

PRÉSENTATION

I. — INTRODUCTION

Ce numéro de la *Revue de synthèse* comprend un dossier sur les sciences cognitives dont le but est de proposer quelques remarques sur certains points délicats actuellement en débat.

Le développement considérable des sciences cognitives depuis plusieurs années est en train de bouleverser en profondeur le paysage de la recherche. Des remaniements interdisciplinaires sans doute irréversibles sont en cours. Ils transforment de façon significative les interfaces entre les mathématiques pures, la physique théorique, l'informatique et l'intelligence artificielle, les neurosciences, la psychologie et les sciences humaines. Depuis la biologie moléculaire dans les sciences de la vie et le structuralisme dans les sciences humaines, on n'avait pas connu de « révolution » scientifique d'une telle ampleur. Même le bilan le plus mesuré forcerait à parler de progrès rapides, convergents et décisifs des disciplines concernées. Les conséquences institutionnelles en sont de plus en plus manifestes : mise en place de grands programmes de recherche nationaux et internationaux, création de Groupements de recherche du C.N.R.S. et de nouveaux D.E.A., projets d'Instituts, Écoles d'été, etc. Elles ne peuvent qu'influencer et modifier de façon déterminante et durable nombre d'orientations. En ce qui concerne, en particulier, les sciences humaines, on peut sans doute affirmer, sans grand risque d'être démenti par le futur, que celles qui refuseront le « tournant cognitif » prendront le risque de se trouver irrémédiablement archaïsées.

Il existe d'excellentes introductions, récemment parues, à la situation nationale, européenne et internationale des sciences cognitives. Citons, entre autres, le rapport de Michel Imbert « Cognitive Science in Europe » (Springer Verlag, 1987), le dossier « Une nouvelle science de l'esprit » dans *Le Débat* n° 47, le dossier « Un tournant cognitif dans les sciences humaines » dans *Préfaces* n° 10, ainsi que le rapport « Sciences

cognitives » du *Programme de recherche sur les sciences de la communication* du C.N.R.S. (octobre 1989). Le lecteur intéressé y trouvera les renseignements scientifiques, les références bibliographiques et les éléments institutionnels de base.

Ce dossier est d'un genre différent. Plutôt que de présenter un panorama ou d'essayer de faire le point sur certains résultats expérimentaux assurés des neurosciences et de la psychologie cognitive, il se propose de discuter relativement en détail quelques-uns des délicats problèmes, de nature théorique et/ou épistémologique, faisant actuellement l'objet de débats particulièrement vifs dans la communauté cognitive.

2. — QUELQUES CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SCIENCES COGNITIVES¹

Il n'est pas étonnant que les sciences cognitives débouchent sur nombre de difficultés concernant leur conceptualisation théorique, leur formulation et leur modélisation mathématiques ainsi que leur compréhension épistémologique. En effet, elles approchent en termes de sciences *naturelles* les structures, les actes et les processus mentaux constitutifs de facultés et d'objets comme la représentation (problème de l'existence, du statut, de la fonction des représentations mentales), l'intentionnalité (problème de la capacité qu'ont les représentations de référer à l'environnement), le raisonnement (développement de systèmes formels modélisant correctement les processus psychologiques du raisonnement naturel : logiques floues, non monotones, etc.), la nature des concepts (problème des rapports concept-percept, catégorisation, schèmes, prototypes), l'apprentissage (développement de théories formelles), la communication (conçue comme transmission verbale et non verbale de représentations), l'architecture fonctionnelle de l'esprit (systèmes périphériques modulaires et systèmes centraux non modulaires, hypothèse fonctionnaliste, modèles connexionnistes). Cette approche est plus particulièrement effective dans les quatre domaines du langage, de la vision, du raisonnement et de l'action. Les sciences cognitives y étudient soit le développement, soit l'état adulte constitué, et se situent aux niveaux de réalité et de modélisation biologique, psychologique, algorithmique et formelle.

1. Ce paragraphe reprend en partie la contribution — dont nous avons assumé la responsabilité avec notre collègue Claude Debru — de la Commission de philosophie au Groupe thématique « Sciences cognitives et Communication » du Rapport de conjoncture du C.N.R.S. (décembre 1989).

