



EN COUVERTURE

« L'épanouissement cognitif » selon Stanislas Dehaene

Plasticité. QI, bosse des maths, neurones de la lecture, maîtrise des langues étrangères, révisions... ce que nous apprend la science.

PROPOS RECUEILLIS PAR HÉLOÏSE PONS, MARIE-SANDRINE SGHERRI ET GUILLAUME GRALLET

Le Point: Très tôt, vous avez cherché à savoir comment les processus d'apprentissage se matérialisent dans le cerveau.

Stanislas Dehaene: J'ai toujours été fasciné par le problème des origines de la pensée. J'ai eu mon premier ordinateur personnel à 14 ans – un TRS-80 qui est peut-être encore dans la cave de mes parents. A l'époque, le challenge était de rendre la machine plus intelligente. Quand j'étais en maths sup-maths spé, je pensais d'ailleurs faire ma carrière dans l'intelligence artificielle. Puis je me suis rendu compte qu'il était plus utile d'aller voir comment le cerveau fonctionnait. J'ai fait ma thèse dans un laboratoire de psychologie cognitive. On essayait de comprendre comment fonctionnait le cerveau sur la base des temps de réponse ou des taux d'erreurs des sujets. Ces travaux montraient déjà que le cerveau, contrairement aux machines, comprend les symboles qu'il reçoit. L'éducation doit arriver à souder les symboles à leur sens.

Mais le cerveau du jeune enfant est vierge de toute connaissance, non ?

Pas du tout ! Dans le cas des nombres, même les bébés ont une intuition des quantités. S'ils voient 12 ou 4 objets, ils savent faire la différence. Un sens intuitif préexiste. L'apparition des symboles modifie cette représentation : d'approximative, elle va devenir précise, c'est le début des mathématiques. C'est la même chose pour le langage. Le phonème, que l'on peut définir comme l'unité élémentaire du langage parlé, existe chez le bébé : dans sa première année, celui-ci reconnaît tous les phonèmes de sa langue maternelle. Simplement, il le fait de façon inconsciente. Or, pour apprendre à lire, il faut rendre ces éléments conscients afin de les connecter aux séries de lettres, aux graphèmes. C'est tout l'objet de la lecture. Une personne analphabète ne peut manipuler les phonèmes comme un lettré : elle ne sait pas enlever le premier son de Paris et dire « aris ». L'éducation rend les représentations mentales conscientes, précises et différenciées les unes des autres.

C'est crucial, car on peut ensuite se servir de ces compétences dans d'autres domaines...

Absolument. Le traitement du langage parlé est amélioré par l'apprentissage de la lecture. Maintenant qu'on a les moyens d'aller voir dans le cerveau avec l'imagerie cérébrale, on découvre les conséquences de ces changements. Dans le cas des nombres, on voit grandir la représentation des quantités dans le cortex pariétal. Dans le cas des correspondances graphèmes/phonèmes, on voit grandir une région visuelle qui reconnaît les lettres, à la base du lobe temporal, mais aussi une région plus latérale qui code les phonèmes, et la connexion entre les deux. Cette découverte vient d'expériences que nous avons réalisées en comparant les cerveaux de personnes analphabètes et alphabétisées à l'âge adulte, au Brésil et au Portugal.

Y a-t-il des choses à ne pas faire en termes d'éducation ?

Les recherches montrent clairement que les écoles doivent tenir compte des compétences précoces des enfants. De la naissance à la puberté, l'enfant absorbe les langues étrangères sans aucun effort. Si les parents parlent deux langues différentes, ce sera bénéfique pour la flexibilité des réseaux cérébraux de l'enfant, parce qu'il apprend à passer d'une langue à l'autre. J'essaie de faire en sorte que les enseignants de la maternelle et du CP soient davantage conscients que l'enfant n'est pas une ardoise vierge. On peut lui expliquer des choses complexes. L'enfant n'apprendra un vocabulaire élaboré que si on lui parle avec un vocabulaire élaboré. Il n'y a pas de raison de se limiter dans ce qu'on essaie de lui expliquer.

Est-ce qu'en expliquant aux élèves et aux professeurs comment le cerveau fonctionne on peut les aider à mieux apprendre ?

L'idée de Jean-Philippe Lachaux – directeur de recherche à l'Inserm – est intéressante. Avec son

CONSEIL N° 4

Coder

« C'est bon pour l'intelligence, puisque ça éveille le nombre, la catégorisation, le raisonnement et la permanence de l'objet. Et puis il y a un vrai projet pédagogique dans le codage : c'est un défi pour l'enfant, et le défi éveille le système de récompense du cerveau », assure le psychologue **Olivier Houdé**.



