

Barry SMITH et Roberto CASATI

La physique naïve : un essai d'ontologie*

Dans les œuvres d'Aristote et des médiévaux, aussi bien que dans les écrits des philosophes du sens commun, tels que Thomas Reid ou G.E. Moore, nous trouvons une famille de tentatives d'étudier les structures du sens commun et du monde qui nous est donné dans l'expérience quotidienne, pré-théorique. Nous soutiendrons ici que la théorie de ces structures fournit un lien important et jusqu'ici peu apprécié entre la psychologie de la *Gestalt* et la phénoménologie de la première heure d'un côté, et les développements contemporains en philosophie et dans la recherche en intelligence artificielle de l'autre côté.

L'idée de construire une théorie adéquate du monde du sens commun a été prise au sérieux récemment par ceux qui, comme Pat Hayes et Kenneth Forbus, ont vu dans ce qu'ils appellent "physique naïve" ou "qualitative" les fondements de succès pratiques futurs dans la robotique¹. Or, une telle physique naïve — tout comme la science cognitive en général — est dans un état fluide, et une investigation sérieuse de ses présuppositions et résultats a été à peine entamée. Cependant il est d'ores et déjà possible de souligner une certaine partialité de la recherche courante dans ce domaine, due à l'usage prédominant, comme base théorique en physique naïve, de la théorie des ensembles et d'outils ontologiques apparentés. Nous suggérerons que ce défaut naît du fait que les physiciens naïfs travaillant dans la sphère de l'Intelligence Artificielle s'intéressent — et pour cause — à des types spécifiques d'implantation formelle. Leurs motivations sont d'abord d'ordre pragmatique, et leur visée n'est pas tellement une théorie du monde du sens commun qui puisse être tenue pour *vraie*, mais plutôt une théorie qui ait des avantages pratiques du point de vue de

* Cet article est une contribution au projet "Formal-Ontological Foundations of Artificial Intelligence Research" subventionné par le Fonds National Suisse pour la Recherche Scientifique. Jean-Michel Salanskis et deux lecteurs d'*Intellectica* ont commenté une version de cet essai. Une version en anglais sera publiée dans le numéro de *Philosophical Psychology* (1993) consacré à la psychologie de la *Gestalt*.

¹ Voir les articles dans Hobbs et Moore, éd., 1985, and Weld et de Kleer, éd., 1989; ainsi que Davis 1990, Hager 1985 et Forbus 1984.

l'implantation. Ces deux facteurs — nous le soutiendrons — conduisent le physicien naïf à négliger d'importantes contributions à la théorie du sens commun, faites par des psychologues et des philosophes. La description de certaines de ces contributions sera le sujet de notre article.

Ceux qui ont accès surtout à la littérature standard en intelligence artificielle sur la physique naïve ou le sens commun trouveront surprenant que les travaux les plus importants et originaux à cet égard se situent dans la tradition de la psychologie de la *Gestalt* (représentée par des auteurs tels que Wertheimer, Köhler et Koffka, qui formaient l'école de Berlin, partiellement inspirée par la tradition de Brentano et de Mach). En fait on pourrait soutenir que la théorie de la *Gestalt*, dans son approche du monde extérieur, est une variété de physique naïve ; cela apparaît clairement à la lecture de certaines déclarations de Wolfgang Köhler selon lesquelles il semble n'y avoir "qu'un seul point de départ aussi bien pour la psychologie que pour les autres sciences : le monde comme nous le trouvons, naïvement et a-critiquement". Notre expérience naïve, suggère Köhler, "se compose avant tout d'objets, de leurs propriétés et changements, qui semblent exister et se produire tout à fait indépendamment de nous" (1947, pp. 1-2). Nous pouvons comparer, à titre d'exemple, avec Gibson :

"Certains penseurs, impressionnés par les succès de la physique atomique, ont inféré que le monde terrestre des surfaces, objets, lieux et événements est une fiction. Ils affirment que seules les particules et leurs champs sont "réelles"... Mais ces inférences de la microphysique à la perception de la réalité sont entièrement fourvoyantes. Le monde peut être analysé à plusieurs niveaux, en partant de l'atomique jusqu'au terrestre et au cosmique. Il y a de la structure physique à l'échelle des millimètres à un extrême et à l'échelle des années-lumière à l'autre. Mais certainement l'échelle appropriée pour les animaux est l'échelle intermédiaire allant des millimètres aux kilomètres, et elle est appropriée car le monde et les animaux sont, à ce niveau, comparables" (1966, p. 21 sv.).

Ce monde intermédiaire, le monde du sens commun, sera ce dont nous nous occuperons dans ce qui suit.

1. La théorie de la théorie de la Gestalt et l'histoire de la physique naïve

1.1. Avenarius et Mach

Un traitement complet des *théories* du sens commun devrait prendre en considération Aristote et les Scolastiques, les travaux sur la physique ancienne dans l'esprit de Pierre Duhem, la présentation faite par Galilée de la théorie physique consignée par la tradition et critiquée par Galilée lui-même, ainsi que Thomas Reid et

l'école écossaise du sens commun. Notre histoire va toutefois commencer avec Richard Avenarius et Ernst Mach, qui cherchaient explicitement une conception du monde donné directement dans la perception. Plus précisément, Mach et Avenarius utilisent la notion de "perception pure", c'est-à-dire perception en tant que dépourvue d'ingrédients métaphysiques (par exemple, des idées concernant l'espace et le temps absolus) qui sont, à l'avis des deux philosophes, introduits d'une façon illégitime dans notre expérience. "Le concept naturel du monde", d'après Avenarius, "est ce concept général que nous avons tous quant au monde dans sa totalité avant toute exposition à la philosophie" :

"La croyance d'après laquelle toutes les parties composant mon environnement existent et se développent, changent ou restent constantes, en interaction réciproque, dans une certaine forme de régularité stable, indépendamment du fait que je les observe ou que je ne les observe pas, est intrinsèque au concept naturel du monde" (in Scanlon 1988, p. 220 sv.).

La question fut abordée d'une façon différente et complémentaire par Mach, qui essaye de fonder la science physique sur une conception purifiée du monde, suivant pourtant les lignes tracées par Avenarius — en montrant comment la physique peut croître pour ainsi dire organiquement à partir de l'expérience du sens commun. Mach est aujourd'hui considéré surtout comme l'inspirateur du Cercle de Vienne, mais ses idées à l'égard des racines de la physique théorique constituèrent une partie de l'arrière plan du travail d'Einstein sur la théorie de la relativité, et l'approche biologique de la connaissance partagée par Mach et Avenarius (à savoir, l'idée d'après laquelle les *théories* devraient évoluer naturellement sur la base de l'expérience ordinaire) anticipa aussi le travail des psychologues de la *Gestalt* et certains aspects des idées écologiques que nous retrouvons chez Gibson.

Comme tous les précurseurs cependant, ni Mach ni Avenarius n'avaient aucune notion de la physique naïve comme d'une *discipline à part* telle qu'elle est envisagée par la recherche courante en intelligence artificielle. En outre les deux philosophes acceptent que leur images respectives de la réalité soient affectées par les doctrines de l'élémentarisme et du monisme neutre de type métaphysique. Partant leurs tentatives de protéger leur conception de la "perception pure" contre des impuretés étrangères ne furent pas, en fin de compte, complètement cohérentes.