Les sciences cognitives étant par définition interdisciplinaires, elles favorisent des interactions privilégiées, au nombre desquelles se trouvent les interactions entre la philosophie, la logique, la linguistique et la psychologie. Le rapport entre sciences cognitives et épistémologie est également privilégié pour deux raisons. D'un côté, les sciences cognitives sont des sciences jeunes, en plein processus de constitution de leurs objets, de leurs principes et de leurs méthodes. Elles rencontrent donc naturellement tous les problèmes de philosophie des sciences (ontologiques, épistémologiques, méthodologiques) que rencontrent les sciences en voie de constitution ou de refondation. Mais, d'un autre côté, ces sciences représentent la tentative de comprendre comme des processus *naturels*, expérimentables et mathématisables, un ensemble de phénomènes sur lesquels l'épistémologie n'a cessé de se pencher.

Leur lien avec l'épistémologie n'est donc pas extrinsèque. Celle-ci n'y intervient pas seulement, comme dans les autres sciences naturelles, à un niveau second, réflexif et critique. Elle y intervient d'emblée, de façon constitutive, dès le niveau des objets. Les concepts que la philosophie des sciences avait dû créer et développer pour penser les sciences d'objets sont à leur tour devenus des objets de science. Les thèmes évoqués plus haut, ainsi que ceux par exemple de l'innéisme des structures mentales, du jugement, de l'induction, de la corrélation entre les actes mentaux et leurs objets, de l'inférence non démonstrative, des rapports entre syntaxe et sémantique, entre extensionnalité et intensionnalité, etc., sont des thèmes qui sont au cœur des traditions philosophiques les plus anciennes et les plus centrales, qui ont été repensés de nombreuses fois, du cartésianisme à la phénoménologie, dans des optiques différentes et qui, dans la philosophie des sciences et la philosophie de l'esprit (avec les apports, problématiques, de la philosophie de la logique et de la philosophie analytique modernes), ont été en partie modélisés et formalisés. Les sciences cognitives contemporaines visent essentiellement à apporter une théorie naturaliste des actes mentaux correspondants.

Le paradigme actuellement dominant en sciences cognitives est celui du mentalisme computationnel et propositionnaliste (Jerry Fodor et Zénon Pylyshyn en sont des représentants typiques). Il admet les thèses du fonctionnalisme (possibilité de séparer les problèmes de structure formelle et de calcul des représentations mentales de ceux de l'implémentation dans un substrat matériel, en particulier neuronal), ainsi que celles du solipsisme méthodologique (les rapports entre l'organisme et l'environnement n'étant pas entièrement régis par des lois causales, il est impossible d'admettre dans les hypothèses d'une psychologie scientifique une référence constitutive aux structures de l'environnement). On fait l'hypothèse qu'il existe un « langage de la pensée » constitué de repré-

sentations mentales symboliques possédant la structure d'un langage formel (symboles, expressions structurées syntaxiquement, règles de déduction, etc.). Ces représentations (structurées à plusieurs niveaux différents reliés par compilation) permettent de traiter des informations externes et internes. A travers un tel traitement, le monde physique objectif devient un monde structuré qualitativement par la perception, le langage et l'action, le monde de l'expérience phénoménologique. Ce paradigme est désormais classique et il existe de très nombreux travaux qui en développent les thèses. Mais nombreuses sont également les critiques. Elles ont conduit au développement d'un certain nombre de thèmes émergents originaux. Nous en examinerons brièvement quelques-uns : le connexionnisme, l'intentionnalité perceptive, l'ontologie qualitative dans ses rapports à « l'écologie » perceptive.

