

Résumé

L'éducation est une épée à double tranchant.
Elle peut devenir dangereuse si elle n'est pas
maniée correctement.

Wu Ting-Fang

Après vingt ans d'un travail de pointe en neurosciences, la communauté éducative prend conscience du fait que « comprendre le cerveau » peut indiquer de nouvelles voies de recherche et améliorer politiques et pratiques éducatives. Ce rapport constitue un panorama synthétique de l'apprentissage informé par le fonctionnement cérébral, et soumet des thèmes cruciaux à l'attention de la communauté éducative. Il ne propose pas de solutions simplistes, ni ne prétend que la neuroscience ait réponse à tout. En revanche, il constitue un état des lieux objectif des connaissances actuelles au carrefour des neurosciences cognitives et de l'apprentissage; il indique également des pistes à explorer, et liste des implications politiques pour la prochaine décennie.

La première partie, « Le cerveau apprenant », constitue le rapport proprement dit. Il est issu de sept ans d'analyses et de travaux du projet « Sciences de l'apprentissage et recherche sur le cerveau » du CERI de l'OCDE. La seconde partie, « Articles en coopération », contient trois réflexions portant sur le cerveau apprenant, durant la petite enfance, à l'adolescence et à l'âge adulte respectivement. Chacun est l'œuvre de trois experts, qui ont mis en commun expérience et connaissances pour réunir les perspectives de la neuroscience et de l'éducation. L'annexe A est tirée du site Internet interactif, ouvert à la société civile et comprenant un forum destiné aux enseignants. L'annexe B présente au lecteur les dernières avancées en matière de technologies d'imagerie cérébrale, qui sont au cœur des découvertes étudiées dans ce rapport.

Le premier chapitre est un abécédaire de mots clés, qui présente brièvement des concepts complexes et permet au lecteur de se référer aux chapitres correspondants pour plus de détails. Le début du chapitre suivant présente ce qu'il faut savoir de l'architecture et du fonctionnement du cerveau.

Comment le cerveau apprend au long de la vie

Les neuroscientifiques ont clairement montré que le cerveau dispose d'une grande capacité d'adaptation aux demandes de son environnement : la plasticité. Des connexions neuronales sont créées ou renforcées, d'autres sont affaiblies ou éliminées, selon les besoins. L'ampleur de la modification dépend du *type* d'apprentissage effectué : l'apprentissage à long terme entraîne des modifications plus profondes. Elle dépend aussi du *moment* où l'apprentissage a lieu : chez les bébés, la création de nouvelles synapses se

fait à un rythme extraordinaire. Mais l'un des messages les plus fondamentaux reste celui-ci : la plasticité est une caractéristique fondamentale du cerveau tout au long de la vie.

Malgré cette plasticité permanente, il existe des périodes idéales ou « sensibles » durant lesquelles un apprentissage donné présentera une efficacité maximale. Pour les stimuli sensoriels (tels les sons du langage) et pour certaines expériences émotionnelles et cognitives (telle l'exposition à une langue), les périodes sensibles sont assez brèves et se situent à un âge assez jeune. D'autres compétences (comme l'acquisition de vocabulaire) ne connaissent pas de période sensible nette et peuvent être apprises de façon optimale tout au long de la vie.

Les images de cerveaux d'adolescents montrent qu'ils sont loin d'être arrivés à maturité, et qu'ils subissent d'importantes modifications structurelles bien après la puberté. L'adolescence est une période fondamentale pour le développement émotionnel, en raison de la grande quantité d'hormones présentes dans le cerveau; l'immaturité du cortex préfrontal des adolescents joue sans doute un rôle crucial dans l'instabilité de leur comportement. Nous traduisons cette combinaison d'immaturité émotionnelle et de fort potentiel cognitif par l'expression : « la puissance est là, mais pas le contrôle ».

Chez les adultes plus âgés, l'aisance ou l'expérience dans une tâche donnée peut réduire le niveau d'activité cérébrale : on peut considérer cela comme une preuve d'un traitement plus efficace. Mais le cerveau décline quand on l'utilise moins, ainsi que quand on vieillit. Des études ont montré qu'apprendre peut limiter le déclin cérébral : plus les personnes d'âge mûr ont l'occasion d'apprendre (*via* des cours pour adultes, leur métier ou des activités sociales), plus elles ont de chances de retarder l'apparition de maladies neurodégénératives, ou d'en limiter le développement.

