

Paru dans D. Andler & B. Guerry, dir., *Apprendre demain, Sciences cognitives et éducation à l'ère numérique*  
 Paris: Hatier, ~~2008~~

## Sciences cognitives et éducation : une relation sérieuse

Daniel Andler  
 Université Paris-Sorbonne (Paris IV)  
 Ecole normale supérieure  
 Institut universitaire de France  
 Directeur scientifique du groupe *Compas*

Si l'on pouvait, par magie, inspecter les pensées de tous ceux dans notre pays dont l'éducation est, à un titre ou un autre, l'affaire et le métier, aux moments (généralement fugaces) où ils se tournent vers les sciences cognitives, et rassembler ces pensées dans un grand tableau, on distinguerait probablement deux attracteurs de force inégale. L'un serait l'idée que les sciences cognitives n'ont rien à apporter à l'éducation, l'autre qu'elles sont peut-être leur salut. Le premier, de loin le plus important, se diviserait en un pôle frivole : les sciences cognitives comme n° gadget moderniste, et un pôle sinistre : les sciences cognitives comme instrument de la rationalité techniciste, du positivisme, voire du capitalisme mondial. Le second, tout ténu qu'il soit, aurait aussi deux pôles –un pôle naturaliste : les sciences cognitives comme fondement de la méthode scientifique dans l'éducation, et un pôle artificialiste : les sciences cognitives comme déclinaison du paradigme informatique dans les classes.

Dans cet article<sup>1</sup> je voudrais défendre une position plus proche du second que du premier attracteur, mais néanmoins bien distincte. Elle repose, d'un côté, sur une conception des sciences cognitives à la fois plus précise et plus large que celles qui ont encore souvent cours, y compris chez certains de ses porte-parole dans les milieux éducatifs<sup>2</sup> ; et de l'autre sur la prise en considération de la complexité de ce que recouvre le concept d'éducation. Mais par-delà ces perspectives très générales, qu'il faudra étayer en d'autres occasions, et une fois certaines clarifications apportées, mon ambition est surtout d'illustrer par quelques exemples la diversité des applications possibles des sciences cognitives à l'éducation, comme théorie et comme pratique, et plus largement des modes d'interaction entre ces deux sphères. S'il est pour moi une évidence, c'est que leur relation est sérieuse et durable, au sens où ne le sont ni le flirt ni le raid militaire, et qu'elle va graduellement, mais plus rapidement qu'on imagine peut-être, s'inscrire au cœur de la pensée de l'éducation. Enfin, je dirai pourquoi, à cent lieues de toute utopie ou dystopie technicienne, les nouvelles technologies sont pour l'éducation à la fois un

<sup>1</sup> Quelques brefs passages sont repris d'un article récent (Andler 2007).

<sup>2</sup> On lit par exemple sous la plume de Jill Larkin, une proche collègue de John Bruer, dans son avant-propos au recueil fort intéressant de Kate McGilly (McGilly 1994, p. x), que "l'objectif des sciences cognitives [...] est de fournir une caractérisation explicite de la connaissance et de l'apprentissage". Plus haut (p. ix), elle écrit que "les sciences cognitives [...] cherchent à décrire les mécanismes de l'esprit, c'est-à-dire les mécanismes de la mémoire, du raisonnement, de la résolution de problèmes et de l'interaction avec l'environnement". C'est là une conception étriquée des sciences cognitives, qui ne rend compte ni de leur horizon théorique ni de l'étendue de leur compétence.

horizon et une occasion, que les sciences cognitives peuvent contribuer à une transition de l'éducation plus intelligente, plus harmonieuse, plus respectueuse des valeurs fondamentales, vers des modalités qui seront nécessairement davantage ancrées dans le XXI<sup>e</sup> siècle que dans le XIX<sup>e</sup>.

### 1. L'équation de Bruer

Le psychologue John Bruer est sans doute celui qui, aux Etats-Unis, a le plus fermement œuvré en faveur d'un rapprochement des sciences cognitives et de l'éducation. Figure respectée des sciences de l'éducation, il possède une familiarité réelle avec les sciences cognitives, et a mené en collaboration de nombreuses recherches à l'interface des deux domaines, tout en produisant régulièrement des synthèses de l'ensemble des travaux théoriques, pratiques et programmatiques disponibles<sup>3</sup> et en mettant la fondation<sup>4</sup> qu'il préside au service de son projet : appliquer les connaissances et les savoir-faire des sciences cognitives à l'élaboration de méthodes éducatives.

Bruer soutient que le rapport des sciences cognitives à l'éducation est semblable à celui que la biologie entretient avec la médecine<sup>5</sup>. L'« équation » que je lui attribue est donc :

$$\frac{\text{sciences cognitives}}{\text{éducation}} = \frac{\text{biologie}}{\text{médecine}}$$

On voit que Bruer campe résolument près du second attracteur. Il est trop sage pour imaginer qu'il suffirait de décliner les résultats des sciences cognitives pour voir surgir dans nos écoles une éducation optimale ; ce n'est pas plus plausible que de penser que nos connaissances en biologie suffisent à assurer la meilleure médecine possible. Entre une science du corps humain et une pratique médicale, il y a toute la distance entre la science et la pratique, distance d'autant plus grande que la pratique en question est massivement collective et insérée à de multiples niveaux dans la politique, l'économie, la culture et les normes. Et même si l'on fait abstraction de ces dimensions, il resterait qu'entre la connaissance issue des laboratoires et codifiée dans les traités, et le savoir vivant et en acte du médecin, la distance n'est jamais nulle. Il en va de même pour l'éducation, mais dans ce cas les choses sont plus complexes encore. Car à supposer que l'on puisse caractériser de manière relativement objective et stable ce qu'est une bonne médecine (ce que je propose d'admettre ici, à titre de simplification, l'argument étant comparatif), on peut douter que ce soit possible pour une « bonne éducation », concept mouvant, dépendant du lieu et de moment, et plus encore de nos choix théoriques, conceptuels et normatifs. De fait, le répertoire entier des normes régissant le domaine de l'éducation est une négociation permanente et complexe entre une multitude de groupes sociaux, qui se déroule depuis des générations et qui implique au plus haut degré, justement, les générations puisque c'est par l'éducation que chaque génération entend laisser sa marque sur la génération qui la suit.

Cette différence entre les deux « dénominateurs » de l'équation pourrait être le point d'appui d'une première critique. Une seconde, plus centrale dans les débats actuels, part de la question suivante : les sciences cognitives sont-elles les seules, ou mêmes les principales disciplines scientifiques pertinentes pour l'éducation ? Sont-elles vraiment les seules sciences (pures) de l'éducation ? Cette question a son pendant dans le membre de droite de notre équation : la biologie est-elle vraiment la (seule) science pure de la médecine ? Ici encore, on pressent

<sup>3</sup> Bruer 1993, Bruer 2003 et nombreux articles.

<sup>4</sup> James S. McDonnell Foundation.

<sup>5</sup> Bruer (1993), p. 259.

qu'une réponse positive à droite est moins problématique qu'à gauche, même si elle n'est pas sans soulever des difficultés. Une leçon peut être tirée pourtant de la comparaison : après tout, cela dépend aussi de ce que l'on fait tenir sous l'ombrelle de la biologie. Il faudra donc se demander d'abord ce qu'il est raisonnable de faire tenir sous l'ombrelle des sciences cognitives. Il n'en demeure pas moins que les sciences de l'éducation sont d'autant plus réservées pour le moment sur l'idée que les sciences cognitives constituent leur ossature théorique qu'elles tendent, on l'a dit, à leur dénier toute pertinence. Si cette opposition radicale n'est guère destinée à durer, selon moi, il ne faut pas perdre de vue la question parfaitement légitime de savoir si les sciences cognitives peuvent englober, à terme, toute la recherche théorique sur l'éducation (les aspects institutionnels, économiques et politiques relevant évidemment d'autres compétences, même si l'on peut imaginer des interactions fécondes).

Ces objections possibles ayant été évoquées, je me propose de prendre l'équation de Bruer comme point de départ, de la considérer comme une première approximation du rapport entre sciences cognitives et éducation. Elle a au moins le mérite de placer l'enjeu à la bonne hauteur. Si les sciences cognitives n'étaient qu'une mode, une passade, ayant un moment prétendu apporter toutes les réponses et n'ayant en réalité accouché que de quelques souris en forme de vagues métaphores ou de logiciels vite oubliés, il ne vaudrait certainement pas la peine d'examiner gravement la question de leur potentiel. En proposant son équation, le premier objectif de Bruer était de rejeter cette hypothèse, conforme à un certain scepticisme moqueur de la profession professorale, mais également favorable au maintien de certaines situations acquises dans les sciences de l'éducation.

Cet objectif est aussi le mien. Pour autant, il faut reconnaître les divergences et éviter de les cristalliser en oppositions frontales. Les sciences de l'éducation et les sciences cognitives ont tout intérêt à s'épauler, et c'est dans l'interaction qu'elles dessineront, si c'est nécessaire, des frontières toujours poreuses et provisoires. Mais cette interaction n'est possible qu'à certaines conditions, essentiellement l'abandon des positions dogmatiques, et plus particulièrement celles qui consistent à attribuer à l'autre camp des positions dogmatiques. Bref, il faut apprendre à se connaître.

Notons à cet égard que Bruer n'a pas dû batailler seulement contre le scepticisme des spécialistes de l'éducation : il est à peine moins répandu au sein des sciences cognitives, où beaucoup voient dans l'éducation un phénomène complexe, culturellement élaboré et divers, trop « impur » pour se prêter à la méthodologie scientifique. Les choses changent, quoique lentement : il n'est plus considéré indécent, ni même « déclassé », de la part d'un spécialiste de cognition de s'investir dans des recherches sur l'éducation. Inversement, les sciences cognitives suscitent moins de réserves dans les sciences de l'éducation, en tout cas aux Etats-Unis, au Royaume-Uni et dans certains autres pays. Mais l'équation de Bruer n'est pas mise en avant. Il est remarquable que dans les synthèses récentes produites par différents collectifs, dont John Bransford et son équipe font invariablement partie<sup>6</sup>, les sciences cognitives sont peu mentionnées en tant que telles, alors que leurs propres travaux en relèvent en grande partie. Mon hypothèse est qu'il s'agit là pour partie de péripéties relevant de la politique académique et de stratégies de recherche de financements ; pour partie de questions de périmètre sans portée théorique : il n'existe pas de définition canonique des sciences cognitives, ni du reste de définition canonique des sciences de l'éducation ; pour partie, enfin, de différences réelles d'appréciation sur l'utilité globale d'une « remontée » au niveau théorique où les sciences cognitives se placent le plus naturellement.

