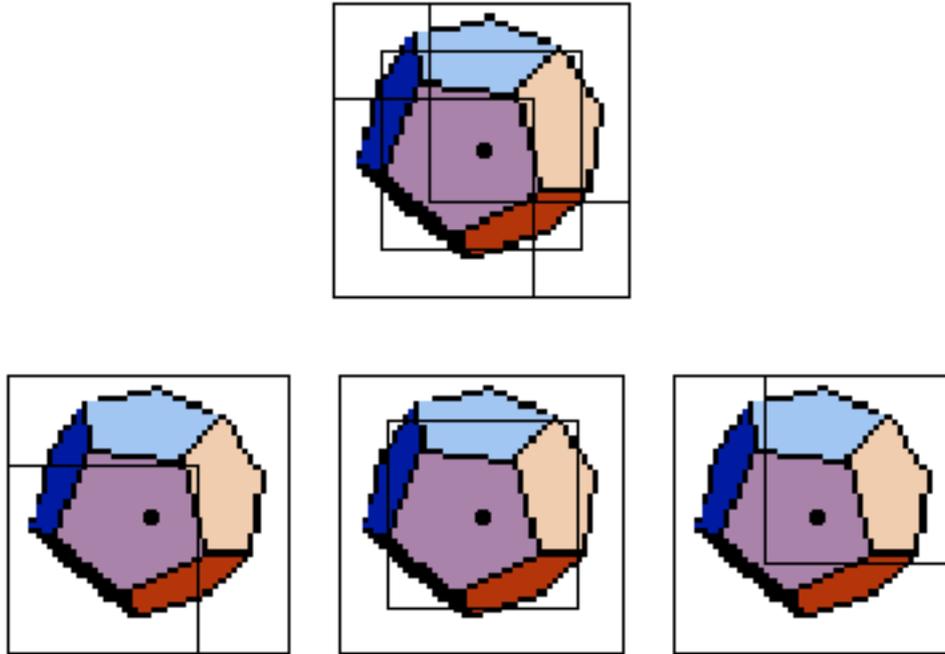


Figure 4. Une fois l'image globale I constituée, on peut traiter le champ visuel D comme une fenêtre se déplaçant dans un espace ambiant externe objectif.

On saisit bien ici l'essence noématique des objets comme pôles d'identité : une trajectoire de points identifiés d'image en image correspond à un seul et même point objectif. L'identité d'un objet a pour condition de possibilité que

"tout point dans sa place relative, est posé comme un identique et intentionnellement maintenu comme un identique" (*D. und R.*, p. 259).

Nous assistons donc ici à la *genèse*, ou mieux à l'émergence, de la *transcendance* objective hors de *l'immanence* des actes et des contenus cognitifs.

6. Éléments de constitution de la réalité objective

6.1. La temporalité objective

Muni de ces descriptions de base, Husserl va considérablement les approfondir de façon à rendre compte de différentes composantes de la constitution de la réalité objective. Il traite d'abord de la constitution de la *temporalité* objective. Dans la mesure où chaque point dans un chemin d'images i_t possède "sa place temporelle pré-empirique", cela implique que le point objectif-identique associé à une trajectoire (à un "rayon intentionnel transversal") devient *un point individué paramétré temporellement*. Autrement dit, une fois l'identité noématique des objets constituée, les trajectoires d'identification de la synthèse noétique cinétique peuvent s'interpréter comme des

trajectoires *objectivement* temporelles de points *objectifs* individués. La temporalité a donc changé de statut. Elle est passée de l'immanence vécue pré-empirique à la transcendance objective qu'elle expose.

6.2. La stéréopsie

Husserl analyse aussi, à propos de la constitution de l'espace 3D objectif et des objets 3D qui s'y inscrivent, la vision binoculaire et la *stéréopsie*. Il remarque que la stéréopsie repose sur le fait que les deux images "doubles" sont très semblables sans être identiques. C'est cette légère disparité qui produit le relief et des "valeurs de profondeur" se superposant aux discontinuités qualitatives, en "fondant" ainsi

"le moment de profondeur dans le moment de l'extension" (*D. und R.*, p. 209).