(a) Développé par Hilary Putnam et Jerry Fodor, le fonctionnalisme est la « solution » donnée au problème des rapports entre les états mentaux et les états cérébraux qui a recueilli l'approbation de la majorité des philosophes et des spécialistes en sciences cognitives d'orientation formaliste. Il repose sur l'observation du fait qu'un programme informatique, qui est un ensemble d'instructions logiques, peut être « implémenté » dans des ordinateurs ayant des structures physiques différentes. Autrement dit, il repose sur la double analogie entre, d'une part, les étapes logiques d'un programme informatique et les états mentaux, et d'autre part, les états physiques d'un ordinateur et les états cérébraux. Les fonctionnalistes soutiennent que le vocabulaire et les concepts destinés à décrire, expliquer et prédire le comportement des états répertoriés comme « états cérébraux » ne sont pas *ipso facto* appropriés pour décrire, expliquer et prédire le comportement des états répertoriés comme « états mentaux ». Cette position non réductionniste permet une division rationnelle entre neurosciences et sciences cognitives mais ne permet pas de rendre compte du caractère qualitatif de certains états mentaux qui se définissent moins par leur rôle computationnel ou inférentiel que par la qualité de l'expérience qui leur est concomitante. En outre, il n'est pas assuré que l'on puisse séparer dans les machines cognitives biologiques comme le cerveau les problèmes de logiciel (« software ») et de matériel (« hardware »).

Les modèles connexionnistes qui distribuent les représentations sur des réseaux de micro-unités et de micro-traits relèvent d'un paradigme différent du paradigme classique. L'analogie est ici plus thermodynamique qu'informatique. On suppose que les systèmes cognitifs possèdent deux niveaux : un niveau macroscopique symbolique où l'on décrit formellement les structures et les mécanismes de la compétence et un niveau

microscopique sous-symbolique où l'on explique les processus dynamiques de la performance en termes mathématiques de systèmes dynamiques sur des réseaux.

Le connexionnisme est une théorie relevant d'une épistémologie de l'émergence : on pose que les structures formelles de la compétence que décrit le cognitivisme symbolique sont des organisations et des régularités émergeant des processus dynamiques sous-jacents. Il rencontre toutes les difficultés philosophiques des théories antiréductionnistes de l'émergence. Une question fort débattue actuellement est de savoir si le connexionnisme fournit en fait seulement une théorie de l'implémentation des algorithmes symboliques classiques dans des machines massivement parallèles ou bien s'il fournit, à l'intérieur même de l'hypothèse fonctionnaliste, une alternative proprement cognitive au cognitivisme classique.

(b) Des travaux considérables ont été consacrés au problème de l'intentionnalité des représentations. En général (Searle, Dreyfus, Føllesdal, Dennett, etc.), l'approche est sémantique. Mais le problème critique est celui de l'intentionnalité *perceptive*. Des travaux récents, portant en particulier sur la perception visuelle, permettent de mieux l'aborder. L'analyse du pattern rétinien bidimensionnel (en particulier, la détection des discontinuités qualitatives) permet de reconstruire d'abord les contours des objets et leur remplissage par des qualités sensibles, et ensuite le caractère volumique des objets occupant l'espace extérieur tridimensionnel et s'y déplaçant. Comme l'ont montré H. Dreyfus et D. Føllesdal, ces analyses cognitives sont étonnamment proches des analyses de la phénoménologie husserlienne sur le noème de la perception. De façon générale, les thèmes néo-aristotéliens essentiels de la phénoménologie et de la *Gestalttheorie* sont actuellement repris et reformulés en termes neurocognitifs.

(c) Concernant le type de structure que l'on doit admettre dans l'environnement, deux points de vue s'opposent. Pour les cognitivistes classiques, le contenu objectif des structures de l'environnement est physique en un sens physicaliste et réductionniste. La façon dont le monde de l'expérience phénoménale est qualitativement structuré en formes, qualités, choses, états de choses, événements, processus, etc., qui sont appréhendés dans la perception et linguistiquement descriptibles, est le résultat d'une construction cognitive, c'est-à-dire de la façon dont nous nous représentons l'information physique externe (ondes lumineuses, sonores, etc.). On admet bien une « ontologie qualitative » (d'une façon ou d'une autre néo-aristotélienne), mais celle-ci est conçue comme l'ontologie

d'un « monde projeté », monde sans contenu physique qualitatif, morphologique et structural, monde purement corrélatif des actes (des calculs) du sujet cognitif. A l'opposé de ces points de vue classiques, physiquement réductionnistes et cognitivement constructivistes et projectivistes (et donc nominalistes), il existe des points de vue plus réalistes attribuant des structures qualitatives, morphologiques et structurales à l'environnement, structures objectives émergeant de la physique sous-jacente. Dans le domaine visuel, un exemple en est fourni par la théorie « écologique » de Gibson.

