

DES PREMIERS PRINCIPES METAPHYSIQUES

A LA CRITIQUE DE LA FACULTE DE JUGER

(EXTRAITS)

Colloque de Cerisy sur l'actualité de la *Critique de la Faculté de Juger*
 1790-1990 : *Le destin de la philosophie transcendante*
 (F. Gil, J. Petitot, H. Wismann, org.)

JEAN PETITOT

Séminaire d'Epistémologie des Mathématiques
 Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

I. L'ACTUALITE DE L'EPISTEMOLOGIE TRANSCENDANTE POUR LA PHYSIQUE MATHEMATIQUE MODERNE.

J'aimerais d'abord brièvement indiquer certaines des raisons, à la fois principielles et techniques, qui, contrairement à l'idée reçue, m'ont convaincu que, loin d'être devenue obsolète, l'épistémologie transcendante est au contraire la seule qui puisse faire authentiquement droit aux méthodes de détermination mathématique que l'on rencontre effectivement dans la physique contemporaine.

Je ne pourrais qu'être très allusif, mais je me permets de renvoyer aux travaux développés depuis quatre ans dans le cadre du *Séminaire d'Epistémologie des Mathématiques*, travaux dont parleront ici plus en détails certains collègues membres du Séminaire et qui ont déjà donné lieu à d'autres Colloques comme celui de Cerisy en septembre 1988 sur *Rationalité et Objectivités*, celui de l'Institut Henri Poincaré en septembre 1989 sur *Un Siècle de Géométrie : de Gauss et Riemann à Poincaré et Cartan* et celui de Cerisy en septembre 1990 sur *Le Continu mathématique*.

I.1 La disjonction transcendante entre objectivité physique et ontologie substantialiste

Il existe d'abord une raison de principe à la pertinence actuelle d'une épistémologie transcendante. Comme on le sait, la physique de l'élémentarité (mécanique quantique et théorie quantique des champs) exige de rompre avec *une ontologie substantialiste* qui serait sous-jacente aux phénomènes observables. Comme l'affirme le physicien Gilles Cohen-Tannoudji dans *La Matière-Espace-Temps*,

"l'innovation la plus importante apportée par la théorie quantique [est] une nouvelle conception des phénomènes". "Les concepts quantiques ne se rapportent plus à l'objet en soi mais ils se rapportent à des phénomènes." ¹ Les phénomènes observables sont, au niveau élémentaire (quantique), *sans ontologie sous-jacente* parce qu'il existe un "caractère insécable" entre les objets microphysiques qui les objectivent et les appareils de mesure qui leur permettent de se manifester. Le problème central est alors *d'atteindre l'objectivité* malgré ce "voilement" de l'être par le phénomène. On peut certes supposer une réalité indépendante "en soi" qui servirait de *fondement* ontologique aux phénomènes microphysiques. Mais cette réalité est *inconnaissable* et cela non seulement pour des raisons *cognitives* (la finitude de notre entendement) mais également pour des raisons *objectives*. Les phénomènes microphysiques sont, comme le dit fort bien Gilles Cohen-Tannoudji, des phénomènes-*horizons*. Plus on veut en dévoiler l'ontologie sous-jacente, plus ils *s'évanouissent* comme phénomènes — cela à cause des limites *absolues* imposées par les constantes universelles comme la vitesse de la lumière, la constante de Planck, la constante de Boltzmann, la longueur de Planck (i.e. la longueur au-dessous de laquelle les mesures de localisation demandent une énergie telle que la courbure de l'espace-temps produit un effet "trou noir", la longueur d'onde de Compton devenant inférieure à l'horizon de Schwarzschild de la particule), etc. C'est en ce sens qu'il y a en quelque sorte "voilement" de l'être par le phénomène, disjonction entre être substantiel et manifestation phénoménale. La conséquence en est double :

- (i) l'impératif de restriction aux observables ;
- (ii) la nécessité de constituer l'objectivité comme une *légalité* propre des phénomènes en tant que tels, la nécessité de l'identifier à une *détermination* de ces phénomènes légalisés.

Il est donc naturel que la physique quantique ait *répété*, même si elle ne l'a pas thématiquement philosophiquement, l'essentiel des gestes kantien *constitutifs*. La physique moderne est philosophiquement transcendantale et on peut même dire qu'elle l'est, j'y insiste, pour des raisons non seulement cognitives mais également objectives. Comme l'énonce fort bien Bernard d'Espagnat, "c'est la science elle-même qui (...) fournit aujourd'hui au penseur de pressantes raisons d'accepter la dualité (philosophique) de l'être et du phénomène".² Le concept ontologique de réalité substantielle *indépendante* n'est pas un concept physiquement admissible. L'objectivité est la légalisation catégoriale et la détermination mathématique de la réalité empirique comme ensemble de phénomènes et, pour la constituer comme telle, d'Espagnat y insiste, il faut dépasser le conflit dialectique opposant une ontologisation physicaliste (la science parle de la

¹Cohen-Tannoudji, Spiro [1986], p.141.

² d'Espagnat [1985], p.VII.

réalité indépendante) à un idéalisme mentaliste (la science n'est qu'une construction sémiotique sans contenu objectif). Le concept actuel d'objectivité dite *faible* (l'objectivité dite forte étant l'ontologie) en épistémologie quantique n'est rien d'autre que la redécouverte du concept transcendantal d'objectivité : des composantes épistémiques (les conditions théoriques et expérimentales d'observabilité) sont, comme le disait Bohr, un "élément intrinsèque" — i.e. *constitutif* — "de tout phénomène auquel l'expression "réalité physique" puisse s'appliquer".³ Et les tentatives pour rétablir une ontologie quantique, par exemple dans les théories à paramètres cachés, en tentant d'interpréter les états dispersifs de la mécanique quantique comme des états statistiques d'états idéaux (pas forcément physiques) non dispersifs, sont théoriquement et expérimentalement réfutables. Comme le dit fort bien Jerry Marsden, "the entire point of the negative results concerning "hidden variables" is that there is *no* "objective underlying state" of the system!"^{4,5}.

Bref, on peut dire que, dans la microphysique quantique, *l'épistémologie transcendantale devient en quelque sorte physiquement démontrable*. Ce point a été fort bien vu par certains philosophes des sciences et, en particulier, par C.F. von Weisäcker.⁶

I.2 Les "premiers principes" : groupes de relativité et principes de conservation

Mais il existe, selon moi, des raisons beaucoup plus techniques de défendre la thèse d'une essence transcendantale de la physique moderne. En effet, on peut montrer que Kant, dans son grand ouvrage physique que sont les *Premiers Principes Métaphysiques de la Science de la Nature*, a anticipé de façon étonnante sur ce qui allait devenir l'un des principes fondamentaux de détermination dans les théories physico-mathématiques.

En effet, exprimé en langage moderne, de quoi traite donc Kant dans les PPM en rapport avec l'Esthétique transcendantale et l'Analytique des Principes ?⁷ (Nous reviendrons plus techniquement au § II.2 sur les bases des PPM).

³ Bohr [1935], p. 696.

⁴ Marsden [1974], p. 188.

⁵ Pour plus de précisions sur notre conception transcendantale de la physique contemporaine, cf. Petitot [1988], [1989b], [1990a], [1990b].

⁶ Cf. par exemple Weisäcker [1979], Folse [1978] et Honner [1982] (sur le transcendantalisme de Bohr).

⁷ Pour les PPM, je me réfère à l'ouvrage classique de Jules Vuillemin *Physique et Métaphysique kantienne*.

1. *Phoronomie (Cinématique)*

Dans la cinématique, qui spécifie les catégories de la quantité et les "Axiomes de l'intuition" réglant la fonction des grandeurs *extensives*, deux problèmes sont traités.

(a) La façon dont la *mesure* advient sous forme de *métrique* à l'espace et au temps phénoménologiques (c'est compliqué pour le temps car on le mesure par des mouvements). L'espace comme medium de manifestation (forme de l'intuition au sens de l'Esthétique transcendantale) devient géométrie (intuition formelle, cf. la fameuse note du §26 de la Dédution transcendantale) en vue de la physique, et sa structure euclidienne est inséparable des principes de la mécanique (la Phoronomie ne sera complète qu'avec la Mécanique).

(b) Les mouvements rectilignes uniformes et le groupe d'invariance de la relativité galiléenne. Cela recouvre d'une part les symétries de l'espace-temps : translations temporelles, translations et rotations spatiales, etc. (Il est bon d'insister sur le fait que Kant est le premier philosophe à avoir affirmé, contre les dogmatismes logiques (leibniziens par exemple) que l'existence de *symétries* spatiales était *constitutive* pour l'objectivité physique). Cela recouvre d'autre part le groupe proprement cinématique des transformations galiléennes (mouvements rectilignes uniformes). D'où, contre Newton, la *négation* (réfutation) de tout espace absolu (un tel espace n'est qu'une *Idée*) et l'affirmation du rôle constitutif du principe de relativité. Ainsi que le note Vuillemin, "c'est le principe de la phoronomie qui fournit la véritable démonstration de l'Esthétique transcendantale" et "c'est la relativité du mouvement qui rend transcendantalement nécessaire la subjectivité de l'espace [son idéalité transcendantale]." ⁸

Pour Kant, la loi d'addition des vitesses dans la relativité galiléenne n'avait rien d'évident et constituait même un problème central. En effet les vitesses sont des grandeurs *intensives* et non pas *extensives*, des tendances infinitésimales attachées à des points. Leur additivité (leur vectorialité) doit donc être démontrée en accord avec leur intensivité et cela ne va pas du tout de soi. On dirait aujourd'hui que les vitesses appartiennent, non pas à \mathbb{R}^3 , mais à ses espaces vectoriels tangents $T_x\mathbb{R}^3$ (qui ne sont isomorphes à \mathbb{R}^3 que parce que ce dernier est lui-même un espace vectoriel). Le mouvement n'est pas un mode de l'espace et l'additivité n'est pas géométrique mais *cinématique*.

2. *Dynamique*

Comme *qualité* (et non plus comme quantité), la matière est *remplissement* de l'espace. Ce remplissement est très différent d'une simple "occupation" (anti-cartésianisme). C'est un processus dynamique et énergétique propre à "l'intériorité"

⁸ Vuillemin [1955], pp. 59-60.

substantielle de la matière. C'est ici l'un des points où le débat de Kant avec Leibniz est le plus serré. Pour Leibniz l'espace est imaginaire. L'intériorité substantielle, la substance-force réelle, est *hors* espace, bien qu'elle s'exprime spatialement. Il y a donc un *conflit d'ontologies* entre l'ontologie mécaniste et l'ontologie monadologique. Kant maintient cette intériorité substantielle comme fondement. Mais, comme elle est d'ordre *nouménal*, elle ne peut pas être introduite dans le domaine de l'objectivité. Elle doit être déterminée à travers sa seule *extériorisation*. Il s'agit par conséquent de conquérir un concept purement spatio-temporel de Dynamique qui ne relève plus de la chose en soi. Mais cela implique la *fondation* de la Dynamique dans la Phoronomie. Or, comme y insiste Vuillemin : "que la Dynamique présuppose la Phoronomie, cela signifie la possibilité d'une révolution copernicienne concernant la catégorie de substance, révolution qui est sans doute le coeur de l'idéalisme kantien" (p. 87). C'est effectivement là que les catégories de la qualité *se disjoignent* de la métaphysique traditionnelle (d'Aristote à Leibniz). Le remplissage de l'espace-temps par la matière est une tension dynamique pour l'occupation. Il est le résultat du conflit *de forces fondamentales* attractives et répulsives engendrant la cohésion des corps, leurs phases matérielles et leurs interactions. Ces forces fondamentales ne sont pas des nécessités logiques mais des conditions de l'expérience physique. Leur être est opaque ("en soi"). Il s'exprime phénoménologiquement par des qualités ("voilement" de l'être par le phénomène), c'est-à-dire par des *grandeurs intensives*.

On peut donc continuer à élaborer dans la *Dynamique* le traitement mathématique des grandeurs intensives. Mais cela laisse *entièrement ouvert* le problème de la "construction mathématique" du concept *dynamique* de matière. L'intériorité substantielle *génératrice* des qualités demeure en fait *hors* construction. C'est un problème central abordé dans l'OP et légué à l'avenir. Dans la *Mécanique*, la matière se trouve réduite à la masse. Cela simplifie considérablement le problème puisque la substance classique se trouve réduite à un scalaire. Par là même, cela permet la *construction* mathématique du mouvement tout *en faisant l'économie* de celle, dynamique, de la substantialité⁹.

