

Conférence internationale OCDE/CERI
« Apprendre au XXI^e siècle :
recherche, innovation et politiques »

Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage

*Nouveaux éclairages sur l'apprentissage apportés
par les sciences cognitives et la recherche sur le cerveau*



CERI

Centre for Educational Research and Innovation

Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement



ORGANISATION FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND DEVELOPMENT



ORGANISATION DE COOPÉRATION ET
DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

COMPRENDRE LE CERVEAU : NAISSANCE D'UNE SCIENCE DE L'APPRENTISSAGE

Ce chapitre, extrait de la publication portant le même titre, rassemble les messages clés et les implications politiques potentielles, montrant en quoi la recherche neuroscientifique contribue d'ores et déjà aux politiques et aux pratiques éducatives en termes d'apprentissages. Les thèmes abordés comprennent : l'apprentissage tout au long de la vie; le vieillissement; les approches holistiques en matière éducative; la nature de l'adolescence; les âges propices à certaines formes d'apprentissage, en lien avec les programmes; le traitement des « 3 D » (dyslexie, dyscalculie, et démence); et les problèmes relatifs à l'évaluation et à la sélection, dans lesquels la neuroscience pourrait être de plus en plus impliquée. On indique également ici dans quels domaines il apparaît, à la suite des chapitres précédents, que la recherche en neuroscience de l'éducation peut ou doit faire porter ses efforts à venir.

Résumé

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'immaturation du cortex préfrontal des adolescents joue sans doute un rôle crucial dans l'instabilité de leur comportement. Nous traduisons cette combinaison d'immaturation 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 indécélabes, 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 monocole.

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 (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.

Conclusions et Perspectives d’avenir

Après sept ans de travail sur une activité aussi novatrice que les sciences de l’apprentissage, il serait tentant d’exagérer les résultats obtenus, et facile de réclamer des recherches plus approfondies avant de formuler des conclusions. Il est vrai, cependant, que de plus amples études sont nécessaires, et des pistes importantes sont suggérées ci-dessous. Il est vrai également que ce chapitre de conclusion cherche à éviter de formuler des recommandations péremptoires. Ce domaine de recherche est encore trop récent et les liens entre la neuroscience et l’enseignement sont trop complexes et incertains pour que cela puisse se justifier. Il est rare que les résultats neuroscientifiques, aussi riches et prometteurs soient-ils, permettent de prouver le bien-fondé de pratiques et de politiques particulières. En effet, une des leçons à tirer de notre travail – leçon déjà claire dans le rapport de 2002 (Comprendre le cerveau : vers une nouvelle science de l’apprentissage) est qu’il faut se méfier des approches simplistes ou réductionnistes, qui, pour plaire aux médias ou sembler rentables, trahissent néanmoins les conclusions scientifiques.

Ce chapitre reprend les grands thèmes et les conclusions de la réflexion qui précède. On peut proposer des idées et des questions à résoudre, qui permettraient de lancer ou de renouveler les débats sur l’évolution de nos systèmes éducatifs. Si nous assistons à la naissance d’une science de l’apprentissage, des idées et des arguments nouveaux apparaîtront rapidement et pourront changer beaucoup de choses. Il n’est cependant pas indispensable d’attendre. L’une des missions du CERI a toujours été d’aider les pays de l’OCDE à réfléchir à l’avenir. Si les conclusions formulées ici sont assez générales, c’est précisément pour créer l’élan nécessaire à l’exploration de l’immense territoire décrit dans les chapitres précédents.

Messages clés et conclusions

Les plus importantes révolutions scientifiques supposent toutes, et c’est leur seul point commun, de détrôner l’arrogance humaine, de la faire descendre, un piédestal après l’autre, de ses convictions antérieures quant à la place centrale que nous occupons dans le cosmos.

Stephen Jay Gould

La neuroscience de l’éducation débouche sur des connaissances précieuses et neuves, qui permettent d’informer politiques et pratiques éducatives.

Cet ouvrage traite une vaste gamme de sujets – de l’apprentissage des bébés à celui des personnes âgées, des connaissances sur un sujet précis à l’étude des émotions et de la motivation, de la remédiation à la compréhension globale des processus d’apprentissage –, ce qui montre la richesse et la variété de ce que la neuroscience peut apporter aux politiques et aux pratiques éducatives. Cette contribution adopte différentes formes.