1.2. Köhler, Lipmann, Bogen

Wolfgang Köhler fut influencé aussi bien directement qu'indirectement par Mach² ; c'est dans la correspondance de Köhler que le terme "naive Physik" fit

² Sur les influences directes voir Keiler 1980 ; sur les influences indirectes (par le moyen d'Ehrenfels) voir Smith 1988.

probablement sa première apparition³. Dans son *The Mentality of Apes*, un travail dont le texte original allemand date de 1917, Köhler remarque que

"la psychologie n'a pas encore commencé à étudier la physique de l'homme ordinaire (*Physik des naiven menschen*), qui *du point de vue purement biologique* est de loin plus importante [que la physique théorique] elle-même" (Köhler 1921, p. 149).

Comme Köhler l'explique,

"non seulement la statique et la fonction du levier, mais aussi une grande partie de la physique existe en deux formes, et la forme non scientifique détermine constamment tout notre comportement. (Dans le cas des experts, bien sûr, ce dernier est saturé à toute étape par la science physique au sens *strict*.)" (Köhler, *loc. cit.*)

Les idées de Köhler ont été développées en détail — en relation avec les différents niveaux d'intelligence manifestés par des écoliers — par les psychologues gestaltistes berlinois Otto Lipmann et Hellmuth Bogen dans un livre qui porte le titre de *Naïve Physik*, publié en 1923, et qui comprend d'abord une enquête théorique sur la nature et la pertinence de la physique naïve elle-même, considérée par Lipmann et Bogen comme une capacité d'action intelligente vis-à-vis des objets et des tâches pratiques quotidiennes. Ensuite, le texte présente un survol du travail expérimental sur les croyances physiques naïves concernant la causalité et les lois naturelles et sur la relation entre ces croyances et les actions correspondantes chez des enfants de différents niveaux d'intelligence.

Il est intéressant de remarquer que Lipmann et Bogen considèrent la physique naïve comme une discipline vraie et *pour cela* utile. Ils soutiennent par conséquent que les enfants devraient apprendre la physique naïve (alors que la plupart des psychologues ultérieurs ont montré un intérêt pour ces croyances physiques naïves qui se présentent comme *fausses*, afin de pouvoir les réviser au sein de l'apprentissage)⁴.

1.3. Gibson

L'examen, de la part du psychologue américain J.J. Gibson, du monde des ressources de base pour l'action humaine est une tentative d'établir un nouveau point de vue descriptif qui sélectionne "des faits à un niveau approprié pour l'étude de la

³ Cf. Jaeger, éd., 1988, p. 156.

⁴ Voir p. ex. Clement 1982, DiSessa 1982, McCloskey 1983, 1983a, Peters 1982 et le travail de Bozzi discuté plus loin. Une conception qui s'approche de la physique naïve se retrouve aussi dans les travaux de Jean Piaget, qui étudia la "construction" de différentes couches de réalité chez l'enfant (sont pertinentes pour cet article ses recherches sur la causalité, la réalité, les nombres, les quantités, les relations, le temps et le mouvement). Voir Piaget 1946, p. vii., pour une référence explicite aux conceptions d'Aristote, aussi bien que 1945, Ch. IX.

perception". Un tel niveau est *prima facie* opposé à la physique standard qui s'occupe des "niveaux atomique et cosmique des choses" et néglige tout ce qu'il y a entre les deux⁵. Gibson est cependant sûr que ces faits intermédiaires "sont *cohérents* avec la physique, la mécanique, l'optique, l'acoustique et la chimie", car ils ne sont que "des faits d'ordre supérieur qui n'ont jamais été ni explicités ni reconnus " (1986, p. 17). Par conséquent — en opposition au point de vue d'un Galilée ou d'un Locke à l'égard du monde donné dans l'expérience du sens commun, qui veut que les qualités perceptives soient "secondes" ou dépendantes de l'esprit — il est possible de développer une théorie *réaliste* des faits en question, et cela d'une façon qui n'implique pas le rejet de la physique quantitative standard. Gibson appelle "écologie" la discipline qui devrait viser ces faits d'ordre supérieur ; celle-ci est présentée comme "une alliance de physique, géologie, biologie, archéologie et anthropologie, mais avec une tentative d'unification" sur la base de la question : qu'est-ce qui peut stimuler l'organisme ? (1966, p. 21).

Gibson reconnaît sa "dette vers les psychologues de la *Gestalt*, particulièrement vers Kurt Koffka", qu'il considère comme celui dont les idées ont trouvé une suite dans son propre travail (dans ce contexte, Gibson mentionne aussi Katz, Michotte, Hochberg, Metelli et Johansson). L'approche gestaltiste se montre spécialement dans la *nomenclature de la structure de superficie*, dont nous rencontrerons plus loin les concepts dans notre section thématique. Ces concepts s'appliquent à ce que Gibson appelle *géométrie de superficie*, une discipline qui est à la physique naïve ce que certaines variétés de géométrie abstraite sont à la physique standard⁶.

1.4. L'école austro-italienne de la théorie de la Gestalt

En parallèle avec la tradition gestaltiste berlinoise de Köhler et Wertheimer doit être considérée l'école de Graz dirigée par Alexius Meinong (chez lequel Ehrenfels étudia à Vienne). Le texte de Meinong, *Sur les origines de notre connaissance dans l'expérience* du 1906, contient le noyau des thèses sur la perception développées dans "Chose et Milieu" de Fritz Heider, que nous discuterons dans la partie thématique. L'école de Graz, grâce à l'assistant de Meinong Vittorio Benussi, fût transférée en Italie, où des générations de psychologues de la *Gestalt* ont donné par la suite nombre de contributions à notre problème⁷. En fait, certains des premiers travaux *expérimentaux* en physique naïve ont été accomplis par le gestaltiste italien Paolo Bozzi vers la fin des années 1950, à partir des recherches de Michotte sur la perception de la causalité. Aux sujets de Bozzi, on demandait de sélectionner

⁵ Gibson 1966, p. 21, 1986, p. xiii.

⁶ Gibson 1986, p. xiii, 34 sv.

⁷ Voir p. ex. Cesare Musatti, *L'analyse du concept de réalité physique*, 1926, et Gaetano Kanizsa, *L'organisation dans la vision*, 1979.

quel mouvement d'une pendule apparaît le plus naturel parmi un ensemble de cas différemment contraints. Comme Bozzi le dit dans son livre autobiographique *Fisica Ingenua*⁸, ces expériences furent en partie inspirées par les conceptions naïves de Simplicio, le porte-parole des idées aristotéliennes dans le *Dialogue* de Galilée. Bozzi concevait ces premières conceptions "naïves" de la réalité physique comme un reflet de notre organisation *perceptive*.⁹ Suivant Bozzi, il existe un entrelacement holistique entre les qualités vécues des objets et certaines conceptions physiques que nous nous formons à l'égard de ces derniers. Des qualités telles que la force, la résistance, l'harmonie, l'équilibre etc. peuvent être ainsi conçues comme ayant un rôle primaire dans l'organisation perceptive.

