

Difficultés pour apprendre ? Besoin d'une remise à niveau ?



Découvrez la plateforme d'évaluation et de remédiation cognitives www.igerip.fr

RICHESSSE DE L'OFFRE

101 logiciels et plus de 15 000 exercices vous permettent de disposer d'une grande richesse de contenus classés par domaine : évaluation, phonologie, langage oral, langage écrit, perception, troubles cognitifs, neurologie, surdité, voix, remise à niveau scolaire, tests psychotechniques... Des logiciels spécifiques et sur-mesure pour tous les âges, de l'enfant au senior.

VALIDATION

La plateforme a été conçue en collaboration avec des professionnels de santé et des laboratoires de recherche (Inserm/CNRS). Des orthophonistes reconnus ont également collaboré avec notre équipe de R & D pour développer les logiciels de cette plateforme de remise à niveau.

SATISFACTION DES UTILISATEURS

Selon une enquête menée fin 2015 auprès de nos abonnés, 92 % sont satisfaits ou très satisfaits d'iGerip.

ESSAYEZ GRATUITEMENT

Inscrivez-vous sur la plateforme www.igerip.fr

iGerip ne nécessite aucune installation, une simple connexion à internet suffit.

L'accès se fait à partir de n'importe quel ordinateur ou tablette connectée.



remise immédiate de 15 % avec code promo CV15 à valoir sur www.gerip.com offre valable jusqu'au 30 10 2016

SAS GERIP - solutions de remédiation cognitive et linguistique - 04 77 47 28 51 - commercial@gerip.com

SOMMAIRE

- p. 38
Connaître son cerveau pour mieux apprendre
- p. 44
« Parler du cerveau aux élèves change tout »
- p. 50
Bientôt de meilleurs élèves ?
- p. 58
Le numérique à l'école, vers une nouvelle cognition ?

LA NEUROÉDUCATION

« Il sait bien sa leçon, mais le jour du contrôle il ne comprend pas l'énoncé. »

Ou encore : « J'avais tout compris en classe, mais maintenant je ne sais pas faire l'exercice. » Et parfois : « Je ne comprends pas, j'ai du mal à me concentrer. » Elle est longue, la liste des incompréhensions et des blocages qui peuvent se dresser sur le chemin d'une scolarité réussie.

Or ces trois exemples décrivent des problèmes qu'une bonne connaissance du cerveau peut résoudre. Ainsi, comprendre l'énoncé, c'est savoir établir une connexion entre cet énoncé et ce que l'on a appris. Un geste mental qui repose sur le mécanisme d'inférence, bien étudié par des neuroscientifiques comme Stanislas Dehaene.

Ne pas savoir faire l'exercice alors qu'on a compris vient du fait que le cerveau a besoin de plus de temps pour mémoriser un savoir que pour le comprendre.

Et les problèmes de concentration découlent souvent du fait qu'on ignore ses propres fluctuations attentionnelles. Savoir tout cela (et bien d'autres choses encore) modifie la posture de l'élève face à l'apprentissage : au lieu d'être spectateur des pièges de son cerveau, il en devient l'expert. Et ça, ça change tout.

Sébastien Bohler ●●

CONNAÎTRE SON CERVEAU POUR MIEUX APPRENDRE

Par Olivier Houdé, Arnaud Cachia et Grégoire Borst.

- Les scientifiques décortiquent le fonctionnement du cerveau et commencent à en informer les professeurs et les élèves. Ils livrent des outils précieux pour mieux apprendre et mieux enseigner.

Tous les organes du corps imposent leurs lois à notre santé. C'est le rôle de la médecine expérimentale de les découvrir. De même, le cerveau, organe de la pensée et de l'apprentissage, impose ses lois à l'éducation. C'est le rôle des « nouvelles sciences de l'éducation » de les découvrir, en lien avec l'imagerie cérébrale et la psychologie expérimentale du développement. Le cerveau est « l'organe qui apprend ». Ce sont des millions de cerveaux qui, chaque jour, vont à l'école. Or, l'angle mort de l'Éducation nationale reste encore le cerveau des élèves ! Mieux connaître ses lois et les

EN BREF

- Pour compter et lire, l'enfant doit savoir inhiber certains automatismes mentaux.
- Une partie du cerveau, le cortex préfrontal, remplit cette fonction. Sa forme diffère d'un enfant à l'autre à la naissance, mais des techniques éducatives permettent de le muscler.
- En connaissant les « lois » du cerveau, les enseignants espèrent proposer de meilleures stratégies d'apprentissage, adaptées à chaque enfant.



CONNAÎTRE SON CERVEAU POUR MIEUX APPRENDRE

- contraintes individuelles permettrait aux enseignants de comprendre pourquoi certaines situations d'apprentissage sont efficaces, alors que d'autres ne le sont pas.

C'est ce qui manque aujourd'hui pour lutter contre l'échec scolaire. Les « dispositifs sociaux » ne suffisent pas. On éduque encore en 2016 « en aveugle », c'est-à-dire en manipulant les entrées (pédagogies en classe) et les sorties (résultats aux évaluations), sans connaître les mécanismes internes du cerveau humain qui apprend.

DES ÉLÈVES AU LABORATOIRE

Les progrès en la matière sont toutefois très récents. En France, notre équipe a publié la toute première recherche d'imagerie cérébrale réalisée avec des jeunes volontaires des écoles maternelles et élémentaires en 2011. Il s'agissait d'explorer ce qui change dans le cerveau des enfants, âgés de 5 à 10 ans, quand ils apprennent le principe de conservation du nombre.

Pourtant, tout a commencé au XX^e siècle avec la théorie des stades de l'intelligence de Jean Piaget (1896-1980), qui a profondément marqué la psychologie, le monde de l'éducation et le grand public. Pour tester la conservation du nombre, Piaget plaçait l'enfant devant deux rangées de jetons de même nombre (7 par exemple),

Biographie

Olivier Houdé, Arnaud Cachia et Grégoire Borst

Professeurs de psychologie à l'université Paris-Descartes et chercheurs au Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (LaPsyDÉ), au CNRS. Olivier Houdé dirige ce laboratoire.

mais plus ou moins écartés spatialement dans chaque ligne. Jusqu'à l'âge de 7 ou 8 ans, l'enfant considère qu'il « y a plus de jetons là où c'est plus long » (rangée la plus écartée), ce qui est une erreur d'intuition perceptive. La réussite après l'âge de 7 ans (« même nombre de jetons dans les deux rangées ») traduisait selon Piaget le passage du stade perceptif prélogique au stade de la pensée logicomathématique concrète.

Nous avons repris cette tâche en enregistrant par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) l'activité cérébrale de jeunes volontaires des écoles (âgés de 5 à 10 ans). Les résultats ont révélé que l'exercice mobilisait non seulement les régions du cerveau dédiées au nombre (le cortex pariétal), mais aussi celles du cortex préfrontal dédiées à l'inhibition des automatismes : ici, l'automatisme cognitif est que, en général, la longueur varie avec le nombre (voir l'encadré ci-dessous). D'où une révision de la théorie de Piaget, qui pensait que seul le « nombre » (à savoir le cortex pariétal) évoluait d'un stade à l'autre : il faut ajouter le rôle clé de l'inhibition cognitive préfrontale comme mécanisme du développement de l'intelligence chez l'enfant.

D'autres exemples d'exercices scolaires, étudiés en laboratoire, corroborent cette loi d'apprentissage par l'inhibition. Ils sont issus d'un

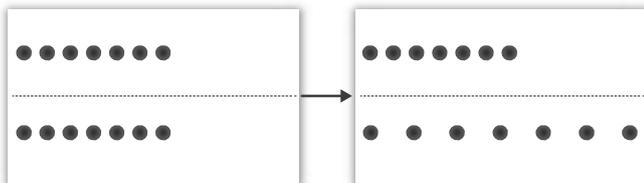
À QUEL ÂGE L'ENFANT SAIT-IL INHIBER UNE PENSÉE ?

Dans la tâche dite de conservation du nombre, les enfants doivent indiquer dans quelle rangée il y a le plus de jetons, sachant que la longueur totale des lignes varie, mais pas le nombre de jetons. Seuls ceux âgés de plus de 7 ans en moyenne y parviennent, car ils savent

inhiber l'automatisme appris selon lequel « plus c'est long, plus il y en a ». En enregistrant leur activité cérébrale pendant qu'ils réalisent l'exercice, les auteurs ont montré que le cortex préfrontal des enfants qui ne font pas d'erreur s'active davantage que celui des plus jeunes.

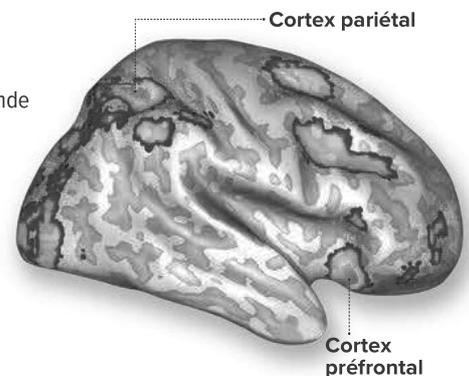
La tâche de conservation du nombre

Dans cette expérience, on demande à l'enfant s'il y a autant de jetons au-dessus et au-dessous de la ligne noire. À gauche, c'est un simple constat d'égalité, sans piège. À droite, les jetons sont espacés : pour répondre correctement, l'enfant doit inhiber l'association automatique entre longueur et nombre.



L'activité cérébrale des enfants

Les jeunes âgés de plus de 7 ans en moyenne, qui réussissent cette seconde tâche, par rapport à ceux qui se trompent, activent davantage leur cortex pariétal, dédié au nombre, et leur cortex préfrontal, dédié à l'inhibition.



aller-retour du laboratoire à l'école. Par exemple, une erreur importante observée à l'école élémentaire concerne les problèmes dits «additifs» à énoncé verbal: «Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes?» La bonne réponse est la soustraction: $25 - 5 = 20$.

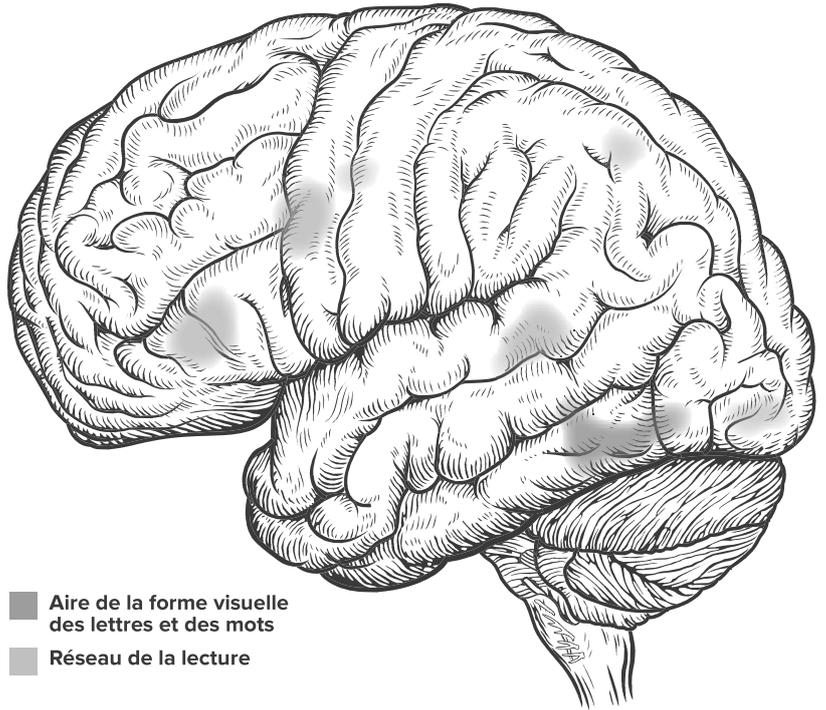
Mais souvent les élèves ne parviennent pas à inhiber l'automatisme d'addition déclenché par le «plus que» dans l'énoncé, d'où leur réponse fautive: $25 + 5 = 30$. On a confirmé expérimentalement cette loi d'apprentissage par l'inhibition en mesurant les temps de réaction (en millisecondes) des enfants. Le principe est celui de l'amorçage négatif où les jeunes doivent activer l'automatisme, juste après l'avoir inhibé. En d'autres termes, s'ils réussissent l'exercice ci-dessus, ils auront dû inhiber l'automatisme de l'addition et mettront alors un peu plus de temps dans l'exercice suivant quand l'addition fonctionne. Le temps de levée de l'inhibition nous donne ainsi rétrospectivement une mesure très précise de ce processus, qui prend en moyenne moins d'une demi-seconde.

