

Philippe ROBERT-DEMONTROND*

Logique et dynamique des attitudes

Cet article traite essentiellement de la construction des algèbres cognitives pour la modélisation multi-attributs des attitudes. Ce problème constitue, depuis plusieurs années à présent, l'un des champs d'investigation les plus animés des sciences cognitives, notamment en matière de recherche sur les processus de décision. Les fondements théoriques et métathéoriques de ce vaste programme de recherche sont exposés. Puis, plusieurs anomalies paradigmatiques sont mises en évidence. Quoiqu'un grand nombre de modèles multi-attributs aient été élaborés, testés et exploités, aucun de ces problèmes n'a été jusqu'à présent résolu. Il semble donc qu'une alternative épistémologique doive être à présent trouvée au programme computationnel actuel. L'approche connexionniste paraît intéressante. Il est démontré que le recours aux réseaux neuromimétiques et aux modèles morphodynamiques peut saisir dans ses aspects les plus essentiels les processus de formation et de transformation des attitudes, y compris, et surtout, les phénomènes posant actuellement problème — comme l'ambivalence ou la versatilité des évaluations.

Mots-clés : subsymbolisme, fonctionnalisme, attitude, décision, Hume

Logic and dynamics of the attitudes. *This article is focused on the design of cognitive algebra in multi-attribute models of attitude, which as been, during the past several years, one of the more intensively studied areas in cognitive sciences, especially in decision research. The theoretical and metatheoretical bases of this wide programme of research are presented. Then, some paradigmatic anomalies are pointed out. While a variety of alternative specification of the multi-attribute models have been designed, tested and employed, none of these problems has been solved. So, an epistemological alternative must be found. For investigating the phenomenon of attitude formation and transformation, a connectionist approach is advocated. The recourse to neural networks and morphodynamic models is demonstrated capable of capturing in their main features and characteristics some of the most*

* Professeur des Universités - CREREG - UMR CNRS C 6585 - 11 rue Jean Macé, 35000 Rennes

essential aspects of the attitude dynamics, including the different facts, widely observed and noticed in psychology and psychosociology, that are problems, until now — like ambivalence and volatility of the valuations.

Keywords: *subsymbolism, computationalism, attitude, decision, Hume*

Il est deux manières opposées d'envisager l'épistémologie, selon qu'on la considère comme une matière scientifique (comme un mouvement d'idées, académiquement structuré en un champ disciplinaire, à part entière) ou selon qu'on la considère comme une manière scientifique d'œuvrer à l'avancement des idées. De l'épistémologie comme matière scientifique ressort notamment la mise en évidence, en sciences, de l'existence de chaînages cognitifs où, tantôt une structure d'a priori ontologiques incline au choix de figures analogiques, dont sont alors dérivées des propositions théoriques, et où tantôt le choix de figures analogiques génère, comme corollaires, l'adoption d'une posture ontologique particulière et l'énoncé lié de propositions théoriques. Les structures formées par ces différents germes d'idées, qui sont au fondement des constructions scientifiques et configurent la tournure de leurs développements, définissent des "programmes de recherche". Si la visée classique de l'épistémologie consiste en leur dévoilement (en leur découverte par l'analyse méthodique des corpus théoriques existants), une autre visée, complémentaire de la première, consiste en leur invention puis l'exploration de leurs dérivés logiques, théoriques. Ces deux procédures sont développées ci-après, visant : en 1) à l'étude épistémologique des modèles formels d'attitude ; puis en 2) à la définition d'une alternative conceptuelle et l'exploration de son contenu logique.

1) SENS, NON-SENS ET DECADENCE DE LA MODELISATION PAR CALCUL

En pratique, l'épistémologie amène à la distinction de deux heuristiques spontanément suivies par les scientifiques — l'une est positive, correspondant à l'exploration des contenus logique et empirique d'une axiomatique ; l'autre est négative, correspondant à l'expansion des défenses immunologiques de l'axiomatique en question, contre l'agression des anomalies factuelles et conceptuelles progressivement mises en évidence. Au contraire des normes méthodologiques énoncées par les tenants de l'empirisme logique, puis de l'empirisme critique, l'existence d'une heuristique négative s'avère une condition nécessaire à l'avancement des connaissances (Lakatos, 1970 ; Feyerabend, 1979). Si les scientifiques visaient de fait à la falsification d'emblée de leurs assertions théoriques, aucune structure de propositions n'aurait jamais pu être élaborée. Le développement d'un programme de recherche doit donc s'effectuer à l'abri des faits — au sens où ses défauts de performance sont normalement imputés à des propositions auxiliaires ou aux

modalités d'expérience, et non pas à un défaut de pertinence. La vertu de ces procédures de défense ne vaut cependant qu'un temps — le temps nécessaire à l'avancement des premières idées et à leur agencement en une structure ordonnée de propositions théoriques. Leur nature vertueuse se corrompt à mesure de l'accumulation des accommodations ad hoc. De sorte que l'on assiste, parallèlement à l'accroissement des problèmes observés, à un alourdissement des axiomatiques : fait symptomatique d'une dégénérescence du programme scientifique, et phénomène caractéristique de la situation actuelle des modélisations par calcul des attitudes.

1.1) Définition de l'axiomatique de la modélisation par calcul

Envisagée dans une perspective épistémologique, l'étude d'un programme de recherche amène à considérer : d'une part, une axiomatique de premier genre, qui correspond aux postulats métathéoriques (volontaires ou non, choisies ou subies) des scientifiques œuvrant à la pensée d'une problématique donnée et, d'autre part, une axiomatique de second genre, formée des diverses propositions théoriques nécessaires au développement des modélisations.

1.1.1) L'axiomatique de premier genre

En pratique, l'invention de modèles sert l'avancement des idées en donnant soudainement à voir sous d'autres perspectives qu'auparavant les différents faits et phénomènes qu'ils visent. L'invention de modèles sert la connaissance en ce qu'ils sont, en substance, des représentations théoriques, métaphoriques, qui génèrent des idées en engendrant l'inédit. Le problème qui se pose alors, consubstantiel au succès même du recours aux modèles, ressortit d'un processus très ordinaire, notamment mis en lumière en littérature pour ce qui est des tropes et des figures poétiques : l'évolution du caractère analogique des représentations employées vers l'ontologique, l'ensommeillement lent du symbolique des images par excès de leur usage... De sorte, finalement, que l'on oublie l'acte initial d'invention, d'imagination — glissant ce faisant de l'idée d'un arbitraire de l'expression à la conviction de son caractère nécessaire. La destinée d'un modèle scientifique paraît ainsi telle qu'il doive fatalement voiler le réel. Sa destinée paraît telle que les théoriciens focalisent in fine sur lui seul leur attention et leurs efforts d'investigation, oubliant se faisant le réel, oubliant que le modèle n'est que modèle de, puis oubliant que le modèle n'est que

modèle. Ainsi donc, à mesure de son usage, la nature de l'image évolue : la métaphore se transforme en catachrèse... Dans ces conditions, l'analyse des fondements épistémologiques des modèles actuels d'attitude implique la distinction entre les idées à caractère ontologique (configurant une axiomatique de premier rang) et les idées à caractère analogique (configurant une axiomatique de second rang, postulée a priori comme étant dérivée de la première). L'étude qui suit s'effectue en ces termes, concluant sur une investigation descriptive des glissements de l'analogique à l'ontologique.

a) L'axiomatique de premier rang

L'évidence du sens commun n'est pas vérité — au contraire des circonstances en sciences où l'avancée des idées passe, de façon nécessaire, par la mise en soupçon des intuitions ordinaires, jusqu'au dévoilement de leur erreur. Rompant avec ces postures de défiance et, ce faisant, s'inscrivant explicitement à rebours du behaviorisme et du néobehaviorisme, le cognitivisme aborde la psychologie populaire comme une protothéorie scientifique de l'esprit (Fodor, 1990 ; Engel, 1994), dont les postulats ontologiques, regardés comme des intuitions justes, sont gardés à ce titre. Figurent en conséquence dans l'axiomatique de premier rang du cognitivisme : en 1) l'idée (P1) qu'il est des faits et phénomènes mentaux ; en 2) l'idée (P2) que les faits et phénomènes comportementaux sont non seulement étudiables d'un point de vue physique ou physiologique, mais également d'un point de vue psychique ; en 3) l'idée (P3) que ce dernier point de vue n'est pas réductible au premier (i.e., que le psychique n'est pas un épiphénomène du physiologique) ; en 4) l'idée (P4) que le psychique est de nature analytique (i.e., que le psychique est décomposable en représentations mentales) ; en 5) l'idée (P5) que les faits et phénomènes comportementaux sont pleinement explicables (causalement) par ces représentations mentales ; en 6) l'idée (P6) que les représentations mentales (symboliques) sont décomposables en représentations atomiques ; en 7) l'idée (P7) que les modes de formation (de composition) des représentations symboliques et les modes d'action (de transition) entre les représentations symboliques sont des calculs ; en 8) l'idée (P8) finalement que l'esprit est un, et indivisible. Dans la perspective du cognitivisme, il est ainsi de l'essence du moi d'être logique, i.e. non contradictoire, identique à soi.

b) L'axiomatique de second rang

L'idée que la cognition est (et n'est que) une série continue d'opérations, un calcul, n'a pu trouvé qu'assez récemment sa légitimité scientifique. Ceci sur le fondement d'un rapport analogique de l'homme à la machine, dont il paraît à présent nécessaire de tracer l'histoire — en tant qu'il éclaire l'inclination actuelle de la modélisation des attitudes. Dès leur invention, les machines ont été prises en science comme un support analogique d'excellence pour les représentations théoriques de l'homme — ceci non seulement pour ce qui est des façons d'appréhender son corps, comme une machine (Descartes, 1664 ; La Mettrie, 1748) mais également pour ce qui est des façons d'appréhender son esprit. L'idée ne s'est évidemment pas imposée d'emblée, sans discussion. Deux discours s'opposent ainsi, des premiers temps jusqu'à maintenant encore, qui sont fondés sur les mêmes observations, à savoir l'exhibition de machines pouvant effectuer quelques calculs élémentaires (Schikard en 1623, Pascal en 1642, Leibniz en 1673). Tandis que Pascal tirait argument de sa machine arithmétique pour exclure le calcul du champ des raisonnements, d'autres ont au contraire conclu à l'idée qu'il n'est jamais de raisonnement qu'en tant que calculs. Il en est ainsi notamment de Hobbes, qui pose pour axiomatique de ses différents travaux (philosophiques) sur l'esprit l'idée que la ratiocination, ce que l'on nomme plus communément actuellement la cognition, est (et n'est que) une série continue d'opérations — un calcul (Hobbes, 1651). Autrement dit, l'esprit à l'œuvre est quelque forme de mécanique : aussi Spinoza puis Leibniz forgèrent-ils les expressions d'automate spirituel (Spinoza, 1677 ; Leibniz, 1695) ou encore d'automate incorporel (Leibniz, 1714) pour essayer d'en formuler l'essence.

Ce n'est que depuis peu que, par delà les analogies physiques, par delà les modèles mécaniques, machiniques, cette antienne identifiant calcul et raison, s'enracinant jusque dans les usages du langage (de sorte, notamment, que les écrits comptables eurent longtemps pour noms "livres de raison") a pu être scientifiquement justifiée. Le premier pas d'importance en cette voie fut l'idée de réduire la logique des propositions à un calcul, puis d'encoder par des entiers naturels les formules et les séquences de formules qui constituent les démonstrations mathématiques. Ce faisant, les assertions portant sur les possibilités de démonstration de l'une quelconque de ces formules purent être exprimées sous la forme de propositions arithmétiques (Gödel, 1931). Dès lors, la conception d'une machine idéale, capable de décider pour toute assertion donnée, de son

caractère démontrable ou non, suffit pour identifier formellement l'esprit calculant à une machine (Turing, 1936). Ainsi donc, en s'appuyant sur l'arithmétisation de la logique, la machine de Turing apparut comme un calculateur symbolique — i.e., finalement, comme une représentation paradigmatique de l'esprit. Par rapport aux idées évoquées plus haut, la fonction épistémologique de ces travaux s'avère immédiatement de première importance, en tant qu'ils donnent une garantie rigoureusement formalisée aux diverses entreprises de simulation (et plus globalement d'expression) des activités de l'esprit par des machines à calcul. Si l'esprit s'avère de fait "comme un processeur d'informations" alors, nécessairement, sachant que tout "ordinateur est une instance de processeurs d'informations", l'esprit "doit avoir l'ordinateur pour modèle" (Newell, Simon, 1972:5). On sort ainsi de l'intuition, de l'ondolement d'un sentiment ordonné en axiomatique pour une justification des analogies entre l'esprit et les artefacts de traitement de l'information. De telle sorte, finalement, que l'ordinateur apparaisse comme la dernière analogie (non pas seulement comme le fin du fin de la modélisation, mais, en fait, comme la fin de l'histoire de la modélisation) : la représentation métaphorique qui jamais n'aura besoin d'être supplantée (Johnson-Laird, 1983).

c) Conversions axiomatiques du second au premier rang

En très peu de temps, le statut épistémologique des concepts de calcul et de machine à calcul est passé de celui de représentations métaphoriques, au caractère essentiellement méthodologique, à celui de figures ontologiques — de catachrèses. Glissement qui s'explique notamment par le fait qu'il ne s'agit pas seulement là de la pure représentation théorique (physique) d'un monde calculable, mais également d'une métaphysique, "postulant au monde un fondement calculatoire" (Lévy, 1987:210) et fondant in fine un métaparadigme imprégnant toutes les sciences et les transformant — identifiant notamment les systèmes physiques à des systèmes informatiques (Wolfram, 1984) et redéfinissant la biologie comme l'étude des "algorithmes du vivant" (Jacob, 1970). Envisagé dans cette perspective, tout ce qui est physique, physico-chimique ou biologique calcule, s'avère avant tout (et surtout) de nature informatique ; "rien de ce qui est vivant n'existe sans calcul" (Morin, 1980:401)... Non pas que le vivant soit comme une machine (un automate à calcul) : le vivant est une machine. Psychologie et psychosociologie ne sont ainsi que des cas particuliers : le corps calcule, l'esprit calcule. Le

cogito est computo : il y a désormais nécessité à entendre et comprendre pleinement : “computo, ergo sum” (Morin, 1980:192)...