1.5. La phénoménologie

Les phénoménologues ont travaillé systématiquement à l'idée d'une science de l'expérience du sens commun. Comme le remarque l'anthropologue culturel R.M. Keesing (1987, p. 375), "une bonne partie de la phénoménologie (Husserl, Schutz, Heidegger, Merleau-Ponty) s'occupe précisément des modèles de la cognition quotidienne". En outre, il est connu qu'il y avait une interaction importante entre le mouvement phénoménologique et le mouvement gestaltiste, qui partageaient aussi un vaste spectre de sources communes. Notre recherche sera ici spécialement vouée aux domaines dans lesquels cette interaction s'est manifestée, plus précisément en relation aux travaux de Husserl, de Schapp et d'autres phénoménologues de la première heure. Pour couvrir intégralement le sujet, il faudrait cependant considérer aussi les importantes contributions de Maurice Merleau-Ponty à notre compréhension de la phénoménologie du sens commun.

La *Crise des sciences européennes* de Husserl est le texte qui avant tout autre vise d'une façon explicitement philosophique le problème de la relation entre l'ontologie du monde du sens commun — que Husserl appelle "théorie des structures du monde de la vie" — et la physique pré- et post-galiléenne. Husserl affirme qu'une des raisons de l'oubli de ce qui est naïf et de ce qui relève du sens commun dans l'histoire de la philosophie a été le fait — dont Platon porte la responsabilité principale — que la philosophie a toujours voulu être *épistémè* et non pas *doxa*, et qu'elle a tourné le dos à la *doxa* parce que celle-ci était non-scientifique mais aussi (et cela avec moins de justification) parce qu'elle était incapable de devenir l'*objet* d'un traitement scientifique. Or, Husserl assigne à la phénoménologie la tâche d'harmoniser le naïf et l'exact (de comprendre donc la relation entre le monde du sens commun et ses différentes sous-branches et

⁸ Bozzi 1991, pp. 259 sv., 285 sv.

⁹ Ces mêmes conceptions sont aussi à l'origine du travail expérimental de Bozzi sur le mouvement des corps qui glissent sur un plan incliné (cf. Runeson 1974, Pittenger et Runeson 1990).

extensions, en particulier dans le domaine de la science). Dans notre traitement thématique des différents sous-domaines de la physique naïve nous reviendrons sur la conception husserlienne des choses matérielles, de la causalité et du changement, et nous considérerons aussi les contributions d'autres penseurs travaillant à la frontière entre phénoménologie et psychologie de la *Gestalt* à la compréhension des structures détaillées de la réalité physique naïve.

II. La physique naïve et l'intelligence artificielle

L'approche de base du physicien naïf qui travaille en Intelligence Artificielle consiste en ceci qu'il prend un échantillon d'inférences inductives faisant partie d'un domaine donné et qu'il se soucie de développer des langages formels capables d'exprimer axiomatiquement la connaissance en question et de saisir formellement les procédures inférentielles pertinentes. Ce procédé a un antécédent historique dans la discipline dénommée "philosophie mathématique", à laquelle Whitehead a donné la première expression dans un article qui a comme titre "Sur les concepts mathématiques dans le monde matériel", publié en 1906. La philosophie mathématique a été poursuivie dans certains des premiers écrits de Bertrand Russell, mais elle a été développée systématiquement par Stanislaw Leśniewski et ses disciples, en Pologne et ailleurs, qui ont construit un éventail de théories ontologico-formelles rigoureuses des concepts se situant au cœur du sens commun — concepts tels que celui de temps, d'espace, de partie, tout, relation, qualité. Ces théories incluent les théories formelles de la partie et du tout développées par Leśniewski lui-même¹⁰ ; le travail de Karl Menger Jr. sur la topologie naïve, ceux de Carnap, Becker, Nicod sur la relation entre géométrie "intuitive" et géométrie "physique" et sur la question de la nature euclidienne de l'espace visuel. Ces théories incluent aussi les recherches de Eino Kaila, qui essaie d'établir la nature spécifique des propriétés revenant à chacun des trois domaines que constituent respectivement les "phénomènes sensoriels", les "corps physiques" et la réalité "physico-scientifique", et qui s'inspire non seulement de Carnap et d'autres philosophes du Cercle de Vienne, mais aussi de Köhler¹¹. Et elles incluent aussi les théories formelles des concepts temporels et biologiques étudiées par Woodger, ainsi que les différents systèmes d'ontologie formelle réaliste qui ont été développées sur des bases leśniewskiennes ou husserliennes dans les décades suivantes. Ces théories ont laissé une trace dans le corpus de la philosophie analytique et de la logique utilisée par les physiciens naïfs en intelligence artificielle. Cependant les versions originales de ces théories ont été largement négligées car elles ne s'accordent pas avec la tradition logique inspiré par Frege et Russell que la communauté de l'intelligence artificielle a

¹⁰ Voir Simons 1987.

¹¹ "Système des concepts de la réalité", 1936.

pris pour son propre standard. Surtout, elles diffèrent de la tradition de Frege et de Russell en ceci, qu'elles adoptent comme base de leur théorie ontologico-formelle non pas la théorie des ensembles, abstraite et problématique, mais plutôt la méréologie, ou théorie du tout et de la partie, qui est plus simple et plus proche du sens commun.

2.1. Critique de la physique naïve artificiellement intelligente

Le travail des gestaltistes, de Gibson et des phénoménologues de la première heure a pour but de fournir une théorie réaliste adéquate, une *science* ou une *ontologie* du monde du sens commun, qui soit en principe cohérente avec des théories sophistiquées de la cognition et de la réalité physique standard. Un tel travail présuppose qu'il y a, pour ainsi dire, un niveau de la réalité intermédiaire et stable que l'on peut décrire dans le cadre d'une théorie rigoureuse.

Lorsque, en revanche, nous passons au champ de l'intelligence artificielle, nous trouvons qu'il y a au moins trois buts distincts qui ont déterminé la nature de la recherche, et qui montrent un malentendu sous-jacent à la notion de "raisonnement du sens commun" au cœur du programme de l'intelligence artificielle. En fait, *raisonnement du sens commun* peut signifier :

- (1) une forme de raisonnement précis et rigoureux qui a comme objet le monde du sens commun (cela serait un raisonnement au niveau proprement théorique *sur* le monde qui est saisi pré-théoriquement) ;
- (2) le raisonnement tel qu'il est pratiqué par les humains dans leur vie quotidienne, non théorique;
- (3) une *reconstruction* motivée philosophiquement de (1) ou de (2).

Il faut remarquer que la tension évidente entre ces trois conceptions est loin d'être résolue dans la littérature en intelligence artificielle. En fait, chaque conception donne lieu à une orientation différente :

- (1) produit un tournant vers une ontologie formelle réaliste, vers des théories rigoureuses des concepts du sens commun, telles que celles envisagées par Hayes *et al.* et par des ontologues formels dans la tradition de Leśniewski, Husserl¹² ou Thom¹³ ;
- (2) produit le désir de *simuler* le raisonnement quotidien, c'est à dire de construire des machines inférentielles qui imiteraient le manque de sophistication caractérisant nos processus ordinaires de pensée ;

¹² Voir Smith, éd., 1982.

