

Enquête sur la neuropédagogie

Le développement des sciences cognitives, notamment l'imagerie cérébrale, permet de mieux connaître les fonctionnements du cerveau.

Ces sciences peuvent-elles être un nouveau tremplin pour l'apprentissage et l'enseignement ?

MARTINE FOURNIER

Qu'est-ce que la neuropédagogie ? Si l'expression soulève l'enthousiasme de certains chercheurs, le terme inspire plutôt mystère, crainte ou perplexité pour beaucoup d'enseignants et de parents. À l'ère des neurosciences triomphantes, où chaque jour apporte de nouvelles découvertes sur le fonctionnement du cerveau, on se prendrait même à imaginer une classe où toutes les têtes seraient dotées d'électrodes, sous la surveillance de quelques scientifiques en blouse blanche qui enverraient des décharges pour stimuler l'élève qui bute sur son problème d'arithmétique, ou recadrer la concentration de celui qui se serait évadé dans une quelconque activité onirique. Mais trêve de délires à la Huxley...

Si la « neuropédagogie » semble être un bon label pour obtenir des crédits dans la recherche, existe-il de nouvelles pratiques pédagogiques directement inspirées par les recherches en neurosciences ? L'affaire est en fait un peu plus compliquée. Depuis une vingtaine d'années, les neurosciences ont connu un essor considérable grâce au développement de l'imagerie cérébrale et de la neuropsychologie.

Avec l'équipe du pôle NeuroSpin de Saclay, par exemple, le psychologue

Stanislas Dehaene, professeur au Collège de France, a pu mettre en évidence la manière dont le cerveau humain reconnaît l'écriture et permet ainsi l'apprentissage de la lecture (1).

En comparant le cerveau de bons lecteurs à celui de personnes illettrées, ces recherches ont également montré qu'apprendre à lire induit des modifications de l'anatomie et de l'activité cérébrale, qui jouent en retour sur la qualité du langage oral. Démontrer que le cerveau se transforme en apprenant n'est pas l'une des moindres avancées de ces dernières décennies.

Observer le cerveau qui apprend

De son côté, le psychologue Olivier Houdé, chercheur à l'université Paris-V, s'intéresse aux stratégies d'apprentissage. Émule du grand psychologue Jean Piaget (1896-1980), considéré comme l'un des premiers explorateurs de la cognition et dont les travaux ont fait longtemps référence, il estime que ce dernier n'avait pas tenu compte, dans sa théorie du développement de l'intelligence, de la capacité d'inhibition qui permet d'éviter les erreurs de raisonnement. Pour lui, cette capacité n'apparaît que progressivement dans le développement cognitif de

l'enfant. C'est grâce à l'imagerie cérébrale qu'O. Houdé a pu confirmer cette hypothèse, en montrant que cette capacité s'activait (ou non) dans le cortex préfrontal (2). Par exemple, explique-t-il, dans une célèbre tâche inventée par Piaget, on présente à l'enfant d'école maternelle, sur une table ou sur un écran d'ordinateur, deux alignements de jetons de même nombre, 6 à 8 selon les cas, et de longueur différente (l'espace occupé sur la table ou l'écran). Si l'on demande aux enfants de comparer les quantités, ils se trompent et répondent qu'« il y a plus de jetons là où c'est plus long ».

J. Piaget pensait que l'enfant d'école maternelle ne maîtrisait pas encore la notion de nombre, qu'il n'avait pas atteint le stade logicomathématique correspondant. « On a pu démontrer aujourd'hui, explique O. Houdé, grâce à l'imagerie cérébrale, que ce qui fait défaut au jeune enfant, ce n'est pas le nombre en tant que tel, mais la difficulté de son cortex préfrontal à inhiber la réponse automatique et erronée "longueur égale nombre". Que faire quand l'explication logique ne suffit pas à l'école ? Il s'agit d'apprendre aux élèves à inhiber leurs automatismes erronés de raisonnement pour changer de stratégie au cas par cas. »



Des écoliers utilisent un écran interactif, Tempe, Arizona, mai 2011.