⁹ Dans son étude *Inertia, the communication of Motion, and Kant's third law of mechanics*, Howard Duncan a analysé en détails la façon dont opère dans les PPM le fait que le concept de matière, comme tension dynamique pour l'occupation de l'espace, *ne soit pas dynamiquement constructible*. Une véritable ontologie de la matière exigerait que l'on puisse ramener ultimement les corps matériels à un effet de forces dynamiques fondamentales opérant sur une sorte de "fluide" énergétique primordial (d'où l'anti-atomisme de Kant). Cela étant mathématiquement impossible, la Dynamique évince le problème et change de niveau pour se restreindre au niveau purement mécanique du mouvement (des trajectoires). Ce faisant, la genèse physique de

Cette conception de la mécanique est donc anti-atomiste, c'est-à-dire, en fait, *anti-mécaniciste*. Un dynamisme énergétique y est sous-jacent, mais sans pouvoir y accéder au rang d'un principe de détermination mathématique des phénomènes. La genèse des intensités et l'action des forces fondamentales y demeurent des énigmes physiques.

Les catégories de la qualité et les principes associés que sont les "Anticipations de la Perception" se spécifient ici par le principe que l'être physique s'externalise à travers des grandeurs intensives comme la vitesse ou l'accélération. Le lien organique, systématique, avec la cinématique s'exprime alors comme *un principe de covariance* relativement au groupe d'invariance de l'espace-temps. Ainsi apparaît, après le principe de relativité, un autre principe promis à la plus grande des postérités, à savoir que l'être physique doit être décrit *par des données différentielles variant de façon covariante*. Bref, la Dynamique nous indique entre autres que, pour des raisons transcendantales, la Mécanique doit être une géométrie différentielle (et non pas, par exemple, une logique des qualités).

3. *Mécanique*

La *Mécanique*, qui spécifie les catégories de la relation et les principes associés que sont les "Analogies de l'expérience", explique la genèse des objets physiques proprement dits. Elle repose sur une réduction fondatrice, la réduction de la matière à la masse. La masse devient "sujet ultime dans l'espace", le mouvement devient son "prédicat déterminant", et, dans la mesure où ce prédicat est spatio-temporel, la matière se trouve bien traitée scientifiquement à partir de sa seule phénoménalité (réduction aux observables). La matière n'est plus, comme encore chez Leibniz, une matière physique "seconde" animée par en-dessous par une *materia prima* extrinsèquement spatiale. Elle devient en quelque sorte une unité matière-espace-temps.

La "coupure épistémologique" (la rupture des sciences galiléennes-newtoniennes avec les métaphysiques substantialistes) se trouve donc mis au principe de l'approche transcendantale de la Mécanique. Ce geste permet *de construire mathématiquement les catégories "dynamiques"* (i.e. *non* "mathématiques"), catégories qui ne pouvaient être que schématisées au niveau de la CRP.

la matière est remplacée par sa description scalaire comme masse inertielle. Cela permet de construire mathématiquement le mouvement et la communication du mouvement *sans* construire pour autant le concept de matière. C'est cette dernière construction qui, nous le verrons, fait l'objet des réflexions visionnaires de l'OP.

La construction commence par une réinterprétation complète de la catégorie de substance¹⁰. A travers son schématisme temporel qui en fait un principe de permanence, celle-ci s'identifie désormais aux principes *de conservation des grandeurs physiques*, c'est-à-dire aux principes physiques d'invariance. Comme le dit encore Vuillemin : "toute connaissance physique consiste à rapporter suivant des règles une suite de changements à un invariant".¹¹

On ne saurait trop insister sur l'importance épistémologique de cette réinterprétation. Elle rompt radicalement avec toutes les approches logico-linguistiques qui considèrent que la science est une *prédication* sur des choses et des états de choses, autrement dit un rapport de type syntaxe/sémantique entre un langage (formalisé) et des données empiriques fonctionnant comme une dénotation. Ici, le rapport substance/prédictat devient la source des lois de conservation, lois qui, une fois traduites en équations, *épuisent l'essentiel du contenu théorique des théories physiques*, lois qui déterminent des modes infiniment variés de *transformation* des grandeurs physiques.

Quant au principe de causalité, il se trouve retraduit par le principe d'inertie et la loi de Newton.

Enfin, quant au principe de communauté, il se trouve retraduit d'abord par le principe de l'égalité de l'action et de la réaction (controverse sur les forces d'inertie) puis par le principe de l'interaction universelle qui spécifie le schème de la *simultanéité*. La simultanéité pose, pour Kant, un problème difficile. En effet, on doit en garantir l'objectivité. Or, pour cela, il faut coordonner les temps locaux en un temps cosmologique global. L'espace et le temps sont donnés comme infinis au niveau de l'Esthétique transcendantale. Mais en tant qu'espace et que temps de l'objectivité physique, ils sont, si on les considère globalement, de nature *cosmologique*. Or l'univers ("le monde") *n'est pas* un concept objectif pour Kant (cf. les antinomies cosmologiques de la Dialectique transcendantale). Ce n'est qu'une *Idée*. (Cela a même conduit Kant à renier ses considérations cosmologiques pré-critiques que l'on s'accorde pourtant à juger visionnaires).

4. *Phénoménologie*

Ce que les PPM développent sous le titre de *Phénoménologie* concerne les catégories de la modalité (possible, réel, nécessaire) et les principes associés que sont les "Postulats de la pensée empirique".

¹⁰ Il ne faut pas oublier que, pour Kant, le concept métaphysique traditionnel de substance comme support d'accidents n'était qu'une simple *hypotypose symbolique* (cf. CFJ §59, à propos de Locke).

¹¹ Vuillemin [1955], p. 282.

Cinématiquement parlant, le mouvement *n'est pas un prédicat réel* mais seulement possible. C'est pourquoi, en accord avec le principe de relativité, on peut à la fois l'affirmer et le nier sans aucune contradiction logique. Position (spatiale ou temporelle) absolue ainsi que vitesse (d'un mouvement rectiligne uniforme) absolue *ne sont pas des observables*. C'est pourquoi le "réalisme empirique" de l'espace ne peut pas se doubler d'un "réalisme transcendantal". La thèse, si souvent mécomprise, de "l'idéalité transcendantale" de l'espace ne fait qu'exprimer philosophiquement, nous l'avons vu, le principe de relativité.

La dynamique fournit en revanche des critères *de réalité* du mouvement, car les forces sont réelles. Cette réalité est gouvernée par des lois mécaniques qui sont nécessaires, la nécessité n'étant pas ici une modalité logique mais une modalité transcendantale, une nécessité conditionnelle, relative à la contingence radicale de l'expérience.

I.3. Les Principes de symétrie et la construction des catégories "dynamiques" de substance, de causalité et d'interaction

La façon dont Kant traite, dans les PPM, la mécanique rationnelle anticipe, selon moi, de façon remarquable sur l'avenir. Je pense que l'on peut considérer Kant comme le premier philosophe (et l'un des très rares) à avoir compris trois caractéristiques fondamentales des théories physiques.

1. Le fait que l'existence de symétries, c'est-à-dire de groupes de relativité, était constitutive du concept d'objectivité et disjoignait donc celui-ci de toute ontologie puisque, par définition, le groupe de symétrie d'une théorie exprime ce que cette théorie *ne peut pas connaître*.
2. Le fait que les principes de relativité imposent des contraintes de covariance aux *descriptions* physiques, la covariance garantissant la possibilité d'objectivité et lui conférant clairement un contenu non ontologique.
3. Le fait qu'il existe une *corrélation* entre une telle Esthétique transcendantale et les *objets* de la théorie physique, autrement dit que, comme le dira beaucoup plus tard Hermann Weyl en introduisant le concept fondamental d'invariance de jauge, des principes de relativité et d'invariance peuvent être transformés en principes *dynamiques*. Chez Kant, cette corrélation correspond à *la construction des catégories*. On sait que, dans la CRP, à la différence des catégories mathématiques, les catégories dynamiques *posent* l'existence, la *conditionnent* tout en la laissant *indéterminée*. Cela implique qu'elles *ne soient pas* constructibles. Comme elles ne s'appliquent qu'à l'objet en général, elles ne sont que schématisables. Mais elles deviennent constructibles lorsqu'elles s'appliquent "à une détermination supplémentaire", en l'occurrence le mouvement, "contenant une intuition pure".

Ce point est essentiel. Les catégories mathématiques concernent les intuitions pures et donc *l'essence* comme "premier principe interne de tout ce qui appartient à la *possibilité* d'une chose". Les catégories dynamiques concernent au contraire *la nature* comme "premier principe interne de tout ce qui appartient à *l'existence* d'une chose". Mais la connaissance a priori par concepts qu'elles fournissent ne concerne encore que la possibilité de l'existence et non pas l'existence *déterminée*. Pour accéder à une connaissance d'objets de nature déterminée, il faut disposer d'une intuition pure *correspondant* au concept. Ce qui n'est pas le cas au niveau de la CRP. Or, comme le note Vuillemin, si le problème de l'applicabilité des mathématiques "définit le vrai problème transcendantal"¹², c'est bien au-delà des catégories mathématiques et des principes correspondants (Axiomes de l'intuition et Anticipations de la perception). C'est au niveau de la construction des principes *dynamiques* eux-mêmes. La donnée d'un noyau empirique minimal fournit l'intuition correspondante, "impose la construction mathématique appropriée" (p. 25) et permet d'effectuer la construction mathématique des synthèses proprement physiques. Nous reviendrons plus en détail sur ces points essentiels, mais délicats, au § II.2.

Dans la physique moderne, la construction des catégories a pris une ampleur considérable dans la mesure où, grâce à des outils mathématiques d'un contenu et d'une puissance inimaginables pour Kant, elle a permis de *dériver* (ce qui est l'idéal de la construction) les catégories dynamiques (de substance, de causalité et d'interaction) d'un enrichissement des principes de relativité, c'est-à-dire, en dernière instance, de l'Esthétique transcendantale et de la Phoronomie.

Je me bornerai à citer trois exemples spectaculaires.

(a) Le théorème de Noether et la construction de la catégorie de substance.

Le formalisme lagrangien (qui domine la physique, de la mécanique rationnelle, i.e. de la mécanique symplectique, à la théorie quantique des champs) permet d'engendrer les grandeurs physiques d'un système à partir de ses grandeurs cinématiques extensives (positions) et intensives (vitesses). Il permet en quelque sorte de *convertir* du "mathématique" en "dynamique". Et cela grâce au théorème de Noether qui dit que si un lagrangien est invariant sous un groupe à un paramètre de relativité, alors il existe une grandeur physique conservée au cours du mouvement (une intégrale première). Ce théorème relie donc principes de relativité (inobservabilité de grandeurs cinématiques absolues), symétries (invariance du lagrangien) et lois de conservation (observabilité et conservation) de grandeurs physiques corrélatives. C'est en quelque sorte *le* théorème transcendantal qui donne raison à Kant au-delà de tout ce qu'il pouvait espérer.

¹² Ibid. p. 20.

(b) La relativité générale et la construction de la catégorie de cause (du concept de force).

La construction du concept de force consiste, dans l'interprétation transcendantale, à la ramener à un principe de relativité, c'est-à-dire à une généralisation de l'Esthétique transcendantale et de la Phronomie. C'est bien ce que fait la relativité générale. On peut montrer qu'en relativité générale, l'Esthétique transcendantale et les principes que sont les Axiomes de l'intuition, avec la Cinématique correspondante, ainsi que les Anticipations de la Perception, avec la Dynamique correspondante, que tout cela est passé du niveau *global et métrique*, qui est le leur en mécanique newtonienne, au niveau *local et différentiable* sous-jacent. Cela n'était évidemment possible qu'après la conquête mathématique de ce niveau par Riemann. Le groupe de relativité de la théorie devient alors le groupe des *difféomorphismes* de l'espace-temps. Les contraintes de covariance deviennent par conséquent beaucoup plus importantes et cela permet de ramener la force, donc la catégorie de causalité, à un principe d'inertie généralisé. Les a priori géométriques ne sont plus de nature métrique mais, par exemple, de nature *cohomologique*.¹³

(c) Les théories de jauge et la construction de la catégorie d'interaction.

En théorie quantique des champs, on a une chaîne de procédures de déterminations objectives conduisant de principes constitutifs à des modèles explicites.