Comme l'ont bien montré J. Fodor et Z. Pylyshyn, Gibson n'arrive cependant pas à définir cette objectivité non strictement physique de l'ontologie qualitative. En fait, sous-jacent à ce débat, il y a un des plus anciens et des plus lourds problèmes de la philosophie, celui du rapport entre objectivité physique et ontologie qualitative. Comme l'a explicité André Robinet dans son ouvrage récent sur Leibniz, cette « architectonique disjonctive » entre un mécanisme physicaliste et un systémisme structural est central pour l'ensemble de la pensée leibnizienne. Elle l'est encore pour la phénoménologie et la *Gestaltheorie*. On peut dire que c'est elle qu'il s'agit de dialectiser. L'écologisme en est un aspect.

Ces dernières années les choses se sont notablement transformées. D'abord les physiciens et les mathématiciens ont montré qu'il existe effectivement dans l'environnement des structures qualitatives émergentes (phénomènes critiques, catastrophes, structures dissipatives, etc.). Ils en ont fourni de nombreux modèles morphodynamiques. D'autre part, des spécialistes de la perception visuelle comme David Marr ont montré que les points de vue « écologiques » étaient compatibles avec une théorie computationnelle des processus de traitement de l'information. Enfin, les travaux sur la physique « naïve » et surtout sur la physique « qualitative » ont retrouvé, à partir d'une analyse du coût computationnel de la résolution des problèmes physiques, les résultats déjà anciens des approches morphodynamiques.

On peut conclure de la convergence remarquable de ces diverses approches, qu'il est désormais possible de développer une authentique ontologie qualitative qui soit le résultat à la fois d'une auto-structuration qualitative et morphologique spontanée (émergente) de l'environnement et d'une construction cognitive. Cela permet de sortir du solipsisme méthodologique en réfutant l'idéalisme propre à tous les mentalismes de la représentation. Le gain philosophique et scientifique est évident et considérable. Cela permet aussi de redéployer des conceptions en partie réalistes de la perception et du langage : ceux-ci explicitent des structures qualitatives possédant un contenu en grande partie objectif. Des travaux de linguistes cognitivistes comme L. Talmy, R. Jackendoff et R. Lan-

gacker vont dans ce sens. Cela vient remettre en partie en cause, dans le cadre d'une orientation néo-phénoménologique, le nominalisme logiciste propre à la tradition sémantique.

3. — LE PROBLÈME CENTRAL DU LIEN ENTRE LE PHYSIQUE ET LE SYMBOLIQUE

On voit que pour arriver à se constituer en sciences *naturelles* de l'esprit, les sciences cognitives doivent unifier *trois types d'objectivité* :

(i) l'objectivité *physique*, constitutive du monde externe (physique des signaux visuels et acoustiques, etc.) ;

(ii) l'objectivité *neuronale-informationnelle*, constitutive de la structure et de la fonction des dynamiques cérébrales (comme y a souvent insisté Jean-Pierre Changeux, il est illégitime de séparer structure et fonction) ;

(iii) l'objectivité *logico-symbolique*, constitutive des structures syntaxiques et sémantiques des systèmes symboliques et des langages formels en général.

Or ces trois objectivités sont fortement *hétérogènes* entre elles. En particulier, il existe *un véritable dualisme entre le physique et le symbolique*. Comment donc accéder à une théorie naturaliste unifiée ? On voit immédiatement comment des hypothèses fondamentales concernant le statut des états et des processus cognitifs pourront découler naturellement de la perspective adoptée sur cette question.