---

<sup>6</sup> Bransford *et al.* 2006 est la plus récente; ce texte remarquablement riche retrace, comme l'indique son titre, dix années de recherches en psychologie de l'apprentissage et leur impact sur les pratiques éducatives aux Etats-Unis.

## 2. Les sciences cognitives

Il est temps, par conséquent, de faire un retour en arrière pour dire, sans détails excessifs, ce qu'il convient d'entendre par sciences cognitives<sup>7</sup>. C'est d'une caractérisation à la fois générale et minimale que nous avons besoin ici : elle doit être suffisamment générale pour qu'un lecteur non spécialiste puisse apercevoir comment elles se situent sur la carte des recherches contemporaines et dans l'histoire récente des sciences; et minimale au sens où elles ne doivent pas apparaître comme liées constitutivement à telle ou telle figure particulière présentée ou jugée, à défaut du recul nécessaire, comme paradigmatique.

Ainsi, les sciences cognitives ont parfois été assimilées à l'intelligence artificielle, et leur projection sur le champ de l'éducation à l'enseignement assisté par ordinateur (EAO), peut-être intelligemment (EIAO). Dans une phase intermédiaire, elles ont été comprises comme une partie de la psychologie expérimentale consacrée à la « gestion » (ou au « traitement ») des connaissances, étudiant en laboratoire les stratégies mémorielles, l'apprentissage ou la résolution de problème. Aujourd'hui, elles tendent à être confondues avec la partie des neurosciences ou des sciences du cerveau qui s'appuie principalement sur l'imagerie fonctionnelle cérébrale pour répondre à des questions de localisation, dans une double perspective de repérage des déficits et de cartographie génétique des facultés.

Or les sciences cognitives ne sont rien de tout cela, ou plus exactement elles sont peu ou prou liées à chacune de ces entreprises, mais elles sont surtout bien davantage que ces trois-là (dont la première a d'ailleurs depuis longtemps disparu des écrans, mais qu'on voit revenir aujourd'hui sous des formes nouvelles) . Elles ne sont rien de moins que la poursuite de l'ordre du jour le plus général d'une psychologie conçue comme le déchiffrement des mécanismes et des lois de la vie mentale. Rendre compte des enchaînements réguliers de la vie mentale, même comprise (au sens de William James, comme à celui de la réflexion commune) comme vie mentale *consciente*, c'est accepter de parler d'états mentaux non conscients, et dès lors faire des états et processus conscients un cas particulier, un aboutissement contingent de chaînes causales d'événements non intrinsèquement conscients. Notons que ces enchaînements sont aussi ceux dont tente de rendre compte toute la tradition philosophique. Notons aussi qu'ils ne se restreignent pas à ce qu'on appelle souvent traitement des connaissances, d'abord parce que les notions mêmes de connaissance, et de traitement, doivent être clarifiées, ensuite parce qu'ils portent en droit tout autant sur des ordres de phénomènes aussi divers et conceptuellement complexes que la décision, la perception, l'action, le langage, les émotions, la conscience, le soi, les rapports à autrui, l'imagination, la dissimulation, le jeu, le récit, la culture, les valeurs, normes et préférences, etc. Cet ordre du jour, les sciences cognitives le poursuivent avec un outillage conceptuel qui comprend, mais excède de beaucoup, celui de la psychologie expérimentale classique. La logique et l'informatique, mais aussi bien la physique statistique, la psychologie du développement, les neurosciences, la linguistique, l'anthropologie, la paléontologie, l'éthologie, la théorie de l'évolution, les théories formelles de la rationalité, la philosophie elle-même sont mises à contribution.

Deux précisions seront utiles pour permettre au lecteur néophyte de se faire une représentation moins abstraite du domaine en question. D'abord, il se structure autour de quelques grands couples d'opposition, dont chaque pôle tendait à relever jadis de disciplines différentes, voire hostiles. Ainsi, la cognition de l'enfant, plus particulièrement dans ses premières phases de développement, et comprise sous l'angle du développement, est systématiquement mise en rapport réciproque avec la cognition de l'adulte. Plus récemment, la cognition de l'adulte vieillissant, comprise sous l'angle de son évolution, est symétriquement mise en rapport avec la cognition du jeune adulte. Un rôle absolument central est dévolu au rapport entre la cognition de l'être humain lésé, malade, atteint d'un désordre congénital ou

---

<sup>7</sup> V. par ex. Andler 2002, 2004, 2007.

développemental et la cognition de l'être humain indemne. Une importance croissante est donnée à la mise en rapport de la cognition de diverses espèces animales non humaines et de la cognition humaine. En particulier, la comparaison entre l'homme et les primates non humains se révèle d'une grande fécondité. A ces polarités s'en ajoutent deux autres moins facilement acceptables. L'une associe les formes naturelles, biologiques de cognition à des formes artificielles encore embryonnaires et hypothétiques, réalisées dans des ordinateurs, dans des réseaux neuromimétiques, dans des robots, ou plus abstraitement encore dans des modèles formels de systèmes matériels complexes. L'autre lie la cognition individuelle à une forme encore imprécise de cognition sociale ou distribuée.

Il n'est nullement nécessaire, et il est de fait rarement le cas, qu'un chercheur en sciences cognitives embrasse l'ensemble de ces couples polaires, et qu'il accepte la pertinence de tous ; c'est ainsi que beaucoup de spécialistes de cognition humaine, qui forment les gros bataillons du domaine, sont réservés voire totalement sceptiques sur les possibilités techniques ou sur la portée conceptuelle des modèles de cognition artificielle. Il n'en demeure pas moins que l'objet central, la cognition de l'humain adulte normal, est pensée dans un paysage théorique dont l'horizon est ponctué par ces autres formes, bien présentes ou virtuelles, de cognition. Pour le dire d'une manière moins métaphorique, les sciences cognitives élaborent des concepts qui leur permettent d'embrasser dans un cadre théorique commun l'ensemble de tous ces phénomènes.

La seconde précision que l'on peut apporter, sans entrer dans une présentation détaillée qui n'aurait pas sa place ici, est la suivante. L'objectif principal des sciences cognitives est de rendre compte de manière cohérente de l'ensemble des capacités cognitives de l'être humain, dans un vocabulaire uniforme qui n'est pas celui des neurosciences, mais celui de la psychologie, rendu plus austère par le recours exclusif à un petit nombre de concepts primitifs, dont les principaux sont l'information (en un sens abstrait et général), le calcul (une manipulation de l'information réalisable matériellement) et la représentation (comme dispositif de liaison entre l'agent cognitif et son environnement). Cependant, les explications que proposent les sciences cognitives des différents phénomènes particuliers qu'elles étudient perdent ce caractère abstrait ; elles peuvent même souvent, lorsqu'il s'agit de processus dits supérieurs, s'exprimer dans un langage proche de celui de tous les jours. En revanche, arbitrer entre une bonne et une mauvaise explication n'est généralement pas à la portée du sens commun ou de l'introspection. Quant aux processus dits inférieurs, ceux dont il existe ordinairement des formes chez de nombreuses espèces animales (la perception, la motricité, la planification d'actions élémentaires...), ils ne présentent que peu de prise à l'entendement commun, et leur explication ne peut donc être « traduite » ou vulgarisée en une description dans le langage ordinaire. Mais pour les sciences cognitives, les processus supérieurs, habituellement conscients pour une bonne part, et les processus inférieurs, dont aucune partie sauf l'aboutissement n'est en général conscient, font partie d'une même grande classe de phénomènes.

### **3. Types de contribution, niveaux d'implication des sciences cognitives**

Revenons maintenant à notre propos : l'apport des sciences cognitives à l'étude des processus éducatifs. Personne, insistons-y, ne pense qu'elles puissent s'appliquer sans médiations, en tout cas dans l'état actuel des connaissances et du périmètre des disciplines, et s'agissant des situations scolaires habituelles et de l'instruction d'enfants libres de tout déficit ou handicap. Mais cela laisse un grand nombre de possibilités. On peut distinguer, dans un premier temps, trois types de contributions, et dans un second, trois niveaux d'implication.

#### *Trois types de contribution*

Les sciences cognitives apportent d'abord (c'est en tout cas ce à quoi l'on pense en premier) des connaissances, certes fragmentaires, mais inédites, dont la pertinence pour l'éducation est claire. Il s'agit tantôt d'informations de nature négative, qui font un sort à des préjugés ou à des erreurs de provenance scientifique ou pseudo scientifique, tantôt d'informations permettant de progresser, sur le plan théorique ou pratique, dans le domaine de l'enseignement et plus largement de l'éducation. Ces connaissances sont couchées dans un vocabulaire qui constitue en lui-même un second genre de contribution, liée à ce qu'on pourrait appeler, dans le sillage de travaux récents en histoire et philosophie des sciences, un style de raisonnement<sup>8</sup>, et qui offre des possibilités conceptuelles nouvelles à qui réfléchit à l'éducation, au-delà même de ce que les sciences cognitives peuvent en dire aujourd'hui. Enfin, ces dernières doivent leurs résultats à une méthodologie, prise au sens le plus large, dont peuvent s'inspirer des travaux, expériences, bilans, évaluations, stratégies argumentatives et pratiques non nécessairement liées à l'approche proprement cognitive. En réalité, la source de progrès réels se situe probablement à l'interface des domaines, là où des communautés diverses acquièrent dans la collaboration et par l'exemple, et parfois avec l'aide du hasard<sup>9</sup>, des savoir-faire qui ont fait leurs preuves dans un contexte différent.