Jusqu'à présent, ce mouvement d'inclination volontairement ontologique a doublé et redoublé constamment sur celui de la modélisation scientifique — en changeant ainsi progressivement le sens, lui conférant un statut réiste et non plus nominaliste. Ce qui renforce considérablement le phénomène évoqué plus haut de transmutation insidieuse de la nature des modèles, s'opérant spontanément, à mesure de leur pratique. La conscience d'avoir affaire ici à une représentation purement métaphorique de l'esprit s'est affaiblie à mesure des écrits, de sorte que l'on a fini par oublier son caractère arbitraire, foncièrement non nécessaire. A force d'envisager les phénomènes étudiés selon le modèle du calcul (i.e., comme des systèmes de traitement de l'information), les scientifiques ont progressivement perdu le sens du réel (n'ont plus guère fait de théorie que sur le moule du modèle, et non plus du réel)¹.

1.1.2) L'axiomatique de second genre

Très explicitement (à ses débuts notamment) le cognitivisme s'est ainsi déployé comme un mouvement scientifique fondé sur l'exploitation systématique, en différents champs d'investigation théorique, de la métaphore informatique. Or, les machines à calcul ont typiquement trois niveaux de description (Marr, 1982) : 1) le niveau physique (du support matériel des représentations symboliques) ; 2) le niveau syntactique (des calculs ou “computations des représentations symboliques”, selon l'expression maintenant consacrée en sciences de la cognition) ; 3) le niveau sémantique (du

¹ Ce phénomène, ainsi qu'on l'a évoqué plus haut, n'est aucunement particulier aux sciences de la cognition, mais apparaît au contraire comme un trait caractéristique des entreprises de modélisation, en quelque champ disciplinaire que ce soit. C'est ainsi, notamment, que le rapport des sciences physiques aux mathématiques est empreint d'ambiguïtés. “On ne peut s'empêcher de penser que [les] formules mathématiques ont une existence et une intelligence indépendantes, qu'elles en savent plus que nous, et que nous en tirons plus d'idées que l'on en avait mises à l'origine” (Hertz, 1889). Les modèles mathématiques ont effectivement leurs vertus propres, des attributs tels, finalement, qu'ils paraissent devoir être étudiés non seulement en tant qu'objets abstraits, conceptuels, mais qui plus est comme des objets réels, suggérant de nouvelles idées et menant à de nouvelles problématiques. Cet oubli du réel, du phénoménal, au profit exclusif du modèle est une inclination contre laquelle il faut constamment lutter. Puisse ainsi s'éclairer ce bref échange entre Heisenberg et l'un de ses étudiants, interrogeant : “et si l'espace, après tout, n'était que le champ d'application des opérateurs hermitiens ?” auquel lui fut répondu : “absurde ! l'espace est bleu et des oiseaux y volent” (cité par Lochak, 1994)...

contenu des représentations). Par dérivé, le comportement d'une machine à calcul paraît entièrement déterminé, selon le point de vue choisi : tantôt par son programme informatique (par des lois algorithmiques) ; tantôt par les lois de la physique s'appliquant aux composants de la machine. En logique, ces deux points de vue ne s'excluent pas mutuellement, mais sont foncièrement complémentaires. En pratique, l'explication d'un comportement paraît même devoir s'amorcer en termes uniquement physiques ou physiologiques. Si ce premier niveau d'explication ne suffit pas (si plus d'un mode d'explication rend compte d'un comportement, apparaissant par ailleurs comme l'instanciation d'un et d'un seul programme) il faut alors passer au niveau 2 ; et ainsi de suite, à l'identique, pour le niveau 3.

Axiome S1 : par axiomatique cependant, le comportement d'une machine à calcul n'est pas expliqué et n'est pas à expliquer, dans la perspective du cognitivisme, par sa physique ou par la composition chimique de ses composants, mais uniquement par son programme. Que celui-ci soit réalisé grâce à une physique et une chimie particulières n'y change rien : cela n'en fait pas une propriété physique ou chimique de la machine à calcul.

Commentaires et corollaires : par dérivé de cet axiome, le champ de la psychologie ne s'étend, dans la perspective du cognitivisme, qu'aux niveaux 2 et 3. En d'autres mots, la psychologie est ici conçue comme une science autonome — qui fait légitimement abstraction de la question de l'instanciation (de l'implémentation) des représentations symboliques et de leurs modes algorithmiques de computation (Newell et Simon, 1976). Proposition dont la conséquence pratique s'avère immédiatement d'importance : au cognitivisme est d'emblée liée l'idée selon laquelle l'explication scientifique d'un comportement doit être (ou pouvoir être) simplement formulée sous la forme de programmes d'ordinateur (Newell et Simon, 1972 ; Newell, 1980 ; Simon, 1980). Ceci, sans que l'on ait jamais à s'occuper (à se préoccuper) de la question du neuronal (Johnson-Laird, 1988). Il s'agit donc, pour qui veut rendre compte d'un comportement donné, d'exhiber une algorithmique d'opérations discrètes (Neisser, 1967) et non pas de travailler comme à l'ordinaire, en matière de sciences du vivant, à la résolution de systèmes d'équations différentielles figurant les processus physiques ou physico-chimiques à l'œuvre aux niveaux neuronal, humoral et hormonal. L'axiomatique de second genre précise alors le contenu

sémantique de ce qui est entendu par “calcul”, visant ce faisant à l'opérationnalisation des postulats ontologiques du cognitivisme.

L'étude qui va suivre sera restreinte à la façon dont est appréhendé, selon ce programme de recherche, le concept d'attitude. Ce dernier réfère, dans la perspective du cognitivisme, à une représentation mentale stable, consistante, décomposable en représentations atomiques. Le paradigme actuellement dominant sur ce sujet ne considère le concept d'attitude que de manière unidimensionnelle, en le définissant essentiellement comme une évaluation. L'objet de l'évaluation en question est appréhendé comme un “panier d'attributs” — ceux-ci correspondant à autant de critères d'évaluation.

Axiome S2 : l'addition est la loi de composition interne des attitudes.

Commentaires et corollaires : menée dans une perspective historique (généalogique), l'étude de cet axiome en dévoile immédiatement l'ancienneté. Dès le XVII^{ème} siècle était de fait conçue l'idée selon laquelle, lorsque “l'on raisonne, on ne fait rien d'autre que de concevoir une somme totale à partir de l'addition des parties” (Hobbes, 1651:37). Par dérivé, viennent d'emblée pour propriétés de la pensée : en 1) la séquentialité des processus de traitement de l'information (et donc, d'intégration des représentations atomiques, ou évaluations des attributs) ; en 2) l'associativité et la commutativité des évaluations des attributs ; en 3) la transitivité des attitudes (ou représentations symboliques). Soit, formellement :

$$\forall e_1, e_2 \text{ et } e_3 \in E \text{ ensemble des attributs : } e_1 + e_2 = e_2 + e_1$$

et

$$e_1 + (e_2 + e) = (e_1 + e_2) + e_3 ;$$

et

$\forall A_1, A_2, A_3 \in A$ ensemble des attitudes, si $A_1 > A_2$ et $A_2 > A_3$, alors $A_1 > A_3$.

Dans cette perspective donc, les attributs sont estimés être isolément évalués, et leur signification respective est figurée invariable. Quant à la propriété postulée de séquentialité des processus mentaux, on en a l'application la plus claire dans le modèle d'intégration de l'information proposé par Anderson (1974), qui définit la formation des attitudes comme un calcul, mené par

sommation, pas à pas, de critères élémentaires d'appréciation. Dans ces conditions, si l'élément noté e_1 n'est que positif (+), tandis que l'élément e_2 s'avère très négatif (--), le résultat intermédiaire après l'intégration de e_1 et e_2 est simplement négatif (-). En d'autres mots, si l'on interrompt le processus d'évaluation en tout temps t arbitrairement choisi, l'attitude observée à cet instant est soit positive, soit négative, soit encore de valeur nulle.

Axiome S3 : le choix d'un comportement s'effectue d'après ses conséquences escomptées.

Commentaires et corollaires : comme plus avant, l'examen généalogique de cet axiome en établit d'emblée l'ancienneté. Dès le XVIIIème siècle, effectivement, Bentham élaborait une "arithmétique de la satisfaction". L'objectif étant la résolution du problème éthique par la gestion optimale d'un "budget" de plaisirs et de déplaisirs, l'utilité d'un choix (i.e., la satisfaction tirée de l'adoption d'un comportement, quel qu'il soit) fut alors donnée comme le résultat d'un calcul mental spontanément mené par les individus — calcul opposant le positif et le négatif, l'actif et le passif de tout projet comportemental, en les sommant. Le modèle élaboré s'avère ainsi foncièrement bilantiel (comptable) qui, diversement repris en sciences économiques (notamment par Jevons, Walras, Menger puis Marshall, au XIXème siècle) postule constamment l'idée selon laquelle les "utilités" (les appréciations) partielles des conséquences estimées des choix à effectuer peuvent être indifféremment combinées en une utilité globale — les individus choisissant entre diverses options possibles celle qui leur prodigue finalement le plus grand différentiel d'utilité entre évaluations positives et négatives. La nature même de l'option n'importe aucunement : qu'elle soit matérielle ou non, le modèle appliqué est donc le même. En d'autres termes, la forme du processus de calcul (du traitement de l'information) paraît indifférente au contenu sémantique de ces informations. Proposition qui n'est pas évidente, mais qui emporte pourtant l'adhésion, comme le note Beauvois (1994:112), de la quasi-totalité des théoriciens en sciences de la cognition.

1.2) Définition de l'heuristique positive de la modélisation par calcul

En substance, l'heuristique positive d'un programme de recherche consiste en une série (plus ou moins partiellement formulée) de propositions ou d'indications quant aux diverses opérations

nécessaires à l'exploration de ses contenus logiques et empiriques. Par extension, l'expression dénote ici ces contenus mêmes. De sorte qu'il ne s'agisse en ce qui suit que d'exposer les idées issues de la mise en route des axiomatiques de premier et de second genre dans le champ théorique de la modélisation des comportements individuels — sans préoccupation de nature méthodologique.

En pratique, ce déploiement mène : en 1) à la définition de schémas diagrammatiques, donnant la cognition comme équivalent, formellement, au fonctionnement de différents modules de traitement de l'information ; en 2) à la définition de la nature des représentations sur lesquelles s'effectuent ces traitements ; en 3) à la spécification des calculs accomplis par les différents composants repérés dans les architectures cognitives. La représentation théorique des processus de décision figure dès lors les comportements individuels comme les résultats de choix raisonnés — s'effectuant par l'application de programmes de décision qui, comparant les avantages et les inconvénients des diverses options offertes, les évaluent par calculs.

Le modèle formel de ces opérations (computo-symboliques) qui fait actuellement figure de référence paradigmatique (Bagozzi, 1989) s'avère être celui de Fishbein (1963, 1965) — dans la continuité des travaux liminaires d'Edwards (1954), Peak (1955) puis Rosenberg (1956). L'attitude $A(X/O)$ d'un individu X pour un produit O est alors donnée comme égale à :

$$A(X/O) = \sum_{k=1}^n (C_k \cdot V_k) ;$$

où C_k et V_k figurent respectivement la croyance de X en ce que l'option O est dotée de l'attribut k et l'évaluation par X de cet attribut (notée sur un différenciateur sémantique). Après ces premiers travaux, diversement repris dans une visée d'opérationnalisation (Bass et Talarzyk, 1972 ; Wilkie et Pessemier, 1973), l'évolution de la modélisation a suivi une complexification continue — Fishbein précisant de prime abord l'intérêt de prendre en considération (pour la prédiction d'un comportement) non plus l'attitude des individus par rapport aux objets mais leur attitude par rapport aux comportements liés à ces objets (Fishbein, 1967). Puis l'étude a étendu le champ d'investigation au contexte social, intégrant ce faisant les différents déterminants du comportement que sont les

normes sociales des groupes d'appartenance et de référence des individus, modulés selon l'inclination de ces derniers à la déviance ou à la conformisation (Fishbein et Ajzen, 1975 ; Ajzen et Fishbein, 1980). L'intention de comportement est alors exprimée par la relation :

$$I(X/C) = (p_A \cdot A_c) + (p_N \cdot N_c)$$

où A_c figure l'attitude de l'individu X envers le comportement C (compte tenu des croyances de X sur la capacité causale du comportement à générer les conséquences désirées) et N_c l'influence des normes sociales sur le comportement ; p_A et p_N correspondent aux poids de chaque composant de $I(X/C)$, déterminés statistiquement à partir d'analyses de régression. De là, finalement, l'expression :

$$I(X/C) = p_A \sum_{k=1}^n (C_k \cdot V_k) + p_N \sum_{j=1}^n (C_{rj} \cdot M_j)$$

où C_{rj} figure la croyance de l'individu en ce que le groupe de référence indicé i désire qu'il accomplisse ou non le comportement visé, et M_j la motivation de l'individu à se soumettre au groupe de référence en question. Dans la continuité de ces diverses extensions théoriques, l'évolution conceptuelle de la modélisation prend finalement en considération, actuellement, l'existence de variables contextuelles contraignant la relation allant de l'intention de comportement au comportement (Ajzen, 1985). De sorte que la détermination des comportements paraisse de plus en plus fonction de contingences situationnelles (Kapferer, 1990), de variables d'environnement et de questions d'humeur de l'individu, et non plus simplement de facteurs mentaux stables.