CONSEIL N° 5

Dormir

Instaurer la sieste dans les classes au-delà de la maternelle permettrait de « consolider les traces mnésiques au cours de la journée », selon **Olivier Houdé**. **Isabelle Arnulf**, neurologue à la Pitié-Salpêtrière, évoque aussi l'importance du sommeil « pour la consolidation des acquis » chez les adultes. Entre sept et huit heures sont recommandées pour les adultes et dix pour les enfants.





programme Atol (Attentif à l'école), il propose d'expliquer aux jeunes élèves comment se concentrer. J'y vois un domaine essentiel: la métacognition, c'est-à-dire la connaissance de soi et la confiance en ses propres capacités. Beaucoup d'enfants ont décidé depuis le départ qu'ils sont nuls en maths. C'est une attitude contre laquelle on doit lutter. Personne n'est nul en maths: c'est un domaine difficile, dans lequel tout le monde éprouve des difficultés au départ, mais peut apprendre. Les enfants apprennent mieux si on élude la notion qu'ils sont « doués » ou « pas doués », au profit de l'idée que chaque cerveau progresse sans cesse: non seulement c'est la vérité, mais cet opti-

Avenir. Stanislas Dehaene devant l'une des deux bobines du plus puissant scanner IRM du monde (voir page suivante), qui sera mis en place l'an prochain au centre NeuroSpin, que le scientifique dirige au CEA Saclay, à Gif-sur-Yvette.

« Les ordinateurs n'arrivent pas à la cheville d'un nouveau-né, modèle absolu en matière d'apprentissage. »

BENOIT DECOUT/REA POUR « LE POINT »

misme bienveillant aide les enfants à progresser. De magnifiques recherches du chercheur au CNRS Pascal Hugué ont montré les différences entre garçons et filles en mathématiques. Vous prenez un exercice où il faut copier une figure géométrique et vous dites à un groupe: « On va faire du dessin », et à l'autre: « On va faire des mathématiques ». Si vous dites: « On va faire des mathématiques », les filles ont des scores beaucoup plus bas que les garçons. Si vous dites: « On va faire du dessin », elles sont un peu meilleures qu'eux. De tels préjugés, que les enfants de milieu défavorisé s'appliquent à eux-mêmes, ont des effets très importants à l'école et contribuent aux résultats catastrophiques des enquêtes PIRLS et Pisa. La France doit se ressaisir. L'école doit être bienveillante et dépourvue de stress.

Certaines études pointent également une baisse de QI générale... Ne va-t-on pas trop loin dans le catastrophisme ?

En réalité, l'effet Flynn montre qu'en moyenne, depuis plus de cent ans, les résultats de tests de QI progressent régulièrement partout dans le monde. Dans la dernière décennie, on observe une sorte de saturation, peut-être même une légère baisse. C'est préoccupant, mais cette moyenne est réductrice. Le premier problème de la France, c'est l'écart-type: la moyenne n'est pas mauvaise du tout, le haut du panier est fantastique (la France regorge de médailles Fields), mais le bas du panier est un désastre. Nos scores sont extrêmement étalés, et c'est malheureusement prévisible en fonction du niveau socio-économique des familles. C'est le deuxième scandale français: notre école n'arrive pas à garantir l'épanouissement cognitif de tous les enfants, quelle que soit leur origine. Et comme de nombreuses familles n'ont pas les moyens, le temps ou l'idée de pratiquer des jeux avec les enfants, il faut que l'école les y aide.

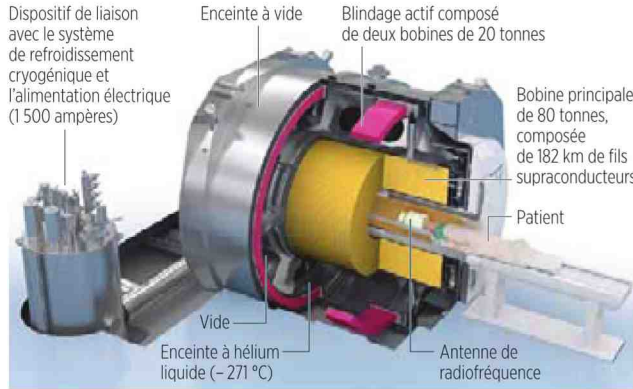
L'environnement joue un rôle si important ?