Tout cela est bien abstrait, dira-t-on. Des exemples vont être fournis à l'instant et dans d'autres articles du présent volume, mais il est important de donner au moins une chance à l'hypothèse que les sciences cognitives puissent offrir à l'éducation bien davantage que telle ou telle connaissance précise, tel ou tel concept, telle ou telle méthode, quelque chose qui soit de l'ordre d'un horizon, d'une orientation de la pensée, d'un contexte de questionnement<sup>10</sup>. Bien entendu, c'est en fin de compte à l'aune des apports précis et effectifs que l'on jugera de la fécondité des sciences cognitives pour l'éducation. Or le pari est que ces apports seront le résultat de la configuration théorique qu'elles proposent, alors que le risque présent est de les juger uniquement sur leurs premiers résultats concrets, qui sont (en matière d'éducation) de toute évidence encore non seulement modestes mais généralement méconnus.

### *Trois niveaux d'implication*

L'implication des sciences cognitives est une affaire de degré. Elle parcourt un spectre continu, qu'il sera utile ici de découper en trois niveaux ou zones.

La zone d'implication minimale comprend l'idée apparemment inoffensive que les acteurs d'un processus éducatif (élèves et plus généralement « apprenants », professeurs, voire parents et autres participants) sont dotés de structures mentales spécifiques qui conditionnent ce processus. Elle semble inoffensive en raison de sa très grande généralité, et plus encore de sa proximité avec une évidence du sens commun, renforcée par une absorption culturelle des idées de Piaget. Pourtant, elle recèle des implications moins banales, dont voici deux exemples importants.

<sup>8</sup> Crombie 1995, Hacking 1983/1989.

<sup>9</sup> L'anglais dispose d'une notion commode, entrée dans le vocabulaire commun, celle de *serendipity* –néologisme de Horace Walpole, désignant la capacité de trouver des choses que l'on ne cherchait pas, au cours d'une quête d'autre chose. Jill Larkin parle ainsi d'une « vision of serendipity » qu'elle partage avec Bruer, consistant à parier que les sciences cognitives, dont l'objet premier n'est pas d'alimenter en découvertes le champ de l'éducation, peuvent en fait leur apporter beaucoup (et réciproquement). Bref, loin de tout projet d'application directe, il s'agit de favoriser le hasard en créant des lieux d'échange.

<sup>10</sup> Pour le dire d'une manière un peu provocante, le simple fait d'inclure les sciences cognitives, même conçues assez abstraitement et indépendamment de leurs résultats précis, peut conduire à réfléchir autrement. Le témoignage d'une équipe de l'université Vanderbilt au terme d'un projet de six ans financé par la fondation McDonnell est à cet égard significatif: "Beaucoup d'entre nous ont traversé davantage au cours de ces cinq années et demi de changements dans leurs façons de penser que pendant la totalité de leur carrière." (in McGilly 1994, p. 198).

D'abord, ces structures sont fortement différenciées : selon cette hypothèse, l'esprit de l'apprenant n'est pas à l'image d'une cour de récréation dans laquelle tout circule en tout sens, chacun peut tomber sur n'importe qui, toute nouvelle parvient à toutes les oreilles, etc. Il ressemble davantage à une organisation largement compartimentée. Reconnaître la « modularité » de cette « architecture » (termes techniques et métaphoriques à la fois) est potentiellement aussi important pour l'enseignant que pour le sculpteur de détecter le grain du bois, pour l'équilibriste les tensions de son câble, pour le violoniste l'agencement et les propriétés mécaniques de ses cordes. Bien entendu, l'élève n'est pas un instrument passif, il exerce son jugement et peut spontanément réorganiser ses connaissances, mettre en contact des secteurs différents, poser des questions, émettre des hypothèses puis chercher à les étayer... Mais ces stratégies ont des limites, comme l'attestent des exemples bien connus : l'apprentissage d'une seconde langue, l'acquisition d'un vocabulaire et d'un savoir-faire descriptifs (pour le passage d'une scène visuelle à une description, ou d'un épisode vécu à une narration), la capacité d'argumenter à partir du point de vue d'autrui, etc. Dans des cas de ce genre (il y en aurait bien d'autres, tirés des mathématiques ou de la musique notamment), comme le savent d'expérience les professeurs, l'apprentissage est pour le moins très difficile, très lent, et rencontre parfois des barrières apparemment infranchissables.

Une seconde conséquence de notre proposition de départ porte sur le caractère évolutif de ces structures. L'idée même d'éducation repose sur l'hypothèse d'une plasticité de l'esprit, qui est non seulement capable d'emmagasiner des connaissances, mais aussi et surtout de prendre des configurations nouvelles. C'est à cela que vise une « formation », au sens plein du terme. Toute référence à une « structure » mentale invariante, propre à l'espèce, semble entrer en contradiction avec l'hypothèse de la plasticité, et évoque de surcroît un déterminisme génétique que beaucoup rejettent avec horreur (sauf à la rigueur s'il s'agit de lourds handicaps) et qui semble à son tour invalidé par le constat de différences individuelles et culturelles. Ce que proposent les sciences cognitives, c'est une approche argumentée et susceptible de soutien empirique permettant d'articuler plasticité et invariance. Du même coup la querelle de l'inné et de l'acquis peut être surmontée sans difficulté, et s'y substitue une enquête bien plus intéressante non sur la « part » de chacun, mais sur le jeu entre dispositions initiales invariantes, évolution « balistique » (indépendante, sauf cas extrêmes, de l'environnement) et construction individuelle à partir de l'expérience (éducation, formelle et informelle, comprise)<sup>11</sup>.

Je dois m'en tenir ici, à regret, à cette présentation sommaire. Il y aurait bien davantage à dire – certains lecteurs savent que cette question appelle une longue discussion. Mais l'idée générale demeure, avec son potentiel explicatif qui suggère maintes hypothèses. Ainsi, lorsque l'on parle dans les sciences de l'éducation de « stratégie cognitive », on peut se contenter du niveau métaphorique, qui donne de l'allure à l'idée banale de méthode ou d'habitude de pensée. On peut au contraire chercher à exploiter ce que l'on sait, ou ce qu'il semble raisonnable de conjecturer, quant aux structures invariantes, ou relativement stables, de l'esprit de l'élève à un stade donné de développement, en vue de favoriser le choix par l'élève de chemins mentaux favorables à l'apprentissage, par une sorte de « frayage ».

Insistons à nouveau sur le fait que l'hypothèse « structurale » (pour faire bref) est compatible avec l'idée d'une construction, sous l'effet de l'expérience et notamment de l'instruction, de structures stables non « prévues » dans la dotation initiale du petit humain. En particulier, des savoirs spécialisés, des expertises, se construisent, comme on le constate – et comme le confirment des travaux toujours plus nombreux motivés par une prise de conscience nouvelle de l'importance du phénomène, corrélative de l'affaiblissement de l'idée d'une compétence

---

<sup>11</sup> L'enquête n'a quant à elle rien de « balistique » : au sein même des sciences cognitives s'opposent des conceptions fort différentes de l'articulation de ces différentes dimensions. Il y a aussi chez elles un camp « constructiviste » et un camp « innéiste », et toutes sortes de positions intermédiaires.

intellectuelle générale, indépendante du domaine d'expertise<sup>12</sup>. En particulier, les enseignants construisent une « cognition » spécialisée, un savoir-faire qui comprend un savoir disciplinaire et une capacité pédagogique, sans s'y réduire. Cette expertise, qui comprend probablement une connaissance tacite, ou semi-articulée, des processus à l'œuvre chez l'élève (et chez différents types d'élèves), peut être soumise à une étude par les méthodes de la psychologie expérimentale, *in vitro* (en laboratoire) et *in vivo*. Les résultats de cette enquête peuvent être régulièrement transmis, interprétés et traduits en de nouvelles pratiques éducatives, qui en retour fournissent des éléments d'appréciation empirique des hypothèses scientifiques. Ce cercle vertueux a d'ores et déjà reçu des commencements d'application, en particulier dans l'enseignement des sciences physiques, des mathématiques et des langues<sup>13</sup>.

#### *Un deuxième niveau d'implication*

Passons maintenant au deuxième niveau d'implication des sciences cognitives. Il est caractérisé par l'application de méthodologies apparentées à celle des sciences cognitives, généralement sans référence à tel ou tel de leurs travaux. Des hypothèses précises sont bien produites, mais elles sont dictées par des interrogations directement inspirées par la situation éducative. J'en donnerai trois exemples, dont l'intérêt inégal traduit bien les difficultés de l'entreprise.

Carol Dweck s'est intéressée aux conceptions que les élèves ont de l'intelligence, et aux conséquences que peut avoir, pour un élève, le fait de concevoir l'intelligence d'une manière plutôt que d'une autre. Elle distingue deux grandes « théories » spontanées de l'intelligence : pour certains élèves, c'est une « entité » dont la quantité, pour un individu donné, est un paramètre invariable, comparable à la couleur des yeux ou à la taille à l'âge adulte ; pour d'autres, c'est un effet émergent, une qualité attachée à la capacité, à un moment donné, de résoudre des tâches intellectuelles – cette qualité est éminemment variable et se modifie sous l'effet de l'apprentissage et de l'effort. Curieusement peut-être, cette distinction ne s'aligne pas avec celle qui sépare les « bons » élèves « doués » des autres. Du point de vue du comportement scolaire, la distinction pertinente semble grouper d'un côté les élèves qui voient dans chaque épreuve ou question nouvelle l'occasion de mesurer leur intelligence, de l'autre ceux qui y voient l'occasion de la développer : les premiers sont « fixistes » en matière d'intelligence, les seconds « incrémentalistes ». Les performances peuvent être, dans un premier temps, bonnes comme mauvaises dans les deux groupes. Ce qui change, c'est le devenir des bons élèves fixistes : ils tendent à s'effondrer lorsqu'ils rencontrent de sérieuses difficultés. Il y aurait évidemment beaucoup plus à dire sur ces travaux, dont je n'ai pu fournir qu'une image tronquée et simpliste, mais plusieurs points méritent d'être soulignés ici.