1.3) Observation d'anomalies factuelles et conceptuelles.

À l'analyse, il apparaît que la pertinence du programme de modélisation par calcul des attitudes est bornée par la condition sous-tendue de l'existence d'une indépendance des attributs (Edwards, 1977). Condition nécessaire sans quoi, à l'évidence, l'axiome d'additivité des représentations atomiques, comme mode de formation (de computation) des représentations symboliques, n'a absolument pas de sens. Or, on observe en quelques occasions une interdépendance des critères d'appréciation et une dépendance des évaluations partielles relativement aux évaluations globales. Ce

phénomène provoque une forte colinéarité des attributs de sorte que, finalement, les structures de représentations se résument à une bipolarité. Fait d'importance, doublant celui évoqué à l'instant : l'altération des évaluations partielles s'avère être un phénomène inconscient. Tandis que les individus estiment, le plus souvent, qu'ils accomplissent un traitement séquentiel des attributs pour l'obtention (par agrégation) d'une évaluation globale, l'expérimentation montre qu'en quelques circonstances au moins le processus suivi correspond à une coloration des appréciations locales par la perception globale (Nisbett et Bellows, 1977). En d'autres mots, l'expérimentation montre : en 1) l'existence d'un effet de halo et en 2) l'inconscience de l'effet de halo. Or, comme on l'a vu plus avant, l'axiomatique de la modélisation par calcul contient l'idée que les intuitions du sens commun sont fiables. Ce qui implique, en pratique, l'idée d'une transparence à la conscience des faits et phénomènes mentaux et, par dérivé, l'idée d'une pertinence méthodologique de l'introspection. Au contraire de ces propos, il apparaît finalement ici : en 1) qu'il est des processus mentaux dont les individus n'ont pas conscience, ni dans leurs résultats, ni dans leurs déroulements (Fodor, 1986) ; en 2) que les résultats des processus mentaux apparaissent plus facilement accessibles que les processus en question ; en 3) que les individus se leurrent souvent sur le déroulement effectif de leurs processus mentaux. De là l'émergence, à présent, d'un mouvement théorique estimant qu'après tout les individus n'évaluent peut-être jamais les objets selon les termes d'une logique analytique (i.e., selon une computation de représentations atomiques) mais peut-être uniquement de façon holistique (Aaker et Day, 1980). Dans cette perspective, le signe "=" de l'équation de Fishbein (et de ses diverses dérivées théoriques) doit alors être compris, à l'exclusive de tout autre interprétation, comme une relation causale asymétrique de forme :

$$A(X/O) \rightarrow \sum_{k=1}^n (C_k \cdot V_k) ;$$

et non pas, comme on l'entend dans l'approche analytique, comme une relation causale de forme :

$$\sum_{k=1}^n (C_k \cdot V_k) \rightarrow A(X/O)$$

Un second problème, d'importance, tient au manque de cohérence des modélisations théoriques. Les lois qui servent actuellement de figuration aux processus de formation et de transformation des attitudes ne sont effectivement pas les mêmes — relevant en fait de champs théoriques et métathéoriques entièrement différents, de types respectivement cognitiviste et gestaltiste. L'idée qu'il est une consistance (une cohérence) psychologique des représentations atomiques ressort effectivement de très nombreuses expériences. Or, ce phénomène paraît contradictoire avec l'approche analytique ordinaire, qui néglige les interconnexions entre les éléments composants des attitudes, et incline au contraire à l'adoption d'une modélisation de type ou d'inspiration holistique. De sorte que l'on a à présent affaire à une situation, incongrue, de coexistence d'une logique analytique (d'éléments, et de composition d'éléments), utilisée pour le compte rendu des processus de formation des attitudes, avec une logique d'organisation holistique de ces éléments, utilisée pour le compte rendu des processus de transformation des attitudes.

Un autre problème dérive du fait que certaines des fonctions mentales les plus basiques, comme la perception, sont accomplies en des délais qui font paraître très improbables le recours systématique à des calculs et à des représentations symboliques. Par ailleurs, il s'avère que les représentations mentales ne sont pas nécessairement de nature symbolique mais sont également, pour certaines, de nature iconique. Pour une part d'entre elles, les idées sont des images mentales — la part en question variant considérablement selon les auteurs, les images mentales pouvant parfois être figurées comme les principaux matériaux des processus de pensée (Damasio, 1995:146), et la pensée comme étant alors essentiellement un enchaînement d'images mentales (Kolers, 1993). Quoiqu'il en soit cependant de l'évaluation de cette part, l'importance de l'idée jugée ici est ailleurs, et réside essentiellement dans la suggestion que : 1) l'esprit pourrait fonctionner non pas exclusivement comme un système informatique de type numérique, mais également comme un système analogique ; et 2) la modélisation du mental devrait glisser d'une approche entièrement fondée sur la seule logique standard (discontinue) vers une logique non-standard (continue) : une logique floue.

Un autre problème tient encore à ce que les représentations computo-symboliques des processus psychiques ne permettent pas de rendre compte des phénomènes de sensibilité esthétique. On

distingue en la matière essentiellement deux écoles. L'une pour qui : "a) ce qui compte, c'est les taches de couleur ; et l'autre pour qui : b) ce qui compte, c'est l'expression. Notons seulement que a) ne fait pas ressortir clairement que les différentes taches ont une importance différente, et que des altérations différentes ont des effets complètement différents : certaines font toute la différence du monde" (Wittgenstein, 1992:76). De a) à b), il y a tout l'écart entre les écoles philosophiques de la représentation et de l'expression, entre l'idée que le jugement est essentiellement un calcul et l'idée que le jugement est une saisie. L'expression, c'est l'unicité fragile d'une combinaison systémique d'éléments, qu'un rien détruit : "c'est l'expression qui disparaît quand nous isolons les parties les unes des autres, par exemple en masquant l'ensemble d'un portrait pour considérer séparément les parties. C'est l'expression qui est modifiée, souvent de manière profonde, par une altération minuscule et locale d'un trait, qui retentit sur la physionomie de l'ensemble" (Guillaume, 1979:212). De a) à b), il y a tout l'écart entre les écoles du cognitivisme et du gestaltisme : entre un point de vue analytique sur la notion de jugement, et un point de vue plus holistique, pour qui l'effet esthétique d'un tableau comme la Joconde n'est absolument pas décomposable. L'acte de jugement est alors considéré comme irréductible à une somme d'appréciations élémentaires, parcellaires. L'effet que procure la Joconde n'est pas explicable par l'association causale de taches de peinture.

Étayant fortement ce point de vue, on observe effectivement qu'une infime différence suffit souvent à faire ou à défaire la beauté d'un tableau. En d'autres termes, il est une sensibilité, une sensibilité du jugement esthétique à l'infinitésimal qui fait que l'on passe brutalement d'une attitude à l'autre. "Je dirai d'un sourire : 'il n'est pas tout à fait conforme à l'original' — 'qu'est-ce que vous me racontez là ? L'erreur sur l'écart des lèvres est seulement d'un cinquième de millimètre. Cela a-t-il de l'importance ?' — 'Oui' — Alors c'est parce que cela entraîne certaines conséquences" (Wittgenstein, 1992:70). Les tableaux sont physiquement presque identiques, pourtant ils génèrent des effets entièrement différents. L'impression que fait le faux est spontanément autre que le tableau copié, quoiqu'il faille un effort d'attention pour savoir pourquoi. L'un plaît et l'autre pas : l'aporie de l'art paraît même résider entièrement dans la maîtrise de ces fluctuations "catastrophiques" — au sens de Thom (1972).

Un autre problème (sans souci d'exhaustivité) ressort encore de l'observation qu'il est en maintes occasions une ambivalence des représentations, dont ne peut rendre compte le cognitivisme. Dans la perspective de celui-ci, comme on l'a vu plus haut, les attributs d'un comportement sont effectivement évalués positivement ou négativement ; les conséquences d'un comportement sont perçues comme attractives ou répulsives. En d'autres mots, tandis que la logique des faits et des phénomènes comportementaux est binaire, la logique des faits et des phénomènes mentaux est pensée, dans la perspective du cognitivisme, comme étant bipolaire. Si l'on désigne ainsi par \mathbf{p} et \mathbf{q} les mesures, respectivement du comportement et de l'intention de comportement de X par rapport à O , on a formellement :

$$C(X/O) = \mathbf{p}, \mathbf{p} \in \{0, 1\};$$

$$I(X/C) = \mathbf{q}, \mathbf{q} \in [0, 1];$$

$C(X/O)$ étant fonction de $I(X/C)$, et $I(X/C)$ fonction de $A(X/O)$; $A(X/O)$ correspondant à l'évaluation de O par X , dont la mesure est figurée par la variable \mathbf{a} , $\mathbf{a} \in [0, 1]$.

Compte tenu de ces propositions, le problème technique qui se pose au cognitivisme consiste essentiellement en la détermination du seuil de transition des intentions comportementales — c'est-à-dire en la catégorisation polaire du point \mathbf{q} , chiffre interprétable comme le signifiant soit d'une intention, soit d'une non-intention de comportement (d'intensité variable). De la même façon se pose le problème de la catégorisation polaire de \mathbf{a} en une évaluation positive ou négative (ce que l'on note ici : $\mathbf{a} \in A^+$ ou $\mathbf{a} \in A^-$).

Or, on observe : en 1) d'un point de vue cérébral, l'inexistence d'une "unité centrale de contrôle", du type de celle postulée dans les modèles cognitivistes pour assurer la cohérence du calcul des représentations symboliques et la congruence du moi (Gazzaniga, 1987 ; Minsky, 1988) ; en 2) d'un point de vue mental, l'existence au contraire d'une ambivalence non pathologique des représentations. Exprimées dans une perspective cognitiviste, ces ambivalences correspondent à des conflits d'appréciation — situations évidentes lorsque, suivant notamment Bagozzi (1989), les individus manifestent sur une dimension donnée (par exemple morale, de norme sociale) une attitude positive (respectivement négative) à l'égard d'un comportement donné, et sur une autre dimension (affective, émotive)

une attitude négative (respectivement positive). Tandis que, d'après le modèle étendu de Fishbein, le traitement d'une opposition de ce type est linéaire, sommant simplement les différents composants de $I(X/C)$, leur intégration s'avère au contraire non-linéaire. Les intentions comportementales paraissent issues de la résolution non-additive d'une compétition de facteurs qui se distribuent conflictuellement en déterminants positifs et en déterminants négatifs.

Si l'on prend ainsi le problème du don du sang, dans une perspective simplement d'étude de cas, on voit bien qu'on est alors en présence d'un conflit, d'intensité variable selon les individus, entre une attitude positive à l'égard du comportement en question, moralement désirable et souvent socialement attendu des individus, et une attitude négative, essentiellement relative à la peur de la douleur physique, et d'un éventuel étourdissement ou même d'un évanouissement (Bagozzi, 1989:67). La résolution de ce conflit ne paraît pas s'effectuer selon les règles prétendues par la logique bilantielle. On ne voit de fait aucunement se produire une compensation des conséquences positives et négatives du comportement de don. Il apparaît au contraire une opposition conflictuelle entre elles. De sorte que le fait que l'on se décide à donner son sang n'implique pas la disparition des réticences affectives ; la résolution du conflit n'implique pas la dissolution des idées "négatives".

De la même manière, les travaux sur les processus de choix des consommateurs ont mis en évidence le fait que le prix élevé d'un produit constitue parfois un facteur simultanément attractif et répulsif : attractif, en ce qu'il peut contribuer à positionner l'individu dans l'espace social, en montrant sa capacité à consommer de la richesse en consommant, et négatif en ce qu'il occasionne une perte de pouvoir d'achat. La conséquence de l'achat paraît alors, relativement au seul facteur prix, à la fois positive et négative ; et positive ou négative selon que ce facteur est considéré par l'individu d'un point de vue purement symbolique ou d'un point de vue économique. Dans la même perspective, il apparaît également qu'au contraire de ce que postulent les pratiques ordinaires d'investigation des données, la satisfaction (entendue comme attitude post-comportementale) ne peut être appréhendée, pour sa mesure, sur des échelles de questionnement bipolaires — opposant satisfaction et insatisfaction. Il est effectivement des objets d'évaluation pour

lesquels la réalisation d'attentes particulières ne génère aucune satisfaction, tandis au contraire que leur non réalisation génère des insatisfactions (Evrard, 1993). De là donc la nécessité d'une conception de la satisfaction et de l'insatisfaction comme deux construits distincts, influencés par des aspects différents des objets d'évaluation et impliquant des échelles de mesure spécifiques.