Les principes de relativité et de symétrie fournissent des lagrangiens L , plus précisément des densités de lagrangien $\mathcal{L}(\varphi, \partial_\mu \varphi)$ dépendant des champs $\varphi(x, t)$ considérés et de leurs dérivées $\partial_\mu \varphi$. Cela permet de définir des actions $S(\Gamma)$ sur des chemins Γ conduisant d'un état initial $\varphi_i = \varphi(x, t_1)$ à un état final $\varphi_f = \varphi(x, t_2)$. Les axiomes de la mécanique quantique conduisent à la formule de Feynman (intégrale fonctionnelle dans l'espace fonctionnel des chemins) pour l'amplitude de probabilité de transition :

$$\langle \varphi_i | \varphi_f \rangle = \int_{\Gamma} \exp\left(\frac{i}{\hbar} S(\Gamma)\right) d\Gamma .$$

Ces amplitudes de probabilité permettent de construire des modèles explicites (et incroyablement précis) des phénomènes observés. On voit parfaitement fonctionner ici la *générativité* de l'Übergang.

¹³ J.A. Wheeler a par exemple montré que l'a priori cohomologique $d^2 = 0$ (qui se trouve à la base de la cohomologie des formes différentielles sur une variété différentiable) permettait de déduire a priori les équations du champ d'Einstein. Cf. Misner, Thorne, Wheeler [1973].

Les théories de jauge ont réussi à déduire les interactions en faisant dépendre les symétries *internes* des systèmes (qui sont des symétries globales non spatio-temporelles associées aux nombres quantiques des particules) de la *position* spatio-temporelle. En localisant ainsi ces symétries internes et en exigeant que les théories demeurent invariantes, on doit introduire des termes correctifs et l'on constate que ceux-ci sont précisément les termes d'interaction. Les forces et les interactions apparaissent ainsi de façon générale comme dérivables de principes de conservation *locaux*.

Ce qui est essentiel dans tous ces processus de construction est la possibilité de transformer les catégories et les principes *légalisant* les phénomènes en sources de *modèles* pour ces phénomènes, autrement dit la possibilité de transformer la *législation prescriptive* en modèles mathématiques *descriptifs*, ou encore de redéployer la *subsumption* du divers empirique des phénomènes (sous *l'unité* aperceptive des synthèses catégoriales) en une *diversité* de modèles de ces mêmes phénomènes. C'est à cela que servent les mathématiques. Elles s'impliquent donc doublement dans l'expérience : de façon prescriptive au niveau de la construction des catégories, de façon descriptive au niveau de la modélisation des phénomènes.

C'est comme cela, grâce à la *générativité* des mathématiques, que se réalise l'Übergang physique dans les théories modernes.¹⁴

II. QU'EST-CE QUE GENERALISER LA DOCTRINE TRANSCENDANTE DE LA CONSTITUTION DE L'OBJECTIVITE ? SCHEMATISME ET CONSTRUCTION GENERALISES DANS UN SYSTEME D'ONTOLOGIES REGIONALES

Les quelques remarques qui précèdent montrent qu'une lecture transcendantale de la physique contemporaine est légitime et féconde. On peut donc faire l'hypothèse qu'il est possible de *généraliser et de pluraliser* la doctrine transcendantale de la constitution des objectivités de façon à *l'actualiser*.

L'actualisation de la doctrine transcendantale n'est pas tant une affaire d'exégèse du texte kantien qu'une affaire de possibilité de généralisation. Une telle généralisation — qui doit permettre de montrer qu'une lecture transcendantale de notre actualité scientifique est non seulement possible mais même pertinente, non seulement pertinente mais même nécessaire — n'est évidemment effectuable que si l'on fait sauter le verrou des interprétations positivistes anti-kantiennes du transcendantal, en particulier celle du positivisme logique. Ce n'est pas mon propos de le faire ici. Mais je me permets néanmoins quelques très brèves indications.

¹⁴ Pour des précisions, cf. Petitot [1987b], [1988], [1989b], [1990a], [1990b].

1. En ce qui concerne le concept d'intuition pure, et en particulier du *continu* comme intuition pure, il est facile d'actualiser Kant. En effet, comme l'a montré Michael Friedman dans son article fondamental "Kant's Theory of Geometry", les propriétés du continu ne sont pas exprimables dans la logique syllogistique élémentaire (monadique) dont disposait Kant.

Par exemple, la propriété de densité : $\forall x \forall y \exists z (x < y \rightarrow x < z < y)$ inclut, de par la structure de sa quantification, une *itération* et fournit une fonction de Skolem qui permet *de déduire l'infini de la seule logique*. Cela est impossible avec la logique de l'époque de Kant. "So, for Kant, one cannot represent or capture the idea of infinity formally or conceptually". *L'intuition* marque, entre autres, cette irréductibilité. Elle fournit les procédures analogues, par exemple, aux procédures d'itération et aux fonctions de Skolem.

Il en va de même pour le passage de la densité à la continuité proprement dite. La convergence des suites de Cauchy (s_n) exprimant la complétude de \mathbb{R} est quantificatoirement compliquée, de type $\forall \epsilon \exists N \forall m \forall n (m, n > N \rightarrow |s_m - s_n| < \epsilon) \rightarrow \exists s \forall \epsilon \exists N \forall n (n > N \rightarrow |s_n - s| < \epsilon)$:

$$\forall \epsilon \exists N \forall m \forall n (m, n > N \rightarrow |s_m - s_n| < \epsilon) \rightarrow \exists s \forall \epsilon \exists N \forall n (n > N \rightarrow |s_n - s| < \epsilon).$$

La représentation temporelle des limites chez Kant permet de représenter intuitivement les opérations logiques $\forall \exists \forall$. Il est donc absurde de critiquer Kant à partir de l'opposition entre syntaxe et sémantique en théorie logique des modèles. En effet, dans le cadre de la logique de son époque, une géométrie *non* interprétée *ne peut pas* être une géométrie puisqu'elle ne peut même pas représenter le concept d'une *infinité* de points.¹⁵

¹⁵Sur la philosophie mathématique de Kant et le statut du synthétique a priori, cf. l'ouvrage classique de Gordon Brittan *Kant's Theory of Science*. Brittan critique la reformulation par Hintikka du synthétique comme procédure d'introduction de nouveaux termes singuliers dans les démonstrations (par règle d'instanciation du quantificateur existentiel) (cf. par exemple Hintikka [1981]). Il remet en cause l'affirmation néo-positiviste selon laquelle la théorie kantienne serait ruinée par l'opposition (issue de la théorie logique des modèles) entre une géométrie pure non interprétée (syntaxique) et une géométrie appliquée empiriquement interprétée (sémantique). Selon lui, le synthétique a priori porte sur le réel et sa nécessité est modalement définissable comme "vrai dans tous les mondes réels possibles" (ce qui s'oppose aussi bien à "vrai dans le monde réel actuel" qu'à "vrai dans tous les mondes logiques possibles"). De son côté, W.E. Wiredu insiste à son tour sur le total anachronisme qu'il y a à vouloir appliquer à Kant (comme l'ont fait par exemple Carnap ou Hempel) l'opposition entre géométrie pure (analytique a priori) et géométrie appliquée (synthétique a posteriori). "This account commits what may be called the fallacy of inexhaustive disjunction, for it implicitly assumes the false conception that

2. D'ailleurs, la théorie logique des modèles n'élimine pas du tout l'écart entre le "discursif" et l'"intuitif". Bien au contraire. Elle lui donne seulement une nouvelle formulation, encore plus profonde, encore plus transcendante si l'on peut dire. En effet, comme le disait déjà Veronese, comme l'a affirmé Gödel, comme l'affirment les meilleurs spécialistes actuels de l'Analyse non standard, comme l'a encore repris tout récemment la médaille Fields Alain Connes, la signification des théorèmes de limitation (incomplétude, indécidabilité, etc.) et d'existence de modèles non standard est précisément que le continu constitue une réalité *objective*, informationnellement infinie, *transcendant* sa maîtrise symbolique (discursive).¹⁶

3. Enfin, en ce qui concerne le conflit supposé entre le synthétique a priori et les géométries non euclidiennes, il faut rappeler d'abord que Kant admettait parfaitement la possibilité logique des géométries non-euclidiennes (la géométrie euclidienne étant synthétique, sa négation ne peut pas être logiquement contradictoire) et que pour lui le primat de la géométrie euclidienne était lié à la mécanique et au principe d'inertie.¹⁷

the two levels alluded to are the only possible levels of geometrical theory" (Wiredu [1970], p. 25).

¹⁶ Sur la théorie logique des modèles et l'Analyse non standard, cf. MNS [1989], Harthong-Reeb [1989], Salanskis [1989], Petitot [1979-1982], [1989a]. Sur la philosophie des mathématiques de Gödel, cf. Wang [1987]. Sur la position d'Alain Connes, cf. Changeux-Connes [1989] et Petitot [1990c].

¹⁷ Dans son analyse du premier modèle (euclidien) de géométrie hyperbolique proposé par Beltrami, Ricardo Gomez fait justice des sottises accumulées à propos de ce supposé conflit entre l'Esthétique transcendante et les géométries non-euclidiennes. Il rappelle à son tour que Kant a toujours admis que les géométries non-euclidiennes étaient logiquement possibles et que le primat de \mathbb{R}^3 comme substratum réel des intuitions était d'une part physique et d'autre part perceptif. L'a prioricité et la nécessité de l'espace et du temps sont celles d'une condition de l'expérience possible. Elles sont donc *aussi radicalement contingentes* (et cela sans paradoxe) que cette expérience elle-même. Qui plus est, le modèle euclidien de Beltrami est un exemple remarquable d'une construction de concepts (les concepts de la géométrie hyperbolique) dans l'intuition pure (la géométrie euclidienne). Il fournit donc en fait une confirmation — et non pas, comme on l'a souvent dit, une réfutation — "of both Kant's view about the possibility of non-Euclidean geometries and of the intuitive necessity of Euclidean geometry" (Gomez, [1986] p. 102). Donc en fait, "the first allegedly true interpretation of such [NE] geometry was consistent with the kantian program of constructing in Euclidean space of our human representation all the geometrical concepts" (ibid. p. 107). J.E. Wiredu a également insisté sur le fait que les géométries non-euclidiennes que rejetait Kant n'étaient pas les géométries non-euclidiennes "faibles" que nous connaissons, mais

Il faut ensuite remarquer que l'on peut parfaitement changer les contenus des éléments transcendants, en particulier ceux de l'Esthétique transcendantale, tout en maintenant la fonction du transcendantal. C'est ce que je ferai.

Les conditions de possibilité d'une actualisation étant réunies, on peut généraliser et pluraliser la doctrine transcendantale de la constitution à *trois niveaux*.

II.1. La généralisation de l'Esthétique transcendantale

Il ne peut y avoir phénoménalisation qu'à travers un médium de manifestation. Tel est le rôle des formes de l'intuition. Leur "réalisme empirique" est évident (les phénomènes sont évidemment conformes aux formes qui conditionnent leur manifestation). Leur "idéalité transcendantale" signifie qu'elles doivent pouvoir servir de base *aux méthodes de détermination objective*. Les formes de l'intuition sont en quelque sorte *un encodage de la donation de l'être dans les conditions de manifestation*. A ce titre, il est essentiel qu'elles soient *données* et qu'elles possèdent des propriétés *non* conceptuelles, *non* discursives (comme les symétries de l'espace-temps). En tant que donnée originelle, les formes de l'intuition ne sont pas susceptibles de *définition réelle*. En donner une *définition nominale*, ce serait réduire les phénomènes à de simples apparences. Elles ne sont susceptibles que d'une "exposition".

L'exposition est double. "Métaphysique", elle concerne les propriétés des formes de l'intuition comme formes de la manifestation.¹⁸ "Transcendantale", elle concerne le problème de leur détermination *mathématique*, détermination *branchant le donné phénoménal sur les mathématiques* et permettant de convertir par là-même ces formes en méthodes de détermination objective. Le sens de l'Esthétique transcendantale est, selon moi, que *les déterminations catégoriales-mathématiques des formes de la manifestation phénoménale peuvent, en tant qu'intuitions formelles, se convertir en principes de détermination mathématique des objets de l'expérience*.

les géométries non-euclidiennes "fortes" où, par exemple, dans un plan de courbure 0 deux lignes droites pourraient enfermer un espace. "As soon as it is appreciated that the concept of non-Euclidean geometry to which Kant denied physical applicability by implication is different in type from that of the known non-Euclidean geometries, the denial of the synthetic *a priori* of geometrical theses on the score of the proven applicability of e.g. Riemannian geometry is seen to have no force" (Wiredu [1970], p. 13). On trouvera une réhabilitation analogue de Kant dans Miller [1975]. A propos de la philosophie mathématique de Kant, cf. également Dummett [1982] (sur l'opposition entre l'idéalisme transcendantal de Kant et le réalisme ontologique de Frege en matière de géométrie).