Autre exemple, en orthographe: fréquemment, les jeunes d'école élémentaire font la faute «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 pour les verbes du premier groupe, mais ils sont incapables d'inhiber l'automatisme «surappris» suivant: «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.

On pourrait croire que cela ne concerne que les enfants. Mais combien d'e-mails 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.

EN MATHS, EN ORTHOGRAPHE, EN LECTURE...

Après les maths et l'orthographe, la lecture, une compétence pour laquelle il est essentiel de comprendre comment le cerveau fonctionne. On sait que les apprentis lecteurs, comme les lecteurs experts, doivent toujours éviter de confondre les lettres dont l'image en miroir constitue une autre lettre: par exemple, «b» et «d» ou «p» et «q». Cette difficulté est renforcée par le fait que, pour apprendre à lire, le cerveau doit, ainsi que l'a montré le neuroscientifique français Stanislas Dehaene, recycler des neurones initialement utilisés pour identifier les objets de l'environnement: les animaux par exemple.



● **Pour distinguer le «b» du «d» et le «p» du «q» quand il lit, l'enfant doit inhiber un automatisme selon lequel un objet est identique dans un miroir. Cela se passe dans l'aire de la forme visuelle des lettres et des mots (en bleu), qui s'active en même temps que les autres régions du réseau de la lecture (en vert).**

Or un animal est le même quelle que soit son orientation par rapport à un axe de symétrie. Pour discriminer les lettres en miroir, notre cerveau apprend donc à inhiber ce biais cognitif. Nous avons récemment démontré expérimentalement que tant les adultes que les enfants, inconsciemment, doivent toujours résister à la généralisation en miroir.

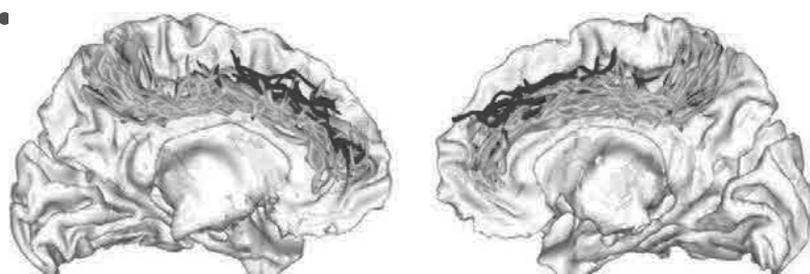
LE CERVEAU RECYCLE DES NEURONES POUR LES NOUVEAUX APPRENTISSAGES

La loi d'apprentissage du cerveau est ici: «recyclage neuronal + inhibition». Cela se passe, pour la lecture, dans une région de la voie ventrale de l'hémisphère gauche que nous avons identifiée en réalisant une métaanalyse d'IRMf sur plusieurs centaines d'enfants: l'aire de la forme visuelle des lettres et des mots (voir la figure ci-dessus).

Cette loi du «recyclage + inhibition» est sans doute valable aussi pour les maths, en particulier quand il est nécessaire d'inhiber certaines dimensions spatiales non pertinentes (telle la longueur dans la tâche des jetons de Piaget), qui se superposent ou se juxtent avec les régions du nombre dans le cortex pariétal, au niveau du sillon intrapariétal. Nous testons actuellement ce cas. Mais nous supposons déjà que le cortex préfrontal intervient à longue distance pour inhiber dans le cortex pariétal les dimensions spatiales non pertinentes et activer les régions du nombre.

Il ne suffit donc pas d'apprendre et de connaître les règles en maths (comptage, arithmétique), en français (lecture, orthographe), ●●●

CONNAÎTRE SON CERVEAU POUR MIEUX APPRENDRE



Hémisphère gauche

Hémisphère droite

■ Gyrus cingulaire ■ Gyrus paracingulaire

grâce à la pratique, la répétition, etc., comme cela se fait souvent à l'école ; il faut également dans certains cas « éduquer » le cortex préfrontal, c'est-à-dire apprendre à inhiber les automatismes du cerveau. C'est ce que l'un de nous, Olivier Houdé, a appelé la résistance cognitive.

ÉDUCER LE CORTEX PRÉFRONTAL

Tant en France qu'au Canada (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 le « contrôle cognitif », capacité que l'on désigne aussi à travers le terme de fonctions exécutives. Ces interventions sont directement issues de la meilleure compréhension que nous avons des mécanismes d'apprentissage du cerveau : recyclage neuronal, inhibition cognitive... Par exemple, on propose aux élèves une tâche de logique (comme le calcul des billes de Léo), puis on les entraîne à inhiber leur idée première en leur demandant de s'exercer avec un « attrape-pièges ». Ce dispositif est une planche didactique avec un espace hachuré, symbolisant la zone inhibitrice, où ils doivent glisser le carton qui correspond à leur première réponse automatique.

En imagerie cérébrale, nous avons mis en évidence le changement qui se produit dans le cerveau des élèves lorsqu'ils passent, au cours de cette tâche, d'un mode perceptif facile, automatisé mais erroné, à un mode logique, difficile et exact. Les résultats indiquent un basculement très net des activations cérébrales de la partie postérieure du cerveau au cortex préfrontal – c'est la dynamique inverse de l'automatisation.

Aujourd'hui, nous menons avec des élèves volontaires de CM1 et CM2 un large programme de suivi de l'impact sur le cerveau et les apprentissages scolaires d'un entraînement quotidien au mécanisme d'inhibition sur tablette tactile durant un mois. Nous avons conçu un jeu éducatif reposant sur ce processus *a priori* « bon pour le cerveau », en particulier le cortex préfrontal. Dans ce

◆ **Tous les enfants n'ont pas le même cerveau : cette image montre les différentes formes que peut prendre une structure importante pour l'apprentissage, le gyrus cingulaire. Chaque petit faisceau bleu représente le trajet du gyrus cingulaire ou paracingulaire d'un enfant. Or, sa forme peut influencer sur la capacité de celui-ci à bloquer des réponses réflexes erronées pour élaborer une réponse plus adaptée. Différentes pédagogies pourraient donc être envisagées selon le profil cérébral de chaque apprenant.**

20 %

DU SUCCÈS
DES ENFANTS

lors d'une tâche de « contrôle cognitif » seraient déterminés par la forme de leur cerveau à la naissance.

Mais les moins doués naturellement progressent en grandissant et en s'entraînant.

jeu, il s'agit par exemple d'inhiber sa réponse (c'est-à-dire de ne pas appuyer sur l'écran tactile) quand on entend un signal *stop*. Il y a bien entendu des conditions contrôlées sans apprentissage de ce type. Cette étude (au cours de laquelle seront réalisées trois IRM) porte sur 150 enfants. Nous aurons les premiers résultats d'ici Noël – et les résultats complets en 2019. Mais nous imaginons déjà que les enfants entraînés seront plus performants que les autres lorsqu'il faut inhiber un automatisme de réponse dans un problème cognitif ou scolaire, et que leur cortex préfrontal sera plus actif.

Un autre programme de recherche tout à fait nouveau porte non pas sur les lois fonctionnelles du cerveau, telles que nous venons de les voir, mais sur les contraintes structurales précoces. Il s'agit de la forme des sillons du cerveau de chaque enfant observés en imagerie par résonance magnétique anatomique ou structurale. Pour l'instant, nous avons découvert une grande variabilité d'un enfant à l'autre (*voir la figure ci-contre*). Ces différences ont-elles un sens cognitif ? Dit autrement, cette variabilité anatomique, qui se met en place *in utero*, est-elle en partie prédictive des performances cognitives et scolaires des enfants au cours du développement ? Voilà une nouvelle façon de comprendre les relations entre inné et acquis.

L'INFLUENCE DE LA FORME DU CERVEAU

C'est ainsi que nous avons découvert, en collaboration avec Jean-François Mangin du Centre de recherche NeuroSpin, que l'anatomie du cerveau influe sur le contrôle cognitif, compétence essentielle pour l'apprentissage et la réussite scolaire comme nous venons de le voir avec l'inhibition. Un motif particulier du cortex cingulaire antérieur, situé sur la face interne du cortex préfrontal, explique environ 20 % des performances d'enfants âgés de 5 ans dans une tâche qui permet de mesurer le contrôle cognitif : le test de Stroop. Les petits doivent dire le nom d'un animal dont la tête et le corps sont parfois incongruents (en conflit). Mais c'est le corps qui compte. Dès lors, l'enfant doit inhiber son premier réflexe (qui est de se baser sur la tête pour identifier l'animal). C'est un test de détection de conflits et d'inhibition.

Ces capacités cognitives, qui se déploient au cours du développement, sont donc liées pour une bonne part à une contrainte anatomique précoce : le plissement du cerveau dans la boîte crânienne qui détermine la forme des sillons. C'est ce que l'on appelle les motifs sulcogyraux, notre cerveau étant constitué de gyri (les montagnes) et de sillons (les vallées). Ce relief se met en place lors de la construction du cerveau chez le fœtus. Le bébé est donc doté de cette

organisation à la naissance, de sorte que certains enfants acquièrent plus facilement diverses aptitudes cognitives comme l'inhibition.

En allant encore plus loin, nous avons confirmé cette prédiction anatomique par un suivi des mêmes enfants à la fin de l'école primaire, en utilisant la même version de la tâche de Stroop et une version plus complexe, adaptée à leur niveau: le Stroop lecture, par exemple identifier la couleur du mot *rouge* écrit en vert. L'enfant doit inhiber l'automatisme de lecture du mot écrit et répondre «vert». Dans ce cas, le motif préfrontal interne (cortex cingulaire antérieur) explique encore environ 20 % des performances des jeunes.

Tout n'est cependant pas déterminé à la naissance! Car 80 % de la variabilité restent dus à divers facteurs environnementaux tels que les expériences, l'éducation ou des éléments socio-économiques. Néanmoins, ces résultats montrent que selon les caractéristiques de leur cerveau, les enfants ont parfois des besoins pédagogiques différents en matière d'apprentissage du contrôle cognitif. Or, cette aptitude pourrait être améliorée grâce à un entraînement spécifique, comme celui de l'attrape-pièges ou du signal *stop* sur tablettes. Ainsi, c'est un champ scientifique nouveau qui s'ouvre, à l'interface de l'anatomie cérébrale, de la psychologie du développement cognitif et de l'éducation.

PRÉVOIR LES PERFORMANCES SCOLAIRES

Forts de ces premiers résultats, nous avons très récemment testé ce type de contrainte structurale précoce dans le domaine de la lecture, un apprentissage scolaire et culturel fondamental. Nous avons déjà vu que, pour cet apprentissage, l'une des régions principales d'intérêt est l'aire de la forme visuelle des lettres et des mots qui correspond à un sillon particulier du cerveau: le sillon occipitotemporal latéral de l'hémisphère gauche.

Nos analyses indiquent que, dans ce cas aussi, la forme (la brisure) de ce sillon prédit les performances dans un test de lecture réalisé par des enfants âgés de 9 ans. Ces travaux se poursuivent actuellement en collaboration avec Stanislas Dehaene de NeuroSpin sur une autre base de données qu'il a acquise, de manière à voir si le résultat se confirme.

Ainsi, qu'il s'agisse des lois de fonctionnement du cerveau qui apprend (recyclage, inhibition...) ou des contraintes structurales (motifs sulcogyraux), pour la première fois dans l'histoire, on peut réellement parler de sciences de l'éducation au sens fort du terme. Il s'agit de neuroéducation. Plus exactement, ce sont des neurosciences développementales appliquées

Selon la structure de leur cerveau, les enfants ont des besoins différents en matière d'apprentissage

aux phénomènes d'apprentissage chez l'homme, en particulier les élèves.