Sur bien des sujets, la neuroscience utilise des conclusions déjà établies par d’autres moyens : études psychologiques, observations in vivo ou études de résultats. Les exemples repris dans ce volume – rôle de l’alimentation dans l’amélioration des résultats scolaires, importance de la confiance en soi et de la motivation, etc. – ne sont pas nouveaux. Néanmoins, l’apport de la neuroscience est important même dans des sujets déjà bien connus, car :

- Elle permet d'établir la causalité, et pas seulement la corrélation, et permet de quitter le domaine de l'intuition et de l'idéologie pour celui de la preuve scientifique ;
- Elle peut aider à informer des interventions et des solutions efficaces, en explicitant les mécanismes responsables des éléments observés.

Mais sur d'autres sujets, la neuroscience génère de nouvelles connaissances et ouvre de nouvelles pistes. Ainsi, connaître le fonctionnement du cerveau est indispensable pour déterminer les différents types d'activation cérébrale apparaissant chez les spécialistes d'un domaine et non chez les novices (ce qui est un moyen d'étudier la compréhension, le savoir-faire et la maîtrise de compétences), ou pour étudier en quoi l'apprentissage peut être une stratégie efficace pour combattre le déclin dû au vieillissement, ou encore pour comprendre pourquoi des troubles de l'apprentissage apparaissent chez des individus qui dans d'autres domaines éducatifs n'ont aucun problème particulier.

Un troisième rôle de la neuroscience est de dissiper les neuromythes (voir chapitre 6). Les connaissances distordues sont dangereuses pour les pratiques éducatives sérieuses, auxquelles on risque de préférer des formules à la mode ou des grandes théories aussi fumeuses qu'éphémères.

Parmi les autres contributions importantes de la neuroscience dans le domaine éducatif, on trouve :

- Les études qui approfondissent les connaissances de base sur l'apprentissage en tant qu'aspect central de la vie humaine et sociale, en transcendant les différentes institutions éducatives ;
- Les méthodes permettant de révéler des particularités non apparentes, afin de proposer des moyens de remédiation – par exemple pour surmonter des troubles de l'apprentissage de la lecture, ou une dyscalculie. Ces méthodes pourraient aussi permettre de sélectionner les individus, d'améliorer leurs performances ou d'en exclure certains, ce qui soulève de bien épineuses questions éthiques abordées dans le chapitre 7;
- La capacité (avec d'autres disciplines) à éclairer la conception de pratiques éducatives, surtout en ce qui concerne l'équilibre entre, d'un côté, la meilleure façon d'apprendre et le meilleur moment pour apprendre, et, de l'autre, l'organisation traditionnelle des institutions scolaires. On peut se demander si, aujourd'hui, on tient suffisamment compte de ce qui a été établi à ce sujet.

Les recherches sur le cerveau apportent les preuves neuroscientifiques qui permettent de soutenir la notion d'apprentissage tout au long de la vie, et confirment qu'il est toujours bénéfique d'apprendre, surtout pour des populations vieillissantes.

L'une des principales découvertes dans le domaine de l'apprentissage est la remarquable « plasticité » du cerveau – cette capacité à s'adapter, à évoluer en fonction de l'expérience et des besoins, et à élaguer des éléments devenus inutiles –, qui se maintient durant toute la vie, et jusqu'à un âge bien plus avancé que ce qu'on croyait naguère. Les pressions environnementales sont la clé de la plasticité : plus on apprend, plus on peut apprendre. 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 continue d'apprendre.

Le besoin d'éléments de preuves sur lesquels fonder politiques et pratiques se fait plus pressant; il est donc de plus en plus important de bien comprendre les « bénéfices connexes » de l'éducation, au-delà des critères économiques qui dominent si souvent les analyses politiques. Un nombre croissant d'éléments prouvent que la participation à l'apprentissage peut avoir d'importantes conséquences sur la santé ou la

participation citoyenne d'une population (voir à ce sujet les travaux du CERI sur « Mesurer les retombées sociales de l'éducation »). Le présent rapport montre l'ensemble des bénéfices qu'apporte l'apprentissage : les problèmes cruciaux, et coûteux, posés par la démence sénile (d'autant plus sensibles dans des pays touchés par le vieillissement de leur population), peuvent être nettement réduits grâce à des techniques d'apprentissage identifiées par la neuroscience.