La description de Husserl est là encore remarquablement précise et très contemporaine. La profondeur dont il s'agit ici est *pré-empirique* (immanente et noétique). En tant que telle, elle n'a rien à voir avec une dimension supplémentaire qui serait une troisième dimension. Mais elle *présente* une propriété noématique spécifique de la spatialité objective 3D, à savoir précisément une troisième dimension.

"Ces différences de 'relief' ne sont pas tout d'abord des différences de place, mais elles *acquièrent la signification* de certaines différences de place" (*D. und R.*, p. 211).

Autrement dit, dans l'axe perspectif les différences de positions spatiales n'ont originairement aucune objectivité et ne sont que les corrélats noématiques de synthèses noétiques et d'interprétations intentionnelles. C'est l'appréhension (comme morphé intentionnelle) qui, à partir du calcul des écarts infimes entre les deux images binoculaires *constitue*, construit cognitivement et infère, la troisième dimension objective.

Les études sur la stéréopsie, des travaux pionniers de Bela Julesz jusqu'aux auto-stéréogrammes de Jacques Ninio⁸ montrent que cette description phénoménologique pure est spectaculairement affine aux résultats de la cognition visuelle contemporaine.

6.3. Typique des chemins et ontologie objective

Husserl relie la typique des chemins d'apparition (noèse) et l'ontologie objective (noème). L'idée est que les caractères *ontologiques* des objets externes sont liés aux *types* kinesthésiquement motivés des enchaînements possibles des esquisses. Cette thèse — qui rompt avec toutes les conceptions métaphysiques traditionnelles de

⁸ Cf. Ninio [1989].

l'ontologie et montre toute la portée d'une conception transcendantale de la constitution — est absolument cruciale pour un projet de naturalisation de la phénoménologie de la perception.

D'un côté, Husserl insiste sur le fait que les concepts géométriques de point, de ligne, de surface, de place, de figure, de taille, etc., qu'il utilise dans ses descriptions eidétiques *ne sont pas spatiaux* "au sens chosique" (*D. und R.*, p. 203) puisqu'à travers eux il s'agit précisément de clarifier la genèse phénoménologique de l'espace objectif lui-même.

Mais il explique par ailleurs que, *une fois* l'espace global 3D \mathbb{R}^3 constitué par recollements 2D et stéréopsie, *on peut inverser l'ordre de dépendance entre le constituant et le constitué* et considérer :

- (i) que le champ visuel M est plongé comme un fragment de surface dans \mathbb{R}^3 ;
- (ii) que les esquisses qui le remplissent sont les *projections* sur M des objets de \mathbb{R}^3 et sont donc *causalement* engendrées par ces derniers.

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 l'exemple princeps de *l'inversion* qui existe entre l'approche phénoménologique et l'approche objectiviste de l'attitude naturelle. Nous assistons à la *genèse de l'ontologie objective*.

Parmi tous les chemins i_t possibles, seuls ceux qui sont kinesthésiquement motivés sont réellement possibles (ce que Husserl appelle des "possibles réaux"). Mais il se trouve par ailleurs que cette contrainte venant du contrôle peut aussi s'exprimer *par des contraintes d'ensemble* sur les images. Autrement dit, il existe bien un *calcul noétique* sur les images i_t qui s'effectue à travers la "légalité circonscrite" les contraignant, mais ce calcul est également effectuable comme un *calcul noématique* à partir d'hypothèses géométriques *transcendantes* posant un espace 3D, des objets, des plans et des directions de projection, des projections. C'est pourquoi l'on peut poser *thétiquement* l'objectivité spatiale et exprimer la légalité des flux d'esquisses *comme si* elle y trouvait sa source. Translations, rotations, rapprochements / éloignements, changements d'orientation, occlusions, etc. sont des transformations d'objets encodées dans des transformations *typiques* des images, mais qui sont précisément *les mêmes* transformations que l'on obtient en faisant l'hypothèse que les images sont les projections de transformations euclidiennes entre objets de \mathbb{R}^3 .