Parlera-t-on bientôt de neuropédagogie? Les professeurs des écoles sont-ils suffisamment informés de ces découvertes récentes? Non, pas encore, même si l'intérêt pour la neuroéducation va croissant, un peu partout. Il ne s'agit toutefois pas d'imposer des méthodes aux professeurs. L'idée est simplement qu'ils s'approprient ces connaissances nouvelles sur les lois et contraintes du cerveau. La pédagogie reste un art, mais peut-être gagnerait-elle à s'appuyer sur des données scientifiques actualisées. 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. Ces découvertes commencent aussi à être enseignées aux étudiants des nouvelles Écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE) en France. Mais c'est le tout début! Beaucoup reste à faire.

Revenons, pour finir, sur le contrôle cognitif et en particulier la capacité d'inhibition du cortex préfrontal. Nous avons montré que c'est un «prédicteur» puissant de la réussite scolaire tout au long du cursus académique. En outre, les enfants apprécient beaucoup qu'on leur explique, dès la maternelle et l'école élémentaire, comment fonctionne leur cerveau. Nous le faisons régulièrement pour expliquer dans les écoles les projets de recherche du laboratoire. Cette information aux jeunes est une demande des comités d'éthique qui examinent en amont tous les projets de ce type, en particulier ceux qui utilisent l'IRM. Mais cette «initiation au cerveau» est aussi utile et doit être poursuivie au collège et au lycée. Car à tout âge, un jeune qui sait comment son cerveau fonctionne comprend mieux et apprend mieux! ●

Bibliographie

E. Arh et al., Inhibition of the mirror-generalization process in reading in school-aged children, *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 145, pp. 157-165, 2016.

A. Cachia, G. Borst et al., The shape of the anterior cingulate cortex (ACC) contributes to cognitive control efficiency in pre-schoolers, *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 26, pp. 96-106, 2014.

O. 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. 110, pp. 332-346, 2011.



INTERVIEW

ERIC GASPAR

Professeur de mathématiques au lycée public Jean-François-Champollion de Lattes (34) et créateur du programme de neuroéducation Neurosup.

« PARLER DU CERVEAU AUX ÉLÈVES CHANGE TOUT »

Eric Gaspar, vous êtes professeur de mathématiques et, depuis une dizaine d'années, passionné de neurosciences. Vous en avez tiré une méthode de pédagogie qui rencontre un succès grandissant. À quoi attribuez-vous cette réussite ?

C'est assez facile à comprendre : un pilote de Formule 1 ne doit-il pas connaître le fonctionnement de sa voiture pour en tirer les meilleures performances ? C'est la même chose pour



Comme un pilote de Formule 1 doit connaître le fonctionnement de sa voiture, un élève gagne à connaître celui de ses neurones

qui apprend ou enseigne : connaître la façon dont fonctionne le cerveau, au moins dans ses grands principes, est un avantage indéniable. L'évidence étant simplement rappelée ainsi, l'intérêt des auditeurs est immédiatement éveillé, qu'ils exercent dans le milieu de la transmission des connaissances ou pas (parents d'élèves, salariés d'entreprises, simples citoyens, etc.). L'objectif de mon projet *Neuro-sup* est de tirer bénéfice des avancées des neurosciences pour créer, dévoiler ou faciliter des ponts entre les données théoriques et le quotidien de la classe. Il ne s'agit pas de trouver une méthode miracle qui ferait réussir tout le monde, mais de faire connaître aux étudiants et aux enseignants les règles de base du fonctionnement naturel du cerveau. Car notre outil de travail en classe, c'est bien lui, rappelons-le !

Quelles sont les grandes règles du fonctionnement cérébral dont s'inspire la neuroéducation ?

Le fonctionnement du cerveau est très complexe, mais pour nous il est important de retenir quelques règles. Le cerveau : 1) tend à économiser de l'énergie ; 2) procède par associations

et comparaisons ; 3) a besoin de répétitions pour mémoriser ; 4) fait volontiers des prédictions ; 5) gère son attention et sa concentration de façon fluctuante. Le principe d'économie d'énergie, par exemple, se traduit par un fait bien connu, à savoir que nous aimons opérer des regroupements de plusieurs informations. Ainsi, notre cerveau retient plus facilement 5 nombres à 2 chiffres que 10 chiffres séparés. C'est ce qui explique, par exemple, qu'il nous soit plus facile de retenir des numéros de téléphone par paires de chiffres que sous forme d'une série de chiffres isolés. En créant des paires, nous avons la possibilité de retenir 5 éléments, et non 10.

Comment ce principe peut-il être exploité de façon concrète en classe ?

Dans l'apprentissage des langues vivantes, lorsque l'enseignant souhaite faire comprendre aux élèves que certains verbes irréguliers (*to begin*, qui se conjugue au prétérit *began* et au participe passé, *begun*) se conjuguent comme d'autres (*to drink*, *drank*, *drunk*), il pourra créer un cahier de verbes irréguliers et demander aux élèves de noter, en page 1 au fur et à mesure qu'ils seront rencontrés au cours de l'année, tous les verbes qui se conjuguent de la même manière (accompagnés d'un dessin, c'est encore mieux). Bref, de les regrouper explicitement. Cela permet aux élèves de connaître un verbe et sa conjugaison (*to begin*), et savoir que *to begin*, *drink* et *sing* se trouvent par exemple sur la même page fera le reste du travail. De cette façon, ils n'ont pas l'impression d'avoir mémorisé plusieurs verbes, mais un seul.

Le principe de regroupement est-il propre aux langues, ou peut-il s'appliquer à d'autres matières ?

En réalité, c'est une propriété transverse du cerveau, que l'on va rencontrer aussi dans d'autres matières. En maths, prenons l'exemple de l'apprentissage des formules d'aire des polygones. Les élèves ont sou-

vent cinq formules à apprendre : celle du carré, du rectangle, du triangle, du losange et du parallélogramme. Or si on les examine attentivement, on s'aperçoit qu'elles diffèrent de par le vocabulaire spécifique les accompagnant (base, etc.). Mais elles peuvent aussi être simplement séparées en deux groupes : car trois d'entre elles ne requièrent de ne faire qu'une multiplication, et pour les deux autres il s'agit de faire une multiplication puis une division par deux. Ici aussi, procéder par catégorisation permet d'aider l'élève à mieux mémoriser en ne surchargeant pas le cerveau.

La neuroéducation profite-t-elle à tous les élèves indifféremment ?

Oui, mais elle est surtout intéressante pour ceux qui sont à la recherche de stratégies méthodologiques simples. Elle est aussi vitale pour ceux qui sont au bord de l'écoeurement du système scolaire car ils s'aperçoivent que de telles stratégies ne sont pas si éloignées de ce qu'ils font dans leur vie quotidienne. L'apprentissage devient alors plus naturel et développe leur confiance en eux. Cela permet de « récupérer » ceux qui n'ont pas de repères ou qui trouvent que la dose de travail demandée est trop coûteuse en énergie, ce qui est moins le cas si on les met sur des rails naturels pour le cerveau. Ce qui ne veut pas dire que d'autres ne s'accommodent pas de méthodes plus coûteuses en énergie pour leur cerveau et réussissent très bien, bien entendu. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise méthode.

Les neurosciences vont-elles alors nous permettre d'apprendre plus vite et sans peine ?

Il faudra toujours passer un minimum de temps pour assimiler les concepts appris en cours. Parfois, les neurosciences nous montrent même qu'il faudrait en prendre davantage. J'en veux pour exemple ●●

« PARLER DU CERVEAU AUX ÉLÈVES CHANGE TOUT »

●● cette phrase si souvent entendue en classe quand le maître a fini d'exposer un concept: « Tout le monde a compris? Oui? Alors on passe à la suite! » Certes, il y est parfois obligé à cause de la surcharge des programmes. Mais depuis cinquante ans, il est admis par les enseignants et les corps d'inspection qu'une fois que l'élève a compris, l'acte d'apprentissage est terminé. Or les neurosciences nous montrent très facilement que la compréhension et la mémorisation sont deux étapes distinctes de l'apprentissage et que cela ne sert pas à grand-chose de comprendre une donnée si on ne la mémorise pas, puisque l'objectif final sera de la restituer.

Comment peut-on s'assurer que les élèves ont bien acquis la compétence qui a fait l'objet du cours?

L'une des stratégies, que je propose dans la formation *Neurosup*, est la suivante: après le « Ça va? Tout le monde a compris? », il s'agit de passer par une petite vérification plutôt détendue, en utilisant par exemple des petits cartons rouges et verts que je distribue à tous les élèves. Devant la classe, j'énonce alors quelques affirmations en lien avec le cours dont on vient de parler. Les élèves doivent lever leur carton rouge ou leur carton vert pour indiquer si chaque affirmation est, selon eux, vraie ou fausse.

Cette phase de retour sur le cours et d'interaction avec l'exposé de la leçon a de multiples avantages. D'une part, elle permet aux élèves de véritablement savoir s'ils ont retenu les connaissances de façon opérationnelle, et s'ils sont capables de les utiliser, en mettant ce savoir en relation avec des cas concrets et en le mobilisant. Résultat: il se crée des allers-retours entre la mémoire de travail des élèves et leur mémoire à long terme. On comprend pourquoi: ils doivent en effet faire travailler leur mémoire de travail pour traiter la question, et leur mémoire à long terme pour convoquer la connais-

sance... Mieux: la connaissance réactivée de cette manière est « réencodée » dans le cerveau, c'est-à-dire qu'elle fait l'objet d'une réécriture plus profonde, qui assurera son stockage à la fois plus solide et plus durable. Deuxième avantage de ce dispositif: chaque élève participe à l'exercice, alors que si l'on pose une question ouverte, en général ce sont tout au plus deux ou trois élèves qui répondent, les autres se contentant d'observer passivement. Troisième avantage: les élèves sont placés dans une situation à la fois apaisée et ludique, bénéfique à leur attention. Sans compter qu'ils aiment souvent se comparer, ou comprendre pourquoi leurs camarades ont répondu différemment.

De quelle façon évaluez-vous la portée de cette méthode?

Bien entendu, après le vote des élèves, je reviens sur le sujet de la leçon, ou je demande à un élève de motiver sa réponse. Mais surtout, cette étape des cartons est suivie d'une troisième que j'ai appelée « flash test ». Il s'agit de deux questions (portant sur le même thème), dont la réponse est volontairement courte (une ou deux lignes) notée chacune sur un point. Puis je ramasse les copies, je donne la solution, et les élèves savent tout de suite combien ils ont obtenu de points. À noter que les élèves sont prévenus de cette étape dès l'étape d'explication.

Ce triptyque suit la notion de fluctuation attentionnelle abordée auparavant avec les élèves. Sur une échelle attentionnelle graduée de 1 à 10, nous commençons ainsi par 5 minutes d'explication de l'enseignant (disons 7 sur l'échelle d'attention), puis 8 minutes de révision détendue avec les cartons (4 d'attention), et enfin 2 minutes pour les questions (10 d'attention). Et les effets sont au rendez-vous: dans les classes les plus difficiles, mes collègues sont stupéfiés par le calme qu'ils arrivent à obtenir pendant 15 minutes d'affilée.

Vous proposez donc une sorte d'évaluation continue?

Justement, ce n'est pas perçu comme une évaluation par les élèves! Pour eux, c'est une cagnotte, comme dans un jeu vidéo, où l'on amasse des points, où l'élève n'a pas besoin d'attendre une semaine pour retenter sa chance (le prof peut refaire un test dans la même heure), où l'on apprend immédiatement de son erreur, ce qui est très efficace pour encoder une donnée. Ici, la note sur deux points devient un outil d'apprentissage dynamique, non anxiogène, et non une évaluation. Bien entendu, parallèlement je conserve les évaluations plus classiques, au grand dam des élèves.

À côté de la pure mémorisation, que peut-on imaginer pour faire progresser l'apprentissage de la pensée et du raisonnement?