L'amélioration des diagnostics, la possibilité de pratiquer une activité physique, des traitements médicamenteux adaptés et surveillés, et de bonnes interventions éducatives peuvent, ensemble, nettement favoriser le bien-être global et prévenir le déclin lié à l'âge chez les seniors.

Il nous faut des approches globales prenant en compte l'interdépendance du corps et de l'esprit, de l'émotionnel et du cognitif

Étant donné l'importance accordée aux performances cognitives – à l'intérieur de chaque pays, et à un niveau international –, le risque est grand d'adopter une conception réductrice du rôle de l'école. 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, cela fait comprendre 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.

On connaît de mieux en mieux les effets de la nutrition, de l'activité physique et du sommeil sur le cerveau, donc leur influence sur l'apprentissage. Chez les seniors, l'activité cognitive (jouer aux échecs ou faire des mots croisés, par exemple), l'activité physique et le maintien de rapports sociaux favorisent l'apprentissage et peuvent retarder la dégénérescence cérébrale (voir le chapitre 2).

Ce rapport montre non seulement l'importance des émotions pour le fonctionnement cérébral, mais aussi l'influence que chaque émotion exerce sur toutes les autres. Pour l'éducation, il importe surtout d'étudier le stress et la peur (il a été établi que ceux-ci réduisent les capacités analytiques), et de faire comprendre que les émotions positives permettent au cerveau de mieux fonctionner.

C'est vrai aussi bien pour des apprenants adultes, mal à l'aise de « retourner sur les bancs de l'école », que pour des jeunes qui arrivent dans le secondaire ou à l'université et ont du mal à s'adapter. Ces sujets touchent aux questions de justice sociale et d'équité, car la peur d'échouer, le manque de confiance en soi et des problèmes comme « l'anxiété mathématique » (voir chapitres 3 et 5) ont plus de chance de toucher des apprenants issus des milieux moins favorisés.

Il nous faut mieux comprendre l'adolescence : la puissance est là, mais pas le contrôle

Ce rapport montre ce qu'est l'adolescence du point de vue du développement cérébral, et surtout de la maturation émotionnelle.

L'apport de la neuroscience sur l'étude de l'adolescence est particulièrement important, car cette période est cruciale sur le plan éducatif. C'est à l'adolescence que l'on fréquente l'enseignement secondaire, période à laquelle on doit prendre des décisions fondamentales dont les conséquences (personnelles, éducatives et professionnelles) seront très lourdes. C'est un âge où les capacités cognitives sont certes bien développées (« la puissance est là »), mais où les individus n'ont pas encore atteint la maturité émotionnelle (« mais pas le contrôle »).

On ne doit certes pas en conclure qu'il faut attendre l'âge adulte pour prendre ces décisions. En revanche, il serait important que les choix effectués ne soient pas définitifs et puissent être modulés plus tard. Il faut mieux déterminer les différentes occasions d'apprentissage ultérieur (formelles et informelles) et mieux identifier les trajectoires de maturation à l'adolescence.

La neuroscience a également développé le concept de « régulation émotionnelle ». Pour apprendre efficacement, il faut savoir gérer ses émotions. La régulation émotionnelle recouvre des éléments complexes tels que les capacités d'attention, de résolution de problèmes et d'établissement de relations sociales. Étant donné que les adolescents contrôlent mal leurs émotions, et qu'il importe de favoriser leur maturation émotionnelle, il pourrait être judicieux de réfléchir à l'introduction de la régulation émotionnelle dans les programmes scolaires.

Il nous faut considérer le facteur temps et la périodicité lorsque l'on traite de programmes

Les travaux de psychologues comme Piaget ont durablement influencé notre conception de l'apprentissage et du développement individuel. La neuroscience de l'éducation permet aujourd'hui de préciser les modèles de Piaget (y compris de mettre en évidence les capacités dont les bébés disposent déjà), tout en aidant à mieux comprendre l'importance du facteur temps grâce à l'étude des périodes « sensibles ».