Michel Duyme, directeur de recherche au CNRS Jussieu-Université Paris-7 et docteur en psychologie, a montré que le QI est une variable malléable, qu'elle change massivement quand un enfant est accueilli dans une famille qui lui apporte un environnement stimulant. Autre donnée: en 1989, à Bucarest, on a découvert des orphelinats épouvantables. Des chercheurs américains ont voulu savoir quel serait le différentiel cognitif entre les enfants qu'on parvenait à placer dans des familles et ceux qui restaient à l'orphelinat. Il est énorme: si on arrive à changer l'environnement de ces enfants avant 18 mois, on voit une récupération cognitive très importante. A partir de 2 ans, les enfants ont des problèmes permanents. ■■■



La machine à décrypter le cerveau

Le scanner IRM du projet Iseult, qui sera opérationnel en 2019 à NeuroSpin, est le plus puissant du monde. Il permettra, grâce à un champ magnétique de 11,7 teslas, d'obtenir des images du cerveau cent fois plus précises qu'actuellement.



Source : Les défis du CEA, Animea/Frédéric Durillon.

■■■ **Passé 2 ans, est-on condamné ?**

Non. Certains circuits se figent, mais beaucoup restent ouverts. Si on prend l'exemple du vocabulaire, on l'apprend aussi bien à l'âge adulte qu'enfant. Par contre, la phonologie se fige tôt: si vous êtes né au Japon, votre cerveau a décidé avant 1 an qu'il n'y avait pas de différence entre un « l » et un « r »: cette distinction ne sert pas, vous la perdez. Les étudiants japonais qui arrivent à Harvard n'entendent pas bien la différence entre « élection » et « érection », ce qui est quand même ennuyeux. Les Français n'entendent pas la différence entre un « ta » rétroflexe et un « ta » dental, des différences majeures pour ceux qui parlent hindi. De la même façon, des études suggèrent – en scannant le cerveau de personnes analphabètes en cours d'apprentissage – qu'il est beaucoup plus difficile pour un adulte que pour un enfant d'apprendre à lire. La plasticité synaptique diminue vite avec l'âge.

Pourrait-on imaginer un lifting du cerveau chez des personnes plus âgées ?

Plus qu'à l'augmentation, je crois à la réparation. Si un accident vasculaire affecte la région du cerveau vouée à la reconnaissance des lettres, un adulte peut perdre définitivement la capacité de lecture fluide. A l'avenir, on pourra peut-être rouvrir la plasticité, à travers l'entraînement par exemple. Mais il faudra faire très attention, car d'autres connaissances, d'autres souvenirs pourraient aussi disparaître.

Qu'est-ce qui fige la plasticité cérébrale au fil des années ?

« Plus qu'à l'augmentation, je crois à la réparation du cerveau des personnes âgées. »

Des sortes de filets rigides entourent les neurones et les figent. Les synapses deviennent beaucoup moins flexibles. Chez le petit enfant, entre 1 et 2 millions de synapses se font et se défont par seconde. Ce bouillonnement se fige à mesure que le système s'épaissit.

En maths, qu'est-ce que ça donne ?

On ne sait pas s'il existe une période sensible en mathématiques... Nous avons tous l'impression que c'est difficile de faire des mathématiques si on n'a pas commencé tôt, mais c'est plutôt après 20-25 ans que ça devient vraiment difficile. En musique, aussi, on observe des effets très importants lorsqu'un enfant commence à pratiquer un instrument précocement. Mais il existe des exceptions: la plasticité du cerveau présente une grande variabilité d'une personne à l'autre.

Le numérique peut-il corriger ou accentuer ces écarts ?

Je n'aime pas le terme « numérique », qui ne veut plus dire grand-chose parce qu'il est partout. Selon le contenu des logiciels, les effets peuvent être positifs ou négatifs. Le GraphoGame (voir reportage pages suivantes) est un logiciel de lecture ludique qui, avec une patience infinie, enseigne aux enfants les lettres et les phonèmes qui leur posent des difficultés. C'est un exemple d'excellent usage de la tablette. Nous avons nous-mêmes développé dans le laboratoire un logiciel appelé Elan pour la lecture, et deux autres pour les mathématiques dans la petite enfance: La course aux nombres et L'attrape-nombres, qui sont disponibles gratuitement sur Internet.

Vous défendez une pédagogie explicite de l'informatique. Qu'entendez-vous par là ?

Pourquoi laisser l'enfant redécouvrir seul ce que l'humanité a mis des siècles à découvrir? Il faut un enseignement explicite et graduel conçu pour passer du plus simple au plus complexe. Dans les écoles Montessori, on laisse à l'enfant le choix de son activité, mais en dirigeant fortement ce choix en fonction de l'objectif. Les activités sont programmées dans un ordre précis. L'enfant choisit parmi des fiches ordonnées et fait des activités conçues pour le faire monter progressivement en compétence cognitive et sociale.