La neuroéducation propose de ce point de vue des pistes pour comprendre pourquoi certains élèves ont du mal à établir des raisonnements en mathématiques. Le concept important à cet égard est celui de cerveau probabiliste et de cerveau prédictif. Le neuroscientifique Stanislas Dehaene a montré que dès leur plus jeune âge, les enfants raisonnent naturellement comme de petits statisticiens. Par exemple, des enfants de 1 an peuvent prévoir une probabilité future mais aussi une probabilité passée. Cela s'observe par une expérience: présentez à un bébé de 8 mois une urne de face opaque contenant des boules rouges et blanches. Tirez quatre boules et étalez-les devant lui. Mettons qu'il y en ait trois rouges et une blanche. Puis, soulevez la face opaque de l'urne pour lui montrer toutes les boules. Si l'enfant constate qu'il y a là aussi nettement plus de rouges que de blanches, son regard ne s'y attarde pas (car le temps de regard est considéré comme une mesure fiable du degré de stupéfaction de l'enfant). En revanche, s'il constate



Belin:

La réussite pour tous

Spécial rentrée !
30 jours d'essai gratuit

peps-reussite.fr

Pep's

Parcours d'entraînement personnalisés

La première plateforme d'entraînement personnalisé pour les élèves du CP au CM2

Pep's permet une pédagogie différenciée favorisant la remédiation ou l'approfondissement et la motivation des élèves en leur permettant d'apprendre autrement, à leur rythme.

- ▶ Des modules complets d'**évaluation scolaires ou cognitives**.
- ▶ Les **exercices d'évaluation cognitive** élaborés par les spécialistes des sciences cognitives de GERIP (spécialisé dans le développement de solutions numériques d'évaluation et de remédiation cognitives - gerip.com)
- ▶ Plus de **20 000 exercices du CP au CM2** en **math** et **français** avec trois niveaux de difficulté à choisir dans la base de données, pour diversifier les façons d'apprendre, chacun à son rythme.
- ▶ Possibilité de créer des **parcours personnalisés par élève** ou **par groupes d'élèves**.
- ▶ Un **entraînement à la carte en fonction des programmes scolaires** ou des **compétences du socle**.



AU COLLÈGE : évaluez vos élèves à l'entrée en 6^e

Avec Pep's, vous réalisez un bilan des acquis du primaire en Mathématiques et en Français.

Vous identifiez rapidement les points forts et les notions à revoir pour faire progresser chacun de vos nouveaux élèves.

Voir le détail de nos offres et les conditions d'utilisation sur peps-reussite.fr

Editions Belin - 8, rue Férou - 75278 Paris cedex 06

education.editions-belin.com - enseignants@editions-belin.fr - Tél. : 01 55 42 84 00

•• qu'il y a beaucoup plus de boules blanches que de rouges, l'enfant observe longuement la collection, car cela ne confirme pas sa prédiction ! L'intérêt de ces observations est de montrer que dès le plus jeune âge, le cerveau établit des inférences dites bayésiennes (la formule de Bayes est une formule de probabilité très connue en mathématiques). Il recherche ce qui a pu être la cause de ce qu'il observe. Savoir cela va être essentiel pour aider les élèves en classe à tenir des raisonnements.

Concrètement, comment cela se traduit-il dans un cours de maths ?

Un des gros problèmes auxquels sont confrontés les enseignants en mathématiques est le suivant : lorsqu'ils donnent l'énoncé d'un problème qui prend la forme d'une question unique (par exemple : « Montrer que la figure ABCD est un parallélogramme »), seule la moitié de la classe produit généralement l'une des bonnes réponses. Mais si le professeur donne une question intermédiaire, comme : « Montrez que les vecteurs AB et DC sont égaux », avant la question « en déduire la nature de ABCD », alors tout le monde y parvient.

Cela signifie-t-il qu'il faut proscrire les exercices à question unique, sans aide préliminaire ?

Non, surtout pas, car réussir celles-ci est l'objectif final. En revanche, et on le voit ici, tous les élèves détenaient la connaissance que l'égalité des vecteurs est l'une des méthodes qui déterminent un parallélogramme. Simplement, la moitié de la classe ne savait pas qu'il fallait (ou que c'était du moins une possibilité) passer par les vecteurs. En fait, les élèves qui réussissent à répondre sans aucune aide font inconsciemment la recherche des causes possibles qui mènent à un parallélogramme. Ils se disent : « On me demande si c'est

Dans bien des cas, les professeurs appliquent déjà, sans s'en rendre compte, les règles de la neuroéducation. Le discours scientifique fait alors écho en eux

un parallélogramme. » Puis, à la manière du bébé statisticien, ils remontent dans le passé et établissent la liste des propriétés possibles qui permettraient d'aboutir à la conclusion d'un parallélogramme l'instant d'après (des propriétés qualifiées de suffisantes, en maths). Établissement de cette liste, telle une liste de suspects dans une enquête policière, est leur secret inconscient. Ensuite, ils observent les éléments qui sont donnés dans l'énoncé et notent ceux qui, parmi la liste des suspects, y figurent. Mais les autres élèves n'ont pas le réflexe de suivre cette démarche d'enquête à rebours car ils ne se l'imaginent souvent même pas. Ce sont eux qui vont profiter de l'approche neuroéducative.

Est-ce le problème récurrent du jeune dont on dit qu'il sait sa leçon mais qu'il ne sait pas lire l'énoncé ?

Oui et non ! Cela signifie surtout que l'élève en difficulté ne voit pas le rapport entre l'énoncé et la question car il ne détecte pas de mot-clé (pour lui) dans l'énoncé. Pour revenir au problème du parallélogramme, s'il ne trouve pas le mot « vecteur » dans l'énoncé, il ne pensera pas à passer par les vecteurs...

Tout simplement. Or, ce genre de choses s'apprend. Il suffit par exemple de proposer une séance d'exercices à question unique, où l'objectif n'est pas de répondre à la question mais de dresser la liste des « propriétés suffisantes possibles-suspectes » qui peuvent mener à la question posée, de barrer certaines de ces possibilités parce qu'elles sont sans rapport avec l'énoncé, etc. Bref, de remonter dans le passé comme dans une enquête policière. Cette similitude avec le monde des enquêtes policières leur parle évidemment au plus haut point, et débloque bien des situations.

Reste le problème de la concentration : la neuroéducation offre-t-elle des clés pour améliorer cette capacité chez les élèves ?

Oui, à condition de leur parler de la « fluctuation attentionnelle » dont ils doivent faire preuve en classe, exactement comme leurs sportifs préférés. À partir d'une vidéo d'un match de tennis par exemple, il est facile de leur faire d'abord percevoir qu'il n'y a pas une seule attention mais qu'il en existe plusieurs types (attention externe, interne, étroite, large) : en regardant de telles vidéos, on s'aperçoit facilement que l'attention du

joueur n'est pas la même lorsqu'il sert, se déplace, frappe la balle, attend la balle, ou se repose.

Avec les élèves, il s'agira aussi d'aborder la question des degrés d'attention. Et pour cela, le professeur peut les aider en accrochant une grosse pastille de couleur (rouge, orange, verte) et leur demander de se placer sur le niveau attentionnel correspondant (très fort, assez fort, moyen) selon le moment du cours. Ainsi, je sors le rouge quand je veux une attention maximale au moment de l'explication d'un nouveau concept ; puis le panneau orange lorsque je vais compléter la notion par des conséquences qui en découlent ou par des anecdotes ; et je passe au vert pour des exercices qui prennent plus de temps et ne peuvent pas requérir durablement une attention maximale. Il faut tenir compte du fait que les élèves risquent de s'épuiser s'ils veulent maintenir une concentration maximale en permanence. Ils doivent apprendre à jongler avec leur degré d'attention, à en rester maîtres. Bien entendu, je ne parle pas là des élèves qui ne souhaitent pas être attentifs parce qu'ils préfèrent bavarder avec leur voisin.

Des enseignants utilisent déjà certaines des règles que vous citez, sans avoir besoin de passer par les neurosciences. Finalement, à quoi sert de parler du cerveau ?

Se référer aux neurosciences donne des arguments pour conseiller une méthode aux élèves. Le problème est que si l'enseignant leur demande de suivre une méthode, ils ont tendance à établir un amalgame entre le conseil qu'on leur donne et la personnalité de l'enseignant. Ils se disent : «Le prof a sa façon de faire, mais il n'est pas moi. Cette méthode ne me convient donc pas obligatoirement.» Mais dès l'instant où ce même enseignant leur dit : «Le cerveau aime les regroupements, et c'est donc



Du même auteur : le petit livre qui explique aux élèves comment mieux utiliser son cerveau pour réussir à l'école (Éditions Belin, 112 pages, 11,50 €).



SUR LE WEB

Vidéos postées sur le site du Collège de France, sur le cerveau bayésien : <https://www.college-de-france.fr>.

Bibliographie

F. Eustache, *La neuro-éducation : la mémoire au cœur de l'apprentissage*, Odile Jacob, 2016.

E. Gaspar, *Explose ton score au collège*, Belin, 2015.

E. Pasquinelli, *Mon cerveau, ce héros - Mythes et réalité*, Le Pommier, 2015.

J.-C. Lachaux, *Le Cerveau funambule*, Odile Jacob, 2015.

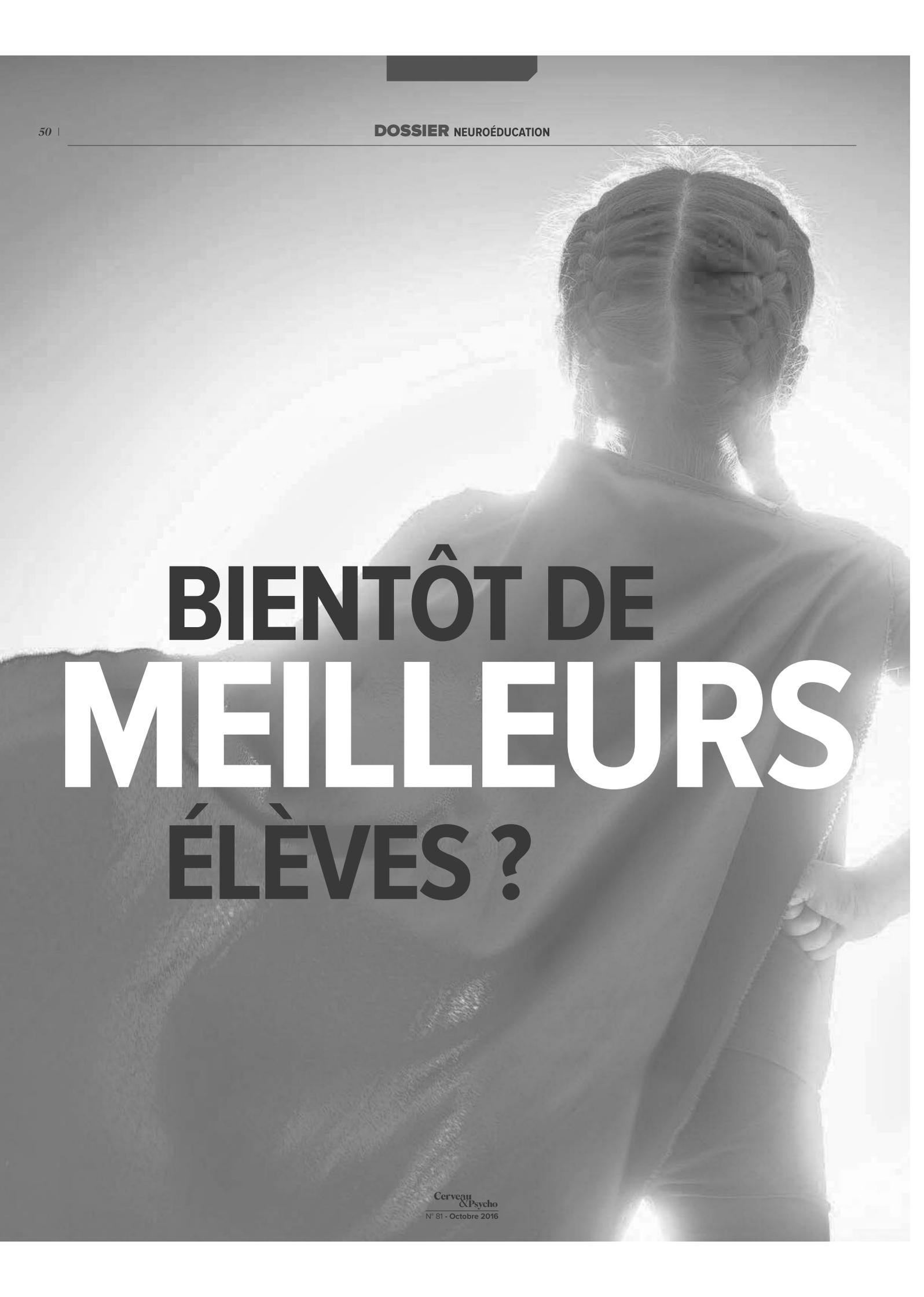
O. Houdé, *Résister*, Le Pommier, 2014.

pour cette raison que je vais vous donner les éléments par colonnes, par paquets», alors quelque chose d'inédit se produit chez eux. Argumenté par un angle scientifique et non plus subjectif ou personnel, le conseil passe mieux. Les élèves deviennent intéressés, en éveil, et sont bien plus disposés à accueillir cette recommandation. En fait, dès que l'on prononce le mot *cerveau*, ils sont fascinés.