Ce passage d'un calcul noétique (synthèses noétiques computationnelles) à un calcul noématique (géométrie des projections) dont la complexité algorithmique est incroyablement *plus faible*,⁹ nous ouvre les portes de la *genèse phénoménologique de la*

⁹ Il suffit de comparer la complexité de l'évolution du contour apparent d'un objet asymétrique au cours d'une rotation à la simplicité de la rotation elle-même.

géométrie euclidienne.¹⁰ Husserl est sans doute, avec Poincaré, l'un des penseurs à avoir le plus profondément compris à quel point la géométrie euclidienne n'est pas un donné mais une construction, à quel point l'expérience sensori-motrice active de l'espace (ce qu'Alain Berthoz appelle le "sens" de l'espace) diffère du concept géométrique d'espace.

Considérons l'exemple d'un tore tournant dans l'espace. La figure 5 montre le contour apparent (CA) d'un tore T pour une direction faisant un angle de $\pi/12$ avec le plan horizontal. C'est le lieu singulier S de la projection du tore, c'est-à-dire le lieu des points de T où la direction de projection est *tangente* à T .

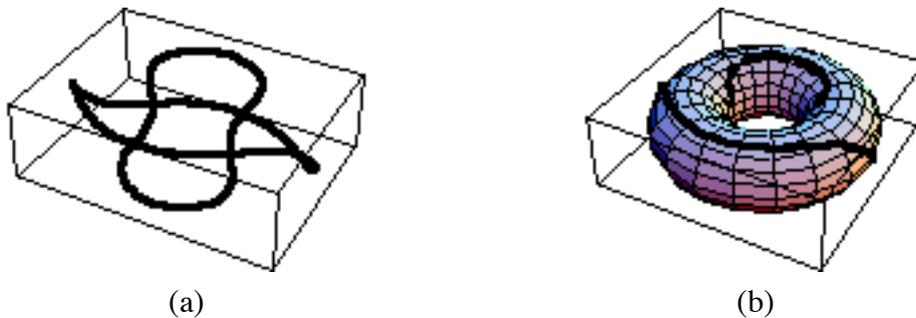


Figure 5. Le lieu singulier S d'un tore T (contour apparent) pour une direction faisant un angle de $\pi/12$ avec le plan horizontal. (a) S seul. (b) S inscrit sur le tore.

La figure 6 montre quatre esquisses du tore T lors d'une rotation.

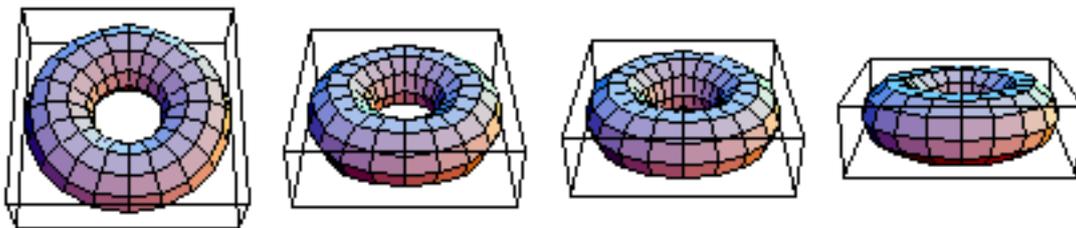


Figure 6. Quatre esquisses d'un tore T .

La figure 7 montre quant à elle huit CA du tore T le long d'un chemin de rotation. Entre le second et le troisième, le CA présente deux singularités queue d'aronde symétriques dont le déploiement engendre quatre cusps et deux points de croisement.

¹⁰ Cette genèse phénoménologique est parallèle à l'ontogenèse cognitive de l'espace.