*Primo*, comme je le disais plus haut de certaines théories des processus cognitifs supérieurs, la théorie de Dweck s'exprime sans difficulté dans le langage de la psychologie ordinaire, et pourrait fort bien avoir été conçue sans appareillage disciplinaire savant – du reste les intuitions du chercheur, dans ces domaines, se nourrissent inévitablement de celles de l'agent « naïf ». Entre sens commun et démarche scientifique, la circulation est permanente. Mais, comme j'y insistais, la différence réside dans la validation : la théorie savante doit être formulée de manière précise et prédictive, et se soumettre non pas seulement à une analyse conceptuelle contradictoire, mais à l'expérience au sens scientifique du terme et à la validation statistique des résultats quantitatifs. Les théories plausibles ou ingénieuses sont légion : enseignants, élèves et parents (sans compter les ministres et les essayistes) en produisent de manière continue depuis que l'école existe ; elles sont généralement condamnées à périr avec leur auteur, et si, d'aventure, elles se propagent, ce n'est pas en vertu de leur contenu de vérité, qui reste indéterminé.

---

<sup>12</sup> Bereiter & Scardamalia 1993.

<sup>13</sup> Donovan & Bransford 2006.



*Secundo*, pour Dweck la leçon principale à tirer est que les conceptions « naïves » (c'est un terme technique, dénué de toute portée évaluative), généralement tacites, qu'ont les apprenants de leur « organe » cognitif ont des conséquences importantes et mesurables sur leurs capacités scolaires. Ce qui était un truisme de la théorie naïve de la motivation (faire les gestes de la foi fait venir la foi de surcroît, croire qu'on peut réussir favorise la réussite, etc.) devient une hypothèse féconde dans le cadre, très général et non technique, de l'étude scientifique de la cognition. La leçon se généralise probablement aux enseignants, ainsi qu'à des situations éducatives non scolaires.

*Tertio*, Dweck et d'autres chercheurs à sa suite ont montré qu'il est possible de modifier cette auto-compréhension des élèves, par des méthodes indirectes intégrées aux pratiques d'enseignement, avec des effets positifs. A supposer que toute cette construction soit robuste, on aurait là un exemple d'école d'application mélioriste d'une approche scientifique de la cognition à l'éducation. Il me semble que nous devrions, si ce n'est déjà fait, examiner de près ces travaux, car sans être le moins du monde un spécialiste, j'ai l'impression que tout, dans l'école française, nous rabat impitoyablement sur une théorie fixiste de l'intelligence, avec les conséquences désastreuses qui s'ensuivent.

Insistons à nouveau sur le fait que la problématique de Dweck n'est pas d'origine cognitive : il s'agit d'une question typique de psychologie de l'éducation, plus proche dans son esprit de la psychologie sociale que de la psychologie cognitive. Néanmoins, sans les concepts et le cadre de pensée fournis par cette dernière, on peut douter que Dweck serait parvenue à formuler et corroborer sa théorie comme elle l'a fait. On ne peut que constater, à tout le moins, une convergence entre les deux inspirations, qui augure bien de rapprochements futurs.

Je serai beaucoup plus bref sur les deux exemples restants. Le premier concerne les modalités du passage du stade du novice au stade de l'expert dans un domaine spécialisé. Longtemps après les travaux pionniers de deux critiques de l'intelligence artificielle<sup>14</sup>, et en partie grâce à eux, les psychologues cognitifs ont constaté qu'entre le moment où l'on commence à apprendre (à conduire, par exemple, à jouer aux échecs, à faire une dissection, à écrire une dissertation, à servir au tennis, à dépanner des locomotives diesel, à ausculter ou donner des soins à un malade, à enseigner les maths au collège...) et le moment où l'on est devenu un maître, un expert en la matière, se produit non pas un changement graduel, par acquisition de connaissances supplémentaires et amélioration de l'exécution, mais au contraire un ou plusieurs sauts qualitatifs. Les règles explicites du début, assorties dans une phase intermédiaire de clauses plus détaillées permettant de traiter davantage de cas et de faire face aux exceptions, semblent avoir complètement disparu au stade final. L'expert réagit de manière fluide, rapide et adaptée aux situations qui se présentent, sans être conscient d'appliquer les règles qu'il a apprises, ni d'autres règles du reste. Il manifeste une capacité à reconnaître une situation dans son domaine d'expertise, à en deviner les antécédents et les évolutions possibles, mais n'est pas mieux armé que le novice dès que l'on franchit les limites du domaine. Ainsi, un expert d'échecs peut mémoriser presque parfaitement une position réelle (dans une vraie partie possible), mais ne fait pas mieux que le novice si les pièces ont été réparties au hasard sur l'échiquier. Ces phénomènes sont connus, pour certains, depuis plus de vingt ans<sup>15</sup>, et ouvrent un champ immense de réflexion sur les fondements de la cognition, en particulier sur les processus de catégorisation, sur la nature de la mémoire, sur le concept de règle, sur le changement conceptuel, etc.

Ce statut de l'expertise a été très tôt étudié dans le domaine des soins infirmiers<sup>16</sup>. Les sciences de l'éducation s'en sont saisies plus tardivement, mais il existe maintenant toute une littérature spécialisée consacrée aux différences entre un maître débutant et un maître

---

<sup>14</sup> Dreyfus & Dreyfus 1986.

<sup>15</sup> Simon & Chase 1993, Gobet 1993.

<sup>16</sup> Brenner 1984/2003.

expérimenté, et aux moyens d'assurer le passage de l'un à l'autre dans les meilleures conditions<sup>17</sup>.

Ce deuxième exemple présente des spécificités intéressantes. D'abord, il est sensiblement plus proche des sciences cognitives que le précédent, parce qu'il met en jeu plusieurs de leurs notions essentielles, et qu'il s'appuie explicitement sur certains de ses résultats. Ensuite, il a pour origine un courant très critique des sciences cognitives *mainstream*, courant qui a depuis été largement intégré et digéré, fournissant désormais des résultats, des questions, des stratégies aux côtés de programmes inspirés par les hypothèses initiales. Enfin, il est bien connu des milieux éducatifs, et c'est peut-être son origine qui l'est moins. Les sciences cognitives sont en réalité depuis des années agissantes et productives pour l'éducation sans qu'on s'en rende toujours bien compte.

Mon troisième et dernier exemple porte sur les théories de l'intelligence. Cette question est une boîte de Pandore que je me garderai bien d'ouvrir ici. Je ne l'évoque que pour dire quelques mots de la théorie de Howard Gardner qui passe parfois comme l'application la plus importante et la plus caractéristique des sciences cognitives à l'éducation. Si l'idée des « intelligences multiples » a fait de Gardner une vedette<sup>18</sup> et si on peut lui trouver quelques qualités, elle n'est ni importante, à mes yeux, pour l'éducation (en raison notamment de ses graves défauts), ni, j'y insiste, une application des sciences cognitives, sinon en un sens très relâché. Elle ne s'y enracine ni par des résultats ou une méthodologie qu'elle mettrait en œuvre, ni par ses concepts de base, ni par ses motivations (qui sont plus proches par exemple de celles de Dweck). Les sciences cognitives naissantes ont contribué, il est vrai, à discréditer la notion d'intelligence générale, et ont sûrement orienté Gardner<sup>19</sup>, dans sa réflexion sur l'intelligence, vers l'idée hybride d'intelligences multiples. Mais les sciences cognitives n'ont pas produit de théorie de l'intelligence, qu'elle soit générale ou spécialisée. Il est possible, et à mes yeux souhaitable, qu'à la faveur du rapprochement qui s'esquisse entre psychologie cognitive, psychologie sociale, psychologie différentielle, la question de l'intelligence soit reprise à nouveaux frais. Mais ce n'est pas le livre de Gardner qui ouvre la voie ; il lui manque la rigueur et la profondeur théorique qui donnent leur robustesse et leur fécondité aux meilleurs travaux en sciences cognitives. Si je me permets ici cette remarque critique, c'est seulement pour prévenir un malentendu, un de plus, sur ce que sont, font ou peuvent faire les sciences cognitives.

*Un troisième niveau d'implication : modalité négative (dissipation d'erreurs)*

Le contraste sera sensible, du moins je l'espère, avec les exemples d'implication forte des sciences cognitives sur lesquels cette section va se conclure.

Commençons par quelques cas d'utilisation « négative », qui consistent à dissiper des erreurs. La rumeur a couru que le très jeune enfant (de la naissance à trois ans) qui bénéficie d'une stimulation intense et variée acquiert un avantage décisif pour le reste de son existence, pour des raisons liées au développement de son cerveau. Les raisons avancées, au nombre de trois, sont les suivantes (je résume et simplifie)<sup>20</sup> :

(1) La *synaptogenèse* passe par un maximum d'intensité au cours de cette période ; plus nombreuses sont les connexions établies grâce à l'apprentissage, mieux l'individu sera cognitivement équipé.

(2) Il existe des *périodes critiques* au-delà desquelles certaines aires du cerveau ne peuvent se développer ; les facultés qui sont exécutées dans ces aires seront donc déficitaires chez l'enfant qui n'a pas été exposé en temps utile aux stimulations caractéristiques prises en charge par ces facultés.

<sup>17</sup> McGilly 1994.

<sup>18</sup> Gardner 1993/2004.

<sup>19</sup> Auquel on doit également une enquête historique intéressante sur les débuts des sciences cognitives : Gardner 1987/1993.

<sup>20</sup> Je me repose ici sur la présentation de Blakemore & Frith (2005), pp. 19-36.

(3) S'il est vrai que le développement du cerveau est en partie sous contrôle génétique, l'exposition à un *environnement riche* est décisive : plus riche est l'environnement, plus le cerveau se développe.

Ces données, issues de travaux de neurosciences sur l'animal, ont conduit, aux Etats-Unis et au Royaume-Uni, à recommander un « régime » de stimulation cognitive intensive pour les tout-petits. Or l'examen attentif de ces données et de leur portée pour l'éducation des petits humains conduit à rejeter ces recommandations. La place manque pour développer ces arguments, mais on peut retenir trois leçons méthodologiques : la source de ces informations scientifiques sont les neurosciences, non la psychologie cognitive ; les ressources critiques sont puisées à la fois dans ces mêmes neurosciences, mais aussi dans la psychologie et plus largement dans la méthodologie des sciences cognitives ; une fois le débat engagé, il est totalement vain de le récuser au nom de principes très généraux d'ordre métaphysique ou éthique : qu'on y soit ou non enclin, il faut accepter de réfléchir *aussi* sur le plan des neurosciences, quitte à faire valoir, à côté, des arguments précis de type limitatif.