Autre avantage : les jeunes sont ravis quand le professeur d'une autre matière leur dit la même chose. Cela brise le mythe de multiples règles et méthodes différentes, propres à chaque matière, qui se démultiplieraient encore plus selon la personnalité de l'enseignant.

Certains enseignants verraient d'un mauvais œil l'emprise croissante des neurosciences sur leur métier. S'agit-il pour eux de défendre leur pré carré, leur matière et leurs méthodes ?

La vérité est étonnante car cette hostilité est rare. Les réfractaires forment en fait une toute petite minorité. Dans les quelque 200 établissements où j'ai dispensé des formations, les neuf dixièmes des enseignants sont tout aussi enthousiasmés que les élèves par cette approche. Principalement, parce qu'ils appliquent déjà ces règles à des degrés divers sans s'en rendre compte. Le plus souvent, il ne manque presque rien pour qu'une classe perturbée trouve un élan collectif incluant le professeur qui parle du cerveau. Aujourd'hui, le grand défi sera de faire accepter progressivement ces apports des neurosciences par l'institution de l'Éducation nationale. Mais je crois que nous y arriverons, car les remontées des enseignants qui les ont testés sont à la fois si positives et si nombreuses qu'elles vont finir par déborder les décisionnaires les plus conservateurs. ●



BIENTÔT DE MEILLEURS ÉLÈVES ?

- Les recherches en neurosciences proposent des pistes pour identifier les jeunes enfants qui risquent de présenter des troubles de l'apprentissage à l'école. Objectif: renforcer leurs aptitudes en lecture, écriture et mathématiques, dès le plus jeune âge.

Par Gary Stix, rédacteur en chef à Scientific American.

Lucas Kronmiller, âgé de 8 mois, a la tête couverte d'un casque de 128 électrodes. Face à lui, un expérimentateur fait des bulles de savon pour le distraire. Mais Lucas a l'air calme et content. Il faut dire qu'il se rend souvent dans ce laboratoire de l'université Rutgers dans le New Jersey depuis qu'il a 4 mois. Donc aujourd'hui, rien d'anormal. Comme lui, plus de 1 000 autres enfants aident April Benasich et ses collègues à savoir s'il est possible de prévoir dès le plus jeune âge de futurs troubles du langage, qui seront facteurs de difficultés d'apprentissage à l'école élémentaire.

Comment fait Benasich? Comme d'autres scientifiques, elle utilise des techniques d'enregistrement cérébral pour déchiffrer les mécanismes neurobiologiques qui sous-tendent l'apprentissage. Mais de nombreuses questions restent en suspens. Quelle est la capacité d'un nouveau-né à traiter les sons et les images? Celle-ci joue-t-elle un rôle dans l'apprentissage des lettres et des mots? Existe-t-il un lien entre la faculté d'attention d'un tout-petit et sa réussite scolaire? Comment les éducateurs peuvent-ils développer les compétences sociales des enfants, également indispensables en classe?

En cherchant à comprendre comment le cerveau apprend, les neuroscientifiques enrichissent les connaissances issues des travaux des pédagogues et psychologues cognitifs. La «neuroéducation» va encore plus loin: elle a pour ambition d'offrir de nouvelles méthodes pédagogiques pour préparer au mieux les tout-petits à la lecture, l'écriture, l'arithmétique et à la vie en collectivité, dès le début de leur vie et jusqu'aux ●●

EN BREF

● Les neurosciences commencent à révéler ce qui se passe dans le cerveau des enfants lorsqu'ils apprennent à lire, écrire, compter...

● On cherche ainsi à détecter les tout-petits qui risquent de souffrir de troubles du langage et de la lecture.

● Le but est de proposer, dès la maternelle, des exercices personnalisés pour améliorer les facultés cognitives et les chances de réussir à l'école.

● Attention toutefois à ce que les techniques d'entraînement cérébral soient validées scientifiquement.

© Yiganov Konstantin / shutterstock.com

- premières classes de l'école élémentaire. Car c'est à ce moment-là que leur cerveau est le plus « plastique », le plus apte à changer.

Les travaux de Benasich reposent sur des électroencéphalographies qui enregistrent l'activité électrique du cerveau des bébés grâce à des casques munis d'électrodes et posés sur leur crâne. Objectif : traquer des anomalies de perception des sons. Pourquoi ? Parce que, comme le rappelle cette ex-infirmière (qui, depuis, a obtenu deux doctorats !), c'est une aptitude cognitive nécessaire à la compréhension du langage, cette faculté étant elle-même à la base de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Pour ce faire, elle se concentre sur un moment bien particulier de l'activité électrique cérébrale, qu'elle appelle l'instant « tilt ! ». Il s'agit d'une phase de transition abrupte, qui se manifeste par une forte oscillation et qui indique que le cerveau a détecté quelque chose de nouveau (voir l'encadré page ci-contre).

PERCEVOIR CORRECTEMENT LES SONS

Benasich et ses collègues font écouter au bébé un son de fréquence et de durée données. Puis, ils changent sa fréquence et observent l'électroencéphalogramme : plus le bébé perçoit bien le nouveau son, plus l'instant « tilt ! » (la forte oscillation) est rapide. En revanche, une réponse électrique tardive signifie que le cerveau n'a pas détecté assez vite le nouveau son. Les chercheurs ont alors montré qu'un tel résultat sur l'encéphalogramme à l'âge de 6 mois prédispose à des troubles du langage vers l'âge de 3 à 5 ans, puis à des troubles de la lecture. En effet, si cette mauvaise perception des sons persiste avant l'entrée à l'école élémentaire, elle reflète souvent des anomalies de développement dans les circuits neuronaux qui permettent de distinguer les unités sonores du langage. Or si un enfant n'arrive pas à entendre assez vite des sons proches comme « da » et « pa », il ne peut pas séparer les syllabes correspondantes « écrites » dans sa tête et a des difficultés pour apprendre à lire. En outre, les enfants ayant des problèmes précoces de perception des sons réussissent moins bien les tests psychologiques du langage huit ou neuf ans plus tard.

En diagnostiquant assez tôt les troubles des apprentissages, Benasich espère bien les éviter. Comment ? Grâce à un entraînement approprié. En effet, à condition d'être stimulé, le cerveau est capable de se modifier à n'importe quel âge, mais surtout durant les premières années de vie.

En 2014, avec son équipe, elle a mis au point un jeu qui entraîne le bébé à réagir à de subtils changements sonores : s'il tourne la tête ou bouge les yeux de manière adéquate, c'est-à-dire au moment où le son change, une vidéo se lance en

La neuroéducation a pour ambition d'offrir de nouvelles méthodes pédagogiques pour préparer au mieux les tout-petits à la lecture, l'écriture et les maths

guise de récompense. Résultat : les bébés qui suivent cet entraînement sont capables de détecter d'infimes modulations sonores, et ce de façon beaucoup plus précise et rapide que les petits non entraînés. Selon Benasich, ce jeu devrait donc être bénéfique aux bébés présentant des anomalies de perception des sons, leur évitant peut-être des troubles du langage quelques années plus tard.

LE SENS DU NOMBRE EST INNÉ

Dans le domaine des mathématiques aussi, on tente d'entraîner le cerveau des tout-petits. Le pionnier dans ce type de recherches est Stanislas Dehaene, professeur au Collège de France et chercheur au centre NeuroSpin. Il a montré que les nourrissons ont déjà une certaine notion du nombre. Cette aptitude, présente dès la naissance, repose sur des circuits cérébraux bien particuliers et leur permet d'évaluer approximativement une quantité d'objets, voire de les compter quand il n'y en a que 3 ou 4. Par exemple, ils repèrent systématiquement, parmi 2 rangées, celle qui comporte le plus de bonbons. De même, si l'expérimentateur cache 5 objets derrière un écran puis 5 autres, les bébés manifestent leur surprise s'ils n'en découvrent que 5 lorsque l'écran est retiré (ils passent alors plus de temps à les regarder). Avec l'imagerie cérébrale, Dehaene a mis en évidence la région du cerveau impliquée dans le nombre et la reconnaissance approximative des quantités : le sillon intrapariétal du cortex cérébral.

Cette capacité est partagée par de nombreuses espèces animales, tels les dauphins, rats, pigeons, lions, singes. Et également chez l'être humain

ainsi, même lorsqu'il est apparemment dépourvu de système de comptage. Ainsi, l'équipe de Dehaene et du linguiste Pierre Pica au CNRS l'a observée chez les Mundurucu, un peuple indigène de la forêt amazonienne. Ceux-ci effectuent des calculs approximatifs. Soumis à des tests, les adultes reconnaissent la rangée contenant le plus de points, avec quasiment le même taux de réussite que les Français. En revanche, lorsque 4 objets sont retirés d'un groupe de 6, la plupart d'entre eux ne peuvent pas dire combien il en reste.

Pour Dehaene, si cette compétence innée est défaillante, l'enfant risque de souffrir de dyscalculie : il ne pourra pas acquérir les compétences de base en mathématiques à l'école élémentaire. Ce trouble de l'apprentissage de l'arithmétique, qui concerne 3 à 7 % des enfants, fait l'objet d'une attention bien moindre de la part des éducateurs que la dyslexie, qui perturbe l'apprentissage de la lecture. Pourtant, les difficultés sont réelles. Selon une étude publiée dans la revue américaine *Science* en 2011, « les personnes souffrant de dyscalculie gagnent en général moins d'argent, ont plus de problèmes avec la police et sont en moins bonne santé ». Mais selon Dehaene, il est possible de renforcer le sens du nombre chez les tout-petits par un entraînement cérébral.

DES JEUX D'ENTRAÎNEMENT CÉRÉBRAL POUR LES ENFANTS DÈS LA MATERNELLE

Son équipe a conçu un logiciel éducatif pour faciliter l'apprentissage de l'arithmétique, que l'enfant présente des difficultés ou non (voir la figure page 54). La course aux nombres s'adresse aux petits âgés de 4 à 8 ans. Le jeu présente des nombres sous diverses formes, par exemple des tas de pièces en or. Le joueur doit choisir quel tas contient le plus de pièces avant que l'avatar de l'ordinateur ne les lui vole. Le jeu s'adapte automatiquement aux performances des enfants et, dans les niveaux les plus élevés, le jeune doit résoudre des additions ou des soustractions pour savoir quel est le tas qui compte le plus de pièces. Objectif : automatiser le traitement des quantités et l'arithmétique simple, de façon que le calcul devienne facile et ne nécessite plus autant d'attention.

Ce logiciel, traduit en huit langues, est gratuit en ligne (voir *Sur le Web*) et a été téléchargé par des milliers d'enseignants dans le monde entier. Dehaene a lancé une étude auprès de 1 000 enfants en cours de développement dans son laboratoire) permet d'éviter la dyscalculie chez les enfants à risque, et du moins de renforcer le sens du nombre chez les autres. Les résultats de cette étude sont très attendus.