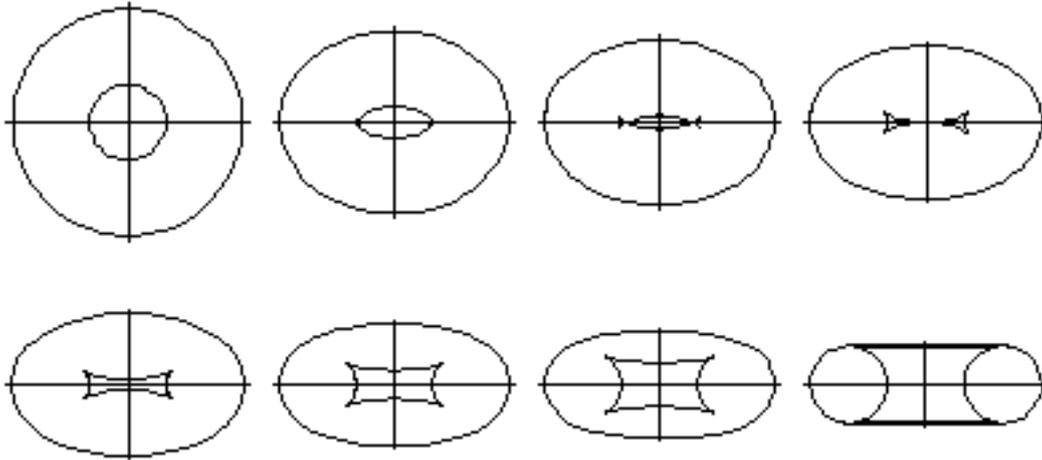


Figure 7. Huit contours apparents d'un tore T le long d'un chemin de rotation. Entre le second et le troisième, le contour apparent présente deux singularités queue d'aronde symétriques dont le déploiement engendre quatre cusps et deux points de croisement.

Enfin, la figure 8 montre un CA complet typique du tore. Il est le plus complexe du point de vue de la théorie des singularités. Il comprend 4 cusps et 2 auto-intersections.



Figure 8. Un contour apparent (interne) typique du tore. Il est le plus complexe du point de vue de la théorie des singularités. Il comprend 4 cusps et 2 auto-intersections.

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 *tokens* d'un même *type* de CA. Cette *catégorisation* des esquisses en aspects est effectuée par un système d'interfaces K_T (des hypersurfaces de V) dont la version combinatoire s'appelle le *graphe d'aspects* de T : G_T . Il y a *équivalence* entre T et K_T . La donnée de T engendre K_T : c'est le problème direct. Réciproquement, la donnée de K_T permet de reconstruire T : c'est le problème *inverse* (beaucoup plus difficile). Dans la mesure où G_T est une version combinatoire de K_T il y a donc aussi une sorte d'équivalence qualitative entre T et G_T .

Cette équivalence géométrique $T \Leftrightarrow G_T$ est la version mathématique de la loi eidético-constitutive husserlienne. Sa formulation sous forme de flux temporel consiste simplement à explorer la catégorisation K_T de V au moyen de *chemins* (paramétrés temporellement) dans V . Cette *conversion* du "synchronique" en sériel (en séquentiel) crée le sentiment d'*extériorité* et fonde l'intentionnalité.

On voit la dualité (et la différence) qui existe entre l'objet = X comme pôle noématique d'identité et les esquisses où il se donne. Une esquisse possède une face noétique (le processus de traitement) et une face noématique (sa géométrie). On peut la penser de deux façons différentes. Si l'on part de l'espace externe global 3D comme déjà constitué, alors, en tant que CA projection d'un objet externe, c'est une information informant le système cognitif sur le monde externe. Il relève dans ce cas d'une théorie *causale* de la référence et possède le statut d'un contenu *large* individué par sa dénotation. Mais en même temps, comme élément d'un système (d'un *paradigme*) de CA, c'est un contenu *étroit* individué *fonctionnellement* par ses relations avec les autres CA.

Le lien entre ces deux perspectives s'opère à travers l'objet = X conçu comme règle, comme principe de cohérence et d'identité des esquisses, i.e. comme ce qui garantit que le système des CA et le graphe d'aspects associé est bien engendré par un objet et que le problème inverse a donc bien une solution. Cet objet = X ne se donne jamais comme tel. En tant que pôle d'identité, il fonctionne comme *un opérateur de choix* qui, de façon *intensionnelle*, en fait *indexicale*, sélectionne contrefactuellement un aspect et l'actualise relativement aux autres qui demeurent virtuels (ce que Husserl appelle un horizon de co-donation).

Bref, la typique du flux des chemins i_t est imposée par le contrôle (la motivation) kinesthésique, mais elle est *aussi* descriptible en termes de transformations objectives (rotations, etc.) des invariants noématiques objectifs extraits des flux temporels. En ce sens, elle définit une *ontologie* "chosique" des objets externes. L'unité des états de choses empiriques appartient à la *légalité* des multiplicités présentatrices parce qu'elle est régie par des "lois sélectives" sélectionnant le réel dans le possible. Les multiplicités présentatrices de l'apparaître sont enchaînées de façon "légalement cohésive",

"sur le mode d'une sélection génériquement circonscrite à partir de possibilités existantes en général" (*D. und R.*, p. 284).