Si l'on part par exemple de la thèse que la seule objectivité naturelle se réduit à l'objectivité physique (thèse éliminationniste), on refusera alors d'accorder une réalité autre que descriptive et artéfactuelle aux représentations et aux actes mentaux et l'on identifiera ceux-ci à des états et à des processus neuronaux. Si l'on admet au contraire que l'objectivité logico-symbolique est *en tant que telle* réalisable dans des systèmes physiques traitant de l'information (thèse de l'I.A.), on pensera les systèmes cognitifs sur la base d'une analogie avec les ordinateurs. Si l'on pense qu'il existe bien des représentations mentales mais que l'objectivité logico-symbolique n'existe pas dans la nature, on développera par exemple l'hypothèse centrale introduite par Ch. Zeeman et R. Thom il y a déjà plus de vingt ans, à savoir que les unités sémantiques sont descriptibles par des attracteurs de dynamiques neuronales et que les structures syntaxiques s'ancrent dans des bifurcations de ces attracteurs (c'est une thèse analogue que développent actuellement de façon technique les modèles connexionnistes de réseaux de neurones formels).

Le débat sur des thèses de ce genre conduit immédiatement à nombre de problèmes techniques dont certains sont abordés ici.

4. — L'ORGANISATION DU DOSSIER

4.1. Joëlle Proust engage sa réflexion à partir d'un des problèmes épistémologiques centraux évoqués plus haut. Si, dans une optique mécaniste et formaliste, on identifie les actes cognitifs à des processus de traitement de l'information réductibles à des manipulations réglées de symboles, comment rendre compte du *contenu* des symboles? Si les règles et la causalité des systèmes cognitifs sont purement syntaxiques, comment comprendre l'intentionnalité, c'est-à-dire le rapport à des contenus, la directionnalité de la conscience vers des objets, bref les objectivités immanentes (ce que Husserl considérait comme « le problème des problèmes »)? Après avoir rappelé deux grandes traditions, celle des diverses formes de solipsisme méthodologique et de rationalisme (Descartes, Berkeley, Hume, Kant, Carnap : l'identification des contenus mentaux est méthodologiquement indépendante de leurs causes extérieures) et celle du naturalisme (Dewey, Quine : les contenus mentaux ne sont que des réponses de l'organisme à des états de choses externes), Joëlle Proust expose les thèses de Jerry Fodor. Selon Fodor, tout ce qui est cognitivement significatif est de nature computationnelle et seules sont déterminantes pour le système cognitif les propriétés formelles des représentations symboliques. Les opérations et processus mentaux sont par conséquent opaques, fermés à la sémantique de leurs symboles formels, même si les représentations mentales possèdent des propriétés sémantiques. D'où le solipsisme méthodologique fonctionnaliste défendu, nous l'avons vu, par Fodor. Comme on ne peut pas expliquer *nomologiquement* les relations causales entre les représentations mentales et leurs référents, il est impossible de conférer un statut scientifique aux thèses naturalistes. Joëlle Proust analyse alors le débat entre Fodor et Putnam à ce sujet et la façon dont Fodor en arrive à la conclusion que le contenu *étroit* (cognitif) des représentations mentales *n'est pas spécifiable dans la langue naturelle*, celle-ci l'ancrant nécessairement dans un contexte. Ce contenu étroit se distingue du contenu *large* (informationnel) qui, lui, est causalement solidaire des états de choses externes.

4.2. Après avoir rappelé les bases de la conception symbolique du cognitif, Jean-Pierre Desclés s'attache à montrer dans quelle mesure

l'histoire, la théorie mathématique et l'ingénierie des langages informatiques de haut niveau permet de mieux comprendre quel peut être le statut des représentations mentales. L'idée directrice de sa réflexion est que, entre, d'un côté, le support neuronal où les actes et les processus mentaux se trouvent physiquement implémentés et, d'un autre côté, les représentations symboliques de haut niveau (systèmes logiques, algorithmes, règles, procédures, stratégies, représentation des connaissances, scènes, plans, etc.), il existe une hiérarchie de niveaux *intermédiaires* reliés entre eux par des rapports de *compilation*. Après avoir fait l'histoire de la compilation et des langages informatiques (FORTRAN, ALGOL, PASCAL, LISP, PROLOG, etc.), Jean-Pierre Desclés explicite l'acquis fondamental que représente selon lui le « principe de compilation » dans la compréhension du rapport entre le physique et le symbolique.