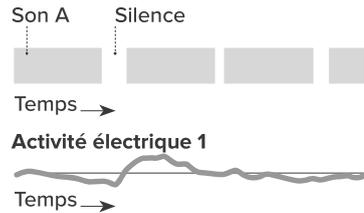
STIMULER LE LANGAGE DÈS LE BERCEAU

Des scientifiques ont développé un test pour repérer, parmi les bébés qui ont une audition normale, ceux qui n'ont pas une perception cérébrale optimale des sons (*en haut*). Et ils ont mis au point un jeu éducatif pour préparer les tout-petits à l'apprentissage du langage, de l'écriture et de la lecture (*en bas*).

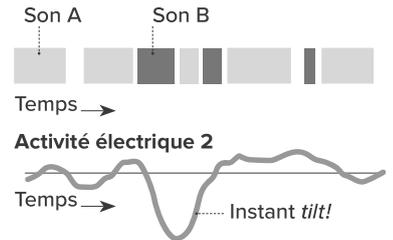
La perception cérébrale des sons

Les chercheurs de l'université Rutgers mesurent l'activité électrique cérébrale des bébés grâce à un casque muni d'électrodes. Tout d'abord, ils leur font entendre un son de haute fréquence (A) pour obtenir un profil d'onde cérébrale (*à gauche*). Puis ils intercalent un son de fréquence différente (B), ce qui provoque une modification rapide de l'onde cérébrale (nommée instant « tilt! ») quand le cerveau détecte le changement (*à droite*). Une réponse plus lente ou plus faible à ce changement soudain de son prédit parfois de futurs troubles du langage.

Séquence sonore 1

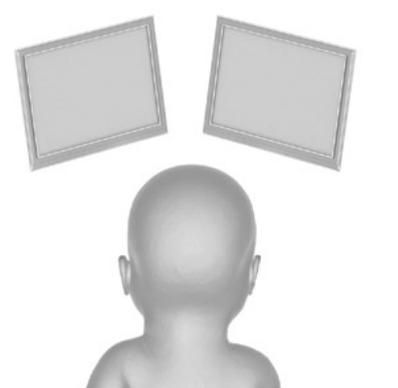
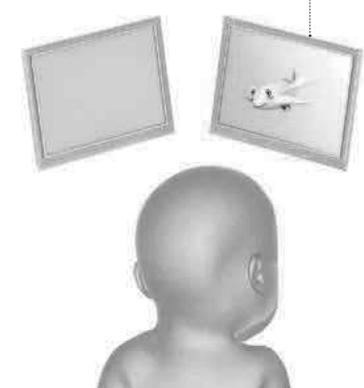


Séquence sonore 2

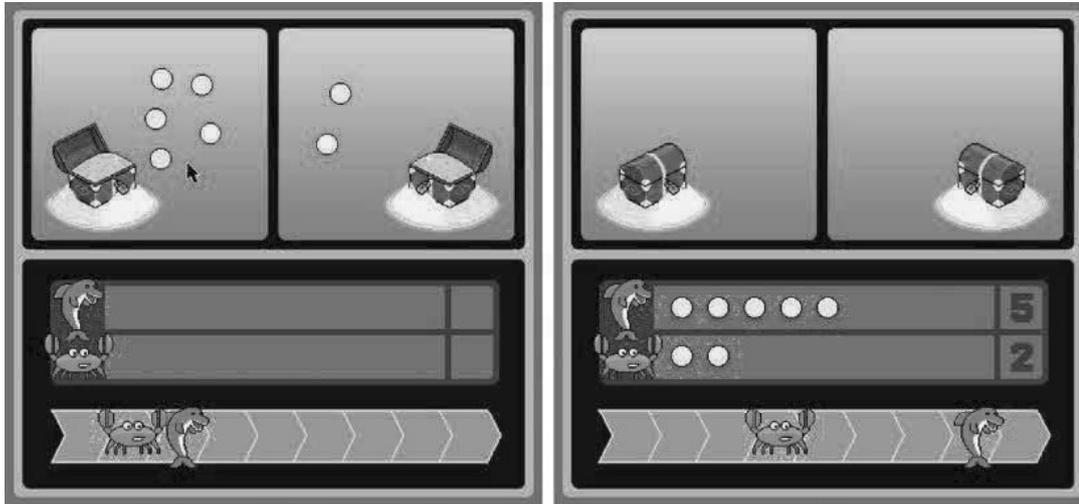


Le jeu éducatif pour les nourrissons

Les bébés peuvent alors améliorer leur perception sonore tout en s'amusant avec le jeu que les chercheurs ont mis au point. Le nourrisson apprend à tourner la tête lorsqu'il entend le son B (*à gauche*) mais ne doit pas bouger quand c'est le son A (*à droite*). Lorsqu'il réussit, il regarde une vidéo en guise de récompense. Progressivement, le rythme de changement de son augmente et le petit doit réagir de plus en plus vite.



BIENTÔT DE MEILLEURS ÉLÈVES ?



La course aux nombres est un jeu qui renforce le sens inné du nombre. Dès la maternelle, les enfants doivent repérer le plus gros tas de pièces d'or en un temps limité (à gauche). Si la réponse est correcte, l'avatar de l'enfant (ici, le dauphin) se déplace de 5 cases, correspondant au plus grand nombre de pièces (à droite). L'ordinateur avance alors de deux cases. Si l'enfant se trompe, c'est l'inverse. Le gagnant est celui qui franchit la ligne d'arrivée en premier.

Lecture, écriture, mathématiques : tous les apprentissages reposent sur ce qu'on appelle les fonctions exécutives, à savoir l'attention, la mémoire, le contrôle des émotions, la maîtrise de soi... Au laboratoire, on peut évaluer ces aptitudes, notamment avec le test dit du marshmallow. En 1972, dans une célèbre expérience menée à l'université Stanford auprès de jeunes enfants, le psychologue Walter Mischel leur donne le choix de manger un bonbon tout de suite ou d'en recevoir deux s'ils sont capables d'attendre qu'il revienne dans la pièce. Ainsi, en suivant à long terme les jeunes, Mischel a montré que ceux qui ont su patienter réussissent ensuite mieux, en moyenne, à l'école et dans leur vie professionnelle.

INDISPENSABLE MAÎTRISE DE SOI

Alors, peut-on renforcer les fonctions exécutives ? C'est tout l'enjeu du programme éducatif *Tools of the mind* (Les outils de l'intelligence), proposé aux États-Unis et au Canada, et testé avec succès dans des quartiers pauvres où les enfants ne réussissent pas aussi bien à l'école que ceux des quartiers aisés. Ce jeu de rôles développe la maîtrise de soi, l'attention, la flexibilité mentale et améliore la mémoire de travail (celle qui permet de stocker des informations sur le court terme, par exemple pour effectuer des calculs).

Entre autres exercices proposés dans ce jeu, un enfant peut apprendre à contrôler ses impulsions lorsqu'il réalise une tâche s'il explique à voix haute ce qu'il est en train de faire ; il peut aussi améliorer sa mémoire de travail en s'entraînant à retenir des séries de quelques dessins. Les techniques de maîtrise de soi ont d'ailleurs séduit les économistes qui suggèrent de les utiliser « pour améliorer la santé physique et les

ressources financières de la population, ainsi que pour réduire le taux de criminalité », comme ils le révèlent dans une étude parue en 2011 dans la revue américaine *The Proceedings of the National Academy of Sciences*.

JOUER D'UN INSTRUMENT DE MUSIQUE

Des découvertes en neurosciences confortent cette idée : la maîtrise de soi est un atout pour réussir à l'école et dans la vie. Mais pour être un bon élève, il n'est pas forcément nécessaire d'apprendre à résister à la tentation d'un marshmallow ou de participer à un jeu de rôles... Suivre une formation musicale est suffisant ! Plusieurs équipes de recherche ont montré que la pratique d'un instrument de musique s'avère payante en classe car elle développe l'attention, la mémoire de travail et la maîtrise de soi. Donc tous les ingrédients d'un bon apprentissage !

C'est notamment ce qu'a révélé l'équipe de Nina Kraus du Laboratoire de neurosciences cognitives de l'audition à l'université Northwestern. Cette neuroscientifique a été élevée par une mère musicienne, qui lui parlait dans sa langue natale, l'italien. Elle joue elle-même de plusieurs instruments de musique (piano, guitare, percussions) : « La musique occupe encore une grande place dans ma vie... même si je ne suis pas une grande musicienne ! » C'est donc tout naturellement qu'elle utilise sa formation en neurosciences pour comprendre quels sont les effets de la musique sur le cerveau et sa plasticité.

À l'aide d'électroencéphalographies, Kraus a d'abord étudié la façon dont le système nerveux code la hauteur, le rythme et le timbre d'une composition musicale. Puis elle a examiné l'impact de la pratique musicale sur le cerveau. Résultat : le fait

de jouer d'un instrument de musique s'accompagne de modifications neuronales qui augmentent la mémoire de travail et la capacité d'écoute, ce qui permet par exemple aux élèves d'extraire un discours cohérent du brouhaha caractéristique qui règne parfois dans les salles de classe.

À la lumière de ces résultats, il est tentant de penser que la musique améliore l'apprentissage des enfants. Et c'est vrai ! Certes, de nombreuses questions restent en suspens. Par exemple, quel type de pratique augmente les performances cognitives ? Est-il aussi bénéfique de jouer du piano que de la guitare ? D'écouter Mozart que Justin Bieber ? Une expérience menée à Los Angeles prouve que les classes de musique aident parfois les élèves qui vivent dans des familles à faibles revenus. En effet, des dizaines d'enfants issus de quartiers pauvres ont réussi leur scolarité et se sont inscrits à l'université (ils étaient souvent les premiers de leur famille) après avoir participé à des ateliers de musique dans le cadre du projet *Harmony*. Or, en 2014, Kraus a enregistré l'activité cérébrale de ces élèves et montré que l'apprentissage de la musique remodèle complètement le cerveau des enfants de manière à améliorer leur perception des sons. Avec, à la clé, un meilleur apprentissage du langage et de la lecture.

Ces bénéfices ne s'acquiert pas du jour au lendemain : il faut au moins deux ans de pratique musicale. Néanmoins, pour Kraus, pas de doute : « Si un jeune a le choix entre passer son temps libre à faire un jeu sur ordinateur pour renforcer sa mémoire ou apprendre à jouer d'un instrument de musique, la deuxième option est celle qui lui apportera le plus de bénéfices. Si vous voulez reproduire un solo de guitare à partir de l'écoute d'un disque, vous devez le mémoriser et le rejouer sans cesse. »

ATTENTION AU BATTAGE MÉDIATIQUE !

Alors que les neurosciences progressent dans la connaissance des mécanismes cérébraux qui sous-tendent l'apprentissage, de nombreux scientifiques s'inquiètent des pouvoirs parfois exagérés que l'on attribue à leurs inventions. S'ils souhaitent être utiles auprès des enfants, ils sont néanmoins conscients du long chemin à parcourir avant que leurs travaux ne trouvent un écho dans les salles de classe. Ils savent aussi que parents et enseignants sont bombardés d'une quantité de produits non testés scientifiquement ; ou bien hautement recommandés mais qui se révèlent décevants.

Par exemple, dans le secteur de la musique, s'est développée l'idée que l'écoute d'une sonate de Mozart pouvait rendre les bébés plus intelligents. Une affirmation contredite par la science. Les

CINQ IDÉES REÇUES EN NEUROÉDUCATION

Des idées fausses largement répandues sur l'apprentissage des enfants et leurs facultés cérébrales conduisent parfois les enseignants et les parents à adopter des principes pédagogiques erronés.

IDÉE REÇUE N° 1 : NOUS N'UTILISONS QUE 10 % DE NOTRE CERVEAU

Le mythe des 10 % (parfois 20) est une légende relayée notamment par les films *Limitless* (Sans limites) ou *Lucy*, de Luc Besson. Les intrigues tournent autour d'une substance miracle qui améliore les facultés cognitives du personnage principal : mémoire hors norme, capacités de raisonnement démultipliées... Or, en classe, le professeur peut demander à ses élèves de faire plus d'efforts, mais il est faux de croire que cela active des circuits neuronaux non utilisés.