Jim Wilson/The New York Times/Recluz/Rés

Cependant, pour mieux comprendre la manière dont on apprend, ces observations doivent dialoguer avec l'ensemble des recherches en psychologie cognitive, comportementale, sociale, et en linguistique...

C'est d'ailleurs ce que la plupart des chercheurs entendent lorsqu'ils parlent de « neuropédagogie ».

Pour Michel Fayol par exemple, chercheur à l'université de Clermont-Ferrand qui a travaillé sur de nombreuses expérimentations dans les classes, ce sont surtout des dispositifs expérimentaux s'appuyant sur l'analyse du comportement des élèves et des performances réalisées qui peuvent permettre de faire progresser la pédagogie.

Même si, mentionne-t-il à l'instar de beaucoup de chercheurs, la France accuse un retard, notamment sur les

À savoir

- ❑ Il ne faut pas confondre neuropédagogie et neurosciences.
- ❑ La neuropédagogie est le terme scientifique utilisé aujourd'hui pour désigner tout un ensemble de recherches en éducation (psychologie cognitive, comportementale, linguistique...).
- ❑ Les neurosciences ne sont qu'une partie de ces recherches, visant à comprendre comment fonctionne le cerveau.
- ❑ Certaines techniques d'apprentissage peuvent effectivement aider développer les capacités intellectuelles.

pays anglo-saxons, de nombreux laboratoires (Aix-Marseille, Poitiers, Grenoble, Dijon ou Rennes...) s'adonnent à ce genre de recherches.

Les uns s'intéressent à des champs disciplinaires (la lecture, le calcul, la géométrie...), d'autres travaillent sur ce que les chercheurs appellent les « fonctions exécutives » du cerveau : comment améliorer la mémoire de travail, comment mobiliser ses ressources attentionnelles, comment organiser les informations ? Comment, en fait, améliorer les capacités d'apprentissage ?

Ainsi explique M. Fayol, « pour entraîner la mémoire de travail visuelle, de petits dispositifs (sur écran) obligent à mémoriser de plus en plus d'éléments. Et l'on constate aujourd'hui que l'amélioration des performances obtenues par ce genre d'exercice n'est pas seule- ▶

Des sciences de l'éducation... à la neuropédagogie

Neurocognition, neuropsychologie, neuroéconomie, neuromarketing... Avec l'essor des sciences cognitives, nous sommes entrés dans la galaxie neuro. Accoler le préfixe «neuro» à un domaine de recherche est devenu aussi bien une mode qu'un label qui attesterait de la scientificité du programme. Dans la recherche en éducation, la neuropédagogie est venue supplanter l'appellation «sciences de l'éducation», celles-ci ayant perdu de leur aura au fil des ans. Au pied de la lettre, l'appellation «neuropédagogie» désigne les recherches en éducation fondées sur les sciences cognitives (neurosciences, psychologie

cognitive) ou en linguistique. Mais on leur associe bien souvent de la psychologie sociale, voire des ingrédients venus de la psychanalyse ou aussi de la sociologie. Munis du préfixe «neuro», les programmes de recherche sur l'éducation sont devenus plus attractifs pour les décideurs, explique un chercheur. Le problème, c'est que le terme fait peur dans le grand public et auprès des enseignants, qui voient dans la neuropédagogie des visées à peine subliminales de formatage ou de médicalisation du cerveau. C'est pourquoi l'Éducation nationale doit lancer un vaste programme d'information intitulé «Sciences cognitives et apprentissage». ■ M.F.

► ment le fait d'un apprentissage, mais permet d'augmenter les capacités de mémoire de travail de manière transférable et généralisable (3).»

À Grenoble, explique pour sa part Édouard Gentaz, chercheur au Laboratoire de psychologie et neurocognition (LPNC) de l'université Grenoble-II, des ateliers cognitifs ont été mis en place dans des classes de seconde sur la métacognition, pour aider les élèves à mieux comprendre comment ils fonctionnent, et améliorer leurs performances.