1.4) Définition de l'heuristique négative de la modélisation par calcul

En pratique, la résolution de quelques-uns de ces différents problèmes de modélisation a été dernièrement accomplie : en 1) au travers du renoncement au paradigme du calcul compensatoire, par l'aménagement de représentations non-linéaires ; puis en 2) au travers de l'assouplissement du métaparadigme du calcul par l'introduction dans la modélisation de préoccupations d'ordre topologique.

Premières accommodations ad hoc, aménagées pour la prise en compte des anomalies factuelles, l'axiomatique de second genre fut ainsi modifiée par l'introduction de nouvelles lois de calcul — prenant acte de ce que le cours de formation des attitudes s'avère en quelques occasions de type non-compensatoire pour : 1) conclure à l'existence d'autres lois de composition interne des attributs que l'addition (Dawes, 1964 ; Fishburn, 1974 ; Grether et Wilde, 1984) ; 2) inclure ces lois dans l'axiomatique de second genre ; 3) tracer les frontières des aires de contingence des différents modèles. Pour autant, il reste que : 1) l'axiomatique de premier genre perdure encore dans la thématique du calcul, les manipulations symboliques sont toujours pensées selon un mode algorithmique, comme une structure ordonnée d'instructions (un programme) ; 2) l'axiomatique de second genre ne renonce qu'en apparence (en quelques cas) à la thématique du calcul par addition. L'approximation mathématique du modèle conjonctif proposée par Einhorn (1970) présente ainsi une forme multiplicative et non plus additive du processus de composition des représentations symboliques :

$$U(X/O) = \prod_{i=1}^n V_i^{p_i}$$

où $U(X/O)$ figure l'utilité de l'objet O pour l'individu X , V_i l'évaluation de O sur l'attribut i et p_i l'importance de l'attribut i pour l'individu X .

Le caractère compensatoire du modèle est évident : comme auparavant, hormis le cas où l'évaluation d'un des différents attributs de O est égale à 0, les mauvais scores obtenus par des attributs de faible importance sont atténués par des scores de plus haut niveau sur des critères d'appréciation également plus importants. De sorte que ce modèle apparaisse, en dernière instance, comme une simple extension du modèle additif — sans qu'il y ait véritablement de solution de continuité entre eux. Plus insidieusement, ce type d'accommodation théorique et technique génère de nouveaux problèmes : si, de fait, les règles de calcul suivies par les individus diffèrent selon les circonstances alors, nécessairement, il est des méta-règles, également suivies par les individus, qui instruisent la décision du type d'algorithme à utiliser dans le processus de formation des attitudes.

D'autres accommodations ad hoc dérivent de la mise en évidence d'une hiérarchie causale des bénéfices escomptés — correspondant à un chaînage cognitif des représentations. Dans cette perspective, les attributs de O ne sont que les voies de réalisation de conséquences visées en fonction des valeurs des individus. Le tracé des relations causales dessine alors un réseau d'association (un graphe) orientant ainsi la recherche — par delà le problème technique d'une modélisation par systèmes d'équations structurelles des attitudes, et par delà le questionnement du type de traitement des données à utiliser (Valette-Florence et alii, 1993) — vers l'intégration de préoccupations d'ordre topologique.

Par ailleurs, le problème évoqué auparavant de l'incongruité épistémologique des lois rendant compte des processus de formation et de transformation des attitudes est résolu par la généralisation à ces deux phénomènes de la logique du computo-symbolique. Dans cette perspective, tout se passe finalement comme s'il était quelque homoncule à l'œuvre, contrôlant la mécanique intellectuelle de sorte que la transformation des attitudes (le rétablissement d'une "harmonie" mentale) ne s'effectue pas selon les lois d'une physique de champ cérébral (modèle gestaltiste) mais selon : en 1) la perception par l'homoncule en question d'une absence d'harmonie (l'existence d'une dissonance cognitive) ; et en 2) la programmation par l'homoncule de la réduction de cet état. Dans cette perspective, le processus de transformation des attitudes correspond ainsi, typiquement, à un algorithme de résolution de problème — auquel l'individu n'aurait pas accès, l'homoncule œuvrant dans l'ombre... Or,

on n'a jamais affaire ici qu'à une description, et aucunement à une explication du phénomène observé de transformation des attitudes. Ce qui s'avère notamment pernicieux puisqu'on a l'illusion, de prime abord, d'avoir affaire à plus qu'une description, le modèle suivant la grammaire d'une explication ; et ce qui s'avère fallacieux parce que la modélisation engage un raisonnement tautologique, alimenté d'arguments ad hoc. Les procédures de réduction des dissonances cognitives semblent ainsi être choisies par les individus : "l'homme est motivé à restaurer une cohérence interne et choisit pour cela certains modes de résolution" (Kapferer, 1990:205)... Si la terminologie du choix s'entend encore pour ce qui est des options comportementales, elle ne convient aucunement pour les options mentales, puisque alors on considère les événements mentaux comme des événements comportementaux (comme si l'on décidait ses pensées). Ce qui à l'évidence n'est pas le cas, comme l'observait déjà Nietzsche (1971:30), soulignant :

"pour ce qui est de la superstition des logiciens (...) un petit fait que ces esprits superstitieux ne reconnaissent pas volontiers à savoir qu'une pensée se présente quand 'elle' veut, et non pas quand 'je' veux ; de sorte que c'est falsifier la réalité que de dire : le sujet 'je' est la condition du prédicat 'pense'. 'Je pense' est donc une fausse pensée. Quelque chose pense sans doute, puisqu'il est une pensée, mais que ce quelque chose soit justement 'je', voilà qui n'est qu'une hypothèse. Dire 'je pense', c'est s'assurer la possession de sa pensée, c'est se poser comme ayant le pouvoir de penser ceci, ou cela. Dire 'je pense', c'est supposer qu'il est une absence de coïncidence entre le je qui pense et la pensée de celui qui pense, c'est supposer la permanence de ce quelque chose qui pense. Et, si on y pense, ce 'quelque chose qui pense' affirme encore trop ; ce 'quelque chose' contient déjà une interprétation du processus et n'appartient pas au processus lui-même".

En cette matière, l'argumentation subit la logique des conditions linguistiques de son énonciation, qui suit un script grammatical : penser est une action, or toute action suppose un sujet qui l'accomplit, donc... Selon l'expression de Searle (1995:284), le sophisme de l'homoncule est endémique au cognitivisme. On ne peut y échapper qu'en rompant absolument avec les usages du langage.

2) ÉMERGENCE ET SENS D'UNE MODELISATION PAR NEUROCALCUL

La logique impose d'imaginer l'évaluation comparative de paradigmes concurrents comme un processus de délibération rationnel, se déroulant dans un méta-discours normé par des

critères communs. Or, ces critères n'existent pas : les tenants (les actants) d'un paradigme adhèrent effectivement, non seulement à un système prédonné d'énoncés théoriques et de protocoles d'investigation, mais également à des critères idiosyncrasiques d'évaluation (Kuhn, 1983). De sorte que les changements de paradigme se caractérisent essentiellement comme des conversions irrationnelles. Pour autant que l'on prend acte de ce problème, il ne faut aucunement en conclure à l'inutilité de toute argumentation, et au renoncement à toute procédure d'évaluation épistémique. S'il n'est pas d'argument qui puisse, d'emblée, assurer la falsification d'un programme de recherche et décider les scientifiques à s'engager dans une alternative logique, l'accumulation d'accommodations ad hoc, transformant progressivement l'axiomatique du second genre doit cependant inciter les chercheurs à 1) en reconsidérer l'option ontologique et son support analogique ; puis 2) considérer d'autres options dont il s'agit alors d'explorer les contenus logiques et empiriques.

2.1) Définition de l'axiomatique de la modélisation par neurocalcul

Le cognitivisme postule l'existence d'idées (de représentations mentales, d'intentions de comportement). S'imposent alors les questions de savoir : 1) comment apparaissent les idées ; 2) comment des idées ont des effets sur d'autres idées ; 3) comment des idées, des états psychiques, mentaux, ont des effets physiques, comportementaux. Clairement, les questions indicées respectivement ici 1) et 3) ne sont jamais traitées. Autrement dit, visant consciemment ou non à une "désincarnation de la pensée" selon l'expression de Simon (1991:84), les chercheurs se sont jusqu'ici entièrement (exclusivement) focalisés sur la question 2). De sorte qu'un aspect seulement de la définition du concept d'attitude initialement proposée par Allport a été pris en considération — définition "princeps" d'après Thomas et Alaphilippe (1983:32), s'avérant être au fondement des différents travaux menés en ce champ. Allport n'a de fait, au contraire de ce que l'on entend actuellement, aucunement spécifié l'attitude comme étant restrictivement une disposition mentale, mais a caractérisé également ce concept comme une disposition neurale. Par là fut donc ouverte, dès l'origine, une perspective d'étude par le corps, et non pas uniquement par l'esprit, du processus de formation des attitudes. Que cet abord ait été jusqu'à maintenant négligé paraît seulement le

fait de la prévalence épistémologique du cognitivisme en psychologie et en psychosociologie, et ne signifie aucunement qu'il n'y ait pas la possibilité d'avancées d'importance par cette voie. Ce dont le connexionnisme, comme alternative logique au cognitivisme, fait justement le pari.

Axiomatique de premier genre

La négligence du biologique (la visée d'une science de la cognition comme science autonome) est une erreur. En maintes occasions (basiques) la physique populaire s'avère en contradiction avec les sciences physiques (Shanon, 1976 ; McCloskey, 1983 ; McCloskey et alii, 1983). À telle enseigne que ces dernières passent, finalement, pour des constructions théoriques, conceptuelles, largement fondées, par nécessité, sur des procédures de contre-induction (Feyerabend, 1979). Il en est de même pour ce qui est de la psychologie populaire, dont les intuitions et les représentations spontanées doivent être à présent conçues comme des obstacles épistémologiques à la production d'une vraie science de la cognition. Dans cette perspective, le biologique doit être une source d'inspiration : de sorte que le dévoilement des lois du corps serve au dévoilement des lois de l'esprit, en étant générique d'idées qui ne sont pas de première intuition, qui sont même contraires à l'intuition.

Axiomatique de premier rang

Dans la perspective du connexionnisme, le cortex cérébral n'est jamais plus qu'une variété de machine calculante ; et donc un réseau neuronal est comme une machine logique formellement équivalente à un système de traitement de l'information et envisageable, structurellement et fonctionnellement, comme une idéalisation de l'anatomie et de la physiologie cérébrales (McCulloch et Pitts, 1943). Autrement dit, le cerveau dans sa fonction et le cerveau dans sa structure sont assimilables à un système de traitement de l'information. Autrement dit encore, le cerveau et l'esprit étant des systèmes de traitement de l'information, le cerveau est l'esprit, et l'esprit est le cerveau. Du cognitivisme au connexionnisme, les postures épistémologiques s'inscrivent ainsi dans une radicale opposition : en 1) est déployé un programme de recherche fondé sur l'idée, notamment, que la nature physique des systèmes de traitement de l'information est de pure contingence et n'affecte aucunement la spécificité des fonctions calculatoires ; tandis qu'en 2) paraît un programme de recherche s'estimant contraint, dans son déploiement,

par le questionnement du support biologique de l'esprit — visant ce faisant à son incarnation — à sa naturalisation. Le connexionnisme s'affirme comme un mouvement d'idées visant à l'investigation, avec autant de vigueur que de rigueur, de la question classique (à présent scientifique) des relations entre le corps et l'esprit (Varela et alii, 1993 ; Feltz et Lambert, 1994 ; Delacour, 1995) ; un mouvement d'idées refusant de penser isolément le mental et le cérébral, refusant l'autonomie de la psychologie relativement à la neurobiologie pour à présent viser à une "authenticité neurologique" (Van Gelder, 1991) des modélisations de la pensée. Un mouvement fondé sur l'idée que la prise en considération des façons particulières dont la cognition est instanciée est d'une absolue nécessité, et d'une grande fécondité, devant rapidement mener la psychologie à de profonds bouleversements théoriques.