IDÉE REÇUE N° 2 : NOTRE PERSONNALITÉ EST LIÉE À UNE DOMINANCE DU CERVEAU DROIT OU DU CERVEAU GAUCHE

L'idée que la partie gauche de notre cerveau est plutôt rationnelle et la partie droite, artistique et intuitive, est fautive : nous utilisons les deux hémisphères pour toutes les fonctions cognitives. D'où vient cette idée ? On a constaté que la plupart des gens (mais pas tous) traitent les tâches liées au langage (lecture, écriture, résolution de problèmes...) du côté gauche, et les représentations spatiales, la créativité ou les émotions, du côté droit. Les psychologues ont alors utilisé ces données pour en déduire des personnalités types. Or, à ce jour, les études d'imagerie cérébrale n'ont pas prouvé que l'hémisphère droit est le siège de la créativité. Elles montrent plutôt que pour un certain nombre de tâches (lecture, mathématiques), les deux hémisphères sont actifs.

IDÉE REÇUE N° 3 : NOUS DEVONS PARLER UNE LANGUE AVANT D'EN APPRENDRE UNE AUTRE

Les bébés qui apprennent deux langues simultanément, l'anglais et le français, auraient un retard de développement, les deux langues se mélangeant dans leur cerveau. Or des études montrent que le multilinguisme confère au contraire une meilleure compréhension de la structure du langage... dans les deux langues !

IDÉE REÇUE N° 4 : LES HOMMES ET LES FEMMES ONT UN CERVEAU DIFFÉRENT, D'OÙ DES CAPACITÉS D'APPRENTISSAGE DISTINCTES

Des différences cérébrales existent bien entre hommes et femmes ; elles influent sur leur mode de fonctionnement. Mais aucune étude n'a montré à ce jour des mécanismes distincts selon le sexe dans la connexion des réseaux neuronaux au moment de l'apprentissage.

IDÉE REÇUE N° 5 : CHAQUE ENFANT A SON PROPRE TYPE DE MÉMOIRE

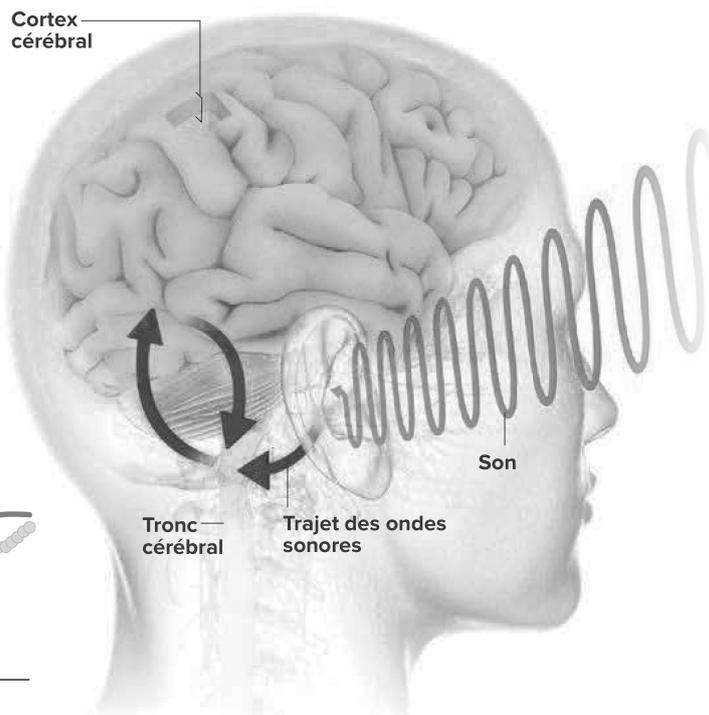
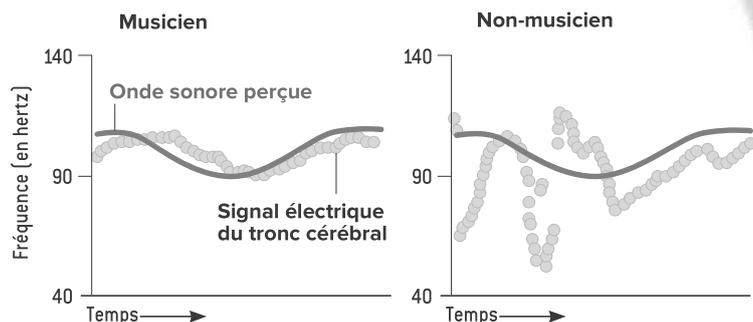
L'idée qu'il existe plusieurs types de mémoire (auditive, visuelle) et que l'on peut adapter sa façon d'apprendre selon son profil n'a pas été validée scientifiquement. Pour cette idée reçue, comme pour d'autres, les perceptions du grand public ont devancé la science. La neuroscientifique Uta Frith, qui préside la commission britannique chargée d'évaluer la neuroéducation, appelle parents et enseignants à avancer prudemment : « Il y a une forte demande du grand public qui attend des informations sur l'apport des neurosciences pour l'éducation. Ce qui conduit à une communication tous azimuts autour de méthodes pédagogiques diverses et variées non validées scientifiquement. »

ÉTUDIER MIEUX GRÂCE À LA MUSIQUE

Si un jeune enfant pratique intensément un instrument de musique, il améliorera non seulement ses performances musicales, mais aussi sa compréhension du langage et ses fonctions cognitives, dites exécutives : attention, mémoire de travail, contrôle des émotions, maîtrise de soi... Se concentrer régulièrement sur la musique est donc bénéfique aux apprentissages scolaires.

Une meilleure audition

Les musiciens perçoivent les sons plus clairement que les non-musiciens, car la pratique d'un instrument stimule presque tout le cerveau. Les sons sont convertis en signaux nerveux qui voyagent de la cochlée dans l'oreille interne, au tronc cérébral, puis au cortex, le lieu des fonctions cognitives exécutives. Ensuite, ils « repassent » par le tronc cérébral et la cochlée. Cette boucle de rétroaction permet au musicien d'utiliser diverses régions cérébrales pour produire, par exemple, la bonne hauteur d'un son. L'enregistrement du signal électrique dans le tronc cérébral (*ligne jaune*) révèle l'extrême sensibilité du musicien vis-à-vis d'un son : le signal chez le musicien suit l'onde sonore perçue (*en rouge*) avec beaucoup plus de précision que celui enregistré chez le non-musicien.



travaux de Kraus montrent en effet qu'il ne suffit pas d'écouter de la musique pour obtenir des effets bénéfiques sur le cerveau. Il faut être actif. Autrement dit, jouer d'un instrument de musique. Et de façon sérieuse, car plus la pratique est intensive, meilleure est la perception des sons.

LES LOGICIELS SONT-ILS EFFICACES ?

Autre exemple, présenté cette fois comme « un entraînement du cerveau validé scientifiquement » : le logiciel éducatif *Fast For Word* développé par Paula Tallal de l'université Rutgers, Michael Merzenich de l'université de Californie à San Francisco et leurs collègues, pour des enfants ayant des difficultés de langage ou de lecture. Le principe est de les entraîner en leur présentant des sons et des mots de plus en plus rapidement, jusqu'à atteindre le débit normal de la parole. Fondé sur les travaux de Benasich, ancienne postdoctorante de Tallal, ce logiciel vise à améliorer la perception sonore des enfants. Or,

une métaanalyse parue en 2011 dans le *Journal of Child Psychology and Psychiatry* n'a révélé aucune preuve de son efficacité. Cette publication a provoqué une vive réaction de Scientific Learning, la société qui détient la licence de ce jeu. Selon elle, la métaanalyse (dont le principe est de synthétiser les résultats de différentes études) est critiquable, notamment par le choix des travaux pris en compte, et ne refléterait pas la réalité, car le logiciel a été amélioré depuis.

C'est toujours le même refrain en neuroéducation : plus d'études scientifiques sont nécessaires pour conclure. Le jeu de Dehaene, *La course aux nombres*, est lui-même en train d'être révisé. Une étude a confirmé que ce logiciel aide les enfants à comparer des nombres. Mais il reste encore à démontrer que cela peut se traduire par une meilleure performance en calcul ou en arithmétique à l'école. Enfin, une autre étude récente a remis en question les effets bénéfiques de la musique sur les fonctions exécutives, donc sur l'apprentissage...

SUR LE WEB

Le jeu *La course aux nombres* pour développer le sens du nombre chez les enfants : <http://www.lacourseauxnombres.com/nr/home.php>

Le programme éducatif *Tools of the mind* (Les outils de l'intelligence) pour améliorer les fonctions exécutives : <http://toolsofthemind.org/>

Alors comment interpréter ces résultats en apparence contradictoires? La réponse est simple: la neuroéducation est un champ de recherche récent. Or, la science avance en tâtonnant: une première théorie est échafaudée, contredite par une autre, une troisième étude venant parfois démentir les deux premières... Cette progression sinueuse est normale. Mais elle n'est pas sans risques. Elle s'accompagne parfois d'annonces médiatiques prometteuses qui ne traduisent pas les réelles avancées scientifiques.

Parents et enseignants sont les premières victimes de cette communication inappropriée. «Je ne m'y retrouve pas dans tous ces jeux éducatifs, je ne sais pas lequel choisir. En plus, leur efficacité n'est souvent pas prouvée. Il m'est difficile dans ces conditions de dire à mon directeur que ça marche», explique Deborah Rebhuhn, une professeure de maths dans un établissement d'éducation spécialisée à Highland Park dans le New Jersey.

Les scientifiques qui passent leurs journées à enregistrer l'activité cérébrale le savent bien: ils n'ont pas encore trouvé le remède miracle pour améliorer l'apprentissage. Mais leur travail laisse

Bibliographie

Dossier La maîtrise de soi, *Cerveau & Psycho* n° 73, pp. 41-62, janvier 2016.

N. Choudhury et A. Benasich, Maturation of auditory evoked potentials from 6 to 48 months: Prediction to 3 and 4 year language and cognitive abilities, *Clinical Neurophysiology*, vol. 122, pp. 320-338, 2011.

S. Dehaene, The number sense: How the mind creates mathematics, *Oxford University Press*, 2011.

entrevoir les possibilités offertes par les neurosciences pour le futur, pour la génération z (les 15-25 ans d'aujourd'hui) ou ses descendants. Dans un article de synthèse paru dans la revue *Science* en 2009, le professeur de neurosciences John Gabrieli suppose que les techniques d'imagerie cérébrale – associées à des tests psychologiques, génétiques et à la prise en compte du contexte familial – permettront, dès l'âge de 6 ans, de dépister les enfants risquant de développer d'un trouble de l'apprentissage de la lecture.

VERS UNE ÉDUCATION SUR MESURE ?

D'ailleurs, une étude récente a montré qu'à l'école maternelle, l'électroencéphalographie se révèle plus efficace dans le dépistage de futurs problèmes de lecture que les tests psychologiques classiques. Ce check-up combiné à une prise en charge précoce et individualisée des enfants à risque pourrait permettre d'éviter un certain nombre de cas de dyslexie. Si Gabrieli a raison, les neurosciences apporteront une nouvelle dimension à la notion d'éducation personnalisée: celle d'optimiser la capacité d'apprentissage des enfants avant même leur entrée à l'école. ●

De la sensibilité à la douleur, de l'intéroception à la proprioception, **LES FASCIAS SONT PARTOUT !** Ostéopathes et scientifiques révèlent leurs secrets. Découvrez les !

L'OSTÉOPATHIE C'EST QUOI ? et c'est pour quoi ?

COMMENT DÉPISTER UNE **SCOLIOSE** CHEZ MON ENFANT ?

MON BÉBÉ A LA TÊTE PLATE. QUELS SONT LES RISQUES DES **PLAGIOCÉPHALIES** ET COMMENT LES PRÉVENIR ?

MA MÂCHOIRE CRAQUE... EST-CE GRAVE ? LES TROUBLES DE L'OCCCLUSION DENTAIRE ONT DES EFFETS SUR TOUT MON CORPS. QUE FAIRE ?