Ces programmes foisonnent sur le continent nord-américain, où les capacités de financement sont importantes et les centres de recherche nombreux. Ainsi, depuis quelques années aux États-Unis, des enseignants mettent en œuvre dans des classes de maternelle un programme nommé *Tools of the mind* (encadré p. 56). Dûment évalué dans plusieurs classes, ce programme améliore considérablement la réussite scolaire des enfants en leur proposant des exercices à base de jeux éducatifs

destinés à exercer leur concentration et leur mémoire de travail (4). Par ailleurs, de très nombreuses études mettent en avant le bienfait des arts plastiques, de la musique, de l'éducation physique ou des arts martiaux pour aider à la régulation des émotions, aux capacités de concentration, à favoriser l'apprentissage.

Dans la réalité de la classe

En réalité, nombre de ces expérimentations aboutissent à des conseils de simple bon sens qu'appliquent intuitivement et depuis longtemps beaucoup d'enseignants expérimentés (vérifier que les enfants ont assez de sommeil, favoriser l'attention en distribuant des activités au cours de la journée...). Ils sont aujourd'hui vérifiés par les recherches. Ainsi, des études ont été menées au LPNC-Grenoble sur le rôle du toucher pour aider les enfants de grande section de maternelle à reconnaître les lettres («Toucher pour apprendre») (5). Une technique initiée au début du xx^e siècle par la pédagogie

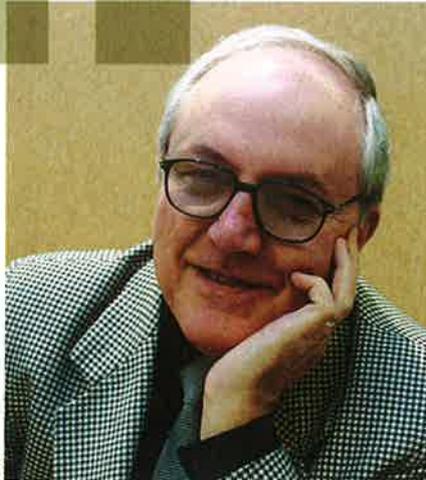
Maria Montessori, qui prônait déjà l'usage d'une méthode multisensorielle (incluant le corps et le toucher) dans les apprentissages fondamentaux... Alors, qu'en est-il de toutes ces expérimentations dans la réalité d'une classe qu'il faut faire fonctionner, avec toutes les contraintes inhérentes à l'hétérogénéité des élèves, l'exécution des programmes, les exigences horaires... ?

Là semble résider un certain *bug*. D'une part, font remarquer beaucoup de chercheurs, très peu d'enseignants connaissent ces recherches; ils ne sont en général pas formés pour les appliquer avec leurs élèves. D'autre part, ces recherches, si elles font progresser la connaissance du fonctionnement cognitif, sont peu souvent transférables en situation de classe et généralisables au plus grand nombre. Les techniques utilisées par les enseignants sont le plus souvent issues de la pratique au quotidien : «Il vaut mieux penser que les buts des techniques pédagogiques et ceux des recherches scientifiques en éducation diffèrent : le but de la pédagogie est d'élaborer des techniques qui fonctionnent, alors le but des recherches scientifiques est non seulement d'évaluer scientifiquement les effets de ces techniques mais aussi de comprendre, expliquer, éventuellement prédire ou simuler comment ces techniques peuvent fonctionner», écrit É. Gentaz sur le site du LPNC.

Les deux approches ne s'alimentent donc que rarement. À une exception près : la lecture. Nous disposons maintenant, écrit S. Dehaene, d'«une véritable science de la lecture». Dans le monde entier, on fait aujourd'hui un travail d'entraînement systématique favorisant le décodage et la compréhension. É. Gentaz, qui fait également partie de l'équipe NeuroSpin, ajoute ainsi : «En France, les recherches récentes sur la lecture commencent réellement à influencer les pratiques pédagogiques. Tout le travail massif d'entraînement systématique de la phonologie, ►

Les neurosciences, avenir de

Un apport extrêmement faible



Michel Fayol

Professeur de psychologie cognitive à l'université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand et directeur de recherche au CNRS (Laboratoire de psychologie sociale de la cognition).