Le message exprimé dans ce rapport est nuancé : il n'existe pas de « périodes critiques » durant lesquelles un apprentissage donné doit absolument intervenir, et d'ailleurs la notion de « plasticité » tout au long de la vie indique qu'on peut apprendre à tout âge; en revanche, on connaît mieux les caractéristiques des périodes dites « sensibles », et les âges auxquels un individu est particulièrement réceptif à telle ou telle activité d'apprentissage.

Nous nous sommes surtout occupés de l'exemple des apprentissages langagiers, car ce sujet est fondamental dans des sociétés de plus en plus tournées vers l'extérieur. En règle générale, plus tôt on commence à apprendre une langue étrangère, plus efficace sera l'apprentissage. L'activité cérébrale déclenchée par cet apprentissage n'est pas la même chez les bébés, chez les enfants et chez les adultes : globalement, plus on vieillit, plus le nombre d'aires cérébrales impliquées augmente, et moins l'apprentissage est efficace. Cela dit, les adultes sont malgré tout parfaitement capables d'apprendre une langue étrangère.

Ce rapport a également dissipé le mythe aux termes duquel l'apprentissage de langues étrangères serait nocif à la maîtrise de la langue maternelle. En effet, un enfant qui apprend une autre langue améliore aussi ses compétences dans sa langue maternelle.

Ces questions sont importantes pour l'éducation. Les découvertes qu'elles ont suscitées permettent d'éclairer la réflexion sur les meilleurs moments pour entreprendre certains apprentissages, en fondant celle-ci sur la science et non sur la tradition. Elles montrent d'autre part qu'il est très important de disposer de bases solides pour l'apprentissage tout au long de la vie : l'éducation des jeunes enfants et la maîtrise des compétences de base ne sont donc pas seulement des fins en soi, mais représentent un investissement pour l'avenir.

Parallèlement, ce rapport montre qu'il est dangereux de surestimer l'influence des trois premières années de vie sur l'apprentissage ultérieur (voir chapitre 6).

La neuroscience peut constituer un apport crucial aux grands défis auxquels l'éducation est confrontée

C'est en ce qui concerne les « 3 D » – dyslexie, dyscalculie, démence – que les apports de la neuroscience pour le diagnostic et l'élaboration de techniques de remédiation sont les plus visibles.

Dyslexie : jusqu'à une époque récente, on ne connaissait pas l'origine de la dyslexie. On sait aujourd'hui qu'elle est principalement due à une atypie du cortex auditif (ou, parfois peut-être, du cortex visuel). On peut à présent identifier les caractéristiques de la dyslexie chez de très jeunes enfants. La

remédiation est souvent d'autant plus efficace que l'enfant est jeune, mais elle reste possible chez les individus plus âgés.

Dyscalculie : on sait à présent que ses causes sont comparables à celles de la dyslexie, mais les diagnostics précoces sont moins développés, et les interventions se font donc plus tard.

Démence : nous avons déjà cité les découvertes fondamentales concernant les liens entre démence et apprentissage. Ce dernier est clairement identifié comme un moyen efficace de « prévention » qui permet entre autres de retarder l'apparition des symptômes de la maladie d'Alzheimer, et d'en diminuer la gravité.

Plus généralement, en ce qui concerne la littératie (voir chapitre 4), l'importance simultanée du traitement phonologique et du traitement sémantique direct lors de la lecture en anglais permet de supposer qu'une méthode mixte est la plus adaptée pour apprendre à lire dans des langues alphabétiques non transparentes. Pour les langues transparentes, la neuroscience semble confirmer que les « méthodes syllabiques » sont les plus adaptées. Il sera intéressant de comparer les processus d'acquisition de la lecture entre langues alphabétiques et non-alphabétiques.

Quant à la numératie (voir chapitre 5), les hommes ayant une tendance innée à comprendre le monde en termes mathématiques, l'enseignement devrait utiliser le sens informel des nombres pour construire des compétences plus complexes. Nombres et espace sont étroitement liés au niveau cérébral; les méthodes pédagogiques qui unissent nombres et espace sont donc très efficaces.