Si l'enchaînement des apparitions permet de poser thétiqument dans une conscience d'unité et de valider (ou d'invalider) des états de choses objectifs, c'est parce qu'il est réglé et qu'il existe un "entre-accord", une "concordance" des apparitions. L'objectivité ainsi définie permet de rendre compte *d'inférences* fondamentales de la perception. Par exemple les dilatations / contractions d'une esquisse permettent d'inférer le rapprochement / éloignement de l'objet corrélatif et, par exemple, d'activer une stratégie motrice d'évitement.¹¹

¹¹ Ces décisions cognitives sont cérébralement localisées. Par exemple dans l'aire MST du cortex médio-temporal.

On voit à quel point l'objectivité est ici *transcendantale* et non pas naïvement (substantiellement) ontologique. Elle est le corrélat intentionnel (noématique) de règles eidético-constitutives opérant noétiquement sur des data hylétiques formatés par une esthétique transcendantale "pré-empirique".

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. La légalité qui opère "dans l'écoulement motivé" des transformations visuelles (*D. und R.*, p. 285) peut en effet être abordée non plus phénoménologiquement mais à partir de l'a priori de l'espace objectif externe et du "point-Je" (origine d'un système de coordonnées egocentrées adapté au corps propre). Comme nous l'avons vu, on peut interpréter de façon objectiviste une transformation continue i_t d'images 2D comme si notre corps était plongé dans l'espace objectif \mathbb{R}^3 , comme si le champ oculomoteur était un fragment de surface défini par la position de ce corps et comme si des objets 3D externes s'y projetaient.

"Il en ira donc, d'un point de vue formel, pour ces diverses expansions, exactement comme pour les projections d'un corps géométrique sur un plan" (*D. und R.*, p. 285).

Cette remarque est très précieuse car elle montre que "d'un point de vue formel", c'est-à-dire du point de vue d'une eidétique géométrique appropriée, il y a *équivalence* entre l'approche phénoménologique-constitutive et l'approche objectiviste-causaliste, même s'il y a entre elles une inversion d'attitude, de priorités et d'ordre de dépendance.

On voit donc l'importance cruciale de l'eidétique descriptive *géométrique*. Pure, neutre entre phénoménologie constituante de l'apparaître et ontologie objective du monde, elle peut être réalisée de deux façons différentes :

- (i) cognitivement, et ce sont alors les problèmes d'implémentation de synthèses noétiques qui viendront au premier plan ;
- (ii) objectivement, et ce sont alors les problèmes de causalité et d'interaction physiques qui viendront au premier plan.

En ce sens, elle est la clef de la naturalisation de la phénoménologie de la perception.

BIBLIOGRAPHIE

Florack, L.M.J., *The Syntactical Structure of Scalar Images*, PhD, University of Utrecht, 1993.

Hamy, H., *Méthodes géométriques multi-échelle en vision computationnelle*, Thèse, École Polytechnique, Paris, 1997.

- Husserl, E., (1900-1901), *Logische Untersuchungen*, Max Niemeyer, Halle, 1913. Éd. 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, La Hague, Martinus Nijhoff, 1973. Éd. française *Chose et Espace*, (trad. J-F. Lavigne), Paris, Presses Universitaires de France, 1989.
- Koenderink, J.J., The structure of images, *Biological Cybernetics*, 50 (1984) 363-370.
- Ninio, J., *L'Empreinte des Sens*, Odile Jacob, Paris, 1996.
- Petitot, J., La sémiophysique : de la physique qualitative aux sciences cognitives, *Passion des Formes, à René Thom* (M. Porte, ed.), E.N.S. Éditions Fontenay-Saint Cloud, 1994, 499-545.
- Petitot, J., Phénoménologie computationnelle et objectivité morphologique, *La connaissance philosophique. Essais sur l'œuvre de Gilles-Gaston Granger* (J. Proust, E. Schwartz, eds.), Presses Universitaires de France, Paris, 1994, 213-248.
- Smith, B. (ed.), *Foundations of Gestalt Theory*, Philosophia Verlag, Munich, 1988.