

Problèmes et actualité du concept d'intelligence

André Tricot

Maître de Conférences en Psychologie Cognitive

Responsable du département AIS de l'IUFM de Bretagne

andre.tricot@bretagne.iufm.fr

Introduction

On a longtemps considéré que l'intelligence était un objet d'étude de la psychologie, et qu'elle était mesurable, le second fait (la mesure) fondant l'existence du premier (l'intelligence, comme objet étudiable). Puis, notamment sous l'effet de la montée en puissance du courant cognitiviste en psychologie et de critiques (scientifiques ou morales) des instruments de mesure (e.g. Gould, 1986), le concept d'intelligence a été progressivement mis en retrait d'une bonne partie de la recherche en psychologie scientifique, à partir de la fin des années 70.

De façon rapide, on peut dire que l'intelligence n'existe pas pour la simple et bonne raison que l'on ne sait pas la définir de façon rigoureuse. Il s'agirait, en fait, d'un terme servant à masquer notre faible connaissance de l'ensemble des processus complexes impliqués dans le traitement de situations (processus qui impliquent mémoire, perception, interprétation, traitement, affectivité, etc.).

En première analyse donc, il semble scientifiquement raisonnable de considérer que le concept d'intelligence est, au moins, inutilisable. Et comme il est scientifiquement impossible de démontrer que quelque chose n'existe pas, nous pourrions en rester là.

Pourtant, 20 ans après que son retrait a commencé, on constate que la notion d'intelligence est très fortement présente dans des supports de vulgarisation de la connaissance scientifique, comme en atteste la publication en 1998 d'un numéro spécial du *Monde de*

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AIIS*, 6.

l'Éducation et du *Scientific American* (*Pour La Science* dans sa version française), ou de dossiers faisant la une de *La Recherche* et de *Science et Avenir*.

Plus intrigant encore, c'est Jean-Pierre Changeux, le grand neurophysiologiste réductionniste, qui a coordonné le numéro spécial du *Monde de l'Éducation* évoqué ci-dessus, et, à le lire, tout se passe comme si les neurosciences pouvaient non seulement annexer la psychologie mais aussi ses concepts les plus faibles (sans d'ailleurs prendre la peine de les définir)... Michèle Carlier, actuelle présidente de la Société Française de Psychologie, conduit des recherches (cf. Spitz *et al.*, 1996) où elle évalue l'intelligence chez des jumeaux monozygotes mono et dichorioniques (les jumeaux dichorioniques proviennent d'un œuf séparé avant le 4^{ème} jour, tandis que jumeaux monochorioniques proviennent d'un œuf séparé plus tard). Certains chercheurs en psychologie différentielle, comme Pierre-Yves Gilles lors de l'atelier de conjoncture " Apprendre à l'école " de la Société Française de Psychologie, continuent d'utiliser ce concept et sa mesure par des tests mesurant " un QI ".

Et la notion d'intelligence multiple (Gardner, 1997) connaît un réel succès dans le champ de l'éducation, notamment dans les pays anglo-saxons et nordiques.

Est-ce à dire que l'on est incapable de se passer de ce concept ? Si oui, pourquoi ? Parce que c'est un concept bien pratique pour interpréter certains résultats ? Parce que la psychologie a toujours du mal à se comporter comme une discipline scientifique ? Parce que le concept d'intelligence dépasse largement la psychologie ? Parce que l'intelligence existe bel et bien, mais que l'on ne sait pas encore la spécifier ?

Intelligence et cognitivisme

Dans certains laboratoires de recherche en psychologie cognitive ainsi que dans certains supports de publication en psychologie, le terme " intelligence " a donc complètement disparu depuis plus de 20 ans. Les raisons de cette disparition sont connues : elles tiennent d'une part à l'impossibilité de définir rigoureusement ce concept, et d'autre part à l'apparition de la notion de capacité de traitement (de la mémoire de travail), à la fin des années 50. Ce concept de capacité de traitement, ainsi bien entendu que celui de connaissance, ont pu permettre à l'intérieur du courant cognitiviste d'expliquer des différences interindividuelles quant aux performances " intellectuelles " (dans des situations de résolution de problèmes par exemple). L'intérêt du concept de capacité de traitement par rapport au concept d'intelligence réside avant tout dans le fait qu'une différence de performance entre deux individus n'est pas nécessairement expliquée par une différence de capacité entre ces deux

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l' AIS*, 6.

individus, mais aussi par une différence dans l'ensemble des connaissances utilisées pour réaliser la tâche, aussi bien du côté déclaratif (interprétation de la tâche, de la situation, du résultat obtenu), que du côté procédural (stratégie et procédures choisies pour réaliser la tâche).