Axiomatique de second rang

En pratique, les réseaux neuronaux sont constitués d'une pluralité d'automates à calcul, à fonctionnement binaire, pris dans une trame élémentaire de connexions. A tout instant t , chaque élément i (ou neurone) est caractérisé par son état $U_i(t)$ d'activité et par son seuil $V_i(t)$ d'activation. Dès lors que l'activation est supérieure à ce seuil, il y a propagation de la stimulation suivant les connexions configurant le réseau. Les transmissions de stimulation d'un neurone i vers un autre j , soit excitatrices, soit inhibitrices, selon la pondération des connexions (respectivement positives et négatives), sont ainsi fonction de l'état d'activité de i et modulées selon le poids synaptique W_{ij} de la connexion. Tout événement, tout processus se déployant dans le réseau est alors amorcé par l'imposition d'un stimulus, dont la propagation s'effectue selon la configuration des activations et la pondération des liaisons, par itération d'une règle de transition. Chaque neurone compare la somme pondérée des stimulations afférentes à son seuil propre pour s'activer ou se désactiver. Ainsi, l'évolution d'un réseau de neurones obéit non pas à des calculs, figurant des inférences logiques s'enchaînant séquentiellement, pas à pas, linéairement, mais correspond à la trajectoire d'un système dynamique, régie par un système d'équations différentielles : un neurocalcul. Le fait que ces équations soient le plus souvent discrétisées, dans la pratique des simulations, ne doit pas faire illusion : du cognitivisme au connexionnisme, on passe d'une interprétation des faits et phénomènes de la cognition relevant initialement de la logique (du discontinu), à une

interprétation relevant de la dynamique et du topologique (du continu). Il n'est alors plus possible, ici, de localiser précisément les connaissances du réseau : ces connaissances sont globalement distribuées, selon la topologie du réseau, et non pas localement stockées. Les connaissances ne sont pas encodées symboliquement, mais correspondent à des configurations numériques, dynamiques, caractérisant l'efficacité des connexions entre les neurones. Il n'est plus question ici d'algorithme, ni de programme d'opérations logiques, mais seulement de variations topologiques : l'activité des réseaux de neurones est uniquement régie par la propagation de stimulations et la modification des forces de connexions, et non par des règles logiques portant sur des représentations symboliques. Dans l'orientation dite sub-symbolique du connexionnisme, tout particulièrement, la modélisation de la pensée s'abstrait de l'influence des représentations "compto-symboliques" pour s'inscrire dans une perspective essentiellement physico-mathématique. De sorte qu'à la différence des perspectives neuro-mimétiques, plus inquiètes des contraintes structurelles de la modélisation, l'investigation se déporte de l'étude des capacités computationnelles des réseaux pour se focaliser sur l'étude topodynamique de leurs attracteurs.

Une classe des réseaux proposés est ainsi constituée de systèmes explicitement construits en référence à la physique des verres de spins, qui consistent en des matrices d'atomes dont le spin est soit ascendant, soit descendant — chaque atome exerçant une influence sur l'orientation du spin des atomes environnants, et subissant par conséquent réciproquement leur influence. Dans ces réseaux (Hopfield, 1982), les atomes ont pour équivalents structurels et fonctionnels des unités élémentaires de traitement, tandis que les spins sont figurés par des valeurs d'activation binaire — l'influence d'une unité sur les diverses autres du réseau étant représentée par un graphe symétrique de connexions. La dynamique des réseaux est ainsi régie par des attracteurs, et tend à se stabiliser sur des états d'équilibre mathématiquement équivalents à des états d'énergie minimale dans un système thermodynamique. Une autre classe de réseaux s'inscrit plus explicitement encore dans l'orbe de la physique (plus précisément, de la thermodynamique) en s'intitulant "machines de Boltzmann" (Achley et alii, 1985 ; Hinton et Sejnowsky, 1986). Les fonctions d'activation sont alors associées à des procédures dites de "recuit simulé", i.e. paramétrées par un facteur "température" que l'on réduit graduellement — de sorte que l'état final de ces réseaux

corresponde à la situation entropique d'un équilibre thermique. Ce faisant l'un des principaux défauts des réseaux de Hopfield est résolu, s'agissant de leur possible stabilisation en des minima locaux, de sorte que diverses parties des réseaux s'établissent en des configurations de solutions incompatibles, chaque partie étant stable et non susceptible d'être affectée par les autres solutions partielles.

Axiomatique de second genre

Ce qui constitue un défaut d'importance des réseaux neuronaux dans la perspective (computationnelle) de leur instrumentalisation pour la menée de travaux d'analyse des données ne l'est pas forcément dans une perspective d'invention de nouveaux modèles formels de la cognition. On postule à présent comme suit : en 1) la pensée (la dynamique des idées) est définie par un champ de vecteurs X sur une variété différentiable compacte M , de dimensions finies ; en 2) X est soumis à divers facteurs dont l'état \mathbf{a} parcourt un espace de phase, noté W ; en 3) $X_{\mathbf{a}}$ admet des attracteurs sur M , notés $A_{\mathbf{a}}$; en 4) les attracteurs $A_{\mathbf{a}}$ sont interprétables comme des représentations mentales ; en 5) le champ $X_{\mathbf{a}}$ est pour tout point \mathbf{a} de W un champ de gradient sur M . En d'autres mots, la pensée est régie dans cette perspective par une fonction d'énergie F sur $M \times W$, fibré trivial.

Pour tout \mathbf{a} de $W \times M$, la dynamique $X_{\mathbf{a}}(\mathbf{w})$ est définie par F sur M , dépendant différentiablement de \mathbf{a} . Pour ce qui suit, on note $F_{\mathbf{a}}(\mathbf{w})$ la valeur du champ de gradient en \mathbf{a} , i.e., la valeur du champ (M, X) en \mathbf{a} dont la fibre est l'espace fonctionnel $[C^{\infty}, (M, R)]$ des fonctions différentiables sur M . En tout point \mathbf{a} de W , le régime local associé est défini par l'un des attracteurs de X (égal donc à l'un des minima du potentiel d'énergie $F_{\mathbf{a}}$). Soit : $X_{\mathbf{a}}(\mathbf{w}) = - \text{grad } F_{\mathbf{a}}(\mathbf{w})$. Le problème qui se pose alors dérive du fait qu'il existe a priori plusieurs minima, tandis qu'en tout point régulier \mathbf{r} de X ne peut régner qu'un et un seul d'entre eux. Dans ce cas, on est en présence d'une compétition des attracteurs (des puits de potentiel) et donc en présence d'une indétermination quant au choix du régime stable en \mathbf{r} . Pour résoudre ce problème, on postule en 6) l'existence d'une instance S qui sélectionne pour chaque valeur \mathbf{w} des facteurs un état $A_{\mathbf{a}}$ et qui virtualise tous les autres.

En pratique, l'état des facteurs w décrit un chemin d dans W : on note A_a l'état initialement actualisé par S . Au cours de la déformation de X_a le long de d il se peut qu'à la traversée d'une valeur critique w_k l'attracteur A_a de W ne satisfasse plus aux conditions de sélection imposée par l'instance d'optimisation I . L'évolution de la dynamique X est alors de type saltatif : à la traversée de a_k , X passe avec solution de continuité de l'état actuel A_a à l'état A'_a jusqu'alors seulement virtuel.

Par ailleurs, on note l'existence d'un phénomène d'hystérésis dans la dynamique des états mentaux. Ce phénomène a été particulièrement mis en évidence par Hume, dont les travaux servent dans le développement suivant de "références paternelles" — de la même façon, précisément, que ceux de Hobbes et de Bentham, étaient invoqués plus haut par les tenants actuels du cognitivisme classique. Ainsi que le relève Hume (1742:299) :

"si nous considérons l'esprit humain, nous observons que, pour ce qui est des passions, il n'est pas de la nature d'un instrument à vent, qui, tandis que l'on en parcourt les touches, laisse retomber le son dès qu'on cesse de souffler ; il ressemble plutôt à un instrument à cordes qui, à chaque attaque, en conserve les vibrations encore quelque temps, pendant que le son décline par degrés sensibles".

La prise en considération de ce phénomène inertiel permet de décider du type de l'instance d'optimisation arbitrant la compétition entre les différents puits de potentiel de F_a . On adopte la convention suivante : en tout point w appartenant à W , le régime stable qui l'emporte est celui qui correspond à un minimum local de la fonction potentielle F_a sur F . Autrement dit, lorsque deux attracteurs A_a sont en compétition en un point donné a de W , celui qui prime et donc détermine localement les trajectoires de X_a est l'attracteur de potentiel minimal, jusqu'à sa destruction par collision avec le maximum.

2.2) L'heuristique positive de la modélisation par neurocalcul

Il s'agit à présent d'examiner l'intérêt, conceptuel, opérationnel, de ce type de modélisation, d'établir quels en sont les atouts, quels en sont les attraits. Rapporté aux diverses anomalies listées plus avant, il apparaît d'emblée que le développement de ce programme de recherche dissout le problème de l'existence de représentations iconiques. Dans la perspective du connexionnisme, ces

représentations sont effectivement de même nature que les représentations symboliques — au sens où il n'existe pas entre elles de différences formelles. Dans l'un comme dans l'autre cas, il s'agit d'états $A_{\mathbf{a}}$ de la dynamique mentale $X_{\mathbf{a}}$ — autrement dit, il s'agit de configurations topologiquement stables de connexions neuronales. Le développement de ce programme de recherche résout par ailleurs le problème de définition d'un même système légal pouvant rendre compte à la fois des modes de formation et de transformation des attitudes. Dans la perspective du connexionnisme, il s'agit en l'un et l'autre cas de trajectoires sur M , captées par des puits de potentiel. La formation d'une attitude correspond à la stabilisation de la dynamique mentale en l'un des attracteurs de W , $A_{\mathbf{a}}$; tandis que la transformation d'une attitude correspond au passage d'un attracteur à un autre, selon l'évolution des facteurs \mathbf{a} (i.e., selon les déformations du champ $X_{\mathbf{a}}$). Le même formalisme physico-mathématique sert en chaque cas — formulant le processus mental des individus comme étant tendu vers un état final où l'énergie potentielle acquiert une valeur minimale. Le suivi de cette approche permet notamment d'effacer le caractère foncièrement circulaire de certaines explications cognitivistes. Tandis que l'on voit poindre en ces dernières des expressions — un vocabulaire — qui n'ont finalement pas plus de sens que le phlogistique ou la “vertu dormitive de l'opium”, le connexionnisme offre une conception de la consistance des représentations mentales comme étant non intentionnelle (non désirée, non décidée). En d'autres termes, le connexionnisme permet d'éliminer l'homoncule évoqué plus avant — d'éliminer l'idée qu'il est un contrôle du calcul, assurant l'organisation des pensées et leur computation.

L'application de ce programme de recherche supporte également l'élaboration de représentations algébrico-géométriques des ambivalences mentales — phénomène jusqu'à présent rebelle à toutes les modélisations formelles d'inspiration ou d'inclination computo-symbolique. Le problème, conceptuel, consiste alors à rendre compte de processus tels que la formation des choix (des intentions comportementales) liés à des appréciations non additionnables, et simultanément positives et négatives — à des “passions mixtes”, selon l'expression de Hume (1742). Après en avoir construit un modèle, établi sur les bases axiomatiques du connexionnisme, il s'agit à présent d'en montrer la portée opérationnelle et conceptuelle.

2.2.1) Morpho-dynamique des choix

Le modèle (verbal) de la genèse des choix et des ambivalences affectives qu'expose Hume est fondé sur une problématique, cognitive, de certitudes et d'incertitudes, de croyances et d'espérances. Dans cette perspective, par axiomatique, si l'occurrence d'un événement à venir est certaine, il produit au présent chagrin ou joie — selon que les conséquences de l'événement en question sont jugées négatives ou positives. Si son occurrence est au contraire incertaine, il produit au présent crainte ou espoir — selon la probabilité de son avènement. Celle-ci

“résulte d'une opposition de chances ou de causes contraires qui ne permet pas à l'esprit de se fixer, mais qui, le ballotant sans cesse d'un côté à l'autre, le détermine à considérer un objet tantôt comme existant, tantôt comme inexistant. L'imagination (...) fluctue entre des vues opposées ; et quoique, peut-être, elle (...) se tourne plus souvent d'un côté que d'un autre, il lui est impossible, en raison de l'opposition des causes ou des chances, de se reposer en l'un plutôt qu'en l'autre. Le pour et le contre prévalent alternativement ; et l'esprit, qui considère l'objet dans ses principes opposés, trouve une contrariété telle qu'elle détruit en lui toute certitude ou toute opinion ferme” (Hume, 1742:298-299).

Le même type de raisonnement s'applique pour ce qui est des affects et des intentions comportementales. Si l'on suppose effectivement, suivant encore en cela Hume,

“que l'objet, à propos duquel nous sommes dans le doute, produise soit du désir, soit de l'aversion ; selon que l'esprit se tourne d'un côté ou de l'autre, il est évident qu'il doit sentir une impression momentanée de joie ou de tristesse (...) de sorte que, comme l'entendement, dans des questions de probabilité, se divise entre des points de vue contraires, le cœur doit, de la même façon, se diviser entre des émotions opposées” (Hume, 1757:64-65).

Ces observations et ces idées mènent à une conception “polémologique” de la genèse des choix. Dans cette perspective, les intentions de comportement sont déterminées par des relations conflictuelles entre diverses évaluations. Et ces relations conflictuelles ne se résolvent pas par la dissolution des évaluations, respectivement “excitatrices” et “inhibitrices”, en un tout homogène. Autrement dit, les affects ne s'annihilent pas mutuellement, plus ou moins entièrement, dans un processus d'agrégation moléculaire définissant une attitude univalente, mais perdurent dans une tension

continue. Autrement dit encore, les attitudes sont de nature hétérogène. La prévalence de tel ou tel affect, positif ou négatif, n'efface qu'illusoirement son contraire : pour reprendre la terminologie scolastique, celui-ci demeure en puissance, tandis que celui-là est ponctuellement en acte. De là, ultérieurement, la possibilité de transformations brutales des attitudes.

