

Éducation et développement cognitif de l'enfant

Par Olivier HOUDÉ

Professeur de psychologie à l'Université Sorbonne Paris Cité (USPC), directeur du LaPsyDÉ, UMR CNRS 8240

À l'école, depuis toujours, on apprend surtout par la répétition, la pratique et l'automatisation. C'est très bien, mais le cerveau des élèves doit aussi apprendre à raisonner par le schéma inverse : c'est-à-dire inhiber ses automatismes cognitifs habituels ou « heuristiques ». Il serait donc très utile de développer une pédagogie du cortex préfrontal, cette région située à l'avant du cerveau et qui sous-tend l'exercice de cette capacité d'inhibition. En voici quelques exemples à propos du raisonnement, de l'arithmétique, de l'orthographe, de la lecture ou de tâches logico-mathématiques de Piaget aujourd'hui revisités.

Les contours des sciences humaines et sociales se redessinent aujourd'hui, en particulier pour l'éducation, qu'éclairent les sciences cognitives et biologiques.

À l'image de la médecine, la pédagogie est un art qui doit s'appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées. En apportant des indications sur les capacités et les contraintes du « cerveau qui apprend », la psychologie expérimentale du développement et les neurosciences cognitives peuvent aider à expliquer pourquoi certaines situations d'apprentissage sont efficaces, alors que d'autres ne le sont pas.

En retour, le monde de l'éducation, informé qu'il est de la pratique quotidienne - l'actualité de la pédagogie -, peut suggérer des idées originales d'expérimentation.

Ainsi, se développe, aujourd'hui, un aller-retour entre le laboratoire et l'école. Les découvertes faites commencent aussi à être enseignées aux étudiants des nouvelles Écoles supérieures du professorat et de l'éducation (les ESPE).

En voici quelques exemples, à propos de la mémoire, du raisonnement, de l'arithmétique, de l'orthographe, de la lecture ou de tâches logico-mathématiques de Piaget aujourd'hui revisités.

Récemment, l'imagerie cérébrale a permis de démontrer l'existence, chez l'enfant comme chez l'adulte, de deux formes complémentaires d'apprentissage neurocognitif : l'automatisation par la pratique et le contrôle par l'inhibition.

Dans le cas de l'automatisation par la pratique, c'est initialement la partie préfrontale (l'avant) du cerveau qui est activée, car la mise en place des habiletés nécessite un contrôle et un effort cognitif (apprendre par cœur une liste de mots, par exemple), puis ces habiletés s'auto-

matisent avec l'apprentissage. Ce sont dès lors la partie postérieure et les régions sous-corticales du cerveau qui prennent le relais.

Dans le cas inverse (celui d'une dés-automatisation), il s'agit d'apprendre à inhiber les automatismes acquis, connus, pour pouvoir changer de stratégie cognitive.

L'imagerie cérébrale a permis de montrer le changement qui se produit dans le cerveau des élèves lorsque, sous l'effet d'un apprentissage, ils passent au cours d'une même tâche de raisonnement d'un mode perceptif facile, automatisé mais erroné, à un mode logique, difficile et exact (encore inconnu, dans ce cas). Les résultats des examens d'imagerie indiquent un basculement très net des activations cérébrales de la partie postérieure du cerveau vers le cortex préfrontal qui traduit une dynamique cérébrale inverse de celle de l'automatisation.

Le premier type d'apprentissage - l'automatisation par la pratique - correspond aux connaissances générales bien établies, apprises par la répétition et la mémorisation, et qui doivent être connues de tous (celles des programmes scolaires, par exemple).

À l'inverse, et complémentirement, le second type d'apprentissage - le contrôle par l'inhibition - fait, quant à lui, appel à l'imagination, à la capacité de changer de stratégie de raisonnement en inhibant les automatismes habituels. C'est « apprendre à résister » [1]. C'est aussi se former pour pouvoir explorer l'inconnu.

À l'école, depuis toujours, l'on apprend surtout par la répétition, la pratique et l'automatisation. C'est très bien.