Il nous semble important de comprendre les relations du “ courant cognitiviste ” (ou “ paradigme computo-symbolique ”) avec le concept d'intelligence, et de le distinguer d'un courant plus large, celui de la “ psychologie de la cognition ” (qui pourrait encadrer les courants constructivistes, cognitivistes, connexionnistes, etc.). On reconnaît généralement que l'acte de naissance du courant cognitiviste est l'article d'Alan Turing publié en 1950 sous le titre “ Machines à calculer et intelligence ”. On sait que 14 ans auparavant Turing (1936) avait décrit sa “ machine universelle ”, machine à traiter des symboles (*i.e.* des nombres et des opérations) de sorte que tout nombre réel régi par une loi définie est un nombre calculable, donc calculable par une machine universelle de Turing. Autrement dit, en inventant le concept d'ordinateur, Turing a rapidement montré qu'une machine peut égaler ou dépasser les performances en calcul d'un être humain. Il suffit alors de considérer que toutes les performances intellectuelles humaines peuvent s'exprimer sous la forme de fonctions symboliques (pour peu qu'on prenne le temps de les décrire sous cette forme) : l'ordinateur devient capable des mêmes performances (ou de meilleures performances) que l'être humain. Cette approche permet en outre à Turing de dire que la question d'une définition “ conceptuelle ” de l'intelligence ne se pose plus, l'approche performative de la définition de l'intelligence étant suffisante. Dans cet article de 1950, Turing décrit donc un test (le “ Test de Turing ”), qui est censé permettre de décider si une machine est intelligente ou pas (ou si elle pense ou pas, selon les termes de Turing). Selon Turing, une machine est intelligente à partir du moment où elle arrive à simuler l'intelligence nécessaire pour gagner un jeu, celui de l'imitation d'une femme par un homme (voir, entre autres, la discussion de Harnad, 1992). Cette idée est probablement fondamentale, elle a en tous cas fondé des milliers de recherches pendant plus de 40 ans : la simulation de l'intelligence (ou de la pensée) est la même chose que l'intelligence (ou que la pensée). Seul problème de cette idée géniale : elle ne donne pas les moyens de sa propre réfutation, elle n'est donc pas scientifique¹. Cette approche turingienne de la question des performances intellectuelles va donc donner naissance, 7 ans plus tard (1956), au courant de l'Intelligence Artificielle en informatique

¹ Comme le dit souvent Jaron Lanier (l'inventeur de la réalité virtuelle), cette idée a un autre défaut réhibitoire : elle ne correspond à rien de concret puisque aucune machine n'a jamais gagné le jeu de l'imitation. Pour Lanier, la réfutation du test de Turing est tout simplement la réalité !

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AI*, 6.

(avec, entre autres, la première présentation du Logic Theorist de Newell et Simon ; et des travaux de Minsky) et au courant cognitiviste ou computo-symbolique en psychologie (Miller publie son article sur la limitation de la capacité de la mémoire à court terme) et en linguistique (Chomsky, après avoir soutenu sa thèse en 1955, publie ses premiers travaux de grammaire générative en 1957).

Le courant cognitiviste considère donc, à la suite de Turing, que la cognition humaine peut être décrite comme résultant du traitement d'informations symboliques par un système de calcul. L'ordinateur représente le niveau du cerveau ; le logiciel représente le niveau de l'esprit (du système cognitif) ; les informations symboliques représentent le niveau des représentations mentales. L'intelligence, en tant qu'objet pouvant fonder la description d'une différence entre des individus, est évacuée de ce courant, en ce sens qu'il y a intelligence (et donc pensée, les deux termes sont ici synonymes) dès qu'il y a traitement d'informations symboliques par un système de calcul (en gros donc, toute activité intellectuelle humaine ou artificielle est intelligente, et la question de savoir si ceci est plus intelligent que cela ne se pose pas).