Dans le prolongement de l'idée, finalement rejetée, d'une perte de la capacité d'apprentissage ultra-rapide au-delà des premières années, on a longtemps pensé et on pense souvent encore que l'apprentissage, même lent, n'est plus possible au-delà d'un certain âge. C'est là une idée beaucoup plus ancienne, ancrée aussi bien dans l'observation commune que dans des résultats antérieurs de neuroscience selon lesquels l'évolution du système nerveux adulte se ramène à une perte régulière de neurones : aucun nouveau neurone ne se développerait, et les neurones lésés ne se régénèreraient jamais. On sait aujourd'hui que c'est faux : on a pris la mesure, depuis une quinzaine d'années, de l'ampleur et de la généralité d'un phénomène connu depuis longtemps par les neuropsychologues, à savoir la *plasticité* du système nerveux *de l'adulte*, qui peut égaler, pour certaines régions, celle du cerveau infantin. Les recherches en cours soutiennent donc l'idée qu'en réalité, on peut apprendre à tout âge, et qu'il n'est pas absurde de rechercher les moyens de favoriser cet apprentissage<sup>21</sup>.

#### *Modalité constructive (théories et modèles de fonctions cognitives)*

J'en viens finalement à des exemples d'implication forte des sciences cognitives ayant une portée constructive pour l'éducation.

Le premier exemple ne surprendra aucun lecteur. Il s'agit des travaux sur la mémoire. Cette question est parmi les plus anciennes auxquelles s'est intéressée la psychologie, bien avant de pouvoir se dire « cognitive ». Elle est aussi celle qui a le plus contribué à l'essor de la psychologie cognitive, dans son effort initial pour se dégager de l'emprise du behaviorisme, et qui lui a valu certains de ses succès les moins contestables. Ces résultats ont parfois diffusé dans la culture, au point d'augmenter le stock des concepts et des métaphores d'origine scientifique ou médicale utilisés dans les explications communes. Mémoire sémantique, mémoire épisodique, et bien entendu encodage et récupération, mémoire de travail, à court et à long terme, peut-être mémoire adressable par le contenu, variétés d'amnésie, faux souvenirs et confabulations... : toutes ces notions, déployées ou non sur un arrière-plan informatique, sont bel et bien ancrées dans une solide tradition de recherche, à laquelle contribuent, à côté de la psychologie expérimentale, de la psychologie du développement et de la neuropsychologie, les neurosciences et la philosophie. Il est inutile de souligner leur pertinence pour toute théorie de l'éducation ; mais autant que je sache –et c'est peut-être ce qui limite l'intérêt pour nous de cet exemple– cette pertinence ne se décline pas nécessairement en programmes de recherche précis dans le domaine éducatif<sup>22</sup>. Peut-être est-ce simple ignorance

<sup>21</sup> *Op. cit.* chap. 9, pp. 123-138.

<sup>22</sup> Pour clarifier ce que j'entends par application directe, on peut penser à ce que l'on sait du rôle des émotions fortes dans l'encodage des souvenirs, et qui permet d'envisager aujourd'hui (avec toutes les interrogations éthiques que cela suscite) de prévenir le trouble de stress post-traumatique (TSPT) par l'administration de bêta-bloquants, qui ont pour effet

de ma part, peut-être faut-il considérer les recherches sur la mémoire comme une réserve dans laquelle les chercheurs en éducation pourront puiser selon leurs besoins.

Le deuxième exemple est aussi évident, et sans doute plus important encore que le précédent. Il s'agit du langage. Sans même effleurer le débat considérable et souvent acrimonieux entre ceux qui y voient la fonction d'une faculté organique de notre cerveau, et ceux pour lesquels il s'agit avant tout d'un système anthropologique construit par l'interaction des hommes au sein d'une culture (opposition du reste provisoire car essentiellement fallacieuse), il est possible de s'accorder sur l'importance d'une caractérisation adéquate des dispositions mentales et organiques permettant à l'être humain d'acquérir et d'utiliser le langage. Au-delà ou en deçà d'un règlement de la question controversée de la nature du langage, le programme de recherche de la psycholinguistique, qui se développe depuis près d'un demi-siècle, et que rejoint désormais la neurolinguistique<sup>23</sup> appuyée en partie sur la neuropsychologie, a fait progresser très considérablement notre compréhension des mécanismes impliqués, et les conceptions que nous avons du langage et de ses différentes dimensions s'en trouvent modifiées. Ce sont là des questions centrales pour les sciences cognitives et qu'il n'est pas question de présenter ici. Dans le chapitre XXXX, Anne Christophe montre comment la psycholinguistique peut jeter une lumière directe sur les processus d'acquisition de la langue parlée ou écrite et suggérer des méthodes d'enseignement. Je me contenterai ici d'évoquer un autre programme de recherche, la pragmatique, qui étudie la manière dont est compris ce qui est dit par quelqu'un à l'intention de quelqu'un d'autre, dans une situation déterminée. Ce problème central, longtemps resté le domaine de certains philosophes et linguistes travaillant sur une base d'exemples intuitifs, est depuis peu traité dans un cadre expérimental, avec des conséquences particulièrement intéressantes pour la compréhension des erreurs systématiques dans les problèmes logiques apparemment très simples. Une large part de l'apprentissage, et la quasi-totalité de l'entraînement et des épreuves de contrôle, passent par le langage : c'est en interprétant ce qu'on leur dit, ce qui est écrit dans leur manuel et sur leurs feuilles d'exercices, que les élèves peuvent accéder aux intentions informatives des enseignants. Ce processus a longtemps été compris sur le modèle du code : l'enseignant encode l'information à communiquer sous forme de phrases enchaînées, l'élève décode cette information. Dans le cas d'un problème à résoudre, le problème préexisterait dans la pensée de l'enseignant, et se retrouverait, sauf accident de parcours, à l'identique dans la pensée de l'élève. Or ce joli tableau est presque complètement erroné : les mots ne contiennent qu'une partie de ce qui est nécessaire pour reconstruire la pensée, le problème. La mobilisation du contexte, pour trouver l'information manquante, est un processus complexe, dans lequel se nichent une bonne partie des « erreurs » des élèves (et des adultes)<sup>24</sup>. Comprendre ce processus est devenu un objectif scientifique majeur, et l'on dispose aujourd'hui de réponses partielles. Dès à présent, le simple fait de présenter ainsi la question de la compréhension, en rejetant fermement le modèle du code ou du simple transport de l'esprit de l'enseignant vers l'esprit des élèves, sans pour cela renoncer, au nom d'un interprétativisme paresseux, à toute systématisation, ouvre des horizons nouveaux à qui veut sérieusement comprendre (et non pas seulement constater ou prédire inductivement) les erreurs systématiques commises par les élèves. L'extension à des questions bien connues des éducateurs et didacticiens est immédiate : la piste est suivie. Ici encore, ce qui mérite d'être souligné est qu'elle part des sciences cognitives.

Le troisième exemple que j'ai choisi a déjà été indirectement évoqué, à propos du savoir expert. Il s'agit de l'étude des concepts. Or s'il est une question sur laquelle l'enseignant peut

---

d'affaiblir la connexion cérébrale entre les zones impliquées dans les émotions et les zones impliquées dans l'encodage des souvenirs.

<sup>23</sup> Il convient de distinguer cette branche des neurosciences cognitives d'une activité relevant de la psychothérapie et portant à peu le même nom (programmation neurolinguistique), mais sans aucun rapport avec elle.

<sup>24</sup> Politzer (2002, 2004, Sperber & Wilson (1989).

estimer être déjà bien équipé, c'est sans doute celui-là. Il sait que la tradition philosophique, d'Aristote à Kant, a beaucoup à en dire ; il sait que la didactique, comme l'histoire des idées et l'histoire des sciences, parle abondamment de concepts particuliers relevant d'un champ précis. Pourtant, ce n'est que depuis une trentaine d'années que l'étude empirique des concepts, alimentée par des inquiétudes philosophiques, a véritablement pris son essor. Aujourd'hui les sciences cognitives ont une vision relativement stable de la manière, ou plutôt des différentes manières, dont les concepts sont représentés dans l'esprit, et de là peuvent formuler des hypothèses sur l'acquisition des concepts, sur l'existence de concepts proto-concepts non acquis (donc, en ce sens, innés), sur le déploiement des concepts à des fins de catégorisation. Parmi les nombreuses applications au domaine de l'éducation que l'on peut envisager, c'est le changement conceptuel qui a suscité les travaux les plus prometteurs. L'enfant (comme du reste aussi l'adulte) à un stade déterminé de sa compréhension de la mécanique, de la zoologie ou des nombres, dispose (tacitement : il n'en a généralement pas une maîtrise consciente) d'une batterie de concepts dont il va devoir se dessaisir pour accéder à une nouvelle compréhension du domaine. La question est de savoir comment s'opère cette transition, et notamment si elle peut se faire graduellement, par modification et enrichissement des concepts acquis, ou si elle est de nature « révolutionnaire » (en un sens inspiré par la théorie des révolutions scientifiques). Ces questions générales, qui prolongent en effet et renouvellent une longue tradition philosophique, se déclinent dans un second temps en toute une série de questions spécifiques relatives à différents champs de connaissance, à différents stades de développement. L'enfant de 6 ou de 12 mois, de 5 ou de 8 ans, possède-t-il un concept de nombre entier ? un concept de somme ? un concept d'essence biologique ou d'espèce ? un concept de mouvement inertiel ? de conservation de l'énergie ? et ainsi de suite. Ces recherches sont presque directement applicables à des situations d'enseignement. En fait, des difficultés conceptuelles sont apparues<sup>25</sup>, mais la réflexion ne s'est aucunement arrêtée, au contraire<sup>26</sup>. Une retombée générale, utile pour minimale qu'elle soit, est l'idée que les enfants arrivent à l'école munis de certains concepts, formant une organisation sur laquelle il faut nécessairement agir pour les orienter vers l'acquisition des concepts considérés comme adéquats : l'apprentissage est (en tout cas pour certains types de situations) affaire de changement conceptuel, et non de simple « acquisition » de connaissance.