Mais, comme nous venons de le voir, le cerveau des élèves doit aussi apprendre à raisonner par le schéma inverse consistant à inhiber ses automatismes.

Il serait donc très utile de développer à l'école une pédagogie du cortex préfrontal, notamment *via* l'exercice de la capacité d'inhibition du cerveau. L'inhibition est, en effet, une forme de contrôle attentionnel et comportemental qui permet aux enfants de résister aux habitudes, aux automatismes, aux tentations, aux distractions ou aux interférences et de s'adapter aux situations complexes grâce à la flexibilité acquise. C'est un signe d'intelligence. *A contrario*, le défaut d'inhibition peut expliquer certaines difficultés d'apprentissage (erreurs, biais dans le raisonnement, etc.) et d'adaptation tant cognitive que sociale [2].

Ainsi, par exemple, une erreur massivement observée à l'école élémentaire concerne les problèmes dits « additifs » à énoncé verbal du type : « Louise a 25 billes. Elle a 5 billes *de plus que* Léo. Combien Léo a-t-il de billes ? ».

La bonne réponse s'obtient en posant la soustraction $25 - 5 = 20$.

Mais, souvent, les enfants ne parviennent pas à inhiber l'automatisme d'addition déclenché par le « *de plus que* » de l'énoncé, d'où leur réponse erronée : $25 + 5 = 30$ [3].

En orthographe, fréquemment, les enfants des écoles élémentaires font la faute suivante : « je les manges ».

Ce n'est pas qu'ils ignorent la règle selon laquelle il n'y a pas de « s » à la première personne du singulier des verbes du premier groupe (manger, trouver, etc.), mais ils sont incapables d'inhiber l'automatisme : « après « les », je mets un « s » » [4].

La tentation est ici trop grande pour eux en raison de la proximité du pronom « 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 lui permettant d'appliquer une autre stratégie de son répertoire orthographique.

On pourrait croire que cela ne concerne que les enfants. Mais combien de méls ne reçoit-on pas de collègues ou d'amis qui écrivent « je vous le direz » au lieu de « je vous le dirai ». C'est exactement le même défaut d'inhibition frontale, renforcé ici par la rapidité de l'écriture électronique.

Un autre exemple concerne la lecture. Les apprentis lecteurs, comme d'ailleurs les lecteurs experts, doivent toujours éviter de confondre les lettres dont l'image en miroir représente une autre lettre : par exemple, b/d ou p/q. Cette difficulté est renforcée par le fait que, pour apprendre à lire, le cerveau humain recycle des neurones initialement utilisés pour identifier les êtres vivants ou objets de notre environnement, les animaux par exemple [5]. Or, un animal a toujours la même identité quelle que soit son orientation par rapport à un axe de symétrie. Pour discriminer les lettres en miroir, notre cerveau doit donc apprendre à inhiber ce biais cognitif. Comme les enfants [6], les adultes [7] doivent toujours résister, même inconsciemment, à cette généralisation en miroir.

La pédagogie du cortex préfrontal est donc une pédagogie pour la vie ! Il ne suffit pas de connaître les règles (ac-

quises par la pratique, la répétition, etc.), il faut également inhiber en permanence nos automatismes.

Tant en France qu'au Canada (avec l'équipe d'Adele Diamond à Vancouver, notamment), des expériences d'interventions pédagogiques pilotes de ce type sont aujourd'hui menées dans les écoles pour exercer chez les élèves leur « contrôle cognitif » [8, 9]. Ces expériences découlent directement de la meilleure compréhension que nous avons aujourd'hui des mécanismes d'apprentissage du cerveau : recyclage neuronal, inhibition cognitive, etc.

Même la célèbre théorie du psychologue suisse Jean Piaget (1896-1980) a pu être revisitée, dans notre laboratoire, grâce à l'imagerie cérébrale et à la théorie de l'inhibition cognitive.

Au XX^e siècle, la théorie des stades de l'intelligence de Piaget a profondément marqué la psychologie, le monde de l'éducation et le grand public. On sait que pour Piaget, une tâche emblématique permettant de tester l'intelligence de l'enfant était la conservation du nombre.