Or on assiste depuis quelques années à la remise en cause de l'une des clés de voûte de cette approche, la notion de capacité de traitement de la mémoire de travail (voir la synthèse de Barouillet, 1996) et plus généralement à la remise en cause de la notion de mémoire de travail (Roulin & Monnier, 1996), pour des raisons internes et externes à la psychologie. Du côté des raisons internes, deux types de critiques sont généralement évoquées : (a) la faiblesse des descriptions du fonctionnement de la mémoire de travail, sorte de zone tampon à capacité de traitement limitée (dans le temps, dans l'espace, en énergie ?) dont on ne sait pas vraiment ce qu'elle traite (des informations ? des *chunks* ? des unités de signification ?), ni comment (si quelques résultats expérimentaux viennent étayer la thèse de l'existence d'une boucle phonologique, bien rares sont ceux qui viendraient nous faire comprendre comment fonctionne le calepin visuo-spacial) ; (b) cette prétendue capacité pourrait n'être que l'expression de la mobilisation de connaissances stockées en mémoire à long terme, et varier, tant en capacité de rétention que de traitement, en fonction du degré d'expertise du sujet sur la tâche traitée (Ericsson & Kintsch, 1995). Du côté des raisons externes, c'est l'absence de support neurophysiologique à cette hypothétique " unité de traitement à capacité limitée ", et le fait que ce concept ne soit probablement que l'expression de l'ensemble des activités du système nerveux central à un moment donné, qui fait douter de la fiabilité de ce concept.

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AI*, 6.

Si bien que l'on peut se demander si les difficultés actuelles de l'Intelligence Artificielle "symbolique" à simuler des processus dans le domaine de la perception, de la reconnaissance ou de la prise de décision, et de la psychologie cognitive "cognitiviste" à modéliser ces mêmes processus (et d'autres) ne mettent pas simplement en évidence la différence entre le traitement de l'information par un système artificiel et le traitement de connaissances et de sens par un être humain (Bruner, 1990) ? Si cette différence est fondamentale, alors les concepts qui ont permis d'éluder le concept d'intelligence ne tiennent plus. Ce qui doit nécessairement conduire à se reposer la question de l'intelligence.

Intelligence et philosophie de l'esprit

Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'intelligence ne constitue pas un objet central pour la philosophie, pas même pour la philosophie de l'esprit. En revanche les débats entre la philosophie de l'esprit et les sciences cognitives, notamment depuis la fin des années 80, éclairent de façon intéressante la question de l'esprit conçu comme niveau indépendant ou non du niveau biologique (le cerveau). En gros, l'hypothèse physicaliste d'un seul niveau (cerveau - esprit) conduit directement à conclure que : soit l'intelligence n'existe pas (c'est juste un concept dualiste) ; soit l'intelligence désigne simplement la capacité d'adaptation d'un système biologique à son environnement. Si le débat est tellement riche depuis les années 86-87, c'est que le connexionnisme, puis plus généralement l'IA distribuée, ont fourni un argument de poids aux physicalistes : on est capable de simuler des performances réputées intelligentes, ou en tout cas atteignables par un système cognitif élaboré, sans passer par le traitement d'informations symboliques (sans passer par le niveau des représentations)². La dualité ordinateur/ logiciel ne se posant plus avec ce type de formalisme, on put en conclure que l'on disposait d'un bon modèle pour penser l'absence de dualité cerveau-esprit. L'utilisation du terme "réseau de neurones formels" pour désigner les formalismes connexionnistes vint renforcer cet espoir, en un temps où les neurosciences entamaient une période de progrès fulgurants.

Autrement dit, le débat engagé entre la philosophie de l'esprit et les sciences cognitives ces années-là (voir, entre autres, les contributions à ce débat des Français Joëlle Proust, Jean Petitot, Élisabeth Pacherie, Pierre Jacob, Pascal Engel, Pierre Livet et des anglo-saxons David Chalmers, Andy Clark, Paul et Patricia Churchland, Jerry Fodor, Zénon Pylyshyn, Paul

² Rappelons-nous aussi que Rodney Brooks intitula son célèbre article sur les micro-robots (qui constituent le deuxième grand courant de l'IA distribuée) : " Intelligence without representation ".

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AIIS*, 6.

Smolensky) pouvait aboutir à la conclusion physicaliste selon laquelle l'intelligence ne désigne qu'un attribut commun à tout système adaptatif, qu'il soit biologique ou artificiel. Ce qui avait le mérite, au moins, d'être relativement clair.