¹³ Voir les travaux de Petitot et de Smith.

(3) produit la tendance à reconstruire des analogues plus ou moins simplifiés des familles pertinentes de concepts du sens commun sur la base de notions qui ne font pas partie du sens commun mais qui sont plus maniables du point de vue de la logique.

Nous rappelons que notre but est ici d'esquisser l'histoire de la physique naïve en nous concentrant surtout sur les tentatives de produire des théories réalistes du monde physique naïf. Comme le travail de Hayes le montre, cette tendance vers le réalisme est sans doute présente dans la littérature en intelligence artificielle. Cette tendance reçoit, par exemple, une illustration dans un manuel récent sur le raisonnement de sens commun et la physique naïve. L'auteur, Ernest Davis, suggère qu'on doit exiger que les concepts utilisés dans la représentation du sens commun correspondent à des distinctions dans le monde réel. Il est ainsi nécessaire d'éviter une simple "programmation logique", même si une telle programmation en devient plus élégante ou efficace (1990, p. 206).

De l'autre côté, cependant, et en conflit avec cette nostalgie réaliste, on trouve le désir du chercheur en intelligence artificielle d'obtenir une fidélité aux *modes de raisonner* du sens commun par le moyen de théories qui exploiteraient des schèmes d'inférence mimant celles du sens commun. Toutefois ce dernier ne saurait pas être toujours précis et rigoureux, et il semble clair que une théorie sophistiquée du monde du sens commun (ou du raisonnement du sens commun) ne peut réussir que si l'on va au delà des processus bruts de raisonnement utilisés pour accomplir les tâches quotidiennes. Le problème se complique si l'on prend en compte le fait que le raisonnement de sens commun ne semble pas du tout suivre des schèmes standard, et encore moins les schèmes de la logique extensionnelle du premier ordre ou de ses parents proches employées par la littérature standard en intelligence artificielle¹⁴.

La tendance vers une ontologie réaliste souffre en outre du fait que la physique naïve pratiquée en intelligence artificielle essaie dès que possible de *substituer* aux concepts du sens commun les artefacts de son propre appareil logique. Ainsi Davis, par exemple, prend pour acquis que la façon correcte d'analyser "Calvin est dans la chambre" se fait par le moyen de la traduction (assez peu intuitive) en langage de la théorie des ensembles : "l'ensemble des points qui constituent la région occupée par Calvin est un sous-ensemble de l'ensemble des points qui constituent la région occupée par la chambre" (1990, p. 248). Une telle traduction est un artifice de la logique ; elle est tout aussi éloignée de l'ontologie du sens commun qu'elle l'est de la représentation du raisonnement de sens commun qui a lieu dans la réalité. Nous croyons en outre que l'emploi de la théorie des ensembles n'est qu'un exemple d'une

¹⁴ A cet égard voir McDermott 1990.

tendance au réductionnisme tout à fait répandue dans la physique naïve pratiquée en intelligence artificielle et qui s'oppose au véritable projet d'une physique naïve comme discipline fondée sur l'idée d'accepter certaines descriptions macrophysiques du monde.

III. Les branches de la physique naïve

La tâche de la physique naïve — établir une théorie adéquate des structures et des relations exprimées dans les descriptions macroscopiques — n'est pas élémentaire, et cela pour des raisons diverses. Hayes a montré jusqu'à quel point les concepts de la physique naïve sont holistiquement entrelacés : chacun d'entre eux est compromis avec tous les autres d'une façon telle qu'il est difficile, voir impossible, de distinguer des branches clairement séparables de la discipline en question (Hayes 1979, 175 sv.). Hayes soutient que l'on devrait parler de faisceaux (*clusters*) conceptuels à peine discernables les uns des autres, et reconnaître que la compréhension des concepts appartenant à l'un des faisceaux dépend de la compréhension des concepts appartenant à d'autres faisceaux voisins. Une liste partielle et provisoire de ces sous-branches de la discipline pourrait avoir la structure suivante :

1. Objets, espèces et unités naturelles
2. Événements, processus et causalité
3. Matières, états de la matière, qualités
4. Superficies, limites, milieux
5. Motivation et valeur

Nous ne nous occuperons ici que des quatre premières branches (voir la liste fournie par Hayes, 1979, pp. 187-97) ; la cinquième, qui s'inspire de la perspective phénoménologique et de la théorie de la *Gestalt*, est non-standard, en ce sens que les phénomènes concernant les valeurs ne sont normalement pas classés dans le domaine du physique — que ce soit dans le sens naïf ou dans le sens sophistiqué. Nous nous limitons à suggérer qu'un traitement de (5) pourrait ouvrir des aperçus intéressants pour un philosophe qui accepte l'existence de *qualités expressives* des objets.

Dans ce qui suit nous présenterons un éventail de proto-contributions au domaine de la physique naïve. Ces contributions ne sont pas affectées par le désir d'arriver à des représentations formelles ; elles s'inscrivent davantage dans la théorie sophistiquée et non-réductionniste du sens commun, que dans la représentation computerisée de ce dernier. Cependant ces proto-contributions se réduisent dans maints cas à des intuitions isolées et beaucoup de travail est nécessaire pour les

intégrer dans une théorie adéquate et complète. Dans les remarques qui suivent nous procéderons donc en adhérant à l'esprit d'une ontologie réaliste. Nous considérerons ainsi le monde du sens commun comme étant à la fois (1) l'objet d'une théorie sophistiquée et (2) ce à quoi nous avons accès dans l'expérience quotidienne, non théorique. Comme l'avait remarquée Avenarius, la physique naïve constitue une partie de la réponse à la question "Qu'est-ce que nous percevons directement?". Quelles sont donc les branches de la théorie du monde représenté dans la perception directe ?

3.1. Objets, espèces et unités naturelles

Du point de vue ontologico-formel le monde du sens commun est avant tout un monde de choses, de corps matériels stables, inertes, complets et tridimensionnels. Chaque chose est présente comme pleine — comme douée d'une superficie et d'un intérieur, à son tour rempli ou constitué de matière. Les choses sont perçues aussi comme unités de manipulation, comme des objets potentiels de fragmentation (coupure, division) et d'unification (coller, allier). L'articulation du monde en choses suit des lignes naturelles : les objets — animés et inanimés — sont regroupés ensemble en *espèces naturelles* déterminées par leurs structures typiques de comportement. Dans le monde du sens commun nous pouvons en outre distinguer entre ce qui est "normal" et ce qui est plus ou moins "anormal". Ainsi les espèces naturelles dans la réalité du sens commun ont des exemples aussi bien standard que non standard. Les gestaltistes, aussi bien que les phénoménologues, ont insisté sur l'optimalité des objets perçus : même si de tels objets s'éloignent de la norme, il y a une tendance à négliger leurs déviations dans l'expérience et dans l'attribution d'une catégorie à ces objets (une idée qui a ses racines dans le principe de Mach de l'économie de la pensée).