« Les neurosciences s'appuient le plus souvent sur les travaux de la psychologie cognitive et des études comportementales pour regarder, grâce à l'imagerie cérébrale et aux électroencéphalogrammes, quelles sont les zones activées du cerveau, comment elles s'associent aux performances réalisées. Elles prennent en compte la dimension cérébrale, mais les effets eux-mêmes (attention, mémorisation...) ont presque toujours été préalablement établis par les approches cognitives ou comportementales. Actuellement, les neurosciences relèvent plutôt de la recherche fondamentale. C'est pourquoi ce qu'elles apportent dans le domaine

de l'apprentissage reste très modeste. Beaucoup de grands neuroscientifiques l'admettent d'ailleurs bien volontiers. Les neurosciences ne constituent actuellement pas une ressource pour la pédagogie, sauf dans un cas très précis, celui des pathologies. Dyscalculie, dyslexie, troubles du langage, troubles de l'espace : là, l'approche neuroscientifique peut apporter des informations sur le plan diagnostique et sur les modalités d'intervention. Par ailleurs les neurosciences, aujourd'hui très attentives aux conséquences de la plasticité cérébrale, montrent que l'on peut trouver des solutions même quand le cerveau est affecté.

Pour une pédagogie du cortex préfrontal



Olivier Houdé

Professeur de psychologie à l'université Paris-V, directeur du Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (LaPsyDÉ, CNRS).

« Les découvertes en psychologie du développement de l'enfant et en neurosciences cognitives peuvent avoir un impact à l'école, dans le secteur de l'éducation, tout comme les neurosciences associées à la médecine ont déjà un fort impact dans le secteur de la santé. À l'image de la médecine, la pédagogie est un art qui devrait s'appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées. En apportant des indications sur les capacités et les contraintes du "cerveau qui apprend", la psychologie peut aider à expliquer pourquoi certaines situations d'apprentissage sont efficaces, alors que d'autres ne le sont pas. Par exemple, il est aujourd'hui admis

qu'il serait très utile de développer à l'école une pédagogie du cortex préfrontal, notamment l'exercice de la capacité d'inhibition du cerveau. L'inhibition est, en effet, une forme de contrôle neurocognitif et comportemental qui permet aux enfants de résister aux habitudes ou automatismes, aux tentations, distractions ou interférences, et de s'adapter aux situations complexes par la flexibilité. Le défaut d'inhibition peut expliquer des difficultés d'apprentissage (erreurs, biais de raisonnement, etc.) et d'adaptation tant cognitive que sociale. Une erreur massive observée à l'école élémentaire concerne les problèmes dits « additifs » à énoncé verbal : "Louise a 25 billes.

La pédagogie ?

Certains enfants ont appris à lire malgré une atteinte très grave de leur hémisphère gauche, en développant par exemple l'aire des formes visuelles dans l'hémisphère droit. On ne saurait déduire de la situation actuelle que les approches neuroscientifiques doivent être abandonnées. Les neurosciences auront certainement une importance croissante. Mais aujourd'hui, ce que nous pouvons utiliser pour l'enseignement vient surtout (et même presque en totalité) des approches cognitives et comportementales. La mémoire de travail, l'attention et les manières dont on apprend ont fait l'objet de nombreuses recherches depuis une trentaine d'années.