Malheureusement ou heureusement, le débat fit apparaître que les choses sont moins simples qu'il n'y paraît. Certains cognitivistes conçoivent le système cognitif humain comme un système adaptatif (e.g. Anderson, 1990 ; Hayes-Roth, 1991), certains modèles symboliques sont fondés sur une dynamique permettant l'émergence de nouvelles propriétés ou de nouveaux objets sans entrée (Landauer & Dumais, 1997), certains connexionnistes conçoivent le système cognitif humain comme un système traitant des représentations à un niveau indépendant (voir notamment Christiansen & Chater, 1992). Puis, le débat prit une tournure différente quand des mathématiciens (voir Courrieu, 1994 pour une synthèse), montrèrent que toute fonction symbolique peut être approximée d'aussi près qu'il est voulu par un réseau connexionniste : de philosophique et fondamental le débat devint purement technique (quel formalisme me convient le mieux pour modéliser ceci ou cela ?).

En même temps, ce débat permit, nous semble-t-il, de revenir sur l'opposition, probablement moins importante qu'on a bien voulu le dire, entre le béhaviorisme et le cognitivisme (Anderson, 1989). Il permit en effet de préciser que, fondamentalement, le cognitivisme, comme le béhaviorisme et le connexionnisme, conçoivent l'esprit humain comme un système de transformation d'entrées en sorties, donc comme une fonction ou un ensemble de fonctions. (Que ces fonctions soient symboliques ou non devenant un problème de choix technique, on peut envisager que le système cognitif traite ou non des représentations... selon le type d'activité concerné). L'intelligence pourrait alors être définie comme une caractéristique de ces fonctions. On pourrait même quantifier l'intelligence des systèmes cognitifs intelligents, en définissant ces systèmes comme étant des "systèmes qui trouvent les réponses les plus adéquates dans le plus grand nombre de cas et le minimum de temps".

L'intelligence, un concept opérationnel

Une autre approche de la question de l'intelligence est nettement plus pragmatique : la question de savoir si l'intelligence "existe" est complètement illusoire (pourquoi ne pas se demander, tant qu'on y est, si l'esprit existe, si les représentations existent, si la mémoire existe, etc.) ; la véritable question est de savoir si cette notion est utile pour décrire des phénomènes, comprendre des situations, prendre des décisions.

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l' AIS*, 6.

Par exemple, si des différences interindividuelles existent dans la mesure de la performance à telle ou telle tâche, et que les explications en termes de facteurs externes à l'individu (sociaux par exemple, mais aussi instructionnels) ne suffisent pas à expliquer ces différences, ne peut-on pas supposer qu'il existe quelque chose d'individuel qui pourrait expliquer ces différences et que l'on pourrait de façon pratique appeler cette chose intelligence ? Cela suffit-il pour fonder ce concept ? Cela permet-il d'élaborer une théorie psychologique ? Ou cela n'est-il qu'un artefact produit par quelque statistique descriptive autosuffisante³ ? De la même façon, quand une recherche (Lieury, 1997) montre que la réussite scolaire est plus corrélée avec la réussite à un test de mémoire encyclopédique ou de rétention de listes de mots qu'à un test de raisonnement (le D70) n'est-ce pas un formidable outil de questionnement de la notion de réussite scolaire, et plus largement de notre conception de la scolarité ? Quand Piaget parlait de développement de l'intelligence pour assimiler ce développement à celui de l'enfant et de ses connaissances, n'était-ce pas un formidable plaidoyer pour l'éducation ?

Mais où est donc passé mon rasoir d'Occam ?

La notion d'intelligence est donc polymorphe. Elle est parfois proche de celle d'activité intellectuelle, de connaissance, de mémoire, de capacité d'abstraction, d'équilibre, d'esprit, etc. Un des mérites de Turing est à notre sens d'avoir posé la question de l'intelligence en dehors de son support et de son "caractère humain". Il a permis une réflexion sur "l'essence" de l'intelligence, autour notamment de la "capacité d'adopter un comportement adapté à la situation"⁴.

³ Récemment, Dickes (1997) a proposé une discussion dans laquelle la notion l'intelligence générale est clairement issue d'une construction *a posteriori* (encore et toujours !), sur des contenus de tests ayant produit des résultats intéressants, lors de l'analyse de matrices de corrélation. Dans le même volume, Juhel (1997) adopte une position très différente, nettement plus rigoureuse : pour lui, la modélisation de la variabilité des conduites inter- ou intra-individuelles doit s'attacher à rendre compte de la complexité des phénomènes modélisés, sans en chercher d'explication simple. Il fait remarquer que l'usage de tels outils de modélisation "est bien souvent métaphorique" et il souhaite que cette approche "vienne compléter les outils conceptuels et méthodologiques dont le psychologue dispose aujourd'hui" (p. 40).