4.3. Quant à Massimo Piattelli-Palmarini, il se propose d'élucider la façon dont les énoncés peuvent *causer* des actions et, en particulier, le rôle du lexique dans cette *causalité sémantique*. Selon lui, la causalité sémantique est *naturelle*, bien que non physique. Mais comment accéder à une compréhension naturaliste *non réductionniste* du fait que la sélection sémantique n'est pas explicable par une liste finie et figée de correspondances entre énoncés et significations ? L'idée directrice est celle d'un *innéisme sémantique*. Elle ouvre à une théorie évolutionniste, causale et naturaliste, à la fois antiformaliste et antibehavioriste. Conformément aux thèses de Chomsky et de Fodor, il existerait un ensemble d'« atomes » et de contraintes sémantiques cruciaux qui seraient innés (donc tacites et inaccessibles à l'introspection) et qui conditionneraient universellement la structure des langues naturelles humainement accessibles.

4.4. Daniel Andler consacre son intervention au débat, actuellement d'une grande vivacité, entre le cognitivisme symbolique classique et le connexionnisme. Après avoir rappelé les différences caractéristiques opposant ces deux paradigmes (et certains de leurs sous-paradigmes), il montre que chacun est adapté à la conceptualisation et à la modélisation mathématique de certains aspects fondamentaux des systèmes cognitifs humains. Il est donc légitime de faire l'hypothèse d'une hiérarchie de niveaux cognitifs conduisant de « bas » niveaux de nature dynamique, associationniste et connexionniste à des « hauts » niveaux de nature formelle, inférentielle et symbolique.

4.5. En prenant comme exemple celui de la perception des couleurs, Francisco Varela développe un point de vue « écologique » et dyna-

mique, se démarquant des points de vue symboliques, formalistes et computationnels classiques. Nombre d'arguments expérimentaux réfutent la possibilité d'une réduction objectiviste de la perception de couleurs au traitement d'informations physiques comme la composition spectrale de la lumière ou la réflectance spectrale des surfaces visibles. Les espaces perceptifs de couleurs ne sont pas objectifs. Ils sont relatifs et définis par des domaines chromatiques spécifiques des systèmes visuels des différentes espèces animales. Selon Francisco Varela le défaut de l'objectivisme est de négliger le fait que l'environnement d'un organisme n'est pas pré-donné mais évolutivement spécifié et conformé. D'où une théorie de *l'énaction*. Le monde visuel n'est ni trouvé, ni inventé mais énacté.

4.6. Enfin, également à propos de l'exemple de la perception visuelle, nous développons la thèse qu'il n'est pas possible de résoudre le problème central du rapport entre le physique et le symbolique sans introduire un niveau intermédiaire, de nature proprement *morphologique* et mathématisé au moyen de modèles morphodynamiques. Selon nous, le point de vue connexionniste ne saurait suffire pour constituer et élaborer mathématiquement les sciences cognitives en tant que sciences naturelles. Car encore faut-il comprendre comment des structures qualitatives *intrinsèquement* significatives peuvent émerger dynamiquement et stablement des substrats physiques, tant internes (neuronaux) qu'*externes*. En convergence avec les théories de David Marr et de Jan Koenderink, nous montrons comment certains modèles morphodynamiques de ces structures morphologiques émergentes peuvent être intégrés aux théories perceptives.

*
**

Je remercie la *Revue de synthèse* et Ernest Coumet de m'avoir proposé d'organiser ce dossier. J'exprime également ma gratitude aux auteurs des contributions. J'espère que la diversité de leurs points de vue permettra au lecteur d'apercevoir la richesse et la fécondité de l'interdiscipline cognitiviste depuis que les théories logiques, les modèles physiques et les mathématiques morphodynamiques s'y conjuguent constructivement avec les neurosciences et la psychologie. A n'en pas douter, l'enjeu est historique pour les sciences humaines.

Jean PETITOT.