L'importance de l'environnement

La neuroscience montre que la façon dont on nourrit et traite le cerveau joue un rôle crucial dans les processus d'apprentissage, et commence à déterminer quels sont les environnements les plus favorables à l'apprentissage. La plupart des façons d'améliorer le fonctionnement cérébral dépendent de facteurs simples et quotidiens – qualité de l'environnement social et des rapports humains, alimentation, exercice physique et sommeil – qui semblent tellement évidents qu'on a tendance à négliger leur importance. En prêtant attention à l'état du cerveau et du corps, il est possible de mettre à profit la plasticité cérébrale et de faciliter l'apprentissage. Il faut adopter une approche globale, qui tienne compte des liens étroits entre bien-être physique et intellectuel et ne néglige pas l'interaction entre aspects émotionnels et cognitifs.

Au centre du cerveau humain se trouve un ensemble de structures parfois appelé « cerveau émotionnel » : le système limbique. On sait aujourd'hui que nos émotions « sculptent » le tissu neural. En cas de stress excessif ou de peur intense, les processus neuraux de régulation émotionnelle sont perturbés, ce qui diminue les capacités de jugement social et les performances cognitives. Le stress rend performant et améliore la cognition et l'apprentissage, mais au-delà d'un certain niveau, on obtient l'effet inverse. Quant aux émotions positives, il est clair que l'un des plus grands facteurs de motivation est ce sentiment d'illumination qui se produit lorsqu'on comprend un nouveau concept; le cerveau réagit très bien à cette sensation. L'école devrait faire en sorte que les enfants découvrent très jeunes le plaisir de comprendre, se rendant ainsi compte qu'apprendre est une expérience très agréable.

Pour apprendre efficacement, il est très important de savoir gérer ses émotions; l'autorégulation est l'une des compétences émotionnelles et comportementales les plus importantes parmi celles qui sont nécessaires à l'enfant comme à l'adulte dans leurs environnements sociaux. Les émotions guident ou perturbent les processus psychologiques tels que la concentration ou la résolution de problèmes, et influencent les relations humaines. La neuroscience (appuyée sur la psychologie cognitive et l'étude du développement de l'enfant) commence à identifier d'importantes régions cérébrales dont l'activité et le développement sont en relation avec le self-control.

Langage, littératie et cerveau

Le cerveau est biologiquement préparé à acquérir le langage dès le début de la vie, mais ce processus doit être catalysé par l'expérience. Il existe une relation inverse entre l'âge et l'efficacité de l'apprentissage pour de nombreux aspects des langues : en général, plus jeune est l'apprenant, plus efficace est l'apprentissage. La neuroscience connaît mieux à présent les différences dans la façon dont enfants et adultes gèrent le langage au niveau cérébral. Cela pourrait avoir d'importantes répercussions sur les politiques éducatives concernant l'enseignement des langues étrangères, qui ne commence souvent qu'à l'adolescence. Adolescents et adultes sont bien sûr capables d'apprendre une nouvelle langue, mais cela leur est plus difficile.

L'importance simultanée, dans la façon dont le cerveau gère le langage, du traitement phonologique et du traitement sémantique « direct » peut alimenter le débat classique autour des méthodes de lecture. Comprendre le rôle et la place de ces deux processus permet d'avancer que la meilleure façon d'enseigner la lecture combine l'instruction dite « syllabique » et la méthode dite « globale », l'importance relative de chacune de ces approches devant être fonction des caractéristiques morphologiques de la langue concernée.

Une grande partie des circuits cérébraux permettant la lecture est commune à toutes les langues, mais il existe des différences lorsque les spécificités de chaque langue nécessitent des fonctions particulières (par exemple en cas de différences dans les types d'encodage ou les stratégies de reconnaissance des mots). Pour se limiter provisoirement aux langues alphabétiques, ce rapport s'intéresse surtout aux différents niveaux de « transparence » des orthographes : une langue « non transparente » comme l'anglais ou le français (c'est-à-dire une langue dans laquelle la correspondance entre les sons et les lettres est très variable) s'oppose à une langue « transparente » (à l'orthographe plus « cohérente », par exemple le finnois ou le turc). Des structures cérébrales spécifiques sont activées pour gérer les aspects de la lecture propres à chaque langue.