Une évaluation plus personnalisée pour améliorer l'apprentissage, non pour sélectionner et exclure

Dans le domaine éducatif, le potentiel des techniques d'imagerie cérébrale est immense, mais pose aussi des questions éthiques très importantes. Les connaissances sur le fonctionnement du cerveau, et sur les manifestations physiologiques des compétences et des savoir-faire, peuvent être utilisées au niveau des institutions pour réfléchir aux pratiques éducatives traditionnelles et chercher à les optimiser. La plupart des méthodes d'évaluation, qui permettent de réussir par le bachotage, ne sont pas adaptées au fonctionnement réel du cerveau, et sont inefficaces à moyen et long terme.

Mais, d'une manière moins générale, les découvertes neuroscientifiques pourraient aussi être appliquées au niveau de l'individu : pour déterminer par exemple si un élève a réellement compris un sujet, ou pour évaluer son niveau de motivation ou d'anxiété. Bien utilisée, cette possibilité offrirait un outil de diagnostic très précieux lors d'évaluations formatives (OCDE, 2005) et pour l'apprentissage personnalisé.

À ce sujet, on doit noter que beaucoup de pays cherchent à « personnaliser » programmes et pratiques éducatives (OCDE, 2006). La neuroimagerie peut grandement faciliter cette personnalisation. Dans le même temps, des études montrent que les caractéristiques individuelles sont loin d'être « fixées »: l'interaction entre génétique, expérience et plasticité est permanente, et la notion de « capacités » chez un individu doit être envisagée avec précaution.

Cela dit, les applications individuelles de la neuroimagerie peuvent déboucher sur des techniques de sélection et d'exclusion plus puissantes que celles que nous connaissons aujourd'hui. Un « CV biologique » serait très dangereux – et très tentant pour les universités ou les employeurs. Il s'agirait d'un vrai détournement d'un outil utile et précieux, dont l'usage à des fins non souhaitables permettrait de refuser des élèves ou des candidats dont le « potentiel » serait jugé insuffisant (alors même que la plasticité cérébrale montre combien les capacités d'apprentissage peuvent se développer). Une conception trop étroitement scientifique de l'éducation, telle que décrite au chapitre 7, utilisée pour sélectionner étudiants et enseignants, serait pour beaucoup de gens une véritable catastrophe.

Les grands thèmes de recherche à venir

Si nous accordons quelque valeur à la recherche de la connaissance, nous devons être libres d'aller jusqu'au bout, où que cette quête nous mène.

Adlai E. Stevenson Jr.

Nous ne prétendons pas que les domaines cités ci-dessous soient exhaustifs; mais l'analyse de notre rapport a permis de les définir comme questions prioritaires. Certains sont encore très peu étudiés et ont grand besoin d'être approfondis.

Il s'agit également d'établir un programme de recherche portant sur l'éducation, et non plus seulement sur des aspects médicaux (qui jusqu'ici ont naturellement été les plus abondamment traités). La communauté neuroscientifique doit comprendre combien elle peut éclairer l'apprentissage et l'éducation, domaines qui nous concernent tous, du plus au moins performant, du bébé au très vieux monsieur.

- Mieux connaître les périodes les plus appropriées à chaque forme d'apprentissage, surtout pour des adolescents ou des adultes dont les connaissances de base ne sont pas assez solides (voir le tableau du chapitre 2). Cela inclut les « périodes sensibles » durant lesquelles la capacité d'apprentissage est à son apogée, dans des domaines précis comme l'apprentissage langagier.
- Comprendre l'interaction entre augmentation des connaissances et diminution des fonctions exécutives et de la mémoire. Mieux étudier le processus de vieillissement, non seulement chez les personnes âgées mais aussi chez les adultes, à la fois quant à la capacité d'apprentissage et quant au rôle de l'apprentissage pour retarder les effets indésirables du vieillissement.
- Mieux connaître les émotions présentes dans le cerveau. Des études psychologiques et par neuroimagerie permettraient d'étudier les mécanismes neurobiologiques liés à l'impact du stress sur l'apprentissage et la mémoire, et les facteurs permettant de le réduire ou de le supprimer. Il serait bon d'étudier précisément la façon dont le cerveau émotionnel des adolescents interagit avec différents types d'environnement et de salles de classe.
- Mieux comprendre en quoi les conditions de laboratoire influencent les résultats obtenus, ainsi que l'applicabilité et la transférabilité des résultats dans des conditions autres que celles de départ. Il faut analyser de manière fine le rôle et l'importance d'un matériel pédagogique et d'un environnement adaptés, de façon à mettre fin aux interrogations binaires ou simplistes (« L'environnement a-t-il ou non une influence sur l'apprentissage? »)
- Continuer à étudier en quoi un régime alimentaire adapté favorise un bon développement cérébral; poursuivre les études portant directement sur le domaine éducatif. De même pour l'activité physique, le sommeil, la musique et l'expression artistique et créative.
- Beaucoup plus étudier quels types d'apprentissage nécessitent une interaction sociale, et s'intéresser davantage à l'importance des différences culturelles. Cette question peut être subdivisée ainsi : différences démographiques (surtout en fonction du sexe des apprenants) et différences socioculturelles. C'est potentiellement très dangereux, et la neuroscience ne doit surtout pas servir à justifier des stéréotypes racistes ou sexistes.
- Éclairer des itinéraires multi-dimensionnels débouchant sur la même compétence par des chemins différents (pour la lecture par exemple). Il faut pour cela étudier les situations