Ce qui nous conduit directement au quatrième exemple, celui des théories naïves. Certains domaines de réalité sont d'une importance particulière pour l'espèce humaine, et semblent avoir donné lieu, au cours de l'évolution, à la constitution de « théories » largement innées, permettant à l'être humain de faire face efficacement, dans la plupart des cas, à certaines situations. Il existerait ainsi une physique naïve, une arithmétique naïve, une psychologie naïve (également appelée « théorie de l'esprit ») permettant d'attribuer à autrui des représentations (croyances, désirs,...) qui leur sont propres et ne coïncident pas nécessairement avec celles du témoin, peut-être une biologie naïve, une sociologie naïve... Ces idées, qui sont naturellement apparentées à des constatations de bon sens et aux généralisations faites à partir de l'expérience des enseignants, systématisées plus récemment par la didactique, ont une très forte résonance dans les théories actuelles de l'éducation, au point de fonder l'une des trois principales idées dégagées par l'énorme enquête du National Research Council américain<sup>27</sup> : les élèves sont équipés de préconceptions extrêmement résistantes, consistant en systèmes organisés de concepts et de croyances délimitant leur usage, et l'enseignement doit chercher à mobiliser ces préconceptions pour les faire évoluer, plutôt qu'à faire comme si elles n'existaient pas. La deuxième idée est également liée aux questions qui viennent d'être évoquées : les connaissances doivent être organisées autour d'un noyau de concepts clés. La troisième met en jeu la notion de méta-cognition : il est recommandé de soutenir la réflexion de l'apprenant sur

---

<sup>25</sup> V. Hitano & Inagaki (2000).

<sup>26</sup> V. par exemple Vosniadou (2007).

<sup>27</sup> Bransford, Brown, Cocking 1999.

ses propres processus cognitifs. Cette dernière idée trouve également son origine dans les sciences cognitives, tout en ayant, comme toujours, des antécédents ou des homologues dans le sens commun et dans la culture pédagogique.

Conscient du caractère superficiel de la présentation de cette dernière série d'exemples, je suis heureux de pouvoir renvoyer le lecteur à l'exposé rigoureux et systématique d'Anne Christophe. Je terminerai mon échantillon avec deux exemples illustrant deux types de contribution « forte » des sciences cognitives occupant deux extrêmes sur l'axe de la généralité. Le premier est une suggestion précise d'un « pré-équipement » cognitif. C'est un résultat qui vient d'être publié<sup>28</sup>, pris presque au hasard. Il montre que les enfants très jeunes semblent munis d'un système de représentation non symbolique des nombres entiers, qui leur permettent, une fois acquis le vocabulaire de la numération, de fournir vite et bien le résultat approché d'opérations arithmétiques. Or de cette aptitude ou compétence, on ne tient aucun compte dans l'enseignement. Au contraire, il est proscrit de se faire une idée approximative du résultat (l'enseignement des ordres de grandeur n'intervient que beaucoup plus tard, ne concerne que des nombres relativement grands et qui ne sont pas, sauf cas particulier, des entiers). La conclusion qui s'impose n'est pas que les méthodes traditionnelles sont nécessairement mauvaises, mais qu'il faut explorer les possibilités de les modifier pour tirer parti de cette aptitude native, peut-être d'ailleurs seulement dans certaines situations. Bien entendu, il ne s'agit que d'hypothèses, de pistes à explorer, sans dogmatisme, sans esprit de tout ou rien, sans vainqueurs ni vaincus : c'est cela, l'attitude scientifique, et ce n'est pas être scientifique que de la recommander, puisqu'elle mériterait aussi bien le nom d'attitude philosophique ou rationnelle.

L'autre exemple, également récent<sup>29</sup>, est une hypothèse très générale sur l'existence, dans le système cognitif natif, d'une capacité particulière, propre à l'espèce humaine (contrairement à de nombreuses autres capacités « supérieures ») : c'est la pédagogie, comprise comme une propension des humains à transférer de l'information par un processus d'instruction spécifique, et corrélativement leur propension à recevoir et intégrer l'information ainsi mise à leur disposition (information s'entend ici en un sens très large). Cette aptitude reposerait sur un système de communication antérieur au langage et à la capacité de « lire » les intentions d'autrui (la « théorie de l'esprit »), deux capacités humaines fondamentales qui se développeraient justement grâce à cette « proto-pédagogie ». Cette hypothèse ouvre des perspectives vertigineuses sur le plan théorique et pratique, notamment thérapeutique, mais ce n'est pas le lieu de les décrire. Mais pour les éducateurs, pour les parents, pour les philosophes et les psychologues de l'éducation, l'idée même d'un fondement adaptatif spécifique de la pédagogie ne peut qu'inviter à la réflexion.

#### 4. Les nouvelles technologies, horizon et occasion

Il n'est pas nécessaire ici de se demander si les technologies de l'information et de la communication sont ou non, ou dans quelle mesure, utiles, nocives, évitables dans le secteur éducatif. Que « rien ne marche », à soi seul, comme le pense le pessimiste, ne nous donne pas beaucoup d'indications sur ce qui pourrait marcher, ni sur les raisons pour lesquelles ça ne marche pas<sup>30</sup>. Longtemps, le plus lourd que l'air n'a pas marché, pour les aéronefs, ni les vélos

---

<sup>28</sup> Gilmore *et al.* 2007.

<sup>29</sup> Csibra & Gergely 2005. Le grand psychologue David Premack insiste depuis longtemps sur l'importance décisive de la pédagogie (en ce sens particulier), une capacité qui différencierait l'espèce humaine des grands singes.

<sup>30</sup> Ce n'est pas dire que toute recherche d'arguments généraux de limitation soit nécessairement vaine. L'intelligence artificielle des origines a justement fait l'objet d'études de ce genre, qui ont été jugées convaincantes par un large secteur de l'opinion savante (v. Dreyfus 1972/1993, Haugeland 1986).

municipaux, pour la circulation urbaine, ni la police, pour les excès de vitesse, ni les médicaments, pour l'ulcère de l'estomac, ni les manifestations pacifiques, pour le rétablissement de la démocratie. Les choses changent, nous n'avons pas la maîtrise du temps en matière d'innovation, et la réussite (quand elle advient) dépend de facteurs contextuels difficiles à cerner et généralement incontrôlables. Une innovation échoue, par exemple, si elle ne se prête pas à un usage fluide au point de devenir transparent pour l'utilisateur, comme la fourchette, le vélo, la voiture ou aujourd'hui le téléphone portable, comme hier le dictionnaire dont les pages défilaient sous nos doigts à toute allure, ou la règle à calcul dont la réglette allait et venait, incorporés dans des processus moteurs et cognitifs dont nous avons une maîtrise totale et à peine consciente. Cette condition d'« usabilité » est bien connue dans les TIC (c'est le domaine de l'ergonomie cognitive). Mais une innovation peut également échouer pour des raisons épidémiologiques : elle réussit dans une expérience-pilote, mais ne diffuse pas (pour des raisons exogènes) et acquiert une image « perdante ». Enfin et surtout, une innovation peut être un échec ou même un danger lorsqu'elle touche à des structures mentales profondes sans s'appuyer sur une connaissance minimale de ces structures. A contrario, leur compréhension même partielle peut corriger des défauts qui « plombent » une technologie ou inspirer des dispositifs efficaces. Et c'est ici qu'interviennent les sciences cognitives. Peut-on dire pourquoi de manière précise?

La réponse est en trois temps.

En premier lieu, les sciences cognitives et les TIC ont une origine intellectuelle commune. Elles doivent leur existence à l'émergence, dans les années 1930, d'une nouvelle orientation de la pensée axée sur les concepts cardinaux d'information, de calcul et de fonction (en des sens spécifiques qu'on ne reprécisera pas ici<sup>31</sup>) et dont les premiers fruits ont été d'une part les ordinateurs, d'autre part l'idée d'étudier la cognition (les états et processus mentaux) sous l'angle du réseau fonctionnel qu'elle constitue plutôt que sous celui de sa réalisation matérielle dans le système nerveux (voire, par extension, dans d'autres systèmes matériels).

L'ordinateur et toute la sphère du numérique dans laquelle s'est développée la communication au sens contemporain sont des produits directs de cette perspective théorique. Il en est de même des sciences cognitives, ce qui du reste ne les grandit pas aux yeux de certains. Mais on ne répètera jamais assez que les sciences cognitives n'ont pas pour but de prouver que l'esprit humain fonctionne selon les mêmes principes qu'un ordinateur ; leur ambition est de mettre au jour, petit à petit, ce qui dans l'esprit humain se conforme à des régularités naturelles.

En second lieu, maintenant que les TIC ont une existence intellectuelle et matérielle propre, et qu'elles proposent, avec une insistance certaine, une surabondante trousse à outils, les sciences cognitives jouent à leur égard un peu le rôle de l'anatomie et de la physiologie vis-à-vis de la prothétique. Que trouve-t-on en effet dans cette trousse, sinon des « technologies cognitives » d'un genre nouveau ? Le crayon et le papier, ou ce qui en a tenu lieu, supports du dessin puis de l'écriture, ont été les technologies cognitives qui ont commencé à bouleverser la quasi-totalité de l'activité cognitive humaine il y a près de 20 000 ans (10 000 pour l'écriture). Un crayon (ou un pinceau) doit pouvoir être tenu par quelque chose comme une main, mais plus cruciale encore est la compatibilité qui doit s'établir entre la structure mentale humaine et le système de notation que le crayon permet de mettre en œuvre (a contrario, par exemple, une « écriture » fondée sur la composition chimique ou sur le poids des traces laissées sur le papier ne serait pas adaptée à nos capacités cognitives natives). Certes, les sciences cognitives n'étaient pas suffisamment développées il y a dix ou vingt mille ans pour « guider » les « technologues » de l'époque vers la mise au point des représentations graphiques et des systèmes d'écriture (ou encore des systèmes de numération). Mais voilà : la technologie au sens propre est justement l'*anticipation*, par les moyens combinés de la science et de l'esprit d'entreprise, d'aides que l'homme ne connaît pas encore mais dont il fera demain des

---

<sup>31</sup> V. par exemple Andler 1992/2004, Introduction.

nécessités. S'agissant d'aides cognitives plutôt que mécaniques ou énergétiques, les sciences cognitives et la technologie sont inséparablement impliquées, sans nécessairement en être constamment conscientes, et sans que leurs rôles respectifs (scientifique d'un côté, technologique de l'autre) perdent leurs traits distinctifs.