Vous avez travaillé avec la linguiste Céline Alvarez. Qu'en retirez-vous ?

J'ai visité sa classe de maternelle mixte (à trois niveaux) située dans une zone d'éducation prioritaire et fondée sur les principes Montessori. Les enfants étaient remarquablement autonomes et avancés sur le plan de la lecture et des mathématiques. Certains savaient déjà lire, d'autres faisaient des calculs avec des nombres à 4 chiffres. Au laboratoire, on a proposé à certaines familles de participer à une expérience sur la lecture en cours dans notre centre de neuro-imagerie NeuroSpin, car on cherchait des enfants de 6 ans qui savaient lire et d'autres qui ne savaient pas. Notre objectif était de séparer, dans le développement du cerveau, ce qui dépend de l'âge et ce qui dépend de l'apprentissage de la lecture. Donc



les enfants de Céline Alvarez – moins d'une dizaine – sont entrés dans cette étude. Ce n'étaient pas encore de très bons lecteurs, mais ils avaient énormément d'avance, jusqu'à un an et demi dans les scores de lecture. Là où ils auraient dû lire zéro mot, ils déchiffraient entre dix et vingt mots par minute. On a vu dans leurs cerveaux le circuit de la lecture déjà en place, plus tôt que la normale. J'en ai conclu qu'avec une bonne pédagogie on pouvait apprendre à lire plus tôt.

Certains critiques craignent que les neurosciences puissent mettre de côté les conditions sociales...

Opposer les sciences sociales et les neurosciences cognitives est absurde. Il est utile de comprendre comment l'environnement social affecte le cerveau. D'ailleurs, les recherches montrent que les interventions cognitives ont toujours un impact plus fort chez les enfants en difficulté, quelle que soit leur origine. Il peut y avoir de la dyslexie dans tous les milieux. Mais il y a des enfants qui sont simplement en difficulté par manque de vocabulaire. La maternelle devrait être l'école du langage, c'est ce que dit Jean-Michel Blanquer. Quelle que soit la langue parlée à la maison, à l'école on devrait apprendre entre dix et vingt mots par jour. A cet âge-là, ce n'est rien pour les enfants, ça fait partie de la norme. Ils absorbent les mots... à condition qu'on les leur présente. Lisons-leur des histoires : même si les enfants ne comprennent pas chaque mot, ils s'en font une idée dans le contexte, c'est un début de compréhension. Et le vocabulaire est un prédicteur de l'apprentissage de la lecture. C'est souvent cela qui manque aux familles défavorisées. Il faut renforcer à la fois la phonologie et le vocabulaire.

Il paraît qu'en Finlande on fait gigoter les enfants dans la classe pour qu'ils se concentrent mieux ensuite.

Gigoter, non, mais envoyer les enfants dehors, oui, pour jouer, se socialiser, s'épanouir et aussi voir la lumière du soleil et ne pas devenir myopes. S'oxygéner est une bonne idée... mais pas en même temps que les cours, sinon on va forcément les distraire de leur activité ! Une bonne oxygénation du cerveau à travers les activités sportives, de même qu'une ali-

Quatre livres clés

			
« Les neurones de la lecture » (Odile Jacob, 2007).	« La bosse des maths » (Odile Jacob, réédition 2010).	« Apprendre à lire » (Odile Jacob, 2011).	« Le code de la conscience » (Odile Jacob, 2014).

mentation équilibrée avec des vitamines et du glucose, ou encore le sommeil, sont essentiels. Le cerveau est un système biologique et l'apprentissage a un coût métabolique important.

Pensez-vous que les périodes d'ennui soient utiles ?

Le cours magistral, où l'enfant est assis et passif, n'est pas ce qui marche le mieux. Il faut un engagement actif de l'enfant. Cela signifie que son cerveau doit projeter des hypothèses au lieu de s'endormir et de s'ennuyer. On lui propose ensuite un feed-back pour le corriger. C'est pour cela, entre autres, que je trouve la pédagogie Montessori intéressante : les objets pédagogiques eux-mêmes contiennent leur propre récompense.

Et pour les cerveaux moins jeunes ?