d'apprentissage réelles, c'est-à-dire s'intéresser à la lecture de phrases complètes et non de mots isolés, voire de lettres.

- Poursuivre la cartographie des mathématiques au niveau cérébral, qui repose, et cela semble paradoxal, d'une part sur des capacités et des fonctions cérébrales distinctes et d'autre part sur l'interconnectivité. Il serait très utile de déterminer des stratégies permettant de surmonter « l'anxiété mathématique ».
- Comparer les différentes activités cérébrales – réseaux neuraux, fonctions cognitives et mémoire – chez des « spécialistes » d'un domaine, chez des apprenants de niveau moyen, et enfin chez des individus confrontés à de réels problèmes. Cela permettrait de mieux définir ce qu'est un apprentissage réussi, et aussi de développer des méthodes d'enseignement efficaces et ciblées.

Naissance d'une science de l'apprentissage

De récentes avancées en neuroscience ont fourni des éléments importants pour l'éducation. En parallèle, la recherche en sciences de l'éducation a accumulé un grand nombre de données relatives à l'apprentissage. Il est évident que la neuroscience pourrait apporter une dimension nouvelle et importante à l'étude de l'apprentissage, et que ce que les éducateurs en savent pourrait aider la neuroscience à traiter des questions les plus pertinentes. Mais les deux domaines sont déjà bien en place, leurs cultures sont solidement ancrées, leurs méthodes et leur langage sont spécifiques, et les spécialistes d'un domaine ont beaucoup de mal à utiliser les connaissances de l'autre. La création d'un champ transdisciplinaire permettrait de réunir les différentes communautés et leurs perspectives propres. Il faut établir une relation réciproque, semblable au lien entre biologie et médecine, afin d'alimenter l'échange continu et bidirectionnel d'informations, nécessaire à une pratique éducative informée par ce qu'on sait du fonctionnement cérébral et fondée sur les éléments scientifiques dont on dispose. Chercheurs et praticiens peuvent collaborer pour déterminer des thèmes de recherche pertinents, et réfléchir ensemble sur les implications des résultats obtenus. Lorsque des méthodes éducatives issues de la recherche sur le cerveau seront mises en place, les praticiens devront toujours en étudier l'efficacité et alimenter le travail des chercheurs en leur rapportant les résultats obtenus en classe. La création de lieux où pratique éducative et recherche sont intimement liées semble une excellente façon de stabiliser le travail transdisciplinaire.

La neuroscience de l'éducation peut participer à la création d'une véritable science de l'apprentissage. Elle pourrait même servir de modèle à la formation d'autres champs transdisciplinaires. Nous espérons que cette publication contribuera à faire naître une véritable science de l'apprentissage, qui sera un modèle de fusion transdisciplinaire.

RÉFÉRENCES

OCDE (2002), Comprendre le cerveau : vers une nouvelle science de l'apprentissage, OCDE, Paris.

OCDE (2005), L'évaluation formative : pour un meilleur apprentissage dans les classes secondaires, OCDE, Paris.

OCDE (2006), Personnaliser l'enseignement, OCDE, Paris.

OCDE (2007), Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage, OCDE, Paris.