En troisième et dernier lieu, les TIC et les sciences cognitives ont aussi un horizon commun. Qu'on le veuille ou non, nous entrons dans une ère de développement technologique accéléré. Bien entendu, comme pour le « niveau » qui ne cesse de baisser, et les valeurs de se perdre, les références au progrès vertigineux des techniques sont une constante de nos sociétés depuis des siècles. Mais nous avons été témoins, en l'espace d'une génération, d'un bouleversement si radical que la plupart d'entre nous nous montrons quotidiennement incapables de l'assimiler réellement, globalement dans nos pratiques – nous bricolons, ne sachant pas très bien s'il faudrait seulement bricoler mieux ou bien changer complètement de perspective. Ce mouvement s'amplifie, et la réflexion autour des « technologies convergentes<sup>32</sup> » exprime, au-delà des rêves « transhumanistes » et des risques d'errements qui sont le propre de toute prospective, une prise de conscience de ce phénomène. Les sciences cognitives sont impliquées, plus profondément qu'on le dit généralement, dans ce mouvement, et l'éducation, sous toutes ses formes, sera en première ligne, comme elle l'est déjà aujourd'hui devant les TIC telles que nous les connaissons, à la fois parce qu'elle sera, de gré ou de force, un domaine d'application, et parce qu'elle sera l'éducation de son époque, pour la société de cette époque. Comme le conclut un rapport récent du bureau de la technologie du ministère de l'éducation des Etats-Unis<sup>33</sup>, « la technologie façonne, souvent d'une manière qu'on n'imaginait pas, comment nous vivons et travaillons, et comment nous éduquons nos enfants ». En ce sens, la technologie est un horizon (que nous ne choisissons que dans une faible mesure, en tout cas en tant qu'éducateurs), un objet (nous devons enseigner le mieux possible la technologie, comme outil et comme dimension de l'existence<sup>34</sup>) et un moyen (nous devons tirer le meilleur parti des technologies dans notre entreprise éducative).

En pratique, quelles perspectives s'ouvrent pour une participation des sciences cognitives au chantier des TIC dans l'éducation ? La réponse est moins évidente qu'on pourrait le penser.

Le rapport que je viens de citer propose une vue perspective sur l'évolution des rapports entre technologies et pratiques éducatives. Cette perspective est plausible, argumentée et surtout étayée par un examen particulièrement exhaustif des leçons qui se dégagent de l'expérience récente aux Etats-Unis. Or le rapport ne souffle mot des sciences cognitives, ni d'ailleurs de quelque approche théorique que ce soit.

Nous reviendrons dans la conclusion sur cette méfiance vis-à-vis de la théorie qui se manifeste de manière très générale dans le discours sur l'école. Contentons-nous ici de constater qu'en réalité, les sciences cognitives interviennent, dans des modalités et sous des étiquettes diverses, dans la conception et dans l'amélioration de nombres d'outils d'importance centrale.

Une objection pourrait être celle-ci : « Certes, nous savions depuis longtemps que des informaticiens, des ergonomes, des linguistes, des psychophysiciens, voire quelques psychologues et anthropologues, contribuaient à l'élaboration des matériels et des logiciels produits par les TIC (sans parler des outils destinés aux handicapés, qui font bien entendu appel aux compétences de spécialistes de la vision, de l'audition, de la motricité). Mais nous ne

---

<sup>32</sup> Il s'agit des nano-, bio- et info- technologies, plus les sciences cognitives (NBIC). V. Roco & Bainbridge 2002, Nordmann 2004.

<sup>33</sup> McMillan Culp 2003.

<sup>34</sup> Ce qu'il faut enseigner et comment est une autre question, dont on connaît la difficulté. On peut peut-être avancer ici l'idée que les sciences cognitives pourraient fournir un cadre permettant d'intégrer les aspects purement techniques, les usages et la notion même d'usage, voire les dimensions culturelles (représentations collectives de la technologie en général et des technologies particulières).



pensions pas utile de les englober tous sous l'appellation *sciences cognitives*. Quel intérêt, théorique ou pratique, y a-t-il à leur faire revêtir l'uniforme des sciences cognitives ? » Ma réponse est celle-ci. Peu importe en effet l'uniforme, et peu importe, à court terme, le plus souvent, que les spécialistes soient conscients de l'horizon théorique dans lequel se situent leur recherche. Mais d'abord, quand les choses marchent comme on l'a prévu, on peut mettre la théorie entre parenthèses : c'est quand elles ne marchent pas, ou qu'elles marchent autrement qu'on l'avait imaginé, qu'elle devient indispensable. Ensuite, l'expérience a montré que les barrières disciplinaires ont longtemps freiné l'essor des sciences cognitives. Enfin, comme on doit le rappeler sans cesse, dans un contexte plus large, pas d'invention sans recherche fondamentale. Mais ici nous quittons la description pour entrer dans le domaine de la recommandation : les spécialités qui contribuent à l'élaboration d'outils *devraient* exploiter toujours davantage les ressources théoriques interdisciplinaires des sciences cognitives. En particulier, les sciences cognitives devraient permettre une meilleure appropriation des outils en donnant à réfléchir sur les représentations que s'en forment les usagers, et même les représentations qu'ils se font des usages des technologies<sup>35</sup>. Inversement, la question de l'éducation, au sens le plus large, est pour ces dernières une formidable occasion de s'enrichir et de multiplier les voies de communication avec des disciplines voisines, telles que la psychologie sociale, l'économie, la sociologie, la théorie politique, la philosophie morale, mais aussi la modélisation mathématique, l'architecture ou même l'art.

## 5. Des pistes pour l'avenir

Comme l'écrivait John Bruer il y a bientôt quinze ans, « si nous envoyons nos enfants à l'école, c'est pour qu'ils apprennent des choses qu'ils n'apprendraient pas sans instruction scolaire, et qui doivent leur permettre de mieux faire lorsqu'ils quitteront l'école ». Par conséquent (je paraphrase librement) il semblerait aller de soi que toute proposition de réforme scolaire devrait s'appuyer de manière explicite sur les meilleures théories disponibles susceptibles d'expliquer l'apprentissage et l'intelligence (comprenons ici, je le précise, simplement l'aptitude à « faire le mieux possible » dans une large variété de situations, et sans préjuger de qui ou ce qui décide du « mieux », et des « situations » à inclure – c'est là une *autre* question). « Or, poursuit Bruer, dans le débat public sur la réforme scolaire, ce n'est le plus souvent pas le cas. Les recommandations les plus fréquentes – durcir les critères, renforcer l'obligation de rendre compte (*accountability*), augmenter la fréquence des contrôles des connaissances, créer des marchés de services éducatifs – sont athéoriques sur le plan de la psychologie, étant fondées, au mieux, sur le bon sens et au pire sur des conceptions naïves [cette fois au sens péjoratif] ou dépassées. Au cours des trente dernières années, la recherche cognitive a fait progresser notre compréhension de l'apprentissage et de l'intelligence.»<sup>36</sup>

Il y a certes des différences entre la situation dont parle Bruer et celle que nous connaissons aujourd'hui en France : différences de fait (nous avons sûrement assez et plus qu'assez de contrôles, par exemple), différences de culture politique (l'idée de marché de services éducatifs n'est pas à notre ordre du jour), différences de traditions académiques (la psychologie n'a pas le même statut, ni la même distribution d'orientations aux Etats-Unis et en France). De plus, et j'y reviens dans un instant, même dans le camp de Bruer on parle aujourd'hui avec plus de prudence des apports des sciences cognitives. Il n'en reste pas moins que dans son mouvement général, le jugement de Bruer s'applique fort bien à ce que nous connaissons. Il s'applique même trop bien : nos efforts nationaux pour comprendre en vue d'agir sont trop souvent minés, malgré la bonne volonté et le discernement de beaucoup, par deux formes d'agitation fébrile,

<sup>35</sup> Merci à B. Guerry pour cette remarque.

<sup>36</sup> J. Bruer, "Classroom problems, school culture, and cognitive research", chap. 10 de McGilly 1994, p. 273.

techno-politique et philosophico-sentimentale. On ne peut que constater l'absence totale, et même souvent de principe, de toute considération empirique, plus particulièrement encore d'origine psychologique (au sens scientifique du terme), dans la bouche ou sous la plume de ceux qui prétendent « sauver » l'école ou simplement lui permettre de surmonter ses difficultés et d'évoluer. « Empirique » ici ne s'entend pas au sens péjoratif consacré par Auguste Comte : il ne s'agit pas de défendre une stratégie d'essais à l'aveugle, menés au hasard d'inspirations venues d'on ne sait où. C'est tout le contraire : le problème dont parle Bruer est exactement celui-là, et ce qui est proposé est précisément de renoncer à ce mauvais empirisme en faveur d'une attitude plus rassise, moins émotive, consistant à rassembler des faits pertinents, ce qui exige rien de moins qu'une science théorique.

Or la théorie n'a bonne presse ni dans les milieux de l'éducation, ni dans l'opinion. Cet état de fait s'explique par (au moins) trois facteurs. Il y a d'abord la coupure, particulièrement marquée dans notre pays, entre science « pure » et pratique ; coupure qui entraîne méfiance réciproque, et, plus gravement encore, une incompréhension massive, en dehors des milieux scientifiques, de ce qu'est une théorie scientifique et de la manière dont elle peut informer la résolution de problèmes complexes nés de la pratique. Un deuxième facteur, conditionné d'ailleurs par le premier, est que les milieux éducatifs, et surtout l'opinion publique qui joue un rôle si important en matière d'éducation, ont tiré de l'histoire des théories éducatives une leçon hâtive, à savoir qu'elles ne valent pas grand chose (soient qu'elles soient fausses, soient qu'elles soient, en fin de compte, inutiles). Enfin, de manière plus précise, les apports théoriques, présents et futurs, des sciences cognitives sont souvent récusés pour deux raisons. D'une part, elles incarnent une approche naturaliste qui apparaît, dans notre culture, comme contrevenant au principe d'indépendance de la sphère de l'esprit par rapport à la sphère de la nature. Cette conception antinomique des deux ordres, prise comme un dogme, est une profonde erreur (ce qui n'exclut pas la possibilité de désaccords philosophiques) ; c'est même une faute, parce qu'elle bloque l'enquête. D'autre part, elles sont abusivement assimilées, comme on le rappelait plus haut, soit à l'intelligence artificielle (ou l'informatique avancée), soit aux neurosciences. C'est probablement ce qui explique qu'on parle moins de sciences cognitives, même dans les milieux directement concernés et les mieux informés, aujourd'hui qu'il y a dix ans : en parler apparaît sans doute comme politiquement inopportun.