Prenons des classes plus avancées, dans le secondaire ou à l'université. Vous êtes étudiant en médecine et vous avez un an pour vous farcir la tête d'une quantité incroyable de faits : comment faire ? Il faut alterner les moments de cours, de révision et de test. En vous jugeant, vous êtes actif, vous rafraîchissez vos connaissances, et il y a cet aspect métacognitif qui fait que vous découvrez ce que vous ne savez pas. Après, vous savez quoi réviser et avez une meilleure connaissance objective de vos capacités. Les étudiants surestiment souvent leurs compétences, car, juste après la lecture d'un cours, l'information séjourne dans la mémoire de travail, celle qui nous sert à retenir un numéro de téléphone ou un code d'immeuble. Mais si vous voulez vous souvenir d'une information pour longtemps, il faut espacer les périodes de révision. Si vous voulez retrouver un souvenir dans un an, il faut le réviser tous les trois mois.

Répéter le même exercice, faire une dictée par jour, cela permet-il de mieux progresser ?

C'est très bénéfique. De nombreuses recherches montrent les bienfaits d'un apprentissage distribué, étalé, par rapport à un apprentissage groupé. Il est également essentiel de parvenir à une automatisation des apprentissages les plus fondamentaux. Presque tous, au départ, sont difficiles. Si on regarde dans le cerveau au début de l'apprentissage, on voit les régions du cortex préfrontal et pariétal, liées à l'attention et à l'effort, énormément mobilisées. C'est pour cette raison que l'effort mental nous fatigue : ■■■

CONSEIL N° 6

Apprendre par cœur

Francis Eustache, neuropsychologue : « C'est un mode d'utilisation de la mémoire très important pour la qualité des apprentissages et pour le lien social – par la mémorisation de poèmes et de chansons populaires du patrimoine –, et il est indispensable pour la structuration cérébrale des fonctions de la mémoire. »



CONSEIL N° 7

Bien nourrir le cerveau

« Ajouter quotidiennement une portion de légumes verts dans les repas pourrait être une façon simple d'aider à préserver une bonne santé cérébrale en vieillissant », estime **Martha Clare Morris**, épidémiologiste et experte de la nutrition au centre médical universitaire Rush à Chicago (Illinois).





■■■ son coût métabolique est élevé. Par contre, une fois l'activité devenue routinière, automatique, le cortex préfrontal cesse d'être indispensable, et l'activation se concentre dans des circuits spécialisés qui sont souvent à l'arrière de la tête, dans les régions temporales ou pariétales. Automatiser, c'est libérer les ressources mentales pour de nouveaux apprentissages. On ne peut pas faire attention à quelque chose de nouveau si on n'a pas «routinisé» la lecture ou la compréhension des nombres. Le cortex frontal est un système à capacité limitée : s'il fait la tâche A, il ne fait pas la tâche B.

Avez-vous hésité à accepter la proposition de Jean-Michel Blanquer de diriger son Conseil scientifique chargé de s'intéresser au fonctionnement de l'apprentissage chez les élèves ?

Pas une seconde. D'abord, j'étais choqué par les émeutes en banlieue, les attentats bien sûr, mais aussi les résultats des enquêtes comme Pisa. Beaucoup de chercheurs comme moi ont eu le sursaut de se dire : que se passe-t-il en France ? Et que puis-je faire ? Je crois vraiment que de nombreuses découvertes scientifiques, à commencer par l'idée même d'expérimentation scientifique, sont utiles pour les enseignants. Enfin, sur le plan purement intellectuel, c'est un problème magnifique d'essayer de comprendre comment le cerveau apprend. En ce moment l'intelligence artificielle fait des progrès considérables, mais les ordinateurs n'arrivent pas à la cheville d'un nouveau-né, qui reste le modèle absolu en matière d'apprentissage.

Le passage de la recherche à la classe semble poser problème.

Oui, on ne sait pas très bien ce qui bloque. La formation des enseignants est un problème central : ils sont très demandeurs, mais, contrairement à d'autres pays, ils ne reçoivent pas de formation spécifique sur les apports de la science à la pédagogie. Trois heures d'introduction à la lecture, en tout et pour tout, avant d'aller l'enseigner au CP ! Il faut absolument que les écoles supérieures de professorat et d'éducation et la formation continue puissent les aider dans ce domaine.

Finalement, quels sont les plus grands défis à relever ?

La science est l'école du doute. On est loin de tout savoir. Le directeur de recherche au CNRS et profes-

seur à l'École d'économie de Paris Marc Gurgand a posé le problème : il ne suffit pas d'avoir une connaissance de laboratoire et d'envoyer des scientifiques dans les classes. Au sein du Conseil scientifique, nous souhaitons que l'interaction entre chercheurs et enseignants fonctionne dans les deux sens. La culture de l'expérimentation est une chose magnifique, mais les chercheurs et les enseignants doivent la pratiquer ensemble pour découvrir des stratégies efficaces qui améliorent l'apprentissage et l'épanouissement des élèves. Ce n'est pas gagné, mais c'est enthousiasmant ■