De telles idées obligent alors à choisir de nouvelles représentations métaphoriques, très éloignées du modèle habituel des opérations additives, de la mécanique des systèmes computo-symboliques. Celles que proposent Hume sont très suggestives :

“si des passions sont contraires et si leurs objets sont totalement différents, elles sont alors comme deux liqueurs distinctes contenues dans des bouteilles différentes : elles n'ont pas d'influence l'une sur l'autre. Si leurs objets sont en connexion intime, les passions sont comme un alcali et un acide qui, mêlés, se détruisent l'un l'autre. Si la relation est plus imparfaite et consiste en vues contradictoires sur le même objet, les passions sont comme l'huile et le vinaigre qui, de quelque façon qu'on les mêle, ne s'unissent jamais parfaitement en un seul corps” (Hume, 1757:69).

Plus formellement, si l'on suit les propositions précédentes, une évaluation $A(X/O)$ ne doit pas s'interpréter, dans une perspective de modélisation mathématique des processus de formation et de transformation des attitudes, selon la logique standard “X aime O” ($\mathbf{a} \in A^+$) ou “X n'aime pas O” ($\mathbf{a} \in A^-$), mais selon une logique non-standard : “X aime O” et “X n'aime pas O”. Ce que l'on retranscrit sous la forme : $\mathbf{a} \in_x A^+$ et $\mathbf{a} \in_y A^-$; avec x et $y \in [0, 1]$. Les variables x et y , qui paramètrent les fonctions d'appartenance de l'instance numérique \mathbf{a} aux champs sémantiques A^+ et A^- indiquent ainsi le degré d'appartenance de \mathbf{a} à A^+ et A^- . Autrement dit, les variables x et y déterminent le mode d'interprétation sémantique de la valeur numérique \mathbf{a} . Et on a : $\mathbf{a} = (x, y)$.

Dans l'approche computo-symbolique actuelle des attitudes, on a nécessairement $x + y = 1$. Sur une échelle de mesure de $A(X/O)$ allant de A^- à A^+ un positionnement de \mathbf{a} en 0,7 signifie alors, en pratique : $\mathbf{a} \in_{0,7} A^+$ et $\mathbf{a} \in_{0,3} A^-$ (figure 1).

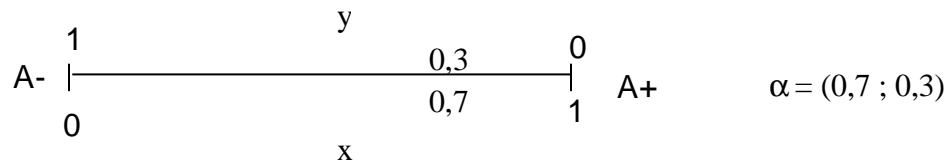


Figure 1 : représentation scalaire d'une réponse évaluative unimodale.

L'interprétation sémantique habituelle d'une telle mesure s'effectue très trivialement, en appliquant une loi de type "tout ou rien". Tout a supérieur à 0,5 est ainsi compris comme l'indicateur de "X aime O" (plus ou moins, selon la position de a sur l'échelle de mesure) et tout a inférieur à 0,5 est compris comme l'indicateur de "X n'aime pas O" (également plus ou moins). Autrement dit, le traitement ordinaire de l'information numérique obtenue lors de la passation des questionnaires est tel que le schéma d'interprétation " $a \in A^+$ ou $a \in A^-$ " est finalement substitué au schéma normal " $a \in_x A^+$ et $a \in_y A^-$ ". Et ce, à telle enseigne que, dans la pratique actuelle, standardisée, des enquêtes sur les attitudes et les intentions de comportement, on n'emploie jamais de double échelle de notation — l'une allant de A^- vers A^+ et l'autre de A^+ vers A^- . Or, on observe parfois, dans le dépouillement des questionnaires administrés (essentiellement d'ailleurs ceux qui sont auto-administrés), l'existence de doubles notations, spontanément pratiquées par les enquêtés, manifestant ainsi très explicitement l'ambivalence des représentations mentales qu'évoquait Hume. On peut alors avoir, en ces cas : $a \in_{0,7} A^+$ et $a \in_{0,7} A^-$ (figure 2). La contrainte $x + y = 1$ s'avère en conséquence arbitraire, et aucunement nécessaire.

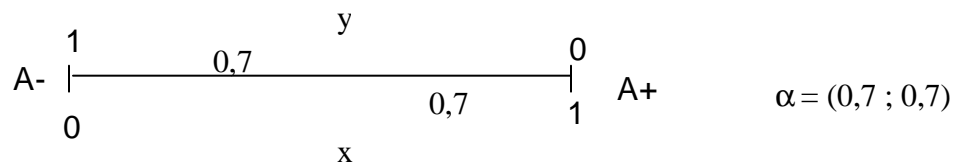


Figure 2 : représentation scalaire d'une réponse évaluative bimodale.

Tandis que, dans l'exemple précédemment traité (figure 1), l'individu interrogé manifeste qu'il n'aime pas O en proportion exacte de ce qu'il l'aime, X estime ici l'aimer et ne pas l'aimer, intensément et simultanément. Les champs sémantiques A^+ et A^-

nécessitent alors chacun une échelle de mesure. De sorte, finalement, qu'en termes géométriques, \mathbf{a} ne s'inscrive pas comme un point sur une droite, mais comme un point sur un plan (figure 3).

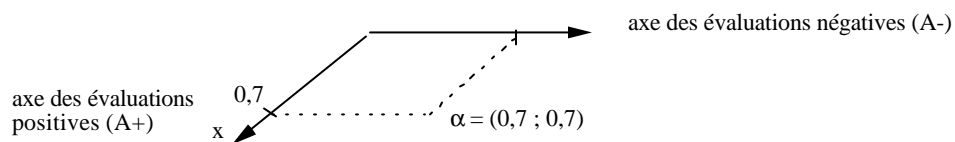


Figure 3 : représentation en plan d'une réponse évaluative bimodale².

Les intentions comportementales $I(X/O)$, liées aux évaluations $A(X/O)$, s'inscrivent alors sur un axe vertical (o, z) , de sorte qu'à tout point $\mathbf{a} = (x, y)$ de l'espace plan horizontal des facteurs (A^- et A^+) soit associé, par F , au moins un point de la nappe $I(X/O)$. Au moins un point : il est effectivement des cas, comme on l'a vu plus haut, où l'on a des régimes de valeurs (soit respectivement z_1 et z_2) de signes opposés, pour un point \mathbf{a} donné. Dans ce schéma de versatilité comportementale, l'individu fluctue dans ses intentions, alors même que ses évaluations n'évoluent pas. Ses choix, enregistrés après questionnement, peuvent être tantôt positifs et tantôt négatifs, sans même que varie l'information traitée.

Raisonnant en termes d'équations différentielles pour caractériser la morphogenèse des choix, la définition sub-symbolique du mode relationnel, fonctionnel, des variables psychologiques entre elles ($A^+(X/O)$, $A^-(X/O)$ et $I(X/O)$) s'effectue à présent en prenant appui sur les travaux de Thom (1972, 1980). La démarche générale de modélisation qu'indique celui-ci part d'une série chronologique d'observations dans laquelle on repère, par abstraction, une cinématique particulière. Si celle-ci est équivalente, à un difféomorphisme près, à une surface, une figure géométrique associée à l'un des paradigmes évolutifs dont il fournit la

² Il importe d'observer, à cet instant du raisonnement, qu'une réponse unimodale ne signifie pas a priori l'absence d'une ambivalence attitudinale. C'est ainsi que l'observation, sur une échelle de mesure bipolaire, d'une réponse telle que celle qui apparaît sur la figure 1, peut en fait signifier : soit $\mathbf{a} = (0,7 ; 0,3)$; soit $\mathbf{a} = (0,7 ; 0)$; soit encore $\mathbf{a} = (0 ; 0,3)$. L'interprétation canonique actuelle des réponses unimodales n'apparaît plus ainsi que comme un cas particulier.

classification, on peut en déduire, à un difféomorphisme près également, quel type de champ opère dans le système étudié. Ce qui procure alors une information capitale sur la dynamique du système étudié.

La fonction la plus simple possédant les propriétés de la dynamique des choix évoquées plus haut — selon Hume — est une fonction polynomiale du quatrième degré. Une forme canonique, à partir de laquelle toutes les fonctions à deux minima peuvent être obtenues, est donnée par le théorème de Thom, qui délivre : en 1) la définition algébrique de $F(z, (x, y))$, soit :

$$F(z, (x, y)) = \frac{z^4}{4} - \frac{xz^2}{2} - yz;$$

puis en 2) la carte topologique des attracteurs de $I(X/O)$, figurée par la surface de Riemann-Hugoniot, d'équation :

$$dF/dz = 4z^3 - 2xz - y.$$

En d'autres termes, l'équilibre dynamique du système est donné par la dérivée première, telle que $dF/dz = 0$. Les valeurs de x , y et z qui satisfont cette équation donnent naissance à la surface représentée ci-dessous :

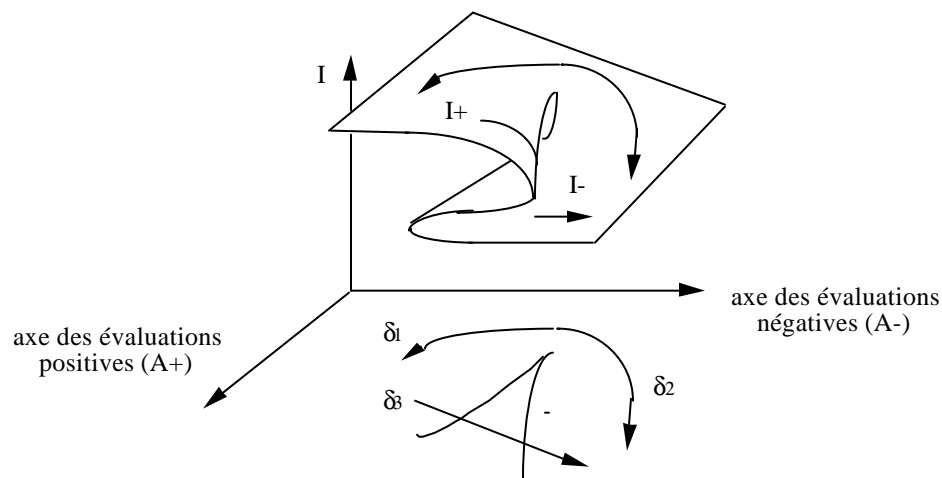


Figure 4 : représentation géométrique des relations entre les intentions comportementales $I(X/O)$ et les forces attitudeles $A(X/O)$.

La surface des données dans l'espace à trois dimensions est l'ensemble des minima de la fonction de potentiel $F(z, (x, y))$. Le feuillet de la surface qui correspond aux maxima est inaccessible au système, tandis que les autres parties de la surface agissent comme des attracteurs. Le lieu des points critiques w_k pour l'évolution de la dynamique $I(X/O)$ correspond à une fronce dans l'espace W des facteurs, parabole semi-cubique d'équation :

$$27z^2 - 4z^3 = 0 ;$$

discriminant de l'équation du 3ème degré. Pour tout \mathbf{a} à l'extérieur de cette fronce, $F_{\mathbf{w}}$ a qu'une et une seule racine réelle — en d'autres termes, il n'est qu'un et un seul minimum de potentiel, un et un seul attracteur pour $I(X/O)$. Pour tout \mathbf{a} à l'intérieur de la fronce, $F_{\mathbf{a}}$ présente au contraire trois racines réelles correspondant à un maximum et deux minima. Ceux-ci définissent deux régimes stables de $I(X/O)$ en compétition. Au franchissement de chacune des lignes de la fronce par les trajectoires \mathbf{d} correspond, enfin, un brusque changement de régime mental, une transition catastrophique d'un attracteur à un autre : une volte-face attitudinale de l'individu³.

La contre-image de la fronce donne naissance à une onde de choc qui divise les régions de régime I^+ et I^- . En d'autres mots, les valeurs critiques de l'espace des facteurs A^+ et A^- forment un système d'interface K qui partitionne W en différents domaines⁴. Ces derniers correspondent aux zones de domination de chaque attracteur. Les

³ L'un des points de la fronce diffère des autres : celui où la ligne des catastrophes rebrousse chemin. Pour ce point, les deux minima et le maximum de $F_{\mathbf{w}}$ sont confondus. La courbe de potentiel présente alors un "minimum aplati" ; son équation est $F = z^4/4$.