¹⁸ Pour une analyse détaillée du concept d'espace dans l'Esthétique transcendantale (en particulier dans l'exposition métaphysique), cf. Mc Goldrick [1985].

C'est ici, nous venons de le voir, que l'on peut lever l'une des plus lourdes hypothèques ayant pesé jusqu'ici sur la tradition transcendantale, à savoir que les progrès mathématiques (géométries non-euclidiennes, etc.) et physiques (relativité restreinte et générale, etc.) auraient invalidé l'a priori géométrique kantien. Cette critique n'est pas sérieuse.

Rien ne s'oppose donc à une généralisation de l'Esthétique. Par exemple, tout ce qui concerne *les groupes d'invariance* fait partie de droit de l'Esthétique généralisée. C'est même ici qu'intervient le sens transcendantal du *conventionalisme* : les formes de l'intuition sont *sous-déterminées* relativement à leur détermination mathématique (exposition transcendantale) et celle-ci doit donc être *choisie* dans un ensemble de possibles. Le conventionalisme — en particulier en ce qui concerne le choix des groupes de Lie décrivant les symétries, tant externes qu'internes, des systèmes physiques — est la forme moderne de l'Esthétique comme instance a priori de détermination objective. Comme l'a bien montré J. Giedymin dans *Science and Convention*, le conventionalisme n'a rien d'un nominalisme. Il exprime la sous-détermination mathématique des a priori. C'est un "réalisme structural" (M. Resnik). Même des arguments aussi techniques que, par exemple, le choix de SU(5) pour une théorie de jauge non abélienne (grande unification) en sont les héritiers directs.¹⁹

II.2 La généralisation du concept d'objet régional et de l'Übergang

Une généralisation de l'Esthétique doit aller de pair avec une généralisation corrélative du concept d'objet régional. Je considère pour ma part que dans leur rapport d'Übergang à la CRP, les PPM sont les précurseurs du concept husserlien d'*ontologie régionale* (matérielle) dans son rapport de subordination à l'*ontologie formelle* (Analytique transcendantale de l'objet en général).

Il est utile d'élaborer un peu ce point.²⁰

¹⁹ Pour des précisions sur notre conception de la philosophie des mathématiques, cf. Petitot [1979-1982], [1987b], [1988], [1989a, b], [1990a, b, c].

²⁰ Cette thèse que les concepts husserliens de corrélation noético-noématique et d'ontologie régionale sont les héritiers directs de la théorie catégoriale kantienne peut se justifier de la façon suivante. Avec Husserl, Cassirer et Heidegger, il faut insister sur le caractère *fonctionnel* des catégories, en tant que modalités du rapport au cogito conformément auxquelles sont jugés les phénomènes, c'est-à-dire en tant que prédicats de l'objet en général au moyen desquels les phénomènes sont déterminés par rapport aux formes logiques du jugement. Si l'usage analytique-logique (non réel) de l'entendement peut devenir synthétique-réel, ce n'est évidemment que relativement à l'objet comme forme et comme corrélat noématique des synthèses noétiques et non pas relativement à l'objet comme matière et comme chose (sinon la spontanéité de

Comme Kant l'explique dans la préface des PPM, une science ne peut pas se réduire à un simple "art systématique" qui ordonnerait les faits empiriques, les décrirait et les classerait. Une "science" simplement conceptuelle-descriptive ne saurait être une science réelle. Il n'y a de science que lorsque la connaissance procède conformément à des principes. Si les principes sont a posteriori, si ce sont des lois de l'expérience, alors le savoir est *impropre*. Si en revanche ils sont a priori, alors le savoir est propre. "A proprement parler on ne peut appeler science que celle dont la certitude est apodictique" (p. 8) et une théorie rationnelle n'est une science *proprement dite* "que si les lois naturelles sur lesquelles elle se fonde, sont connues *a priori* et ne sont pas de simples lois de l'expérience" (p. 9). Cette définition conduit immédiatement à une difficulté car elle implique deux exigences dont la compatibilité est loin d'aller de soi.

(i) Opérant d'après des principes a priori, une science proprement dite est connaissance pure et doit donc partir du concept d'expérience possible tel qu'il est déterminé dans la CRP via une Esthétique transcendantale, une Analytique catégoriale, un Schématisme et une Analytique des principes. A ce titre, elle concerne "les principes de la *nécessité* de ce qui appartient à *l'existence* d'une chose" (p. 10). Or, les lois réglant "les déterminations d'une chose qu'implique l'existence de cette chose" (p.9) se rapportent à un concept *non constructible* car "l'existence ne peut se représenter dans aucune intuition a priori" (p. 10).

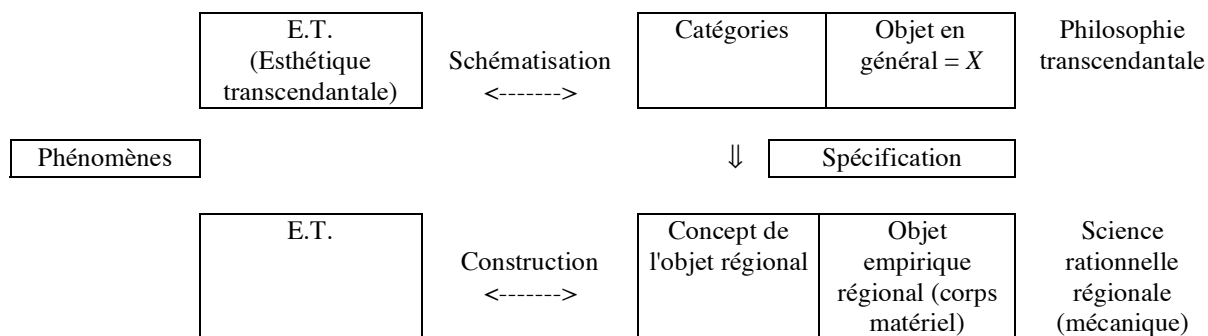
(ii) Mais, d'un autre côté, en tant que science d'un objet régional particulier, une science proprement dite doit au contraire permettre de *construire* les catégories appliquées à cet objet. Elle doit donc *spécialiser* la "métaphysique générale" en une "métaphysique particulière" *appliquant* les principes transcendants à un *genre* d'objet

l'entendement deviendrait transcendant). C'est la nature fonctionnelle des catégories qui permet la corrélation noèse-noème. Selon la thèse d'Heidegger, comme fonctions d'unité déterminée et représentée, les catégories sont d'abord des *notions*, c'est-à-dire des concepts *réfléchissants*. Elles ne deviennent des concepts déterminants (i.e. elles ne se transforment en prédicats objectifs de l'objet en général) qu'à travers leur rapport originaire (schématique) aux intuitions pures. La corrélation signifie alors que, comme "synthèse véritative pure" (validation des catégories par leur "réfèrent" qu'est l'objet en général), la synthèse transcendantale est identiquement une "synthèse prédicative pure" (fonction d'unité dans le jugement). C'est cette corrélation que Kant exprime par son principe fondamental que "la même fonction qui donne l'unité aux représentations diverses *dans un jugement*, donne aussi à la simple synthèse de représentations diverses *dans une intuition* l'unité, qui, exprimée généralement, s'appelle le concept pur de l'entendement" (CRP B104/A79). Les catégories permettent de passer de la fonction — c'est-à-dire ce *par* quoi le divers est réduit à l'unité — à la forme — c'est-à-dire ce *en* quoi le divers est réduit à l'unité.

(les trajectoires des corps matériels dans les PPM) dont le concept *générique* est d'origine *empirique*. C'est ici qu'intervient ce passage particulièrement délicat — cet *Übergang* — du transcendantal à la physique mathématique que nous avons vu pouvoir être généralisé à la physique moderne.

Le problème vient de l'Esthétique transcendantale. Le raisonnement de Kant est le suivant : la science proprement dite de la nature matérielle se fonde sur la connaissance pure a priori des corps ; mais la connaissance a priori ne concerne que *la possibilité de pensée* "d'objets naturellement déterminés" et non pas l'existence hors de la pensée ; il faut donc "que l'intuition correspondant au concept soit donnée a priori" ; or, cela est la définition de la construction ; et comme toute connaissance par construction de concepts est nécessairement mathématique, "une pure théorie de la nature concernant des choses déterminées de la nature (...) n'est possible qu'au moyen de la mathématique" (p. 12). Mais quel est donc ici le rapport entre schématisme et construction puisque "l'intuition correspondant au concept" est l'intuition pure ? Les catégories ne déterminent, on le sait, que l'objet en général = X comme forme consistante de pensée (comme objet noématique). Elles en sont les prédicats objectifs à condition d'être restreintes dans leur usage à l'expérience.²¹ Il y a, d'autre part, les phénomènes donnés dans leur diversité empirique, phénomènes dont l'apparaître est conditionné par les formes de l'intuition. Les catégories se rapportent aux phénomènes, via leur Dédution, comme normes de l'expérience possible. Elles ne déterminent aucun concept *régional*, mais seulement le concept *formel* d'objet en général. C'est pourquoi elles se schématisent sans pour autant être constructibles. Mais dans une physique mathématique ("métaphysique particulière") les catégories *s'appliquent*. Comme noyau empirique minimal, le concept empirique régional de corps (d'objet matériel en mouvement) *spécifie* l'objet en général et c'est à travers une telle spécification que *le schématisme peut devenir construction*.

²¹ Car ce n'est qu'appliquées à des intuitions que les catégories "acquièrent des objets et deviennent des connaissances" (p. 17). "Sans intuition il n'existe aucun objet par rapport auquel la fonction logique pourrait être déterminée comme catégorie" (p. 18). Par ses principes synthétiques, l'entendement subordonne les phénomènes aux catégories et les convertit en objets d'expérience dont la connaissance est possible. Toute la question est de savoir si les intuitions *pures* sont bien "les conditions nécessaires à l'application des catégories"(p. 18) et, si tel est le cas, *quel objet elles acquièrent* dans cette applicabilité puisqu'il ne peut s'agir *ni* de l'objet en général, *ni* d'un objet empirique. Ce ne peut être qu'un objet régional typique et générique (par exemple l'objet "trajectoire").



Si l'on approfondit ce rapport de spécification, l'on arrive, je pense, à la conclusion que la différence entre schématisation et construction tourne en définitive autour de ce qu'est une intuition *correspondant* à un objet. En tant que pure forme de pensée consistante, l'objet en général = X (OG) possède le statut d'un objet *intentionnel* (noème). En tant que type générique d'une région empirique, l'objet régional (OR) spécifie OG et le remplit intuitivement.

(i) Dans la philosophie transcendantale, OG ne se spécifie en aucun OR. Comme nous allons le voir, cela implique que la forme de pensée qu'est l'objet OG de l'expérience possible est — bien que conférant une valeur objective aux catégories — sans réalité objective, sans vérité, sans sens.²² C'est un pur objet intentionnel pour lequel l'intuition pure *n'est pas* une intuition *correspondante* (disjonction entre sensibilité et entendement).

(ii) A l'autre extrême, dans les "arts systématiques" non rationnellement fondés que sont les disciplines empiriques, l'objet régional OR existe bien, mais on ne sait rien de la façon dont il spécifie OG. Corrélativement, OR est bien "rempli" par des intuitions *empiriques* (qui, par définition, sont "correspondantes"), mais non pas par des intuitions *pures*.

(iii) En revanche, dans une science proprement dite comme la mécanique rationnelle, OR spécifie explicitement OG et il y a une intuition *pure correspondant* au concept du genre d'objet OR considéré. Cette intuition pure est une *intuition formelle*, i.e. une géométrie de l'espace-temps. Le schématisme des catégories spécifiées s'effectue dans celle-ci. Il devient donc un schématisme *mathématique*, et donc une construction possible.

(iv) Enfin, pour compléter cette combinatoire kantienne des divers types de savoirs, on peut envisager le cas où il n'y a ni forme de pensée consistante, ni intuition

²² On peut donc voir également chez Kant le précurseur de la théorie husserlienne de la *vérification* qu'est la théorie du "remplissement" des *intentions* noématiques par des *intuitions* donatrices.

correspondante, ni objet intentionnel, ni objet empirique régional. C'est le cas de la métaphysique spéculative déconstruite dans la Dialectique transcendantale.