La dyslexie est très répandue et ignore les frontières culturelles et socio-économiques. Elle est souvent associée à des caractéristiques corticales atypiques à l'arrière de l'hémisphère gauche et entraîne des difficultés à traiter les éléments sonores de la langue. Sur le plan linguistique, les conséquences en sont relativement minimales (confusion des mots à la prononciation similaire), mais les conséquences pour la littératie peuvent être énormes, car relier les phonèmes aux symboles écrits est indispensable à toute lecture dans une langue alphabétique. La neuroscience réalise actuellement d'importantes avancées, tant pour ce qui est du diagnostic que pour ce qui est de la remédiation.

Numératie et cerveau

La numératie, comme la littératie, est créée dans le cerveau *via* une synergie entre biologie et expérience. L'évolution a développé certaines structures cérébrales pour traiter le langage; de la même façon il en existe d'autres permettant une perception quantitative. Et, toujours comme pour le langage, les structures génétiquement prévues ne suffisent pas à gérer les mathématiques; elles travaillent en coordination avec d'autres circuits neuraux, non prévus pour la numératie mais adaptés au traitement de celle-ci par l'expérience. On voit combien l'éducation est importante (à l'école, à la maison ou par le jeu), et donc combien la neuroscience peut aider dans cette mission éducative.

La neuroscience des mathématiques n'en est qu'à ses balbutiements, mais le domaine a déjà beaucoup progressé ces dix dernières années. On sait aujourd'hui qu'effectuer des opérations simples nécessite la collaboration de nombreuses structures situées dans différentes régions du cerveau. La simple représentation d'un nombre implique un circuit complexe qui fait appel à la représentation de magnitude, à la représentation visuelle et à la représentation verbale. Le calcul nécessite lui aussi un réseau complexe, qui varie selon l'opération effectuée : la soustraction dépend du circuit pariétal inférieur, alors que l'addition et la multiplication activent d'autres réseaux neuraux. Actuellement la neuroscience sait peu de choses sur les mathématiques avancées, mais il semble que les circuits activés par des opérations complexes soient au moins partiellement distincts.

Comprendre les voies développementales qui permettent l'accès aux mathématiques d'un point de vue cérébral peut faciliter la mise au point des méthodes didactiques. Des méthodes différentes peuvent déboucher sur la création de voies neurales plus ou moins efficaces : l'apprentissage par répétition crée des circuits neuraux moins efficaces que l'apprentissage par stratégie. La neuroscience montre la supériorité de méthodes qui permettent d'apprendre de façon détaillée, précise et réfléchie sur celles qui cherchent à identifier des résultats exacts ou inexacts. Cela va dans le sens des idées qui sous-tendent l'évaluation formative.

Les fondements neuraux de la dyscalculie – l'équivalent mathématique de la dyslexie – sont encore peu connus, mais l'étude des caractéristiques biologiques associées à des troubles mathématiques précis suggère que les mathématiques ne sont pas une construction purement culturelle : elles sont régies par des structures cérébrales spécifiques qui doivent fonctionner correctement. Les circuits neuraux dont la déficience cause la dyscalculie peuvent probablement être rétablis grâce à des interventions ciblées, en raison de la « plasticité » (ou flexibilité) des réseaux impliqués dans le traitement des mathématiques.

Dissiper les « neuromythes »

Ces dernières années, de plus en plus d'idées fausses se sont mises à circuler à propos du cerveau. L'éducation est concernée par ces « neuromythes », qui prennent souvent la forme de théories sur la façon dont on apprend. À leur base, on trouve souvent un fait scientifiquement exact, ce qui les rend plus difficile à identifier – et à réfuter. Ils sont incomplets, exagérés, voire totalement faux : il faut donc les disqualifier, de peur que le système scolaire ne se fourvoie.