⁴ On note par ailleurs l'existence d'une zone de non-intention de comportement. La prise en considération de cette dernière permet d'éviter l'inclination spontanée de la réflexion (théorique ou non) à la dichotomie. Inclination particulièrement pernicieuse qui, comme l'observent Boll et Reinhart (1980:118-119) "amène le sens commun à présenter, systématiquement et aveuglément, un grand nombre d'assertions sous la forme d'alternatives. [Or] 'pour' et 'contre' ne s'opposent pas contradictoirement ; on peut très bien être indifférent au 'pour' comme au 'contre'. Il serait tout aussi illogique de poser l'alternative : 'tout nombre n est, soit plus petit que 100, soit plus grand que 100', car le nombre n peut très bien être le nombre 100 lui-même"... Cette erreur logique se retrouve actuellement dans les modélisations computo-symboliques des attitudes, qui figurent le contraire d'une intention de comportement comme une non-intention de comportement. Ce dont il s'agit en fait, ici, c'est d'une intention de non-comportement : une décision est prise, qui est tantôt positive, tantôt négative.

prises de décision issues d'un long mûrissement comme celles qui sont abruptes reçoivent ainsi une représentation géométrique et une expression algébrique. Pour toutes les valeurs de \mathbf{a} inscrites en dehors de la fronce, il n'est qu'un et un seul attracteur, définissant un état conatif univoque. Pour toute les valeurs de \mathbf{a} inscrites dans la fronce, deux attracteurs sont en compétition (définissant, par exemple, l'intention de donner son sang et l'intention de ne pas donner son sang). Sur \mathbf{ak} , une \mathbf{e} -variation de \mathbf{a} a pour effet une volte-face de l'individu — le saut d'un attracteur à l'autre. Autrement dit, on enregistre ici, pour de très faibles perturbations de l'état affectif, émotionnel, un changement volitif tel que l'individu passe brusquement d'une intention de donner son sang à une intention de ne pas donner son sang ou, réciproquement, d'une intention de ne pas donner son sang à une intention de donner son sang. La transformation de l'état mental est brutale. D'un coup, l'individu bascule d'une intention comportementale à son contraire.

2.2.2) Portée conceptuelle de la morpho-dynamique des choix

L'abord sub-symbolique de la cognition, en ce que l'on recourt à une modélisation mathématique continue et non plus discontinue de la pensée, permet ainsi de rendre compte du phénomène, régulièrement oublié, négligé sinon même occulté, de sensibilité de la dynamique des choix à d'infimes fluctuations. Envisagés du point de vue computo-symbolique, les problèmes tels que celui posé par l'allégorie scolastique de Buridan paraissent insolubles — sinon selon les termes d'un raisonnement purement ad hoc. Un âne pris entre deux prés identiques ne saura pas lequel choisir — ne pourra pas choisir. Sur tous ses "critères d'évaluation", qui sont de même pondération, les prés ont la même note. Aucune préférence ne peut donc émerger, de sorte que l'âne est finalement bloqué, immobile, dans une situation d'indécision létale. Cette image est l'une des principales figures allégoriques du dogme épistémologique classique, qui pose qu'à une variation infinitésimale des causes est nécessairement liée une variation infinitésimale des effets — qui pose, en d'autres termes, que les causes dont les actions subissent des variations continues ont des effets également continus dans leurs variations. Envisagé d'un point de vue sub-symbolique, ce problème de choix est soluble d'emblée. L'âne pourra toujours décider, pour ce que, en fait, il est des plus hypothétiques que les deux prés soient absolument identiques. Or, il suffit d'une infime différence entre eux

pour que l'on assiste à une rupture de l'état initial, instable, d'indécision de l'âne⁵. Il suffit d'une infime perturbation, d'une rupture de symétrie, pour que l'on assiste au glissement de son état mental vers un attracteur ou un autre — à un choix donc.

L'infinitésimal, l'ineffable, a un poids — qui se voit reconnu, appréhendable, visualisable dans la modélisation sub-symbolique de la cognition, alors qu'il est insensé, et donc impensé, dans le cadre paradigmatique de la modélisation computo-symbolique⁶. Entre l'énigmatique sourire de la Joconde et sa copie presque identique, il est peu de différences syntaxiques, mais d'immenses différences pragmatiques. Ce qui se voit en ce que, du tracé de la Joconde et de celui de sa copie, l'un séduit, et l'autre pas. De même, entre deux options d'action pour lesquelles on aurait, en apparence, une totale équivalence des préférences, un état d'indifférence donc, l'une aura toujours en fait la prévalence. Et ce, sans que le décideur ait jamais la possibilité de savoir les causes effectives de son choix. Ce sont en certains cas des différences infimes, qui ne sont pas perçues d'emblée, qui font tout l'écart entre un choix et son contraire. "Ce sont ces petites perceptions qui nous déterminent en bien des rencontres sans qu'on y pense, et qui trompent le vulgaire par l'apparence d'une indifférence d'équilibre, comme si nous étions indifférents de tourner par exemple à droite ou à gauche" (Leibniz, 1969:133). L'inventeur du calcul infinitésimal, "avec" Newton, livrait là l'un des fondamentaux de la morphogenèse des idées, longtemps oubliés : "tout est conspirant" (Leibniz, 1969:13).

2.2.3) Portée opérationnelle de la morphogenèse des choix

⁵ L'idée figure déjà chez Leibniz (1963:131) — dont la monadologie entreprend de montrer notamment l'idée que de très faibles impulsions peuvent avoir des effets très grands : "le cas de l'âne de Buridan entre deux prés, également porté à l'un et à l'autre, est une fiction qui ne saurait avoir lieu dans l'univers (...). Il est vrai, si le cas était possible, qu'il faudrait dire qu'il se laisserait mourir de faim ; mais dans le fond, la question est sur impossible (...). Car l'univers ne saurait être mi-parti par un plan tiré par le milieu de l'âne, coupé verticalement selon sa longueur, en sorte que tout soit égal et semblable de part et d'autre (...) car ni les parties de l'univers, ni les viscères de l'animal ne sont pas semblables, ni également situées de deux côtés de ce plan vertical. Il y aura donc toujours bien des choses dans l'âne et hors de l'âne, quoiqu'elles ne nous paraissent pas, qui le détermineront à aller d'un côté plutôt que de l'autre".

⁶ En témoigne notamment l'âpreté, déraisonnable, des débats actuels sur le subliminal et la possibilité d'une influence attitudinale, sinon même comportementale, de stimuli ineffables — dont l'individu n'a pas conscience, mais qui l'agissent.

En pratique, le seul savoir effectif que l'on ait ici, c'est qu'il est des faits et phénomènes cognitifs que l'on ne peut absolument pas prévoir. La modélisation sub-symbolique des ambivalences attitudinales ne délivre effectivement aucun savoir précis sur les variations, les fluctuations des intentions comportementales. Et ce, parce que, techniquement, le modèle exploité n'est défini qu'à un isomorphisme près. De sorte que, en l'absence de toute information donnant localement ses bornes de dérivation, on n'a aucun moyen d'en tirer des seuils quantitatifs.

L'enjeu opérationnel de ce modèle n'est donc pas là — dans la définition numérique des seuils de transition, des points de bifurcation de la dynamique des choix. Son attrait, son intérêt, tient tout entier dans le fait que, couramment, les scientifiques cèdent, consciemment ou non, à la tendance, et même la tentation, de définir leurs objets d'investigation à l'aune des langages à leur disposition.

Le langage mathématique n'est ainsi pas sans effets, conceptuels et opérationnels — et opérationnels parce que conceptuels. Son emploi fait surgir des images, fait advenir des idées qui, souvent, incitent à la prise de mesures auxquelles on n'aurait jamais pensé autrement. L'usage de la modélisation sub-symbolique des processus de formation et de transformation des attitudes a ainsi pour avantage d'inviter à de nouveaux questionnements, plus attentifs à l'éventualité d'une non-linéarité des phénomènes étudiés. Propriété qui n'est pas appréhendée par la modélisation actuellement usuelle, jusqu'à la plus techniquement avancée, exploitant les équations structurelles.

Celles-ci, définies en extension des méthodes de régression classique, configurent des réseaux de relations causales sous forme d'ensembles d'équations linéaires, liant des variables endogènes (ou théoriques) à des variables exogènes (ou empiriques). Leur exploitation en sciences de la cognition sert l'étude de variables qui, comme les attitudes, ne sont pas directement observables, mais sont seulement inférables de données mesurables. C'est ainsi qu'elles sont employées actuellement pour la modélisation formelle des relations entre, d'une part, en variable dépendante, la propension individuelle au changement (à l'adoption de nouveaux comportements) et, d'autre part, en variables indépendantes, le niveau d'implication et le niveau individuel attendu de stimulation sensorielle. Ces trois variables, respectivement notées ici Z^ , X^* et Y^* , sont endogènes et sont donc*

appréhendées par des variables exogènes au travers de la passation de questionnaires.

Selon le modèle computo-symbolique usuel des équations structurelles, les relations entre les variables exogènes et endogènes sont linéaires-additives et de type :

$$Z^* = \mathbf{S}_k c_k Z_k + \mathbf{e}_1$$

$$X^* = \mathbf{S}_i a_i X_i + \mathbf{e}_2$$

$$Y^* = \mathbf{S}_j b_j Y_j + \mathbf{e}_3$$

où les c_k , a_i et b_j figurent les poids respectifs des variables exogènes, Z_k , X_i et Y_j , et où les termes en \mathbf{e} définissent les erreurs de mesure. L'estimation des paramètres du modèle s'effectue en recourant à des méthodes statistiques telles que PLS — opérant selon les moindres carrés partiels.

La surface modélisée par PLS, définissant donc les relations entre la variable dépendante Z^* et celles indépendantes, X^* et Y^* , n'est qu'un simple plan, d'équation :

$$Z^* = \mathbf{b}_1 X^* + \mathbf{b}_2 Y^*$$

Ce que donne à voir PLS, c'est donc un phénomène de linéarité classique, tel qu'à un niveau faible des diverses variables explicatives est associé un niveau négatif de la variable expliquée, tandis qu'à un niveau élevé des diverses variables explicatives est associé un niveau positif de la variable expliquée.

Si l'on reconsidère cependant les données collectées à la lumière de la modélisation sub-symbolique de la dynamique des choix, les résultats diffèrent fortement. L'hypothèse au fondement de ce nouveau travail consiste alors à tester l'éventualité d'une relation non-linéaire entre les variables indépendantes et la variable dépendante — relation occultée par le mode usuel de traitement des données. La surface modélisée, définissant les relations entre la variable expliquée, Z^* , et celles explicatives, X^* et Y^* , n'est alors plus un plan, mais une nappe, d'équation :

$$Z^{*3} = X^* Z^* + Y^*$$

Trois techniques sont actuellement disponibles pour estimer ce modèle. La première, développée par Guastellp (1982), permet d'approximer les valeurs de X^* et de Y^* en exploitant les méthodes

classiques de régression polynomiale selon les moindres carrés ordinaires. La deuxième technique d'ajustement statistique, développée par Cobb (1981), est fondée sur l'exploitation d'équations différentielles stochastiques, permettant d'estimer le modèle de la fronce par un processus de maximum de vraisemblance. La troisième technique, développée par Olivia et al. (1987), est fondée sur l'exploitation d'une procédure multivariée confirmatoire, permettant également d'estimer le modèle de la fronce par un processus de maximum de vraisemblance (dit GEMCAT). A la différence de la précédente approche, cependant, il est alors possible de déterminer quelles sont les variables exogènes qui sont spécifiquement affectées à une variable endogène.

Soumises à GEMCAT, les données précédemment analysées selon PLS révèlent l'existence, en certains cas, pour certains individus, du phénomène auparavant inaperçu, en tous les cas, de bimodalité attitudinale (Valette-Florence, Serieys & Roehrich, 1995). Phénomène tel que, pour des valeurs identiques des variables indépendantes, la variable dépendante est ambivalente — prend deux valeurs différentes (l'une positive et l'autre négative). Tandis qu'à de faibles écarts de valeur, autrement dit des fluctuations des variables indépendantes, apparaissent liés des écarts de grande ampleur de la variable dépendante. En conséquence, le modèle catastrophique, dynamique, rompant avec le paradigme classique des représentations linéaires-additives, permet d'identifier plus sûrement les individus ayant une propension élevée au changement, ce qui lui confère immédiatement une forte valeur opérationnelle.

CONCLUSION

L'épistémologie peut donc être un instrument de science, et non pas seulement un métadiscours, un discours d'en dehors la science et sur la science, servant seulement par ricochet à son avancement. En d'autres mots, sa vocation n'est pas uniquement de veiller à l'ordre logique des arguments, à la pertinence des inférences par induction ou par déduction, ou des sauts métaphoriques de l'abduction. Son rôle ne se restreint pas à la surveillance disciplinaire des raisonnements, énonçant tantôt ce qui est adéquat, dénonçant tantôt ce qui est inadéquat dans la forme de l'expression.

Ici donc, l'épistémologie a une mission d'invention théorique. L'engagement d'un cheminement des idées, sciemment à contre-courant de l'induction ou de la déduction, allant des énoncés

d'observation ou des propositions théoriques à leurs a priori génériques, métathéoriques, est conçu comme une source d'innovations. Et ce, par l'élan d'un questionnement où les fondements sont pris et soumis à une critique systématique, à l'aune d'éléments métathéoriques, théoriques et techniques formant un corpus cohérent d'idées : un instrument de science.

L'étude épistémologique des modèles formels d'attitude les montre ainsi fondés sur des a priori métaphoriques à ce point patinés par les ans, et d'intime familiarité, que l'on n'en perçoit souvent plus l'absence de nécessité. L'accumulation continue de problèmes factuels et conceptuels incline cependant à changer maintenant de paradigme. Il ne s'agit plus, dès lors, d'essayer de résoudre ces problèmes par le recours, comme auparavant, à des modèles algébriques standard, fondés sur l'addition ou des algorithmes séquentiels de traitement de l'information, mais de réfléchir à la construction de systèmes connexionnistes. Travaillant ce faisant à une "naturalisation de l'esprit", on retrouve le cadre des idées esquissées par Hume, qui visait à appliquer aux travaux menés sur le changement passionnel l'arsenal conceptuel du calcul newtonien des flux, par l'emploi d'équations différentielles, et à penser la dynamique des idées en termes d'attractions et de connexions. En s'inscrivant dans cette perspective, la modélisation dessinée ici n'a pas de visée "positiviste", immédiatement opérationnelle. A défaut cependant d'apporter d'emblée une quelconque plus-value prédictive, ou même explicative aux travaux sur les attitudes, cette approche sub-symbolique offre dès à présent une réelle plus-value descriptive en proposant de nouvelles images du processus de prise de décision : non plus comme un calcul discret, mais comme un flux.