Bref, une science proprement dite (rationnelle) de la nature matérielle exige de "présenter les principes de la construction des concepts qui se rapportent d'une manière générale à la possibilité de la matière" (p. 13, P II 369, AK IV 472). Pour cela, il faut partir des catégories et se conformer au principe de leur *application* (i.e. de leur spécification). "Toutes les déterminations du concept universel de matière en général, et donc aussi tout ce qui peut être pensé *a priori* concernant la matière, tout ce qui peut en être représenté dans la construction mathématique, ou enfin tout ce qui peut en être donné dans l'expérience comme objet déterminé", tout cela doit provenir des catégories appliquées à une "détermination supplémentaire" (à un objet régional) (pp. 18-19, P II 373, AK IV 475). Si cette détermination comporte "en soi" une intuition pure alors il y aura constructibilité, mathématisation et science proprement dite. Sinon, il n'y aura que discipline empirique et "art systématique".

Kant montre alors en quoi, pour la physique, la "détermination fondamentale" est le *mouvement* et il explique comment — nous l'avons vu au §I.2 — l'application des quatre moments catégoriaux de la quantité, de la qualité, de la relation et de la modalité conduit à développer la "théorie pure du mouvement" respectivement en une "phoronomie", une "dynamique", une "mécanique" et une "phénoménologie". Or, le mouvement comporte en soi l'intuition pure de l'espace et seule celle-ci permet de "procurer une signification aux purs concepts de l'entendement" (p. 21). Ce n'est qu'à travers la spécialisation de la philosophie transcendantale en une physique qu'il est possible à ces concepts d'acquérir une réalité objective, c'est-à-dire signification et vérité" (p. 22). Kant y insiste : il faut une ontologie régionale comme la physique "pour donner un sens et une signification à une simple forme de pensée" (p. 22).²³

II.3. La généralisation du schématisme et de la construction en un *Übergang* généralisé

Il n'y a évidemment *aucune raison* pour que l'objet "*trajectoire*" soit le seul objet régional des sciences naturelles. C'est l'objet régional de la mécanique rationnelle conçue comme ontologie régionale, mais la physique a introduit d'autres objets régionaux, en particulier l'objet régional "*champ*".

En plus de la généralisation de l'Esthétique transcendantale (par exemple avec les groupes de symétrie des théories ou avec le passage du niveau global-métrique au niveau local-différentiable), en plus de la diversification du concept d'objet régional, la

²³ Nous utilisons "ontologie régionale" au sens de Husserl. Elle désigne un domaine de phénomènes à objectiver. Il ne s'agit pas une ontologie au sens transcendant et substantiel, ce qui serait incompatible avec le concept d'objectivité.

physique moderne a développé massivement une autre généralisation et une autre diversification, celles — nous l'avons vu au § I.3 — des procédures de construction des catégories, en particulier des catégories dynamiques. Grâce à des constructions mathématiques élaborées, le contenu physico-mathématique des *maximes du jugement physique* peut ainsi être considérablement développé et ramené aux Analogies de l'expérience et à l'Esthétique transcendantale. C'est dire que l'Übergang physique est *effectivement* devenu un aspect essentiel du rôle des mathématiques en physique, ce que Kant ne pouvait anticiper.

Arrêtons-nous encore un instant sur ce point essentiel, cette fois dans la perspective de la réflexion présentée dans l'Introduction de la CFJ, et non plus, comme nous l'avons fait jusqu'ici, dans celle de la détermination.

(i) Les principes permettant de subsumer les objets sous les concepts et garantissant la nature déterminante des jugements d'expérience ne peuvent pas rejoindre le système des lois empiriques de cette nature-ci. L'analogie universelle d'une expérience possible reste incommensurablement séparée de l'analogie particulière de la nature empirique contingente. C'est pourquoi la doctrine de l'objectivité implique nécessairement le jugement réfléchissant dans le jugement déterminant. Le principe subjectif du jugement réfléchissant est nécessaire à la *compréhension* (et non pas à l'explication) de la nature. En effet, étant donné l'abîme séparant d'un côté la physique pure d'une nature "générique" et d'un autre côté les lois contingentes de cette nature spécifique, "il y a (...) tant de modifications des concepts transcendants universels dans la nature, qui restent indéterminées par les lois que l'entendement pur donne a priori" (p.28). Pour que les lois empiriques contingentes soient des lois, il faut donc qu'elles puissent être "considérées comme nécessaires à partir d'un principe d'unité du divers, encore que celui-ci nous soit inconnu" (p.28).

(ii) Ce principe *d'organisation systématique* des lois empiriques relève de la faculté de juger réfléchissante. Reposant sur l'*Idée* de totalité organisée, il ne saurait relever de la faculté de juger déterminante "puisque la réflexion sur les lois de la nature se règle sur la nature et que celle-ci ne se règle pas sur les conditions suivant lesquelles nous cherchons à en acquérir un concept tout à fait contingent à elle" (p. 28). Sa fonction est de nous permettre de passer d'états de choses considérés génériquement en tant qu'états de choses de la nature en général à des états de choses considérés spécifiquement en tant qu'états de choses d'une nature spécifiée par un système de lois empiriques. La loi de la réflexion qu'il met en jeu est "*la loi de spécification de la nature* par rapport à ses lois empiriques" (p. 33). L'ordre de la nature n'est compréhensible que si l'on *spécifie* les lois universelles prescrites par l'entendement et ses catégories schématisées de façon à pouvoir leur subordonner les lois empiriques particulières.

(iii) Si l'on appelle alors *fin* le concept d'un objet comprenant le fondement de la réalité de cet objet (i.e. l'objet comme effet causal de son concept) et *finalité de la forme*

d'une chose l'accord de celle-ci avec le principe de constitution selon une fin, le principe de la réflexion pour l'organisation de la nature suivant la diversité de ses lois empiriques contingentes "est *la finalité de la nature* en sa diversité" (p.29).

Ce principe est le suivant : "les lois empiriques particulières, relativement à ce qui demeure en elles d'indéterminé par les lois universelles, doivent être considérées suivant une unité telle qu'un entendement (non le nôtre il est vrai) aurait pu la donner au profit de notre faculté de connaître, afin de rendre possible un système de l'expérience d'après des lois particulières de la nature" (p. 28). En admettant ce principe, la faculté de juger "se donne une loi seulement à elle-même, et non à la nature" (p. 28). Elle ne prescrit rien de particulier. On voit ici clairement que la finalité se substitue chez Kant à la possibilité de dériver *mathématiquement* — à travers la générativité mathématique — des "modifications" à partir des *a priori* mathématiquement schématisés et construits.

(iv) Le principe de finalité est donc un concept particulier *a priori* issu de la faculté de juger réfléchissante. Objectivement parlant, la nature est sans finalité. Si l'on appelle alors *principe transcendantal* un principe "par lequel est représentée la condition universelle *a priori* sous laquelle seule des choses peuvent devenir objets de notre connaissance en général" (p. 29) (i.e. un principe ne supposant que la pensée de l'objet par des catégories), et *principe métaphysique* un principe qui "représente la condition *a priori* sous laquelle seuls des objets, dont le concept doit être donné empiriquement, peuvent être *a priori* déterminés plus complètement" (i.e. un principe exigeant des concepts empiriques), on peut conclure que le principe de finalité de la nature dans sa diversité est un principe (subjectif) transcendantal. En effet, bien que servant d'heuristique à l'organisation systématique des lois empiriques, il ne porte que sur le concept pur des objets d'une connaissance possible.

(v) Ce principe se spécialise en ces "maximes" du jugement physique que seraient, exprimé en langage moderne, les principes de moindre action, de continuité, de conservation, de symétrie, d'ordre, d'invariance, de relativité, etc., maximes que, nous l'avons vu, la physique moderne a fait passer du réfléchissant au déterminant.

Ainsi, le principe de finalité est une conséquence directe de la disjonction entre la structure *a priori*, immuable chez Kant, de la physique pure et celle, contingente, de la physique empirique. L'idée d'un "entendement supérieur" — et même d'une chaîne d'entendements allant de l'entendement humain, défini par sa *finitude* (intellectus ectypus), à l'entendement divin défini par son intuition intellectuelle (intellectus archetypus) — n'est que celle de la spécialisation progressive de la physique pure ou, réciproquement, celle d'une détermination *a priori* des "modifications des concepts transcendants universels dans la nature". L'immutabilité de l'*a priori* implique que cette spécialisation et ce "supplément" de détermination demeurent à jamais pour Kant en dehors du champ de la philosophie critique. Pourtant, comme nous l'avons vu, Kant s'est demandé dans quelle mesure une *critique* des lois particulières de la nature n'était

pas néanmoins possible. Dans l'OP, il traite du "passage (Übergang) des phénomènes aux lois métaphysiques" et envisage "une espèce de *Critique du Jugement* physique, réalisant la jonction harmonieuse entre la science et la métaphysique naturelles".²⁴ Mon hypothèse dans la section I de cette étude a été que cette question de l'Übergang physique peut être reprise et en partie résolue si l'on accepte, contre Kant, que la structure a priori de l'expérience n'est pas immuable et fermée mais *historique et ouverte* et dépend du développement conceptuel des mathématiques pures constitutives de la physique pure.

En effet, ainsi que nous l'avons vu, on peut montrer que, en accord avec des données expérimentales de plus en plus fines, le Telos qui a animé et anime la physique théorique est :

- (i) de montrer que les "maximes" du principe de finalité pour l'organisation systématique des lois empiriques particulières de la nature appartiennent en fait, de façon dérivée, à la structure a priori de l'expérience, i.e. à la physique pure ;
- (ii) plus généralement, de réduire progressivement, par le développement mathématico-conceptuel de ces a priori, le système des lois empiriques à une physique pure s'enrichissant elle-même progressivement.

Evidemment, pour qu'une telle hypothèse sur l'Übergang physique soit plausible, il faut disposer d'une philosophie mathématique faisant des mathématiques autre chose qu'une boîte à outils pour la modélisation. Il faut :

- (i) admettre que les mathématiques sont *objectivement déterminantes* pour les phénomènes ;
- (ii) qu'elles tendent vers *l'unité*, cette tendance constituant leur histoire interne ;
- (iii) que, dans la mesure où elles déterminent et développent des intuitions pures et assignent un contenu à des catégories, leur tendance à l'unité entraîne avec elles la physique pure vers la systématisation de la physique empirique.

Dans cette hypothèse c'est le point (ii) qui est essentiel. Ce n'est pas le lieu d'en traiter ici. Nous nous bornerons à remarquer que la philosophie mathématique que nous évoquons n'est rien d'autre que celle, inspirée s'il en fut, d'Albert Lautman. Elle repose sur l'idée qu'à travers l'histoire de leurs problèmes techniques, les mathématiques déploient une authentique *dialectique du concept*, dialectique idéale, qui bien que les transcendant, ne peut néanmoins se réaliser qu'en elles.²⁵

Si la question de l'Übergang est bien celle de la spécialisation et de la diversification des premiers principes jusqu'à leur jonction avec les maximes du jugement physique et le système des lois empiriques, elle en appelle alors à une instance *génératrice* de diversité et de spécificité à partir de l'unité des principes. Or,

²⁴ de Vleeschauwer [1934-1937], p. 844.

²⁵Cf. Lautman [1937-1939] et Petitot [1987a].

c'est précisément cette générativité que possèdent les mathématiques modernes, qui, depuis Galois, Gauss et Riemann, sont devenues *structurales et conceptuelles*. Grâce à cette générativité, l'Übergang peut progressivement être *réalisé*, cette effectuation constituant même, répétons-le encore une fois, le *télos* de la physique mathématique.