TROUVEZ TOUTES LES RÉPONSES À VOS QUESTIONS SUR LE FORUM DE L'OSTÉOPATHE MAGAZINE

OSTÉOssimo
le forum

à découvrir sur
www.osteomag.fr
la revue indépendante de l'ostéopathie

DÉCOUVREZ ÉGALEMENT
NOS FICHES QUESTIONS/RÉPONSES

Simple et courtes, elles sont adaptées à tous pour mieux comprendre ce que peut faire l'ostéopathie pour vous et vous accompagner dans votre prévention.

LE NUMÉRIQUE À L'ÉCOLE

VERS UNE NOUVELLE COGNITION ?



- **Le grand « virage numérique » de l'école, qui est dans tous les esprits, suscite des interrogations persistantes. Que feront les tablettes aux cerveaux de nos enfants ? Apprendront-ils plus vite et mieux ? Ou bien verront-ils leur concentration s'effriter ? Pour le savoir, les résultats de recherches menées ces dernières années tombent à pic.**

Par André Tricot, professeur de psychologie cognitive, directeur du laboratoire Travail et cognition CLLE, CNRS, à l'université de Toulouse.

EN BREF

● **Au-delà de leurs promesses, tablettes et ordinateurs créent de nouvelles exigences pour le cerveau des élèves.**

● **Ces outils engendrent une surcharge attentionnelle : difficile de distinguer les aspects importants des informations annexes...**

● **Les jeunes devront être plus autonomes et compétents pour en profiter. Ce qui suppose des enseignements fondamentaux plus poussés.**

● **L'objectif de l'Éducation nationale est de doter les élèves de 3,2 millions de tablettes d'ici à 2019. Sans avoir encore bien analysé l'impact de ces outils sur le cerveau des enfants et sur la pédagogie. Encore temps de le faire ?**

Le virage du numérique », « L'école change avec le numérique », « Le plan numérique pour l'éducation » : bien des choses tournent autour de cette question en cette rentrée 2016 où des centaines de milliers de tablettes sont mises à la disposition des élèves. Avec, rappelons-le, l'objectif d'atteindre 3,2 millions de tablettes en trois ans.

Évidemment, les espoirs sont de taille. Les critiques et les inquiétudes aussi. En l'absence de recul, à quoi s'attendre ? Pour tenter de faire abstraction des nombreuses idéologies en la matière, des crispations et des utopies, un état des lieux se doit de s'appuyer sur les nombreuses recherches scientifiques qui ont été menées sur cette question. Car la préoccupation ne date pas d'hier : l'utilisation d'outils numériques dans les classes est l'objet de vifs enthousiasmes autant que de craintes depuis une quarantaine d'années. Lointains héritiers de « l'enseignement programmé » promu par le psychologue behavioriste

Skinner (l'enseignement programmé visait à inculquer des compétences aux élèves au travers d'une série d'étapes de renforcement automatisées), ces dispositifs ont toujours entretenu des liens étroits avec la recherche sur les apprentissages humains. Les chercheurs du domaine ont été sollicités pour concevoir ces dispositifs, pour les évaluer, parfois ils ont même été à l'origine d'idées nouvelles, et enfin ils ont trouvé là un nouveau terrain pour tester expérimentalement leurs hypothèses sur l'apprentissage humain. Plusieurs milliers d'articles rendent compte de ces travaux chaque année, publiés dans de grands colloques internationaux et des revues spécialisées. Ils permettent de déboulonner certains mythes (les générations du numérique sont forcément autonomes face à l'apprentissage, l'enseignement sera dorénavant personnalisé grâce aux miracles des logiciels, les supports seront plus riches, stimulants, motivants...). Et pris dans leur ensemble, ils permettent de pointer à la fois les risques, les limites et les enjeux futurs liés à l'essor du numérique dans l'enseignement. Partons donc pour ce tour d'horizon.

SONS, IMAGES, RÉALITÉ VIRTUELLE...

Le numérique est le énième avatar d'une longue série d'innovations dans le domaine de l'enrichissement des médias : depuis la photographie, l'enregistrement sonore, le cinéma, l'audio-visuel, la réalité virtuelle et augmentée, etc., les ●●●

Le numérique n'est pas la garantie d'un moindre effort. En termes d'autonomie, de compétence et de concentration des élèves, il crée des exigences plus élevées

lien direct avec le phénomène de partage attentionnel évoqué ci-dessus : l'effet des images décoratives. De nombreux supports numériques utilisent en effet des images qui n'ont pas de lien direct avec l'apprentissage visé mais qui sont amusantes, décoratives, ludiques, bref, qui montrent à l'élève à quel point c'est cool d'apprendre avec ce support, ou bien encore qui présentent une photographie de l'auteur d'un cours multimédia au lieu de ne présenter que le contenu du cours lui-même.

De nombreuses expérimentations consistent à comparer le même support présenté avec ou sans les images décoratives. Les résultats montrent très souvent que sans les images décoratives la motivation des élèves décroît, mais leur apprentissage s'améliore. Un autre aspect du lien entre motivation et outils numériques a été mis au jour récemment. Les résultats montrent que l'amélioration de la motivation avec le numérique dépend de la tâche réalisée par les élèves : des élèves de lycée, par exemple, vont préférer la tablette pour une tâche de lecture mais le papier et le crayon pour une tâche de rédaction.

ADAPTER L'APPRENTISSAGE À L'ÉLÈVE : UN DÉFI POUR LES LOGICIELS DU FUTUR

Un des plus anciens et des plus forts espoirs liés au numérique concerne l'évaluation et la régulation des apprentissages. Comment savoir si un élève a compris et lui proposer des exercices et leçons adaptés à ce niveau de compréhension ? Le but d'un dispositif numérique, s'il est capable

d'évaluer les progrès et les lacunes d'un élève, doit être de réguler l'apprentissage de celui-ci en lui proposant un parcours, des exercices, des tâches adaptés à son niveau. L'espoir est alors, grâce au numérique, de personnaliser l'apprentissage de chacun.

Depuis le début des années 1980, cette application de l'informatique dans le domaine des apprentissages humains a suscité de très nombreux travaux. Mais réguler l'apprentissage d'un élève est beaucoup moins simple qu'il n'y paraît dès que l'on sort des domaines bien définis où une question appelle une réponse précise, unique. Évaluer si un élève a compris un phénomène complexe, ou s'il maîtrise une compétence de haut niveau, semble à la portée de tout enseignant ; mais c'est extrêmement difficile à programmer informatiquement. Le défi que représente l'évaluation d'apprentissages complexes par des machines a été l'objet de collaborations très stimulantes entre chercheurs en psychologie cognitive et en intelligence artificielle depuis les années 1980. Pour autant, les résultats obtenus dans ce domaine ne sont pas à la hauteur des espoirs d'il y a trente ou quarante ans. Aujourd'hui, le numérique est surtout utilisé pour réguler les apprentissages à partir de QCM, de questionnaires fermés. Dans ce type de situation, le numérique présente le grand intérêt de pouvoir évaluer les apprentissages de façon très fréquente, auprès d'élèves très nombreux. Mais pour aller au-delà, il faudra encore faire d'importants progrès, et, en attendant, les enseignants humains restent irremplaçables.

LES DÉFIS DU NUMÉRIQUE : AUTONOMIE ET COMPÉTENCE

Les outils numériques offrent accès à une multitude de supports pédagogiques et d'informations, à la fois pour l'acquisition des compétences, les exercices pratiques et l'accès à la connaissance, qu'elle soit encyclopédique ou conçue comme matière à des exposés ou des réflexions. Cette nouvelle donne pose deux défis : celui de l'autonomie et celui de la compétence nécessaire pour traiter ces données. À l'heure actuelle, quelles conditions doivent être réunies pour que ces défis soient relevés ?

Voyons d'abord ce qu'il en est de l'autonomie. Le développement des outils numériques interactifs, qui permettent à chaque élève de faire un choix entre plusieurs possibilités à chaque étape de son parcours d'apprentissage, suscite de ce point de vue bien des espoirs. Un élève qui choisit son parcours d'apprentissage, ●●●

LE NUMÉRIQUE À L'ÉCOLE - VERS UNE NOUVELLE COGNITION ?

- qui choisit l'exercice qu'il va faire, le problème qu'il va résoudre, est un élève nécessairement plus impliqué dans son apprentissage, qui apprend ce qu'il a envie d'apprendre, de la façon dont il veut apprendre. Bref, c'est un élève autonome dans ses apprentissages.

GUIDER LES PREMIERS PAS DE L'ÉLÈVE

Les outils numériques ouvrant ces perspectives ont été les hypermédias au début des années 1990 par exemple, ou les MOOCs depuis le début des années 2010. Les travaux dans ce domaine montrent que les apprentissages en autonomie sont souvent extrêmement exigeants. Peu d'élèves arrivent à apprendre tout seuls. La plupart des enfants, des adolescents et des adultes ont besoin de guidage progressif pour apprendre. C'est quand ils maîtrisent bien un domaine de connaissance qu'ils sont capables d'autonomie. Si bien que les environnements

exemple, un élève en début de collège doit actuellement avoir des compétences de lecteur bien plus élevées que celles d'un élève d'il y a trente ou quarante ans. Savoir lire un document numérique de nos jours implique de savoir évaluer la fiabilité de la source, la confiance que l'on peut placer dans l'auteur, de croiser différents points de vue, d'intégrer des supports textuels, picturaux et sonores différents. En outre, il est souvent demandé aux élèves de trouver le document qu'ils vont lire. Pour y parvenir, ils doivent mettre en œuvre une démarche de recherche d'information, qui implique de savoir définir un but informationnel, formuler une requête, évaluer la pertinence de documents à partir de la lecture d'une liste de résultats, sélectionner le ou les documents les plus pertinents...

En l'espace de quelques années, sans que l'on y prête parfois attention, la lecture est devenue une activité bien plus exigeante qu'auparavant.

10 %

DE MOTIVATION SUPPLÉMENTAIRE

pour les élèves utilisant des tablettes en classe. Mais les apprentissages stagnent, car les supports les plus attrayants ne sont pas forcément les plus efficaces, ce qu'on appelle le « paradoxe préférence-performance ».

numériques d'apprentissage peu structurés sont généralement peu efficaces, les taux d'abandon y sont très importants, sauf quand les élèves arrivent à s'entraider ou à se faire aider. Par conséquent, il serait fatal de faire miroiter la promesse de l'autonomie sans fournir d'abord aux élèves les outils mentaux et les compétences de base pour évoluer seuls dans l'environnement numérique. Étonnant paradoxe que celui du numérique : en proposant plus d'autonomie, il exige en fait une transmission entre maître et élève plus attentive, plus poussée et de meilleure qualité. Autrement dit, ne surtout pas mettre la charrue avant les bœufs...

Cette question soulève celle de la compétence des élèves. C'est un fait : le développement des outils numériques a permis de prendre conscience que les élèves devraient aujourd'hui développer de nouvelles compétences. Par

Ce sont donc des lecteurs plus compétents que nous devons former aujourd'hui et nous devons cela au numérique.

La plus grande richesse des médias numériques, que nous avons évoquée au début de cet article, a une autre conséquence : les concepteurs de supports d'apprentissage, qu'ils soient auteurs de manuels scolaires, enseignants ou concepteurs multimédias, doivent être aussi plus compétents. Concevoir une image animée efficace sur le plan pédagogique est sans doute l'une des choses les plus difficiles au monde. Le numérique, de ce point de vue là, n'est pas la garantie d'un moindre effort : il crée en réalité des exigences plus élevées. La plus grande erreur serait de penser que les choses seront plus faciles. Avec ces nouveaux outils, nous pouvons aller plus loin, à condition de savoir relever des défis plus ardu d'une certaine façon. L'ignorer serait une erreur qui coûterait cher. ●

Bibliographie

F. Amadiou et A. Tricot. *Apprendre avec le numérique : mythes et réalités*, Retz, 2014.

P. A. Kirschner et J. J. van Merriënboer. *Do learners really know best? Urban legends in education*, *Educational psychologist*, vol. 48, pp. 169-183, 2013.