⁴ Et cela a conduit à un de mes problèmes favori, celui du tournesol : le tournesol est intelligent puisqu'il a la "capacité d'adopter un comportement adapté à la situation" et il n'y a fondamentalement pas de différence d'intelligence entre lui et moi (si ce n'est que j'ai des jambes qui me permettent de me déplacer et lui non)... ce qui à la fois me fascine et me gêne quelque part. Et il n'y a pas que moi que ça gêne, cette comparaison avec un tournesol ou une machine de Turing. Je fais même l'hypothèse (très fumeuse) que la diminution du nombre d'items de calcul mathématiques dans les tests de QI suit de très près l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs au fil des ans (par simple réflexe de protection de l'espèce humaine contre une énième blessure narcissique).

Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AI*, 6.

À notre connaissance, un des rares chercheurs à avoir, ces dernières années, tenté de se confronter directement à la définition du concept d'intelligence est Douglas Hofstadter (1985). Il définit l'intelligence comme la capacité "de réagir avec souplesse aux situations qui se présentent, de tirer profit de circonstances fortuites, de discerner le sens de messages ambigus ou contradictoires, de juger de l'importance relative de différents éléments d'une situation, de trouver des similitudes entre des situations malgré les différences qui peuvent les séparer, d'établir des distinctions entre des situations malgré les similitudes qui les rapprochent, de synthétiser de nouveaux concepts à partir d'anciens concepts assemblés différemment, de trouver des idées nouvelles". Cette définition est bien séduisante, mais elle comporte bon nombre de termes flous ; elle semble aussi très "intellectuelle" voire Hofstadterienne (on dirait une définition de l'intelligence nécessaire à la résolution des problèmes que Hofstadter proposait dans le *Scientific American* au début des années 80). Et cette définition n'a pas pour l'instant remporté un franc succès.

Enfin, du côté de la psychologie culturelle, il semble qu'aujourd'hui la question n'est ni celle de l'intelligence, ni celle du traitement de l'information, ni celle des capacités intellectuelles, mais celle du sens (ou de la signification) : l'être humain donne du sens, attribue des significations et c'est cela qui lui permet de penser, c'est cela qui constitue l'acte d'apprendre, c'est cela qui le différencie des animaux, c'est cela qui fonde l'histoire et la culture : le sens. Malheureusement, il n'existe à ma connaissance aucune définition rigoureuse de ce qu'est le sens (voir par exemple la très belle synthèse de Caron, 1988, pp. 89-124, sur la difficulté à définir ce qu'est le sens d'un mot), et il est probable que rien de très scientifique ne puisse être tenté de ce côté-là. Ou alors il est probable que le traitement scientifique de ce type problème, par exemple en IA avec le Traitement Automatique du Langage Naturel, ne pose éternellement d'énormes difficultés.

Se pose alors une question un peu cruelle : les disciplines comme la psychologie, l'éducation, la sociologie, l'IA, etc. qui utilisent le concept d'intelligence commettent-elles un simple péché de jeunesse, ou sont-elles par nature des disciplines non-scientifiques ?

Références bibliographiques

Anderson, J.R. (1989). A theory of the origins of human knowledge. *Artificial Intelligence*, 40, 313-351.

Anderson, J.R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ : LEA.

- Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AIIS*, 6.
- Barouillet, P. (1996). Ressources, capacités cognitives et mémoire de travail : postulats, métaphores et modèles. In A. Tricot & L. Chanquoy (Eds.), *La charge mentale. Psychologie Française*, 41 (4), 319-338.
- Brooks, R.A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47, 139-159.
- Bruner, J. (1990). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : ESHEL.
- Caron, J. (1989). *Précis de psycholinguistique*. Paris : PUF.
- Chalmers, D.J. (1993). Connectionism and compositionality : Why Fodor and Pylyshyn were wrong ? *Philosophical Psychology*, 6 (3), 305-319.
- Changeux, J.-P. (Ed.), (1998). L'intelligence. *Le Monde de l'Éducation*, 255, 25-58.
- Chomsky, N. (1955). *The logical structure of linguistic theory*. Microfilm, Bibliothèque de l'Université d'Havard.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. La Hague : Mouton.
- Christiansen, M.H., & Chater, N. (1992). Connectionism, learning and meaning. *Connection Science*, 4 (3/4), 227-252.
- Clark, A. (1992). Editorial : representation, development and situated connectionism. *Connection Science*, 4 (3/4), 171-174.
- Courrieu, P. (1994). *Psychologie Française*, numéro spécial "raisonnement".
- Cummins, R., & Schwarz, G. (1992). Connexionnisme, computation et cognition. In D. Andler (Ed.), *Introduction aux sciences cognitives*. Paris : Seuil.
- Dickes, P. (1997). Comment construire un test de facteur g ? In J. Juhel, T. Marivain, & G. Rouxel (Eds.), *Psychologie et différences individuelles*. Rennes : PUR.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long term working memory. *Psychological Review*, 102 (2), 211-245.
- Fodor, J., & Pylyshyn, Z. (1998). Connectionism and cognitive architecture : a critical analysis. *Cognition*, 28, 3-71.
- Gardner, H. (1997). *Les formes de l'intelligence*. Paris : Odile Jacob.
- Gould, S.J. (1986). *La malmesure de l'homme*. Paris : Le livre de poche.
- Harnad, S. (1992). Turing test is not a trick : Turing indistinguishability is a scientific criterion. *SIGART Bulletin*, 3 (4), 9-10.
- Hayes-Roth, B. (1991). Making intelligent systems adaptative. In K. van Lehn (Ed.), *Architecture for intelligence*. Hillsdale, NJ : LEA.
- Hofstadter, D. (1979-85). *Gödel Escher Bach. Les brins d'une guirlande éternelle*. Paris : InterEditions.
- Johnson-Laird, P.N. (1988-94). *L'ordinateur et l'esprit*. Paris : Odile Jacob.
- Juhel, J. (1997). Systèmes psychologiques et modélisation de la variabilité. In J. Juhel, T. Marivain, & G. Rouxel (Eds.), *Psychologie et différences individuelles*. Rennes : PUR.

- Tricot, A. (Ed.), (1999). L'intelligence en débat. *La Nouvelle Revue de l'AIIS*, 6.
- Landauer, T., & Dumais, S. (1997). A solution to Plato's problem : Latent semantic analysis. *Psychological Review*, 104 (1).
- Lieury, A. (1997). *Mémoire et réussite scolaire*. Paris : Dunod (3ème édition).
- Miller, G.A. (1956-73). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97 (trad. fr. "Le nombre magique sept plus ou moins deux". In J. Mehler & G. Noizet, (eds.), Textes pour une psycholinguistique. La Hague : Mouton).
- Neisser, U. (1998). Sommes-nous plus intelligents que nos grands-parents ? *La Recherche*, 309, 46-52.
- Pacherie, E. (1993). *Naturaliser l'intentionnalité*. Paris : PUF.
- Petitot, J. (1990). Le physique, le morphologique, le symbolique. *Revue de Synthèse*, 4 (1/2), 139-183.
- Proust, J. (1990). De la difficulté d'être naturaliste en matière d'intentionnalité. *Revue de Synthèse*, 4 (1/2), 13-31.
- Rialle, V., & Fissette, D. (Eds.), (1996). *Penser l'esprit. Des sciences de la cognition à une philosophie cognitive*. Grenoble : PUG.
- Roulin, J.-L., & Monnier, C. (1996). La mémoire de travail. In F. Eustache & B. Lechevallier (Eds.), *Mémoire et amnésies* (pp. 237-276). Bruxelles : De Boeck.
- Smolensky, P. (1992). IA connexionniste, IA symbolique et cerveau. In D. Andler (Ed.), *Introduction aux sciences cognitives*. Paris : Seuil.
- Spitz, E., Carlier, M., Vacher-Lavenue, M.-C., Reed, T. Moutier, R., Busnel, & Roubertoux, P.L. (1996). Long term effect of prenatal heterogeneity among monozygotes. *CPC-Current Psychology of Cognition*, 15, 283-308.
- Turing, A. (1936). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2ème Série.
- Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460. (trad. fr. "Machines à calculer et intelligence", in A. Pélissier & A. Tête (Eds.), (1995). Sciences cognitives. Textes fondateurs (1943-1950). Paris : PUF.