3.2. Événements, processus et causalité

Le monde des entités matérielles du sens commun est bi-catégoriel : en dépit de certaines tentatives révisionnistes de la part de Whitehead (1929), Kotarbinski (1955), Quine (1960, section 36) et d'autres — une tendance qui revient chez Hayes dans son traitement des *histories* (1979, pp. 189 sv., 1985a) —, nous insistons sur le fait que le sens commun considère les objets matériels d'un côté et les processus et les événements de l'autre comme appartenant à deux catégories différentes, bien qu'interdépendantes¹⁵

¹⁵ Le "pansomatisme" de Kotarbinski est mono-catégoriel car le philosophe conçoit le monde comme composé entièrement de choses (inertes et tridimensionnelles); Whitehead, par contre, défend une

Le travail du phénoménologue polonais Roman Ingarden (1935, 1964/65/74) contient ce qui est probablement l'ontologie bicatégorielle la plus développée ; Ingarden considère les processus comme étendus dans le temps et les événements comme *limites* (commencements, fins et croisements) de processus. Il s'oppose partant non seulement aux ontologies monocatégorielles dans l'esprit de Kotarbinski et Quine mais aussi à la conception de Whitehead des processus comme séries d'événements. A la classification d'Ingarden on ajoutera celle que l'on trouve chez Thom (concernant les confluences et les convergences de processus¹⁶). Une analogie qui a été souvent exploitée (cf. Bach 1896, Galton 1984) existe en outre entre événements instantanés et choses unitaires d'un côté et processus et masses matérielles de l'autre. Ainsi, des processus (croissance, désintégration) ressemblent aux matières en ceci qu'ils peuvent être divisés en parties qui sont eux-mêmes des processus (respectivement des matières) du même type que le processus (resp. la matière) de départ.

On doit rappeler ici le travail des gestaltistes sur la perception des processus et des événements dans une tradition qui inclut Gibson et G. Johansson. Ainsi Cutting (1981) présente un certain nombre de conditions sur la perception d'événements, qui peuvent aussi être interprétées comme des descriptions de caractéristiques saillantes des événements eux-mêmes. Un événement ou un processus — s'il doit être saillant — doit avoir une structure sous-jacente de propriétés invariantes (par exemple, la permanence de l'objet). Ces invariances concernent aussi bien l'événement dans sa totalité que ses parties, et elles sont organisées hiérarchiquement — certaines d'entre elles sont essentielles, tandis que d'autres sont non-essentielles ou dépendent des premières. En outre, chaque situation dynamique a un ou plusieurs centres (comme le point axial d'un levier en action) qui sont saisis et suivis dans la perception¹⁷.

Le monde du sens commun a une structure causale. Husserl, dans Husserl (1952) construit sa théorie du monde du sens commun autour des deux notions de *cause* et de *changement*. Connaître une chose, selon Husserl, c'est connaître ses dépendances causales : c'est savoir comment la chose va changer sous des influences données, par exemple comment elle va se comporter si elle est réchauffée, ou pliée. Mais c'est aussi savoir à quels égards elle va rester la même chose à travers une série de changements ; en fait, il fait partie de notre

ontologie monocatégorielle de processus. Quine, pour conclure, défend une forme de monocatégorialisme neutre qui ne concède aucune distinction entre processus et choses. Voir Smith 1990.

¹⁶ Voir Thom 1988 et le bref survol en Smith 1988, p. 34 sv.

¹⁷ Cf. Cutting, 1981, p. 75. Une typologie structurelle selon ces lignes se trouve dans Russell 1948, Ch. IX, spécialement la discussion du "postulat de quasi-permanence" et du "postulat structurel"; voir aussi l'intéressante référence à Russell dans Heider 1983, p. 39.

compréhension ordinaire de la réalité que les objets soient en mesure de montrer un répertoire de régularités systématiques dans des contextes changeants.

De changements de type différent sont reconnus par le sens commun. Il y a des changements internes (une personne se concentre sur un problème) et de changements dus à des circonstances externes (une chose subit une intervention). Nos corps sont par ailleurs impliqués dans des dépendances causales, et ils nous fournissent la plupart des exemples de changement réel — que ceux-ci soient internes ou externes. Le corps est une chose dans l'espace, qui a une forme, possède un faisceau de qualités, et retient une identité de type et de fonction à travers tous ses changements. Ainsi les membres du corps retrouvent leur position originare après un mouvement (voir Husserl 1952, p. 61, 73).

3.3. *Matières, états de la matière, qualités*

Le monde de l'expérience est caractérisé par son aspect qualitatif : ses unités de base (les choses) se trouvent dans certains états qualitatifs et sont imprégnées de qualités sensibles. Mais tout ce que nous percevons n'est pas une chose. Nous percevons aussi l'espace entre les choses¹⁸, les trous¹⁹, les milieux (tels que l'eau et la fumée) dans lesquels les choses se meuvent — ainsi que les hologrammes, les arcs-en-ciel, les sons.

L'expérience du sens commun s'organise toutefois spontanément autour des choses, qui agissent comme centres d'accumulation de qualités sensorielles²⁰. Les différentes couches de qualités sont liées les unes aux autres, si bien que les choses perçues ne sont pas seulement des assemblages de constituants vus, ouïs ou touchés²¹. Le continuum sensoriel multidimensionnel est encore marqué par la caractéristique de l'étendue. Tout ce qui appartient à une chose matérielle est lié essentiellement à l'étendue, qui constitue la détermination axiale de la chose (Husserl 1952, p. 30). Ainsi la coloration opaque d'une chose couvre sa superficie d'une façon spécifique ; la chaleur remplit la chose d'une façon tout à fait différente.

La complexité des relations entre la couleur et l'extension a été l'objet des remarques d'Hering (1905), qui considère les couleurs comme une sorte de matière primitive constituant les objets. Dans son texte de 1911, David Katz présente une taxinomie des modes d'apparences de la couleur dans l'*espace* qui sont en fait des modes de diffusion et de remplissement de l'espace par la couleur. Une couleur de

¹⁸ Voir Husserl 1973, Appendice VII.

¹⁹ Voir Casati et Varzi 1994.

²⁰ Voir Petitot et Smith 1990, développant une idée de René Thom sur la topologie du monde du sens commun.

²¹ Voir Husserl 1952, p. 70 et Witschel 1961 pour un survol des thèses husserliennes sur les qualités sensibles.

surface occupe d'une façon dense un plan ; elle a une texture et une orientation intrinsèque ; la couleur de volume manque en texture ; la couleur du film est toujours orientée perpendiculairement à la ligne de vue de celui qui regarde. Généralisant les résultats de Katz, le psychologue français Jean Nogué donna une classification des différentes façons de remplir l'espace propre aux différents types de qualités sensibles. Si l'on interprète une telle classification du point de vue de l'espace lui-même, on peut soutenir que l'espace est organisé suivant des topologies différentes. Le mode de diffusion typique des odeurs émises par une source, par exemple, organise l'espace en une série de *traces* olfactives non-orientées ; la reconnaissance d'une source sonore, par contre, organise l'espace en une série de *chemins* auditifs orientés ; les couleurs *renferment* ou *enveloppent* l'espace²². Partant d'un point de vue complémentaire, Jean Nicod, élève de Russell, donne dans la deuxième partie de son texte *La géométrie dans le monde sensible* une série de modèles sensoriels pour différents systèmes géométriques. En étudiant les différentes conceptions de l'espace qu'un être démuné sensoriellement pourrait construire, Nicod offre en même temps une description des structures spatiales qui sont propres à chaque sens.