Malheureusement, ce qui est utilisable dans le champ de la pédagogie n'est ni généralisé ni correctement utilisé dans les classes. On n'a qu'exceptionnellement envisagé de déterminer comment les enseignants pourraient s'emparer de ces connaissances et dispositifs pour améliorer l'enseignement, cela en fonction des divers domaines disciplinaires. Il y aurait déjà tant à faire en ce domaine. La lecture est sans doute le seul domaine où un effort de diffusion a été fait. En France, on a mis en place l'Observatoire national de la lecture, fait travailler des chercheurs avec des praticiens. On a avancé mais, à mon sens, encore insuffisamment. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR M.F.

Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes ?
La bonne réponse est la soustraction $25 - 5 = 20$, mais souvent les enfants ne parviennent pas à inhiber l'automatisme d'addition déclenché par le "plus que" dans l'énoncé, d'où leur réponse erronée : $25 + 5 = 30$. En orthographe, fréquemment, les enfants d'école élémentaire font la faute "je les manges". Ce n'est pas qu'ils ignorent la règle selon laquelle "avec je, le verbe s'accorde au singulier", mais ils sont incapables d'inhiber l'automatisme "après les, je mets un s". La tentation est ici trop grande pour eux, en raison de la proximité du terme "les" dans la phrase. L'enfant doit donc apprendre à inhiber, grâce à

son cortex préfrontal, cette réponse dominante et automatique, pour avoir la flexibilité d'appliquer une autre stratégie de son répertoire orthographique : l'accord avec le sujet de la phrase où qu'il soit. On pourrait croire que cela ne concerne que les enfants. Mais combien d'*emails* ne reçoit-on pas de collègues ou amis qui écrivent "je vous le direz" au lieu de "je vous le dirai". C'est exactement le même défaut d'inhibition frontale, renforcé par la rapidité de l'écriture électronique. La pédagogie du cortex préfrontal est donc une pédagogie pour la vie ! Il ne suffit pas de connaître les règles ; il faut en permanence inhiber nos automatismes. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR M.F.

► *L'entraînement en maternelle sur la correspondance graphèmes-phonèmes, sont directement inspirés de la psychologie et de la linguistique cognitive.* » Il faut mentionner un autre domaine dans lequel les techniques des neurosciences – l'imagerie cérébrale et les électroencéphalogrammes – peuvent venir au secours de l'apprentissage : celui des enfants atteints d'un handicap comme la dyslexie ou la dyscalculie. Aujourd'hui, dans plusieurs laboratoires, on scanne le cerveau d'enfants dyslexiques, avant et après un entraînement classique, pour voir les améliorations, les effets de la remédiation. « *Les chercheurs aiment trouver une signature cérébrale du déficit* », explique É. Gentaz, tout en précisant évidemment que ces actions portent sur de petits nombres d'enfants et hors de situations de classe. Si neurosciences et sciences cognitives apportent des connaissances nouvelles sur le fonctionnement du cerveau, reste la question de savoir comment en user dans l'éducation. Pour l'heure, la neuropédagogie prospère plutôt dans les laboratoires que dans les salles de classe... ■

(1) Stanislas Dehaene (dir.), *Apprendre à lire. Des sciences cognitives à la salle de classe*, Odile Jacob, 2011. Voir aussi le site de NeuroSpin :

www.centre-saclay.cea.fr/tr/NeuroSpin

(2) Voir Olivier Houdé et al., « Functional MRI study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children. A neo-Piagetian approach », *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. CX, n° 3, novembre 2011, et « Number conservation is related to children's prefrontal inhibitory control. An fMRI study of a Piagetian task », *PLoS ONE*, 16 juillet 2012.

(3) Voir Adele Diamond et al., « Preschool program improves cognitive control », *Science*, vol. CCCXVIII, n° 5855, 30 novembre 2007, et Adele Diamond et Kathleen Lee, « Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old », *Science*, vol. CCCXXXIII, n° 6045, 19 août 2011.

(4) Ce programme est issu des travaux d'Elena Bodrova et de Deborah Leong.

(5) Les travaux du LPNC sont consultables sur le site d'Édouard Gentaz : <http://webu2.upmf-grenoble.fr/LPNC/LpncPerso/Permanents/EGentaz/web>