Une telle généralisation de l'Esthétique transcendantale, du Schématisme et de la Construction radicalise la perspective de certains travaux exégétiques bien connus comme ceux, par exemple, de Gerold Prauss et de Henry Allison. G. Prauss a montré que le schématisme transcendantal peut et doit être généralisé en un schématisme *spatio-temporel* dans la mesure où "as the general dimension for the appearance of all that is outside one another, sensibility remains entirely indifferent *vis-à-vis* the particular species of being outside one another, namely coexistence or succession, and thus also *vis-à-vis* space and time".²⁶ De façon générale, les schèmes transcendantsaux sont des déterminations catégoriales de l'espace-temps et celles-ci sont beaucoup plus nombreuses que Kant pouvait le croire. En fait, comme l'explique H.E. Allison en insistant à son tour sur l'importance fondamentale de la note du §26 de la Dédution transcendantale (sur l'espace comme intuition formelle), un schème transcendantal doit être lui-même conçu *comme une intuition formelle*, c'est-à-dire comme une intuition pure catégorialement déterminée. On peut alors considérer que les jugements synthétiques a priori sont, au niveau de leur "structure profonde", des jugements qui portent sur de tels schèmes, c'est-à-dire des jugements qui prédiquent des catégories sur des intuitions pures : "despite their references to appearances, these judgments really refer to the transcendental schemata ; for they assert that the schemata function as *a priori* conditions of time consciousness and, therefore, of experience".^{27,28,29}

²⁶ Prauss [1981a] p. 5. Cf. également Prauss [1980] et [1981b].

²⁷ Allison [1981], p. 75. Le travail de Henry Allison, *Kant's Idealism. An Interpretation and Defense* est important pour la réévaluation de Kant dans les traditions philosophiques anglo-saxonnes. Il montre bien que l'incompréhension de Kant dans ces traditions (pensons par exemple au positivisme logique ou, plus proche de nous, au *The Bounds of Sense* de Strawson) vient, entre autre, du fait que l'opposition transcendantale entre phénomène et chose en soi y a été rabattue sur l'opposition dogmatique entre représentations mentales psychologiquement dépendantes (internes) et entités ontologiquement indépendantes (externes). La lecture qu'il propose, en accord avec Gerold Prauss, à savoir la "*two-aspect view*", consiste à redécouvrir que l'opposition phénomène/chose en soi est une opposition de point de vue sur les objets, autrement dit l'évidence que Kant fait de l'épistémologie et ni de la psychologie, ni de l'ontologie... En revenant à la vérité de base que l'idéalisme transcendantal est méthodologique et concerne les conditions épistémiques (ni psychologiques, ni ontologiques) de l'objectivation des phénomènes, Allison retrouve et relégitime Kant.

III. LE PROBLEME DE LA FORME DANS LA CFJ TELEOLOGIQUE : AUTO-ORGANISATION MATERIELLE ET CONTINGENCE DE LA FORME

La doctrine transcendantale de l'objectivité de la physique mathématique n'épuise pas le rapport de Kant aux sciences naturelles. Kant a abordé d'autres disciplines comme la chimie et la biologie. Nous aimerions dire un mot sur la théorie kantienne de la forme traitée dans la *Critique de la Faculté de Juger* (CFJ). La question est la suivante : comment peut-on penser et doit-on traiter les *formes naturelles* si l'objectivité physique est dominée par une mécanique des forces ?

Mon hypothèse est que l'on peut lire la CFJ téléologique à deux niveaux différents, celui de la finalité en général et celui de la question de la forme proprement dite. Le niveau de la finalité est d'abord celui de la finalité externe, de l'adaptation et de l'évolution des espèces dans leurs écosystèmes respectifs. Sur ce point, on peut considérer que Kant est tout à fait en accord avec les résultats des sciences naturelles modernes (botanique, zoologie, paléontologie, théorie de l'évolution, sciences de la terre, etc.) et les a même anticipés parfois de façon étonnante, comme dans les pages célèbres du §80 où il envisage une théorie de l'évolution déjà assez darwinienne.

Le niveau de la finalité est aussi celui de la "finalité interne objective" des êtres organisés en tant que la *production* de tels êtres par la *technique* de la nature exige que le "plan" — on dirait maintenant le "programme" — de leur organisation soit encodé dans leur mécanisme matériel, c'est-à-dire dans la physique de leur substrat. Sur ce point, on pourrait croire que la biologie moderne, à savoir la théorie néo-darwinienne unifiant la génétique moléculaire et la théorie de l'évolution, a en grande partie résolu le problème que se posait Kant et, ce faisant, a archaïsé sa théorie en démontrant que la technique de la nature n'est en définitive qu'un aspect sophistiqué du mécanisme de la nature.

Mais je pense que tel n'est pas le cas et que le concept de finalité interne objective a pour fonction de résoudre un problème précis, laissé non résolu par le néo-darwinisme contemporain, à savoir le problème de la forme non seulement dans sa *composition*, mais aussi dans sa *contingence*. De façon générale, la finalité a pour fonction, on le sait, de légaliser la contingence. Ici, la finalité interne objective légalise la contingence morphologique des formes naturelles. On peut donc faire l'hypothèse

²⁸Pour une analyse très serrée de la façon dont fonctionne la séparation phénomène/chose en soi (en particulier dans la troisième antinomie), cf. aussi Moltke Gram [1980].

²⁹ Cette thèse que les jugements synthétiques a priori prédisent bien quelque chose sur quelque chose, à savoir des concepts purs sur des intuitions pures, et que, comme intuitions formelles, les schèmes transcendants sont donc les *référents* des catégories schématisées, est aussi une thèse de Moltke Gram.

que ce problème de la forme constitue le niveau profond et le noyau dur de la CFJ téléologique. Reprenons, sur cette base, les moments essentiels de cette dernière.

(a) Etant donnée la structure a priori de l'expérience, on ne saurait admettre une finalité objective dans la nature. Dans sa "technique de production", la nature est nécessairement "mécanique". Autrement dit, en termes plus modernes, le réductionnisme physicaliste est la seule thèse objectivement valable *en droit*.

(b) Ceci dit, c'est un fait d'observation qu'il existe dans la nature des "fins naturelles" c'est-à-dire des choses qui sont "cause et effet d'elle-mêmes" (p. 190), autrement dit des êtres organisés. Les caractères fondamentaux des fins naturelles sont, selon Kant, la reproduction, la morphogenèse, la régulation et le rapport adaptatif à l'environnement, à l'écosystème (finalité externe, cf. plus haut).

(c) Or, d'une façon extrêmement aigüe, Kant remarque que si l'on peut éventuellement penser que les progrès de la physico-chimie permettront d'expliquer un jour certains aspects de l'organisation de façon mécaniste, une telle explication réductionniste laissera toujours un résidu qui a trait à *la contingence de la forme* des êtres organisés. Le principe même de la finalité interne objective est indissolublement lié à cette limite : "la finalité objective, comme principe de la possibilité des choses de la nature, (...) est ce que l'on invoque principalement, afin de prouver la contingence de la nature et de sa forme" (p. 181). Bref, pour Kant, outre la reproduction, la morphogenèse et la régulation, *la contingence de la forme fait partie des "caractères propres" des choses comme fins naturelles*. "Pour reconnaître qu'une chose n'est possible qu'en tant que fin, c'est-à-dire pour devoir rechercher la causalité de son origine non pas dans le mécanisme de la nature, mais dans une cause dont la faculté d'agir est déterminée par des concepts, il faut que sa forme ne soit pas possible d'après de simples lois naturelles, c'est-à-dire des lois qui peuvent être connues de nous par l'entendement seul appliqué aux objets des sens; il faut même que la connaissance empirique de cette forme, dans la cause et dans l'effet, présuppose des concepts de la raison. Comme la raison doit en toute forme d'un produit naturel, connaître la nécessité de celle-ci, si elle désire apercevoir les conditions liées à sa production, et comme elle ne peut cependant admettre cette nécessité dans cette forme donnée, *la contingence de la forme* [de l'objet] par rapport à toutes les lois empiriques de la nature en relation à la raison, est un principe pour n'admettre une causalité pour cet objet que comme si elle n'était possible que par la raison ; or la raison est la faculté d'agir selon des fins (une volonté) et l'objet qui n'est représenté comme possible que par cette faculté ne serait aussi représenté comme possible qu'en tant que fin" (§64, p. 189).

On voit bien fonctionner l'argumentation : la forme est d'essence géométrique ; faute de pouvoir dériver *une géométrie morphologique* de l'Esthétique transcendantale et de la physique mécaniste, elle apparaît comme contingente ; il faut donc *juger* téléologiquement de l'organisation. Autrement dit, *la finalité vient pallier un manque*

d'Esthétique transcendantale. Elle vient vicarier un manque de schématisation et de construction des concepts morphologiques de composition et d'organisation.

(d) La finalité interne objective est non seulement organisation mais *auto-organisation*. Dans une fin naturelle il existe une détermination réciproque entre les parties et le tout. L'organisation n'y est pas celle d'un mécanisme mais l'effet causal de *l'Idée* du tout, cette Idée déterminant la forme et la liaison des parties non comme cause efficiente (il n'y a pas réellement de finalité dans la nature) mais comme principe de connaissance "de l'unité systématique de la forme et de la liaison de tout le divers" (p. 192).³⁰ Le rapport à *la forme* est, ici aussi, essentiel. Pour qu'une chose puisse être pensée comme fin naturelle, il faut "*premièrement* que les parties (selon leur existence et leur forme) ne soient possibles que par leur relation au tout". Il faut "*deuxièmement* que les parties de cette chose se lient dans l'unité d'un tout, en étant réciproquement les unes par rapport aux autres cause et effet de leur forme. C'est de cette manière seulement qu'il est possible qu'inversement (réciproquement) l'Idée du tout détermine à son tour la forme et la liaison de toutes les parties" (ibid). Bref, "c'est donc seulement la matière, dans la mesure où elle est organisée, qui introduit nécessairement le concept d'une fin naturelle, parce que sa forme spécifique est en même temps produit de la nature" (p. 197). L'organisation dépend donc d'une "force formatrice" (*bildende Kraft*) qui, n'étant pas explicable mécaniquement, n'est pas objective. C'est pourquoi, elle est une "qualité insondable", un "abîme incommensurable" où, bien que seul à être objectivement valable, le réductionnisme mécaniciste doit composer avec le concept holistique (systémique) de fin naturelle (de structure auto-organisée), concept non constitutif mais simplement *régulateur* pour la faculté de juger réfléchissante. A ce titre, le jugement téléologique peut être "usé à bon droit (...) problématiquement dans l'étude de la nature" afin de "la soumettre, suivant *l'analogie* avec la causalité finale, aux principes de l'observation et de la recherche sans prétendre *l'expliquer* par là" (p. 182). Ce point est particulièrement important. Il montre en effet que le régulateur relevant ici de la faculté de juger réfléchissante est d'un tout autre ordre que celui traité dans la Dialectique transcendantale. Ce n'est pas un régulateur simplement *heuristique* relevant de la raison. *Quasi-constitutif*, il participe de plein droit à la *légalisation scientifique* de la nature. Le principe de finalité interne objective "en sa cause, doit être dérivé de l'expérience, c'est-à-dire de l'expérience qui est méthodiquement établie et que l'on nomme *observation*".³¹ Ce n'est que parce que l'on ne peut déduire transcendantalement la valeur objective de son concept qu'il n'est qu'une maxime du jugement, maxime nécessaire non pas à l'explication mais seulement à la compréhension de la nature.

³⁰ Sur le rapport entre Tout et Structure, cf. Petitot [1985], [1986] et [1989c].

³¹ Je souligne.

(e) Etant donné que la faculté de juger réfléchissante doit "se servir à elle-même de principe", ses maximes peuvent entrer en contradiction. Elle comporte donc une dialectique "naturelle". *Non* transcendantale, cette dialectique est un simple conflit de *maximes*. Elle admet pour thèse la maxime réductionniste que tout dans la nature doit être jugé physiquement et pour antithèse la maxime holistique que les êtres organisés doivent être jugés téléologiquement. En fait, ce conflit *n'est pas une antinomie* car il ne porte que sur des heuristiques pour la compréhension des phénomènes. Mais il devient une antinomie (celle, toujours actuelle, du réductionnisme et du holisme) dès que l'on passe dogmatiquement du réfléchissant au déterminant et que l'on fait de la finalité *une causalité objective*.

(f) Le concept de fin naturelle (i.e. les concepts de structure et d'organisation) est donc un bizarrerie logique puisqu'il est *à la fois* empiriquement conditionné (imposé par l'expérience) et transcendant pour la faculté de juger déterminante. Il concerne *l'écart* entre la nécessité naturelle et la contingence des formes et sa fonction est, conformément à l'Idée régulatrice de détermination complète, de restaurer de la nécessité dans cette contingence. C'est pourquoi, bien que seulement régulateur (non constitutif), le principe de la finalité interne objective "vaut avec autant de nécessité pour notre faculté de juger humaine que s'il était un principe objectif" (p. 218) (problématique du *als ob*). Car, "le concept d'une causalité de la nature, en tant qu'être agissant selon des fins, semble faire de l'Idée d'une fin naturelle un principe constitutif de la nature, et en cela celle-ci possède quelque chose qui la rend différente de toutes les autres Idées" (p. 219).