Ce faisant, des phénomènes négligés sinon même oubliés des théoriciens travaillant à la mesure des attitudes et à la modélisation des processus de prise de décision sont de nouveau appréhendables. Ainsi en va-t-il de l'ambivalence des représentations, ou encore de la sensibilité des processus évaluatifs à des variations infinitésimales de leur objet. Par delà même ces apports immédiats, théoriques, il en est d'autres heuristiques. Ceux-ci ont trait à ce que, lorsqu'ils s'efforcent à la compréhension d'un phénomène ou à la résolution d'un problème, y compris mathématique ou construit en termes mathématiques, nombre de scientifiques ne paraissent pas penser en termes algébriques ou linguistiques, mais en termes d'images mentales. Au contraire de la pensée socialisée et de celle en train de

se socialiser, dont le système le plus usuel de signes employé est essentiellement verbal, la pensée créatrice semble ainsi pratiquer plus volontiers d'autres systèmes, plus souples (Hadamard, 1975:93). La pensée créatrice requiert l'emploi de représentations figurées, d'images. Au point qu'à l'encontre de ce qu'attend et prétend l'esprit positiviste, l'essentiel d'un modèle n'apparaît finalement pas tant dans son accord avec l'expérience, que dans sa portée conceptuelle. Et ce qu'offrent justement les représentations sub-symboliques ou morphodynamiques de la cognition, ce sont de nouvelles images, de nouvelles représentations métaphoriques qui supportent l'effort de conceptualisation théorique. Encore faut-il ne pas oublier que les modèles connexionnistes ne constituent jamais que de nouvelles métaphores de la cognition. L'aisance des théoriciens à éluder le terme "formel" dans l'expression "neurone formel", à glisser de formulations comme "réseau neuromimétique" à celle de "réseau de neurones" donne à croire au risque proche de voir le neurocalcul, comme auparavant le calcul, devenir une catachrèse de la cognition... Il ne s'agit pourtant jamais que de métaphores, d'images, de jeux de langage — comme un filet à mailles serrées jeté pour saisir quelque objet, et qui risque à chaque instant de le voiler...

Références bibliographiques

- Aaker, D. A., Day, G. (1980), *Marketing research*, New York, Wiley.
- Achley, D. H., Hinton, G. E., Sejnowsky, T. J. (1985), *A learning algorithm for Boltzmann machines*, *Cognitive Science*, 9, pp. 147-169.
- Ajzen, I. (1985), *From intentions to actions : a theory of planned behavior*, in J. Kuhl & J. Beckmann (eds), *Action control : from cognition to behavior*, Heidelberg, Springer, pp. 11-39.
- Ajzen, I., Fishbein, M. (1980), *Understanding attitudes and predicting social behavior*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Albou, P. (1980), *La psychologie de l'individu*, *Bulletin de psychologie*, 33, 346, pp. 831-840.
- Allport, G. (1935), *Attitudes*, in C. A. Murchinson (ed.), *A handbook of social psychology*, Worcester, Clark University Press, pp. 798-844.
- Bagozzi, R.P. (1989), *La renaissance de la recherche marketing sur les attitudes*, *Recherche et Applications en Marketing*, 4, 2, pp. 61-84.
- Barthélémy, J.-P., De Glas, M., Descles, J.-P., Petitot, J. (1996), *Logique et dynamique de la cognition*, *Intellectica*, 23, 2.

- Bass, F. M., Talarzyk, W. (1972), *An attitude model for the study of brand preference*, *Journal of Marketing Research*, 9, pp. 63-72.
- Beauvois, J.-L. (1994), *Base des fondements socio-cognitifs*, in R. Ghiglione, J.-F. Richard (eds), *Cours de psychologie. II*, Paris, Dunod.
- Beckwith, N. E., Lehmann, D. R. (1973), *Importance of differential weights in multiple attribute models of consumer attitude*, *Journal of Marketing Research*, 10, 2, pp. 141-145.
- Beckwith, N. E., Lehmann, O. R. (1975), *The importance of halo effect in multi-attribute attitude models*, *Journal of Marketing Research*, 12, 3, pp. 265-275.
- Bettman, J., Capon, N., Lutz, J. R. (1975), *Cognitive algebra in multiattribute attitude models*, *Journal of Marketing Research*, 12, pp. 151-164.
- Boll, M., Reinhart, J. (1980), *Histoire de la logique*, Paris, PUF.
- Cobb, L. (1981), *Parameter estimation for the cusp catastrophe model*, *Behavioral Science*, 26, pp. 74-77.
- Damasio, A. R. (1995), *L'erreur de Descartes*, Paris, Ed. Odile Jacob.
- Delacour, J. (1994), *Biologie de la conscience*, Paris, PUF.
- Delacour, J. (1995), *Le cerveau et l'esprit*, Paris, PUF.
- Dupuy, J.-P. (1994), *Aux origines des sciences cognitives*, Paris, Editions La Découverte.
- Edwards, W. (1954), *The theory of decision making*, *Psychological Bulletin*, 51, pp. 380-417.
- Edwards, W. (1977), *How to use multi-attribute utility measurement for social decision making*, in D. Bell, R. Keeney & H. Raiffa (eds), *Conflicting objectives in decision*, Chichester, Wiley & Sons.
- Einhorn, H. J. (1970), *The use of non-linear, noncompensatory models in decision making*, *Psychological Bulletin*, 73, pp. 221-230.
- Engel, P. (1994), *Introduction à la philosophie de l'esprit*, Paris, Editions La Découverte.
- Evrard, Y. (1993), *La satisfaction des consommateurs: état des recherches*, *Revue Française du Marketing*, 144, pp. 53-65.
- Feldman, J., Ballard, D. (1982), *Connectionist models and their properties*, *Cognitive Science*, 6, pp. 205-254.
- Feltz, B., Lambert, D. (1994), *Entre le corps et l'esprit*, Liège, Mardaga.
- Feyerabend, P. (1979), *Contre la méthode*, Paris, Seuil.
- Fishbein, M. (1963), *An investigation of the relationships between beliefs about an object and the attitude toward that object*, *Human Relations*, 16, pp. 233-240.

- Fishbein, M. (1965), A consideration of beliefs, attitudes and their relationship, in I. D. Steiner & M. Fishbein (eds), Current studies in social psychology, N.Y., Holt, Rinehart & Winston, pp. 107-120.*
- Fishbein, M. (1967), Attitude and the prediction of behavior, in M. Fishbein (ed.), Readings in Attitude Theory and Measurement, New York, John Wiley & Sons, pp. 477-492.*
- Fishbein, M., Ajzen, I. (1975), Belief, Attitude, Intention and Behavior, Reading, Addison Wesley.*
- Fishburn, P. (1974), Lexicographic order, utilities and decision rules : a survey, Management Science, 20, pp. 1442-1471.*
- Fodor, J. A. (1986), Les modularités de l'esprit, Paris, Minuit.*
- Fodor, J.A. (1990), A theory of content, Cambridge, MIT Press.*
- Gazzaniga, M. S. (1987), Le cerveau social, Paris, Laffont.*
- Guastello, S. J. (1982), Moderator regression and the cusp catastrophe : application of two stages personal selection, training, therapy and policy evaluation, Behavioral Science, 27, pp. 259-272.*
- Guillaume, P. (1979), La psychologie de la forme, Paris, Flammarion.*
- Hadamard, J. (1975), Essai sur la psychologie de l'invention dans le domaine mathématique, Paris, Bordas.*
- Hegel, G.W.F. (1970), Théorie de la mesure, Paris, PUF.*
- Hinton, G. E., Sejnowsky, T. J. (1986), Learning and relearning in Boltzmann machines, in Rumelhart D. E., McClelland J. L. (eds), Parallel Distributed Processing : Exploration in the microstructure de la cognition, Cambridge, MIT Press-Bradford Books.*
- Hobbes, (1651), Léviathan, Paris, Sirey, 1971.*
- Hopfield, J. J. (1984), Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons, Proceeding National Academy of Science, USA, 81, pp. 3088-3092.*
- Hume, D. (1742), Traité de la nature humaine, Paris, Flammarion, 1991.*
- Hume, D. (1757), Dissertation sur les passions, Paris, Flammarion, 1991.*
- Jacob, F. (1970), La logique du vivant, Paris, Gallimard.*
- Johnson-Laird, P. N. (1983), Mental models, Cambridge, Cambridge University Press.*
- Kapferer, J. N. (1990), Les chemins de la persuasion, Paris, Dunod.*
- Kolers, P. A. (1993), Imagerie mentale, in R. L. Gregory (ed.) : Le cerveau, Paris, Laffont, pp. 639-642*
- Lakatos, I. (1970), History of science and its rational reconstructions, Boston studies for the philosophy of science, 8*
- Leibniz, W. (1969a), Essais de théodicée, Paris, Garnier-Flammarion.*
- Leibniz, W. (1969b), L'entendement humain, Paris, PUF.*

- Lévy, P. (1987), *Le paradigme du calcul*, in I. Stengers (ed.) : D'une science à l'autre, Paris, Seuil.
- Levy-Leblond, J.-M. (1977), *Catastrophes, paradoxes et métaphores*, Critique, 359.
- Lochak, G. (1994), *La géométrisation de la physique*, Paris, Flammarion.
- Marr, D. (1982), *Vision*, San Francisco, Freeman.
- McCloskey, M. (1983), *Naive theories of motion*, in D. Genter, A. L. Stevens (eds) : Mental models, Hillsdale, Erlbaum, pp. 299-324.
- McCloskey, M., Washburn, A., Felch, L. (1983), *Intuitive physics : the curvilinear impetus principle and its role in interaction with moving objects*, Journal of Experimental Psychology, 9, pp. 146-156.
- McCulloch, W. S., Pitts, W. A. (1943), *Logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, pp. 115-133
- Minsky, M. (1988), *La société de l'esprit*, Paris, InterEditions.
- Morin, E. (1980), *La méthode. II. La Vie de la Vie*, Paris, Seuil.
- Newell, A. (1980), *Physical symbol systems*, Cognitive Science, 4, pp. 135-183.
- Newell, A., Simon, H. A. (1972), *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Newell, A., Simon, H. A. (1976), *Computer science as an empirical inquiry : symbol and search*, Communications of the ACM, 19, 3, pp. 113-126.
- Nietzsche, F. (1971), *Par delà bien et mal*, Paris, Gallimard.
- Nisbett, R. E., Bellows, N. (1977), *Verbal reports about causal influence on social judgment : private access versus public theories*, Journal of Personality and Social Psychology, 35, pp. 613-624.
- Olivia, T. A., Desarbo, W. S., Day, D. L., Jedidi, K. (1987), *Gemcat : a general multivariate methodology for estimating catastrophe models*, Behavioral Science, 32, pp. 121-136.
- Peak, H. (1955), *Attitude and motivation*, in M. R. Jones (ed.): Nebraska Symposium on Motivation, Lincoln, University of Nebraska Press, pp. 149-158.
- Robert, P. (1994), *Théories et métathéories du chaos : applications en comportement du consommateur*, Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 05 juillet.
- Rosenberg, M. J. (1956), *Cognitive structure and attitudinal affect*, Journal of Abnormal and Social Psychology, 53, pp. 367-372.
- Searle, J. R. (1995), *La redécouverte de l'esprit*, Paris, Gallimard.
- Shanon, B. (1976), *Aristotelianism, newtonianism and physics of the layman*, Perception, 5, pp. 241-243.

- Simon, H. A. (1991), Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel, Paris, Dunod.*
- Tank, D., Hopfield, J. (1988), Les réseaux de neurones formels, Pour la Science, 124, pp. 80-88.*
- Thom, R. (1972), Stabilité structurelle et morphogénèse, Reading, W. A. Benjamin.*
- Thom, R. (1980), Modèles mathématiques de la morphogénèse, Paris, C. Bourgois.*
- Thom, R. (1982), Mathématique et théorie scientifique, in Penser les mathématiques, Paris, Seuil.*
- Thomas, R., Alaphilippe D. (1983), Les attitudes, Paris, PUF.*
- Valette-Florence, P., Aurifeille, J.-M., Rapacchi, B. (1993), Apport d'un modèle d'équations structurelles à l'analyse des chaînes moyens-fins, Actes du 9ème Colloque International de l'Association Française du Marketing, pp. 85-108.*
- Valette-Florence, P., Serieys, M., Roehrich, G. (1995), Bifurcation ou continuité : test préliminaire d'un modèle de catastrophes, Actes du 11ème Colloque International de l'Association Française du Marketing, pp. 721-740.*
- Varela, F. J., Thomson, F. E., Rosch, E. (1993), L'inscription corporelle de l'esprit, Paris, Seuil.*
- Wittgenstein, L. (1992), Leçons et conversations, Paris, Gallimard.*
- Wolfram, S. (1984), Les logiciels scientifiques, Pour la Science, 84, novembre.*