Pour chaque « mythe » ou groupe de mythes, on étudie la façon dont il est apparu dans la conscience populaire, et on explique en quoi il est scientifiquement inexact. Ils sont répartis ainsi :

- « Il n'y a pas de temps à perdre, car pour le cerveau tout se joue avant trois ans ».
- « Il existe des périodes durant lesquelles certains enseignements/apprentissages sont indispensables ».
- « Mais j'ai lu quelque part que nous n'utilisons que 10 % de notre cerveau de toute façon ».
- « Je suis "cerveau gauche", elle est "cerveau droit" ».
- « Il faut bien reconnaître que le cerveau de l'homme est différent de celui de la femme ».
- « Le cerveau d'un jeune enfant ne peut correctement apprendre qu'une langue à la fois ».
- « Améliorez votre mémoire ! »
- « Apprenez en dormant ! »

Éthique et organisation de la neuroscience de l'éducation

Cette nouvelle discipline est riche de promesses ; il ne faut pas pour autant ignorer les questions éthiques qu'elle soulève.

Dans quel but, et pour qui ? Il importe de réfléchir aux usages et aux abus des techniques d'imagerie cérébrale. Comment s'assurer que les données médicales resteront confidentielles et ne seront pas communiquées à des entreprises ou à des institutions scolaires ? Plus la technologie permettra d'identifier des caractéristiques auparavant secrètes et indécélables, plus il faudra être vigilant sur leurs utilisations dans le domaine éducatif.

Utilisation de produits qui agissent sur le cerveau : La limite entre usage médical et usage non médical n'est pas toujours évidente. La question se pose surtout quand des individus sains absorbent des substances qui agissent sur l'état et le fonctionnement de leur cerveau. Les parents doivent-ils avoir le droit d'administrer à leurs enfants des produits pour améliorer leurs performances scolaires, avec les risques associés – de la même manière que des sportifs peuvent se doper ?

Cerveaux et machines : On arrive de mieux en mieux à combiner organes vivants et technologie, ce qui recèle un énorme potentiel pour les handicapés – alors susceptibles, par exemple, de contrôler des machines à distance. Mais ces mêmes technologies pourraient permettre de contrôler le comportement des gens, ce qui est bien sûr source d'inquiétudes.

Une approche « trop scientifique » de l'éducation ? La neuroscience peut apporter un éclairage très utile, mais si par exemple les « bons » enseignants étaient repérés grâce à l'impact qu'ils ont sur le cerveau de leurs élèves, le scénario serait bien différent : on courrait le risque de créer un système éducatif qui reposerait trop sur les mesures scientifiques et serait terriblement conformiste et monocrore.

La neuroscience éducative n'en est qu'à ses débuts. Pour qu'elle se développe dans les meilleures conditions possibles, elle doit être trans-disciplinaire (et utile à la fois aux communautés scientifique et éducative) et internationale. Il est indispensable d'établir une méthodologie et un vocabulaire communs. Il s'agit d'établir une relation réciproque entre pratique éducative et recherche sur l'apprentissage, similaire à la relation entre médecine

et biologie, en créant et en entretenant un échange d'informations bidirectionnel et continu, nécessaire à une pratique éducative reposant sur ce qu'on sait du fonctionnement cérébral.

Le désir de progresser dans ce domaine a été à l'origine d'institutions, de réseaux, d'initiatives variés. Ce rapport contient des encadrés décrivant les exemples les plus marquants à ce jour, comme l'« Institut de recherche en science et technologie pour la société » de l'Agence japonaise de la science et de la technologie (JST-RISTEX); le Centre de transfert pour la neuroscience et l'apprentissage (ZNL), Ulm, Allemagne; le Learning Lab Denmark, Danemark; le Centre pour les neurosciences dans l'éducation, Université de Cambridge, Royaume-Uni; le programme « Esprit, cerveau et éducation » (MBE pour « Mind, Brain, and Education ») de la Harvard Graduate School of Education, Université de Harvard, États-Unis.

Messages clés et perspectives

La neuroscience de l'éducation débouche sur des connaissances précieuses et neuves, qui permettent d'informer politiques et pratiques éducatives : sur bien des sujets, la neuroscience confirme des éléments déjà connus et observables dans la vie quotidienne, mais elle permet de passer de la simple corrélation à la causalité (comprendre les mécanismes à l'œuvre dans des processus familiers), ce qui facilite l'élaboration d'approches efficaces. Sur d'autres sujets, la neuroscience génère de nouvelles connaissances et ouvre de nouvelles pistes.