Oublions ces précautions tactiques, et laissons-nous aller un bref instant à imaginer quelques thèmes possibles d'enquête sur lequel les sciences cognitives pourraient travailler au coude à coude avec des théoriciens et des praticiens de l'éducation et d'autres disciplines.

Les notions liées de « (proto-)pédagogie », au sens indiqué plus haut, et d'« épistémologie naïve » me semblent très prometteuses, parce que les pratiques qui leur correspondent sont d'une part au centre du processus éducatif, et d'autre part si profondément ancrées dans la culture quotidienne et dans l'entendement commun que l'enquête a des chances d'en révéler des aspects cachés, comme semblent l'indiquer les premiers résultats obtenus en croisant psychologie du développement, psychologie évolutionniste, anthropologie, philosophie de la connaissance, philosophie et histoire des sciences. Or toute intervention technologique « profonde » dans le processus d'éducation implique les conceptions « naïves » des agents, élèves et maîtres. L'idée de « modèle de l'apprenant » que les logiciels d'EIAO d'il y a vingt ans faisaient intervenir, pour échapper à la mécanique rudimentaire des exercices gradués avec réponses (et commentaires) stéréotypés, a fait long feu, et aujourd'hui encore nous serions bien en peine de construire automatiquement un tel modèle, n'ayant pas encore une idée suffisamment précise de ce qu'est un « apprenant » en général. Quand nous disposerons d'une théorie de la représentation spontanée du processus d'apprentissage (représentation très probablement complexe et détaillée, impliquant des notions d'autorité, de confiance, de certitude, de correction, de cumulativité, d'identité et différence entre apprenant et enseignant, etc.), nous serons peut-être en mesure de proposer des modèles de l'apprenant, voire de les adapter à chaque élève et de les articuler aux contenus spécifiques des matières enseignées. Un

domaine encore moins exploré, et prometteur, est celui des modèles de l'enseignant : « auto-modèle » de l'enseignant pour lui-même, « hétéro-modèle » de l'enseignant pour l'apprenant...

Une autre piste qui semble s'ouvrir, et dont il a été également brièvement question, est celle de la motivation, de l'image de soi et des autres, des rôles sociaux dans la classe et hors de la classe et des émotions associées. Les sciences cognitives s'intéressent désormais beaucoup à ces questions longtemps réservées à la psychologie d'inspiration analytique, à la psychologie sociale et à la microsociologie.

Une troisième direction concerne la planification de l'action. Nos conceptions de l'action et de l'intention ont considérablement évolué depuis une quinzaine d'années, grâce à une synergie exceptionnelle entre neurosciences et philosophie. Apprendre, tout comme enseigner, sont des exemples d'actions complexes, planifiées à différentes échelles (tenir le coup en 4<sup>e</sup> pour passer en 3<sup>e</sup>, assimiler le programme de mathématiques, comprendre la notion de vecteur, résoudre cet exercice, tirer profit de telle indication du manuel, gérer la relation avec le maître, etc.) et impliquant des sous-actions qu'il s'agit de hiérarchiser. Aucune technologie éducative complexe ne peut faire l'impasse sur cette dimension.

Ces perspectives sembleront sans doute bien lointaines. Nous avons, heureusement, des objectifs plus immédiats, dont j'ai essayé de donner une idée et dont certains exemples sont développés ailleurs dans ce volume. Le champ qu'il s'agit maintenant de labourer avec énergie couvrira sans doute les uns et les autres, et établira entre eux des priorités stratégiques et des relations de proximité conceptuelle ou empirique. Certaines questions sont peut-être trop difficiles, ou ne s'éclaireront que très lentement. Certaines hypothèses sont peut-être à rejeter purement et simplement. Cela ne doit pas nous empêcher de faire aboutir des stratégies de contournement, ou d'avancer sur d'autres fronts. Inversement, des succès sur des objectifs relativement immédiats ne doivent pas nous inciter à regarder avec condescendance des recherches plus spéculatives aux retombées incertaines. L'essentiel est qu'un nombre croissant de chercheurs et de praticiens s'y investissent, sans égard aucun pour les frontières disciplinaires, sans égard excessif pour la tradition, et sans indulgence pour la frilosité et le scepticisme paresseux.

## BIBLIOGRAPHIE

- Andler, D., « Processus cognitifs », chap. 3 de Andler, D., Fagot-Largeault, A., Saint-Sernin, B., *Philosophie des sciences*, Paris : Gallimard, 2002
- Andler, D., dir., *Introduction aux sciences cognitives*, Paris: Gallimard, coll. Folio, 1992; nouvelle édition, 2004
- Andler, D., "Du bon usage des sciences (cognitives) et des techniques (TIC)", in Bentolila, A., dir., *Quel avenir pour l'école?*, Paris: Nathan, 2007, pp. 119-126.
- Andler, D., article "Sciences cognitives", *Encyclopaedia Universalis*, actualisation 2007
- Benner, Patricia, *From novice to expert: Excellence and power in clinical nursing practice*. Menlo Park: Addison-Wesley, 1984 ; trad. fr. De novice à expert : Excellence en soins infirmiers, Paris : Masson, 2003
- Bereiter, Carl & Scardamalia, Marlene, *Surpassing ourselves : An inquiry into the nature and implications of expertise*, Chicago, La Salle Ill. : Open Court , 1993
- Bransford, J., Brown, A., Cocking, R., eds., *How People Learn*, Washington, D.C.: National Academy of Science, 1999
- Bransford, John *et al.*, « Learning Theories and Education : A Decade of Synergy », in Patricia A. Alexander, Philip H. Winne, eds., *Handbook of Educational Psychology*, Lawrence Erlbaum & Routledge, 2006, pp. 209-245
- Bransford, John *et al.*, Learning theories and education : Toward a decade of synergy, in *Handbook of*

*Educational Psychology,*

- Bruer, John, *Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom*, Cambridge, MA : MIT Press, 1993
- Bruer, John, *The Myth of the First Three Years: A New Understanding of Early Brain Development and Lifelong Learning*
- Crombie, A., *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The History of Argument and Explanation Especially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*. London: Gerald Duckworth & Company, 1995
- Csibra, G. & Gergely, G., « Social learning and social cognition: The case for pedagogy », in M. H. Johnson & Y. Munakata, eds., *Processes of Change in Brain and Cognitive Development. Attention and Performance, XXI*. Oxford: Oxford University Press, 2005
- Donovan, M. S., & Bransford, J. D. (Eds.). (2005). *How students learn: Science in the classroom*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Dreyfus, H., & Dreyfus, S. E., *Mind over Machine*, New York: Free Press, 1986
- Dreyfus, Hubert L. (1972), *What Computers Can't Do*, New York, Harper & Row; augm. edition: *What Computers Still Can't Do*, Cambridge, MA, MIT Press, 1993; trad. fr (2e éd.), *Intelligence artificielle, mythes et limites*, Paris: Flammarion, 1986
- Dweck, Carol, *Mindset. The new psychology of success*, New York: Random House, 2006
- Dweck, Carol, *Self-Theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development*, Psychology Press, 2000
- Gardner, H., *The Mind's New Science. A History of the Cognitive Revolution*, New York : Basic Books, 2<sup>e</sup> éd. 1987 ; tr. fr. J.-L. Peytavin : *Histoire de la révolution cognitive. La nouvelle science de l'esprit*, Paris : Payot, 1993
- Gardner, Howard, *Frames of Mind - the theory of multiple intelligences*, New York : Basic Books, 1993 ; trad. fr. *Les intelligences multiples, nouv. éd.*, Paris : Retz, 2004
- Gilmore, C. McCarthy, S., Spelke, E., (2007), "Symbolic arithmetic knowledge without instruction", *Nature* 477
- Gobet, F., *Les memoires d'un joueur d'échecs*, Fribourg (Suisse): Editions Universitaires, 1993
- Hacking, I., *Representing and intervening*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983 ; trad. fr, *Concevoir et expérimenter*, Paris : Christian Bourgois, 1989
- Hatano, Giyoo & Inagaki, Kayoko, « Domain-specific constraints of conceptual development », *International Journal of Behavioral Development* 2000; 24; 267
- Haugeland, John, *Artificial Intelligence, The Very Idea*, Cambridge, MA : MIT Press, 1986; trad. fr. *L'esprit dans la machine*, Paris: Odile Jacob, 1989
- McGilly, Kate, ed., *Classroom Lessons. Integrating Cognitive Theory*, Cambridge, MA : MIT Press, 1994
- McMillan Culp, Katie, Honey, Margaret & Mandinach, Ellen, *A Retrospective on Twenty Years of Education Technology Policy*, Education Development Center, Center for Children and Technology, U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, Washington, D.C., October 2003
- Nordmann, Alfred, ed., *Converging Technologies - Shaping the future of European Sciences*, Bruxelles: Commission européenne, 2004; en ligne : [http://www.ntnu.no/2020/final\\_report\\_en.pdf](http://www.ntnu.no/2020/final_report_en.pdf) (et ailleurs)
- Piatelli-Palmarini. M., dir. *Théories du langage, théories de l'apprentissage. Le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky*, Paris : Seuil, 1979
- Politzer, Guy, dir., *Le raisonnement humain*, Paris: Hermès Sciences Publications, 2002
- Politzer, Guy, "Reasoning, judgment and pragmatics", in I. Noveck & D. Sperber, eds., *Experimental Pragmatics*, Londres: Palgrave, 2004, pp. 94-115
- Roco, Mihail C., Bainbridge, William S., eds., *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. NSF/DOC-sponsored report, Arlington, VA: National Science Foundation, 2002. En ligne : [www.wtec.org/ConvergingTechnologies](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies)
- Sperber, Dan & Wilson, Deirdre. *La pertinence*, Paris : Ed. de Minuit, 1989
- Vosniadou, Stella, Vamvakoussi, Xenia & Baltas, Aristides, *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction*, Elsevier, 2007