(g) La nécessité du principe de finalité provient selon Kant, on le sait, de la nature même de notre entendement, de sa *finitude*. Celui-ci ne peut procéder que du général (concept) au particulier (intuition empirique) alors que le particulier ne peut pas être *déterminé* par le général. C'est un entendement *discursif* et non intuitif. Sa finitude implique *à la fois* la validité objective exclusive de l'explication réductionniste et l'impossibilité de comprendre mécaniquement "la production du moindre brin d'herbe" (p. 223).

(h) Mais même si l'usage dogmatique (déterminant) de la finalité interne "trompe la raison avec des mots" et l'entraîne "à des divagations poétiques" (ibid.), même s'il faut toujours opter pour le mécanisme, l'usage dogmatique de ce dernier oblige à son tour "la raison à errer dans le domaine du fantastique" (ibid.). "Il faut donc bien en arriver" à poser la question de la possibilité d'une finalité *réelle*, celle d'"une faculté productrice de la nature manifestant en elle-même une finalité de formes pour notre simple appréhension" (ibid.). Autrement dit, "il faut bien" se demander si les deux maximes du mécanisme et du technicisme téléologique ne renvoient pas à *une racine commune*. Selon Kant, à supposer que cette racine commune existe, elle s'enracinerait dans le *substrat supra-sensible* servant de fondement aux phénomènes, c'est-à-dire dans la

chose en soi transcendant toute connaissance possible. En ce sens, la téléologie n'est que le retour dans le réel, retour empiriquement conditionné et rationnellement nécessaire, du nouménal forclos par l'objectivation.

(i) Ni (hyper)physique, ni théologique, la téléologie "*n'appartient proprement qu'à la description de la nature*" (p. 230).³² Et comme la description n'explique rien de la production et de la possibilité interne des formes, elle "*n'appartient à aucune doctrine, mais seulement à la critique*"(ibid.). Mais cela n'empêche pas le mécanisme de devoir "*composer*" avec, voire même, selon Kant, de devoir être "*subordonné*" à la finalité. La possibilité de l'union "*de deux formes toutes différentes de causalité, celle de la nature dans sa légalité universelle avec une Idée qui restreint celle-ci à une forme particulière, pour laquelle elle ne contient en soi aucun principe*" (p. 234), doit, bien "*qu'incompréhensible*" puisque fondée dans le substrat supra-sensible des phénomènes, être néanmoins admise.

(j) Si l'on note alors, que dans la doctrine transcendantale de l'objectivité, la marque suprême de la finitude est fournie par l'Esthétique transcendantale, on voit que c'est bien l'apparente impossibilité de dériver de celle-ci une *géométrie morphologique* qui a contraint Kant à écrire une troisième critique. D'ailleurs, l'idée même d'une chaîne d'entendements conduisant de notre entendement inférieur, discursif et ectypique, à un entendement supérieur, intuitif et archétypique, pour lequel le principe de finalité deviendrait constitutif et le jugement téléologique deviendrait déterminant, une telle idée peut être interprétée comme une interrogation sur la possibilité d'étendre la logique transcendantale *de la force* à une logique transcendantale *de la forme*.

IV. L'OPUS POSTUMUM ET LA PHYSIQUE DES FORMATIONS PHENOMENALES

Le questionnement sur le statut des formes naturelles est nodal dans le système kantien pour la raison suivante : même à supposer que l'on puisse élaborer une genèse physique des formes, on resterait confronté à la contingence de leurs morphologies, c'est-à-dire *de leur composition géométrique*.

Mais l'*Opus Postumum* (OP) donne des indications dont Kant pensait pouvoir élaborer, au-delà du verdict de la CFJ téléologique, une objectivité des formes. Dans l'*Opus Postumum*, Kant envisage entre autres une *genèse physique de la phénoménalité* elle-même, phénoménalité conçue comme la manifestation d'une intériorité substantielle de la matière pour un dispositif de perception. L'OP est hanté par un retour de l'en soi dynamique leibnizien éliminé dans la CRP et les PPM, mais par un retour prenant l'allure d'une conquête en quelque sorte *physique* de cet en soi.

Comme y insiste le père François Marty dans l'*Introduction* de sa traduction de l'OP, l'OP traite essentiellement de l'origine du phénomène en tant que "ce qui

³² Je souligne.

apparaît", en tant que "l'apparaître du lieu de l'apparaître" (p. XV). Dans la théorie ultime du *phénomène du phénomène*, il s'agit non plus tant de *légalisation* objective des phénomènes que de leur origine, de leur genèse à partir d'un *fondement*. Ce fondement considéré jusque-là comme d'ordre nouménal doit se convertir en *fondement physique*. Cette quête, qui se substitue à l'ancien en soi, donne tout son sens à l'Übergang physique. Avec elle, les conditions de possibilité de l'expérience traitées dans la CRP doivent devenir les conditions de possibilité de la *phénoménalité* manifestant les objets physiques de la mécanique. Elles doivent permettre de "comprendre ce qu'est un *réel manifesté*" (p. 378 F.M.).

On sait que pour ce faire, Kant a envisagé d'appliquer l'Analytique transcendantale non plus, comme dans les PPM, à l'objet régional qu'est le mouvement mais à *un nouvel objet régional*, celui défini par le *système des forces fondamentales conçues comme forces primitives motrices internes à la matière*.

Ces forces primitives *intérieurement* motrices sont beaucoup plus fondamentales que les forces *extérieurement* motrices et mécaniques traitées dans les PPM. Elles sont dynamiques : "toutes les forces primitives de la matière sont dynamiques : les forces mécaniques sont seulement dérivées" (p. 37). Elles ne sont pas motrices à travers des déplacements. Elles sont "motrices en leurs parties, les unes par rapport aux autres dans l'espace occupé par la matière" (p. 75).

Elles constituent un système, c'est-à-dire un "tout problématique". Mais ce système est en même temps constitutif (p. 39) et son unité synthétique, qui doit être accessible à partir de l'Analytique transcendantale, fonde la physique comme "système doctrinal de l'expérience du complexe de la connaissance des objets des sens, comme contenus dans l'expérience" (p. 101).

En tant qu'intérieurement motrices, elles sont génératrices de perception et expliquent les Anticipations de la perception (p. 38). Par extériorisation, elles engendrent des forces mécaniquement motrices tombant, elles, sous la législation des Analogies de l'expérience et des Postulats de la pensée empirique (p. 38).

Grâce à elles on peut comprendre la *présence*, la *formation* et la *composition* des corps car "elles forment des corps qui déterminent eux-mêmes leur espace, selon la quantité et la qualité" (p. 39). On peut comprendre "une matière déterminant elle-même par ses propres forces sa figure et sa structure, et résistant à leur changement, originellement et de manière uniforme" (p. 47) (résolution du problème initial de la *Dynamique* dans les PPM). Cette *formation* de la matière est une auto-formation, une auto-organisation, une *spontanéité* (p. 54).

Les forces fondamentales sont immanentes à l'*éther*, instance énigmatique, "catégoriquement démontrable" selon Kant (p. 376 F.M.), envahi de calorique agitant sans cesse et uniformément toutes les parties de tous les corps (p. 54) (anti-atomisme et "énergétisme" de Kant). Sorte de continuum dynamique et énergétique, spatialisé et

réel, se substituant à la *materia prima* des substantialismes métaphysiques, l'éther est le *fondement* originaire des mouvements matériels. Il *engendre* les formes de l'intuition elles-mêmes *puisqu'il rend l'espace perceptible* (p. 61). Or, il n'est pas une forme de l'intuition mais un *objet* d'expérience. L'*Übergang* transforme donc en quelque sorte l'*Esthétique transcendantale* en *objet physique*, en phénomène *émergeant* d'une causalité physique plus profonde. Avec lui, l'espace comme intuition formelle (p. 114) devient *réel* comme espace sensible ("l'espace comme objet de l'intuition sensible est quelque chose de réel" (p. 118)), comme "un tout absolu de la détermination complète des objets des sens" (p. 114). Le phénomène du phénomène signifie que l'on considère les formes de l'intuition elles-mêmes comme des phénomènes sensibles, effet sur le sujet, à travers la perception, des forces intérieures motrices de la matière (p. 81). Fondée dans l'éther dont elle est le phénomène, la matière n'est plus seulement, comme dans les PPM, le substrat du mouvement. "Elle est ce qui fait de l'espace un objet des sens empiriquement intuitionnable", "le substrat de toute intuition empirique externe avec conscience" (p. 110).

Car les perceptions elles-mêmes et leur composition *matérielle* dans le phénomène sont fondées dans le système des forces fondamentales : "Les perceptions sont elles-mêmes des forces subjectivement motrices dans l'intuition" (p. 95).

On voit donc qu'avec le phénomène du phénomène, instance qui, comme l'explique François Marty, "prend la place de la chose en soi" (p. 85) — et instance dont la théorie possède d'ailleurs une résonance extraordinaire avec les théories physiques modernes —, Kant élabore une théorie de la *présentation* — de la *Darstellung* — des formes manifestées comme *schématisation du concept de composition* (p. 87). En effet, les forces intérieurement motrices sont objectives *dans le phénomène* lui-même (p. 77). Elles se "composent" "dans le phénomène" et "cette composition est le schème d'un concept, ce qui rend possible *a priori*, comme simple phénomène, cette forme du composé dans l'objet et le fondement d'expérience de sa connaissance" (p. 85). Le principe formel de la composition du divers dans le phénomène qu'est l'espace de l'*Esthétique transcendantale* se double par conséquent ici d'un principe *matériel* qui est lui-même objet de la physique fondamentale. On assiste bien à une véritable genèse physique du *synthétique a priori* lui-même! (p. 153-155). Comme "chose même", le phénomène du phénomène est ce par quoi l'objet catégorialement légalisé peut se manifester dans son apparaître. Autrement dit, il est ce par quoi l'objectivité physique qui, dans un premier temps, *légalise et détermine* les phénomènes sensibles empiriquement donnés devient, dans un second temps, *le principe même de la phénoménalisation* — de la donation et de la présence — de ces phénomènes objectivés. L'objet qui, de la CRP aux PPM, était pure forme légale (au sens de la CRP) revient en genèse physique de sa forme manifestée (au sens morphologique). La physique fondamentale issue de l'*Übergang* permet de "présenter un objet des sens pour

l'expérience, selon les principes universels de celle-ci", de "produire le singulier de la représentation sensible dans l'universel selon la forme, dans l'intuition sensible pour le sujet" (p. 83). Les formes (*Gestalten*) et les qualités sensibles deviennent ainsi des *productions* physiques fondées sur le système des forces fondamentales. Il y a là une voie royale pour une phénoménologie conçue comme une physique de la manifestation sensible, comme une "phusis" phénoménologique, voie plus profonde que celle qui sera plus d'un siècle plus tard celle de Husserl, voie demeurée, jusqu'à la morphodynamique thomienne, totalement inexplorée — du moins si l'on excepte certaines intuitions visionnaires de Merleau-Ponty.