Une partie de ce programme d'analyse des relations entre choses, qualités et espace fut développée aussi par un étudiant doctorant de Husserl, Wilhelm Schapp, qui publia en 1910 ses *Contributions à la phénoménologie de la perception*, une tentative de défendre une variété assez étendue de réalisme direct dans la théorie de la perception. La perception visuelle, soutient Schapp, nous donne un accès immédiat non seulement aux choses et à leurs couleurs et formes, mais aussi à l'élasticité, à la solidité et à d'autres propriétés dispositionnelles (1910, p. 19). Schapp met en contraste les cas où seules certaines parties de l'objet sont vues en mouvement avec les cas où l'objet entier se meut :

"Le cas où toute la chose se meut nous offre un accès limité à sa "structure interne". Nous voyons alors par exemple seulement la pesanteur ou la légèreté de la chose" (1910, p. 21).

Si en revanche quelques parties de l'objet se meuvent alors que d'autres ne se meuvent pas, et cela d'une façon qui suit une certaine loi, nous pouvons voir si un corps est élastique ou bien s'il est composé de matière visqueuse ou solide (p. 22 sv.). La configuration qui est manifestée par un remplissement qualitatif donné de l'espace, aussi bien dans les cas dynamiques (élasticité) que dans les cas

²² Voir Nogué 1923, p. 141 passim. Des phénomènes parallèles font l'objet de l'investigation de Talmy 1983.

statiques (qualités de surface), nous donne donc accès à des propriétés structurelles de la chose perçue (pp. 19, 21-26). Le plus important est que les propriétés structurelles décrites par Schapp se relient à la matière des choses : à leur solidité, fluidité etc.

Hedwig Conrad-Martius, une autre élève de Husserl, nous offre une investigation complémentaire des phénomènes concernant la matière dans son *Ontologie du Réel* de 1924. Ce qui fait la différence entre les types de matière, selon Conrad-Martius, c'est leur structure qualitative dans l'espace :

"Être matériel *est* être plénitude substantielle dans l'espace. Et c'est précisément la manière dont cette plénitude est structurée dans l'espace qui conduit à la variété des modalités de constitution matérielle" (section 122).

Dans le chapitre 3 de son livre ("Formes concrètes de la matière") Conrad-Martius analyse les façons dont le son et le bruit témoignent de l'organisation interne de la matière. Elle analyse aussi les caractéristiques qualitatives de la température et de la lumière et présente un examen critique des différents états de la matière (sections 135-70), des explications atomistiques naïves (sec. 162), des propriétés dispositionnelles telles que l'élasticité et la fragilité (sections 171-80) et des agrégats (sec. 176).

Dans ce contexte, il vaut la peine de signaler que déjà en 1902 Pierre Duhem avait retracé l'histoire de la notion scientifique de "mixte" et de son arrière-plan dans le sens commun en attirant l'attention sur certaines opérations humaines élémentaires. Comme il le remarquait, le concept de mixte sert de trait d'union conceptuel entre la notion d'agrégat et d'artefact d'un côté, et celle de matière de l'autre côté.

3.4. *Superficies, limites, milieux*

Une ontologie systématique des superficies a été présentée dans le texte classique de Stroll (1988), où celui-ci étudie aussi le rôle joué par les superficies dans la théorie de la perception. Stroll met en contraste deux notions de surface : les surfaces comme *interfaces pourvues de deux côtés* (dans ce cas, la superficie d'une pomme impliquerait aussi bien la pomme que le milieu environnant), et les surfaces comme *couche extrême* (où seulement la pomme de notre exemple est impliquée).

Les détails descriptifs de la théorie des superficies se trouvent éminemment chez Gibson (1986), dans la section "Les superficies et les lois écologiques des superficies". Comme l'écrit Gibson :

"Suivant la physique classique, l'univers consiste en corps dans l'espace. Nous sommes partant tentés de supposer que nous vivons dans un monde physique qui

consiste en corps dans l'espace et que ce que nous *percevons*, ce sont des objets dans l'espace. Mais cela est fort douteux. L'environnement terrestre se laisse mieux décrire par les concepts d'un *milieu*, de *substances*, et des *superficies* qui les séparent" (1986, p. 16).

Le milieu, en somme, est séparé des substances de l'environnement par des superficies, et chaque superficie à son tour a une texture caractéristique suivant la composition de la matière de la substance en question²³. Gibson cherche "une théorie de la configuration superficielle, une sorte de géométrie appliquée qui soit appropriée à l'étude de la perception et du comportement" et qui dispose de concepts tels que ceux d'environnement ouvert, de clôture, d'objet détaché, d'objet attaché, d'objet creux, de lieu, de feuille, de fissure, de pointe, de poche, de fibre, etc. (1986, p. 33).

Husserl décrit les milieux comme l'environnement normal des objets matériels ; les milieux sont *amorphes* - ils reçoivent leur forme de l'objet qu'ils contiennent²⁴. Les milieux sont aussi les véhicules de la causalité, ce qui a comme effet de bord qu'ils transmettent de l'*information* sur les sources causales de tout type. Ils sont cognitivement transparents (ils ne deviennent pas normalement des objets de cognition) même s'il peuvent, dans des circonstances spéciales, être représentés dans l'expérience en se mutant en objets déviants tels que les nuages de fumées.

"Chose et milieu" de Fritz Heider (1926, originairement une thèse de doctorat à Graz sous la direction de Meinong) cherche une réponse à la question fondamentale pour une théorie causale de la perception : pourquoi, lorsque nous regardons un objet, nous percevons l'objet et non pas la source qui l'éclaire, alors que cette dernière est, après tout, causalement responsable de notre expérience perceptive? Heider analyse les conditions de l'environnement sous lesquelles des objets éloignés sont perçus. Il donne une interprétation de la transparence cognitive des milieux, comme fondée sur une certaine indépendance causale des parties dont ces derniers sont composés. Le travail d'Heider trouve un écho dans la notion gibsonienne de perception comme extraction d'information de la lumière (cf. 1986, Ch. 2)²⁵.

Conclusion

Plusieurs chercheurs dans le domaine de l'intelligence artificielle ont reconnu que la physique naïve est loin d'être une discipline unitaire et unifiée. Des faisceaux et des sous-faisceaux de concepts sont soumis à l'enquête de manière très fragmentaire, en

²³ C'est dans sa théorie de la structure des superficies que Gibson est le plus près des concepts gestaltistes. Voir par exemple 1986, p. 28.

²⁴ Voir le livre II des *Idées* (1952, *Addendum* à la section 16).

²⁵ Voir aussi le travail de Metelli (1974) sur les conditions dans lesquelles nous percevons divers exemplaires d'objets transparents et non-transparentes.

dépit du fait que ce réseau conceptuel est caractérisé par un forte composante holistique.