Devant deux rangées de jetons en comportant le même nombre (5, par exemple), mais plus ou moins écartés spatialement dans chaque rangée, l'enfant (jusqu'à l'âge de 7 ans environ) considère qu'« il y a plus de jetons là où c'est plus long » (la rangée où les jetons sont le plus espacés entre eux), ce qui est une erreur d'intuition perceptive.

La réussite à ce test par des enfants âgés de plus de 7 ans (avec la réponse : « Il y a le même nombre de jetons dans les deux rangées ») traduisait selon Piaget le passage d'un stade perceptif prélogique au stade de la pensée logico-mathématique concrète.

Cette tâche, reprise de façon informatisée en IRMf avec des enfants d'écoles maternelles et d'écoles élémentaires [10], a révélé qu'elle mobilisait non seulement les régions du cerveau dédiées au nombre (le cortex pariétal), mais aussi les régions du cortex préfrontal dédiées à l'inhibition des automatismes : ici, l'automatisme selon lequel en général la longueur varie avec le nombre [11].

Cela nous amène à réviser la théorie de Piaget en y ajoutant le rôle clé de l'inhibition cognitive comme mécanisme positif du développement de l'intelligence chez l'enfant.

En conclusion : il faut apprendre dès l'école à inhiber les automatismes du cerveau, à y résister afin que dans notre vie cognitive, sociale, culturelle et industrielle « notre cerveau », comme celui du poète, selon Arthur Rimbaud, « cherche toujours du nouveau » et qu'il « arrive à l'inconnu » [12].

C'est la fonction même du cortex préfrontal que d'être ainsi créatif [13] pour corriger nos effets de fixation.

Bibliographie

[1] HOUDÉ (O.), *Apprendre à résister*, Paris, Le Pommier, 2014.

[2] AÏTE (A.), BERTHOZ (A.), VIDAL (J.), ROELL (M.), ZOUÏ (M.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Taking a third-person perspective requires inhibitory control", *Child Development* (in press), 2016.

- [3] LUBIN (A.), VIDAL (J.), LANOË (C.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems", *Journal of Educational Psychology*, 105, 2013, pp. 701-708.
- [4] LANOË (C.), VIDAL (J.), LUBIN (A.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control is needed to overcome written verb inflection errors", *Cognitive Development*, 37, 2016, pp. 18-27.
- [5] DEHAENE (S.), *Les Neurones de la lecture*, Paris, Odile Jacob, 2007.
- [6] ARH (E.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibition of the mirror-generalization process in reading in school-aged children", *Journal of Experimental Child Psychology* (in press), 2016.
- [7] BORST (G.), AHR (E.), ROELL (M.) & HOUDÉ (O.), "The cost of blocking the mirror-generalization process in reading", *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 2015, pp. 228-234.
- [8] DIAMOND (A.) & LEE (K.), "Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old", *Science*, 333, 2011, pp. 959-964.
- [9] DIAMOND (A.) & LING (D.), "Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not", *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2015 (doi:10.1016/j.dcn.2015.11.005).
- [10] HOUDÉ (O.), PINEAU (A.), LEROUX (G.), POIREL (N.), PERCHEY (G.), LANOË (C.), LUBIN (A.), TURBELIN (M.-R.), ROSSI (S.), SIMON (G.), DELCROIX (N.), LAMBERTON (F.), VIGNEAU (M.), WISNIEWSKI (G.), VICET (J.-R.) & MAZOYER (B.), "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*, 110, 2011, pp. 332-346.
- [11] DEHAENE (S.), *La Bosse des maths*, Paris, Odile Jacob, 2010.
- [12] RIMBAUD (A.), « Lettre à Paul Demeny », 15 mai 1871, in *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard, 1979.
- [13] CASSOTTI (M.), AGOGUÉ (M.), CAMARDA (A.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control as a core process of creative problem solving and ideas generation from childhood to adulthood", *New Directions for Child and Adolescent Development*, 151, 2016, pp. 61-72.