Etant donnée cette physique de la formation selon la loi d'affinité des matières et tout ce que Kant dit par ailleurs sur les formations naturelles issues spontanément de l'auto-organisation de la matière (phases et transitions de phases, cristallisations, stalactites, formations de gouttes et de billes, phénomènes de tension superficielle et de capillarité, etc., etc.), on voit qu'apparemment rien ne s'oppose à ce que l'organisation *biologique* puisse être considérée, au même titre que l'organisation phénoménale de la matière, comme le résultat de processus physiques (non simplement mécaniques) et donc à ce que la technique de la nature puisse être considérée comme une technique non seulement *formelle* (CFJ) mais *réelle*. D'ailleurs dans l'OP Kant reprend la définition du corps organique comme "machine naturelle", comme corps "dans lequel la forme intérieure du tout précède le concept de la composition de toutes ses parties (dans la figure, donc, aussi bien que dans la structure) en ce qui regarde l'ensemble de ses forces motrices" (p. 48). Il explique que les forces intérieurement motrices peuvent être *techniquement* motrices et sont donc à même d'engendrer "une certaine *structure* à partir de la matière" (p. 67), même si *l'unité* d'un corps organique demeure un principe immatériel (p. 68). Bref, on peut penser à *un schématisme du matériel et à une physique de la bildende Kraft* qui permettrait de passer du *comme si* (du *als ob*) réfléchissant au *parce que* déterminant.³³

Dans un bel article paru en 1980 dans les *Archives de Philosophie*, Claude Debru a bien analysé la façon dont le concept d'organisme est traité dans l'OP en contraste avec la façon dont il est traité dans la CFJ téléologique. Dans cette dernière, ce sont les concepts de fin naturelle, d'être organisé et d'organisation qui dominent. Celui d'organisme y est *absent*. Au contraire dans l'OP, le concept de *Naturzweck* est absent et c'est le concept *d'organisme* qui domine. Cela est à relier au fait que l'Übergang de la CFJ concerne le passage des concepts de la Nature au concept de la liberté alors que l'Übergang de l'OP concerne, nous venons de le voir, le passage d'une métaphysique de la nature à une physique de l'organisme. La critique réfléchissante sur

³³ Sur les rapports généraux entre l'OP et la CFJ téléologique, on pourra consulter le classique et détaillé Marcucci [1972].

l'organisation y laisse donc la place à une physique déterminante de l'organisme. Dans l'OP *la téléologie s'intègre au système des forces fondamentales*, elle y devient inhérente. A ce titre, C. Debru y insiste, l'OP remet en partie en cause le §65 de la CFJ où il est affirmé que le concept de fin naturelle ne peut pas être constitutif pour le jugement déterminant mais seulement régulateur pour le jugement réfléchissant. Il s'agit de pouvoir "concevoir physiquement un concept problématique" et cela n'est possible que si "chaque partie est une unité absolue du principe de l'existence et du mouvement de toutes les autres parties de son tout" (p. 48). On peut voir là une anticipation rationnelle de la théorie cellulaire faisant d'un organisme une unité d'unités fonctionnelles.

CONCLUSION

Ces quelques remarques sur l'actualité des PPM avaient pour fonction de montrer qu'une géométrie morphologique et une physique de l'auto-organisation morphologique des substrats matériels, bien que n'existant pas à l'époque de Kant, étaient néanmoins transcendentement justifiables. Ils sont mis en oeuvre dans nos travaux cités en bibliographie, travaux dont ces remarques constituent des Prolégomènes.

Bibliographie

- AQUILA, R.E., 1981. "Intentional Objects and Kantian Appearances", *Philosophical Topics*, 12, 2, 9-37.
- ALLISON, H.E., 1981. "Transcendental Schematism and the Problem of the Synthetic a priori", *Dialectica*, 35, 1-2, 57-83.
- ALLISON, H.E., 1983. *Kant's Transcendental Idealism. An Interpretation and Defense*, New-Haven, Yale University Press.
- AMERIKS, K., 1982. "Current German Epistemology : The Significance of Gerold Prauss", *Inquiry*, 25, 1, 125-138.
- BECK, L. W., 1981. "Kant on the Uniformity of Nature", *Synthèse*, 47, 449-464.
- BOHR, N., 1935. *Physical Review*, 48, 696.
- BRITTAN, G., 1978. *Kant's Theory of Science*, Princeton University Press.
- CASSIRER, E., 1910. *Substanzbegriff und Funktionbegriff*, Berlin. *Substance et Fonction* (trad. P. Causat), Paris, Editions de Minuit, 1977.
- CASSIRER, E., 1918. *Kants Leben und Lehre, Kant's Life and Thought* (trad.J. Haden), Yale University Press, 1981.
- CASSIRER, E., 1983. *Les Systèmes post-kantiens* (trad. Collège de Philosophie), Presses Universitaires de Lille. Vol. 3 de *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und der Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlin, 1923.
- CHANGEUX, J.P., CONNES, A., 1989. *Matière à Pensée*, Paris, Editions Odile Jacob.
- COHEN-TANNOUDJI, G., SPIRO, M., 1986. *La Matière - Espace - Temps*, Paris, Fayard.
- DEBRU, C., 1980. "L'introduction du concept d'organisme dans la philosophie kantienne : 1790-1803". *Archives de Philosophie*, 43, 487-514.
- DELEUZE, G., 1963. *La philosophie de Kant*, Paris, Presses Universitaires de France.
- d'ESPAGNAT, B. 1985. *Une incertaine réalité*, Paris, Gauthier-Villars.
- DUMMETT, M., 1982. "Frege and Kant on Geometry", *Inquiry*, 25, 2, 233-254.
- DUNCAN, H., 1984. "Inertia, the communication of Motion, and Kant's third law of mechanics", *Philosophy of Science*, 51, 93-119.
- FOLSE, H.J., 1978. "Kantian Aspects of Complementarity", *Kant-Studien*, 69, 58-66.
- FRIEDMAN, M., 1985. "Kant's Theory of Geometry", *The Philosophical Review*, XCIV, 4, 455-506.
- GIL, F., 1989. "Objectivité et Affinité dans la Critique de la Raison pure", *LTC [1989]*, 391-402.
- GOMEZ, R.J., 1986. "Beltrami's Kantian View of Non-Euclidean Geometry", *Kant-Studien*, 77, 1, 102-107.
- GRAM, M.S., 1980. "Kant's Duplication Problem", *Dialectica*, 34, 1, 17-59.

- HARTHONG, J., REEB, G., 1989. "Intuitionnisme 1984", *MNS [1989]*, 213-252.
- HEIDEGGER, M., 1929. *Kant und das Problem der Metaphysik*, Bonn. Trad. A. de Waelhens et W. Biemel, Paris, Gallimard, 1963.
- HEIDEGGER, M., 1982. *Interprétation phénoménologique de la "Critique de la Raison Pure" de Kant*, (trad. E. Martineau), Paris, Gallimard.
- HINTIKKA, J., 1981. "Kant's Theory of Mathematics Revisited", *Philosophical Topics*, 12, 2, 201-215.
- HONNER, J. 1982. "The Transcendental Philosophy of Niels Bohr", *Studies in History and Philosophy of Science*, 13, 1, 1-29.
- KANT, I., 1781-1787. *Kritik der reinen Vernunft*, Kants gesammelte Schriften, Band III, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1911.
- KANT, I., 1786. *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Kants gesammelte Schriften, Band IV, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1911.
- KANT, I., 1790. *Kritik der Urtheilskraft*, Kants gesammelte Schriften, Band V, Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Georg Reimer, 1913.
- KANT, I., 1796-1803. *Opus Postumum*, trad. F. Marty, Paris, Presses Universitaires de France, 1986.
- KANT, E, 1971. *Premiers Principes métaphysiques de la Science de la Nature*, Trad. J. Gibelin, Paris, Vrin.
- KANT, E, 1979. *Critique de la Faculté de Juger*, trad. A. Philonenko, Paris, Vrin.
- KANT, E, 1980-1986. *Oeuvres philosophiques* (F. Alquié ed.), Paris, Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard.
- KITCHER, Ph., 1981. "How Kant Almost Write "Two Dogmas of Empiricism"", *Philosophical Topics*, 12, 2, 217-249.
- LACHIEZE-REY, P. 1972. *L'idéalisme kantien*, Paris, Vrin.
- LARGEAULT, J., 1984, *Philosophie de la Nature*, Université de Paris XII.
- LAUTMAN, A., 1937-1939. *Essai sur l'unité des mathématiques et divers écrits* (M. Loi ed.), Paris, Presses Universitaires de France.
- Mc GOLDRICK, P.M., 1985. "The Metaphysical Exposition : An Analysis of the Concept of Space", *Kant-Studien*, 76, 3, 257-275.
- MALHERBE, M., 1980. *Kant ou Hume*, Paris, Vrin.
- MARCUCCI, S., 1972. *Aspetti epistemologici della finalità in Kant*, Firenze, Felice le Monnier.
- MARSDEN, J., 1974. *Applications of Global Analysis in Mathematical Physics*, Berkeley, Publish or Perish.
- MARTY, F., 1986. Préface à *Kant [1796-1803]*.
- MEYER, M., 1988. *Science et Métaphysique chez Kant*, Paris, Presses Universitaires de France.

- MILLER, L., 1975. "Kant's Philosophy of Mathematics", *Kant-Studien*, 66, 3, 297-308.
- MISNER, C.W., THORNE, K.S., WHEELER, J.A., 1973. *Gravitation*, San Francisco, Freeman.
- M.N.S, 1989. *La Mathématique non standard*, (H. Barreau, J. Harthong, eds.), Paris, Editions du CNRS.
- PALMQUIST, S., 1987. "Knowledge and Experience : An Examination of the Four Reflective "Perspectives" in Kant's Critical Philosophy", *Kant-Studien*, 78, 2, 170-200.
- PARKINSON, G.M.R., 1981. "Kant as a critic of Leibniz. The amphiboly of concepts of reflection", *Revue Internationale de Synthèse*, 136-137, 302-314.
- PETITOT, J., 1979-1982. "Infinitesimale", "Locale/Globale", "Unità delle matematiche", *Enciclopedia Einaudi*, VII, 443-521 ; VIII, 429-490 ; XV, 341-352 ; XV, 1034-1085, Turin, Einaudi.
- PETITOT, J., 1985. *Morphogenèse du Sens*, Paris, Presses Universitaires de France.
- PETITOT, J., 1986. "Structure", *Encyclopedic Dictionary of Semiotics*, (Th. Sebeok ed.), II, 991-1022, Berlin, Mouton de Gruyter.
- PETITOT, J., 1987a. "Refaire le "Timée". Introduction à la philosophie mathématique d'Albert Lautman", *Revue d'Histoire des Sciences*, XL, 1, 79-115.
- PETITOT, J., 1987b. "Mathématique et Ontologie", *La scienza tra filosofia e storia in Italia nel Novecento*, (F. Minazzi, L. Zanzi, eds.), 191-211, Rome, Edizione della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- PETITOT, J., 1988. "Logique transcendantale et ontologies régionales", *Colloque de Cerisy : Rationalité et Objectivités*, (à paraître).
- PETITOT, J., 1989a. "Rappels sur l'analyse non standard", *MNS [1989]*, 187-209.
- PETITOT, J., 1989b. "Le problème du physico-mathématique. Actualité de la doctrine transcendantale", *Colloque "1830-1930 : Un siècle de géométrie. Epistémologie, Histoire et Mathématiques"*, Paris, Institut Henri Poincaré (à paraître chez Springer).
- PETITOT, J., 1989c. "Forme", *Encyclopaedia Universalis*, XI, 712-728, Paris.
- PETITOT, J., 1990a. "Logique transcendantale, Synthétique a priori et herméneutique mathématique des objectivités", *Documents du CAMS*, Paris, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (à paraître dans *Fundamenta Scientiae*).
- PETITOT, J., 1990b. "Logique transcendantale et Herméneutique mathématique : le problème de l'unité formelle et de la dynamique historique des objectivités scientifiques", *Il pensiero di Giulio Preti nella cultura filosofica del novecento*, (F. Minazzi ed.), 155-172, Milano, Franco Angeli.
- PETITOT, J., 1990c. *Idéalités mathématiques et Réalité objective. Approche transcendantale*, (Hommage à J.T. Desanti, à paraître).
- PHILONENKO, A., 1972. *L'œuvre de Kant*, Paris, Vrin.

- PRAUSS, G., 1980. *Einführung in die Erkenntnistheorie*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- PRAUSS, G., 1981a. "Time, Space and Schematisation", *The Philosophical Forum*, XIII, 1, 1-11.
- PRAUSS, G., 1981b. "Kants Theorie der ästhetischen Einstellung", *Dialectica*, 35, 1-2, 265-281.
- ROBINET, A., 1986. *Architectonique disjonctive, Automates systémiques et Idéauté transcendante dans l'œuvre de G. W. Leibniz*, Paris, Vrin.
- ROQUE, A.J., 1985. "Self-organization : Kant's concept of teleology and modern chemistry", *Review of Metaphysics*, 39, 107-135.
- SALANSKIS, J.M., 1989. "Le potentiel et le virtuel", *MNS [1989]*, 275-303.
- VLEESCHAUWER, H.J. de, 1934-1937. *La Dédution transcendante dans l'œuvre de Kant*, Anvers, De Sikkel.
- VUILLEMIN, J., 1955. *Physique et Métaphysique kantiennes*, Paris, Presses Universitaires de France.
- WANG, H., 1987. *Reflections on Kurt Gödel*, Cambridge, M.I.T Press.
- WEISÄCKER, C.F. von, 1979. *Die Einheit der Natur*, Munich, Hauser.
- WIREDU, J.E., 1970. "Kant's Synthetic a priori in geometry and the rise of non-euclidean geometries", *Kant-Studien*, 61, 1, 5-27.