Les recherches sur le cerveau apportent des éléments neuroscientifiques importants qui permettent de favoriser l'apprentissage tout au long de la vie : loin de soutenir l'idée qu'il faut surtout éduquer les jeunes – même s'il est vrai que ceux-ci disposent d'un fabuleux potentiel d'apprentissage –, la neuroscience a montré que l'apprentissage se fait tout au long de la vie, et que plus on continue d'apprendre, mieux on apprend.

La neuroscience confirme qu'il est toujours bénéfique d'apprendre, surtout chez les personnes âgées : on a de plus en plus conscience que l'éducation apporte de nombreux « bénéfices » (au-delà des éléments économiques si importants dans l'élaboration des politiques éducatives). La neuroscience est en train de montrer que l'apprentissage est très utile pour remédier à la démence sénile, un problème capital dans nos sociétés.

Le besoin d'approches globales, prenant en compte l'interdépendance du corps et de l'esprit, de l'émotionnel et du cognitif : prendre conscience de l'importance du cerveau ne veut pas dire qu'on ne s'intéresse plus qu'aux aspects cognitifs et aux performances. Au contraire, il ressort à quel point il importe d'adopter une approche globale, qui tienne compte des liens étroits entre bien-être physique et intellectuel, aspects émotionnels et cognitifs, esprit analytique et capacités créatrices.

Comprendre l'adolescence – la puissance est là, mais pas le contrôle : il est très important de comprendre l'adolescence, car c'est un âge clé en matière éducative, et ce qui se passe à ce moment-là chez un individu a généralement des conséquences pour toute sa vie ultérieure. Les adolescents ont des capacités cognitives très développées (« la puissance est là »), mais n'ont pas encore atteint la maturité émotionnelle (« mais pas le contrôle »). On ne doit certes pas en conclure qu'il faille nécessairement attendre l'âge adulte pour prendre des décisions importantes pour l'avenir. En revanche, il serait plus que souhaitable que les choix effectués à cette période de la vie ne soient pas définitifs, et puissent être modulés plus tard.

Tenir compte de la neuroscience dans la conception des programmes et l'organisation de la scolarité : à ce sujet, le message exprimé dans ce rapport est très nuancé. Il n'existe pas de « périodes critiques » durant lesquelles un apprentissage donné doit se faire, mais des « périodes sensibles », durant lesquelles un apprentissage sera plus efficace (l'apprentissage langagier est ici étudié de près). Ce rapport souligne l'importance de bases solides pour l'apprentissage tout au long de la vie, donc insiste sur l'éducation des jeunes enfants et la maîtrise des compétences de base.

Faire en sorte que la neuroscience contribue à résoudre les principaux problèmes auxquels l'apprentissage est confronté, y compris les « 3 D » : dyslexie, dyscalculie, démence. On a longtemps ignoré les causes de la dyslexie, par exemple ; mais aujourd'hui on sait qu'elle est principalement due à une atypie du cortex auditif (voire peut-être, dans certains cas, du cortex visuel), et on arrive à l'identifier chez des enfants très jeunes. La remédiation est d'autant plus efficace que l'enfant est jeune, mais elle reste souvent possible chez les plus grands.

Des évaluations plus personnalisées qui améliorent l'apprentissage, sans sélectionner ni exclure : la neuroimagerie peut grandement faciliter l'identification des caractéristiques d'apprentissage d'un individu, et permettrait de personnaliser les méthodes d'évaluation. Cela dit, elle pourrait aussi déboucher sur des moyens de sélection et d'exclusion plus puissants que ceux que nous connaissons aujourd'hui.

Ces thèmes clés sont des priorités pour la recherche en neuroscience ; il ne s'agit pas d'un programme exhaustif, mais des conclusions tirées du présent rapport. Ce programme de recherche – qui a pour but de mieux comprendre les moments optimaux pour chaque type d'apprentissage, le développement et la régulation des émotions, l'influence des outils et de l'environnement, et le traitement du langage et des mathématiques – conduirait à la naissance d'une nouvelle science de l'apprentissage, science nécessairement trans-disciplinaire.

C'est sur cette aspiration que ce rapport s'achève, et c'est elle qui lui donne son titre. Nous espérons qu'il sera possible de mettre à profit ces nouvelles connaissances pour créer un système éducatif adapté à l'individu et à la société, c'est-à-dire à la fois personnalisé et universel.