Nous avons vu aussi que les représentations contemporaines de l'expérience du sens commun sont extrêmement étroites, au point d'être suspectes en tant que représentations qui se veulent fidèles. Nous avons suggéré que cette étroitesse découle d'une adhésion trop précipitée aux traits attirants du point de vue de l'implantation, traits qui renvoient à leur tour à l'emploi des moyens essentiellement atomistes (non-holistiques) de la théorie des ensembles. Contre cette tendance, nous voudrions souligner une fois de plus la nécessité d'une plus vaste investigation *phénoménologique* du domaine de la physique naïve. Les travaux des gestaltistes et de Gibson, joints au travail formel en physique naïve et en ontologie formelle dans l'esprit des premiers phénoménologues, ont une chance de fournir un cadre *théorique* unifié pour le développement d'une description réaliste des structures en cause, une description qui pourrait — et c'est notre suggestion finale — avoir une valeur dans la construction de théories applicables par le physicien naïf qui travaille dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Barry SMITH* et Roberto CASATI**

*Académie Internationale de Philosophie
Schann, Lichtenstein

**CNRS - Aix-en-Provence

Bibliographie

- Bach, E. 1986 "The Algebra of Events", *Linguistics and Philosophy*, 9, 5-16.
- Becker, O. 1923 "Beiträge zur phänomenologischen Begründung der Geometrie und ihrer physikalischen Anwendungen", *Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung*, 6, 385-560.
- Boden, Margaret A. (éd.) 1990 *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford : Oxford University Press.
- Bozzi, P. 1958 "Analisi fenomenologica del moto pendolare armonico", *Rivista di Psicologia*, 52, 281-302.
- Bozzi, P. 1959 "Le condizioni del movimento 'naturale' lungo i piani inclinati", *Rivista di Psicologia*, 53, 337-352.
- Bozzi, P. 1961 "Fenomenologia del movimento e dinamica pregalileiana", *Aut Aut*, 64, 1-24 and 377-93.
- Bozzi, P. 1989 "Sulla preistoria della fisica ingenua", *Sistemi intelligenti*, 1, 61-74.
- Bozzi, P. 1991 *Fisica ingenua*, Milan : Garzanti.
- Carnap, Rudolf 1922 "Der Raum. Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre" (*Kantstudien*, Ergänzungsheft 56), Berlin : Reuther & Reichard.

- Casati, R., et Varzi, A., 1994, *Holes and Other Superficialities*, Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Clement, John 1982 "Students' Preconceptions in Introductory Mechanics", *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Conrad-Martius, H. 1923 "Realontologie", *Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung*, 6, 159-333.
- Cutting, J.E. 1981 "Six Tenets for Event Perception", *Cognition*, 10, 71-8.
- Davis, E. 1990 *Representations of Commonsense Knowledge*, San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- DiSessa, A.A. 1982 "Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge-Based Knowing", *Cognitive Science*, 6, 37-75.
- DiSessa, A.A. 1985 "Learning about Learning", *New Directions for Child Development*, 28, 97-124.
- Duhem, P. 1902 *Le mixte et la combinaison chimique*, Paris : C. Noud.
- Feyerabend, P. 1978 "In Defence of Aristotle: Comments on the Condition of Content Increase", in G. Radnitzky and G. Andersson, eds, *Progress and Rationality*, Dordrecht: Reidel, 143-180.
- Fieandt, K. van 1949 "Das phänomenologische Problem von Licht und Schatten", *Acta Psychologica*, 6, 337-57.
- Forbus, K. 1984 "Qualitative Process Theory", *Artificial Intelligence*, 24, 85-168.
- Friescheisen-Köhler, Ide 1933 *Das persönliche Tempo*, Leipzig.
- Galton, A. 1984 *The Logic of Aspect. An Axiomatic Approach*, Oxford: Clarendon Press.
- Garfield, Jay L. 1988 *Belief in Psychology. A Study in the Ontology of Mind*, Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Gibson, J.J. 1966 *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Londres: George Allen and Unwin.
- Gibson, J.J. 1966 *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston: Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Hager, G. 1985 "Naive Physics of Materials: A Recon Mission", in *Commonsense Summer: Final Report*, Report No. CSLI-85-35, Center for the Study of Language and Information, Stanford University, Stanford, California.
- Hayes, P., J. 1979 "The Naive Physics Manifest", in D. Michie, éd., *Expert Systems in the Micro-Electronic Age*, Edinburgh: Edinburgh University Press, 242-70), as repr. in Boden, éd., 171-205.
- Hayes, P., J. 1985 "The Second Naive Physics Manifesto", in Hobbs and Moore, eds., 1-36.
- Hayes, P., J. 1985a "Naive Physics I: Ontology for Liquids", in Hobbs and Moore, eds., 71-107.
- Heider, F. 1926 "Ding und Medium", *Symposium*, 1, 109-57, tr. angl. abrégée in Heider 1959, 1-34.
- Heider, F. 1983 *The Life of a Psychologist*, Kansas University Press.

- Hering, E. 1905 *Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinne*, Berlin: Springer. Eng. trans. *Outlines of a Theory of the Light Sense*, Harvard: Harvard University Press, 1964.
- Hobbs, J.R. and Moore, R.C. eds 1985 *Formal Theories of the Common-sense World*, Norwood: Ablex.
- Husserl E. 1952 *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*, t. II: *Phänomenologische Untersuchungen zur Konstitution*, The Hague: Martinus Nijhoff, tr. angl. *Ideas, Second Book*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- Husserl E. 1970 *The Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology. An Introduction to Phenomenological Philosophy*, trans. by D. Carr, Evanston: Northwestern University Press.
- Husserl E. 1973 *Ding und Raum. Vorlesungen 1907*, éd. by U. Claesges, The Hague: Nijhoff.
- Ingarden, R. 1935 "Vom formalen Aufbau des individuellen Gegenstandes", *Studia Philosophica*, 1, 29-106.
- Ingarden, R. 1945/65/74 *Der Streit um die Existenz der Welt*, Tübingen: Niemeyer, 3 vols.
- Jaeger, S. (éd.), 1988 Briefe von Wolfgang Köhler an Hans Geitel 1907-1920 (*Passau Schriften zur Psychologiegeschichte*, 9), Passau: Passavia Universitätsverlag.
- Johansson, G. 1950 *Configurations in Event Perception. An Experimental Study*, Uppsala: Almqvist and Wiksell.
- Kaila, E. 1936 "Über das System der Wirklichkeitsbegriffe. Ein Beitrag zum logischen Empirismus", *Acta Philosophica Fennica*, 2, tr. angl. in Kaila, *Reality and Experience. Four Philosophical Essays*, Dordrecht/Boston/London: Reidel, 1979.
- Kanizsa, G 1979 *Organization in Vision. Essays on Gestalt Perception*, New York: Praeger.
- Katz, D. 1911 Die Erscheinungsweisen der Farben, *Zeitschrift für Psychologie*, Ergänzungsband, modified tr. angl. *The World of Colour*, Londres: Kegan Paul, Trench and Trubner, 1935.
- Keesing, R.M. 1987 "Models, 'Folk' and 'Cultural'", in D. Holland and N. Quinn, eds, *Cultural Models in Language and Thought*, Cambridge: Cambridge University Press, 369-393.
- Keiler, P. 1980 "Isomorphie-Konzept und Wertheimer-Problem: Beiträge zu einer historisch-methodologischen Analyse des Köhlerschen Gestaltansatzes. I. Erkenntnistheoretische und seinslogische Implikationen des Isomorphie-Konzepts", *Gestalt Theory*, 2, 78-112.
- Kirschmann, A. 1895 "Der Metallglanz und die Parallaxe des indirekten Sehens", *Philosophische Studien*, 9, 147-87.

- Köhler, W. 1921 "Intelligenzprüfungen an Anthropoiden", *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften*. Jahrgang 1917, Physikal.-Mathem; Klasse, 1; tr. angl. *The Mentality of Apes*, Londres: Kegan Paul, Trench, Trübner, 1927.
- Köhler, W. 1938 *The Place of Value in a World of Facts*, New York, Liveright.
- Köhler, W. 1947 *Gestalt Psychology*, New York, Liveright.
- Kotarbinski, T. 1955 "The Fundamental Ideas of Pansomatism", *Mind*, 64, 488-500.
- Lipman, O. and Bogen, H 1923 *Naive Physik. Arbeiten aus dem Institut für angewandte Psychologie in Berlin. Theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Fähigkeit zu intelligentem Handeln*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- McCloskey, M. 1983 "Naive Theories of Motion", in Gentner and Stevens, eds, 299-324.
- McCloskey, M. 1983a "Intuitive Physics", *Scientific American*, 248(4), 122-130.
- McDermott, D. 1990 "A Critique of Pure Reason", in Boden, éd., 206-230.
- Meinong, A. von 1906 *Über die Erfahrungsgrundlagen unseres Wissens*, Berlin: Springer, réed. in Meinong, *Gesamtausgabe*, vol. V, éd. by R.M. Chisholm, Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt, 1973.
- Menger, K. 1940 "Topology without Points", *Rice Institute Pamphlets*, 27, 80-107.
- Metelli, F. 1974 "The Perception of Transparency", *Scientific American*, 230, 90-98.
- Michotte, A. 1963 *The Perception of Causality*, Londres: Methuen, 1963.
- Musatti, C. 1926 *Analisi del concetto della realtà empirica*, Città di Castello: Il Solco, réed. in C. Musatti, *Condizioni dell'esperienza e fondazione della psicologia*, Florence: Editrice Universitaria, 1964, 13-175.
- Nicod, J. 1924 *La géométrie dans le monde sensible*, Paris : tr. angl. in Jean Nicod, *Geometry and Induction*, London: Routledge and Kegan Paul, 1970.
- Nogué, J. 1936 *La signification du sensible*, Paris : Aubier.
- Peters, P.C. 1982 "Even Honors Students have Conceptual Difficulties with Physics", *American Journal of Physics*, 50, 501-508.
- Petitot, J. 1989 "Morphodynamics and the Categorical Perception of Phonological Units", *Theoretical Linguistics*, 15, 25-71.
- Petitot, J. 1989a "Hypothèse localiste, Modèles morphodynamiques et Théories cognitives", *Semiotica*, 77, 65-119.
- Petitot, J. 1990 "Le Physique, le Morphologique, le Symbolique. Remarques sur la Vision", *Revue de Synthèse*, 4, 139-183.
- Petitot, J. and Smith, B. 1990 "New Foundations for Qualitative Physics", J.E. Tiles, G.T. McKee and C.G. Dean, eds., *Evolving Knowledge in Natural Science and Artificial Intelligence*, Londres: Pitman Publishing, 231-249.

- Piaget, J. 1945 *La formation du symbole chez l'enfant*, Neuchâtel-Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. 1946 *Les notions du mouvement et de la vitesse chez l'enfant*, Paris : PUF.
- Pittenger, J.B. and Runeson, S. 1990 "Paolo Bozzi's Studies of Event-Perception", *ISEP* [International Society for Event Perception], IV.
- Quine, W.V.O. 1960 *Word and Object*, Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Rosch, E., Mervis, C.B., Gray, W., Johnson, D. and Bayes-Braem., P. 1976 "Basic Objects in Natural Categories", *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Runeson, S. 1974 "Constant velocity - non perceived as such", *Psychological Research*, 37, pp.
- Russell, B. 1948 *Human Knowledge. Its Scope and Limits*, Londres: George Allen and Unwin.
- Scanlon, J. 1988 "Husserl's Ideas and the Natural Concept of the World" in R. Sokolowski, éd., *Edmund Husserl and the Phenomenological Tradition*, Washington, D.C.: The Catholic University of America Press, 217-233.
- Schapp, W. 1910 *Beiträge zur Phänomenologie der Wahrnehmung*, Göttingen: Kaestner.
- Schutz, A. 1959 "Type and Eidos in Husserl's Late Philosophy", repr. in A. Schutz, *Collected Papers*, vol. II, *Studies in Phenomenological Philosophy*, The Hague: Nijhoff, 1975, 92-115.
- Sellars, W.F. 1963 "Philosophy and the Scientific Image of Man", ch 1 of *Science, Perception and Reality*, Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Simons, P.M. 1987 *Parts. A Study in Ontology*, Oxford: Clarendon Press.
- Smith, B. 1986 "The Theory of Value of Christian von Ehrenfels", in R. Fabian (éd.), *Christian von Ehrenfels: Leben und Werk*, Amsterdam: Rhodopi, 150-71.
- Smith, B. 1988 "Gestalt Theory: An Essay in Philosophy", in Smith, B. éd., 11-81.
- Smith, B. 1990 "On the Phases of Reism", in J. Woleski, éd., *Kotarbinski: Logic, Semantics and Ontology*, Dordrecht/Boston/London: Kluwer, 137-184.
- Smith, B. 1991 "Characteristica Universalis", in K. Mulligan, éd., *Language, Truth and Ontology* (Philosophical Studies Series), Dordrecht/Boston/Londres: Kluwer, 50-81.
- Smith, B. [in press] "The Structures of the Commonsense World", in A. Pagnini and S. Poggi, éd., *Gestalt Psychology. Its Origins, Foundations and Influence*, Florence: Olschky, 1992.
- Smith, B. éd. 1982 *Parts and Moments. Studies in Logic and Formal Ontology*, Munich: Philosophia.
- Smith, B. éd. 1988 *Foundations of Gestalt Theory*, Munich/Vienna: Philosophia.
- Stroll, A. 1988 *Surfaces*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Talmy, L. 1983 "How Language Structures Space", in H. Pick and L. Acredolo, éd., *Spatial Orientation: Theory, Research, and Application*, New York: Plenum Press.

- Thom, R. 1988 *Esquisse d'une sémiophysique*, Paris : Interéditions, tr. angl. par V. Meyer, as *Semio Physics: A Sketch. Aristotelian Physics and Catastrophe Theory*, Reedwood City: Addison-Wesley, 1990.
- Weld, D. and Kleer, J. de, eds 1989 *Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems*, Los Altos: Morgan Kaufmann.
- Whitehead, A.N. 1906 "On Mathematical Concepts of the Material World", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series A, V. 205, 465-525.
- Whitehead, A.N. 1929 *Process and Reality. An Essay in Cosmology*, New York: The Macmillan Company.
- Witschel, G. 1961 *Edmund Husserls Lehre von den sekundären Qualitäten*, Dissertation, University of Bonn.