

Transmission culturelle et plasticité cérébrale : quels apports pour l'école ?

Marc Crommelinck

Retranscription

Je voudrais tout d'abord remercier très chaleureusement Étienne Michel (directeur général du SeGEC) et Guy Selderslagh (qui dirige le Service d'étude) de m'avoir invité à participer à cette journée. C'est un honneur que vous me faites de m'associer à vos réflexions sur des thématiques aussi fondamentales pour l'école d'aujourd'hui que sont la transmission et l'apprentissage. Merci aussi à vous tous, si nombreux dans l'auditoire, qui consacrez une journée de la fin de vos vacances à cette université d'été. J'espère que je serai en mesure de vous intéresser en abordant ces questions d'une manière peut-être quelque peu inhabituelle pour vous, par le point de vue des neurosciences. Merci enfin à toute l'équipe du SeGEC, mobilisée probablement depuis plusieurs semaines pour préparer cette journée.

Mon exposé sera composé de trois parties principales.

Une première partie en guise d'introduction tout d'abord, dans laquelle je souhaite brosser un tableau, quelque peu pointilliste, des conditions générales de la transmission. L'objectif de cette introduction n'est pas encyclopédique et ne vise bien sûr aucune exhaustivité. Il s'agit plutôt d'évoquer à grands traits un arrière-fond mettant en scène les principaux éléments qui interviennent dans la transmission et cela afin de prendre conscience de l'extrême complexité des processus en jeu ; « complexité » sera peut-être le maître mot de ma contribution. Ceci me permettra également de situer, sur cet horizon plus large, le domaine que je développerai de manière plus technique dans la suite.

Dans la seconde partie, mon but est de vous sensibiliser à une question tout à fait passionnante, à savoir comment la culture, ou tout au moins certains domaines culturels doivent, pour se transmettre, s'incarner dans la nature humaine. Comme vous le verrez, c'est tout le débat nature-culture qui se trouve être réellement revisité aujourd'hui par les neurosciences : ainsi, je tenterai de montrer comment certaines des innovations culturelles les plus marquantes pour l'histoire de l'humanité, comme la lecture ou le calcul, se transmettent en contraignant – ou plus précisément en recyclant certaines structures cérébrales et leurs modes de fonctionnement, mais aussi comment, réciproquement, la nature contraint en quelque sorte la culture. Nous verrons que cette approche peut avoir des incidences concrètes dans l'enseignement.

Enfin, la troisième partie en guise de conclusion, soulèvera quelques questions épistémologiques, voire éthiques liées aux développements des neurosciences contemporaines et plus particulièrement à leur application au domaine de l'éducation.

Commençons par la première partie donc : les conditions de la transmission.

Pour qu'il y ait transmission, il faut qu'un certain nombre de conditions soient remplies, ou tout au moins qu'un certain nombre d'éléments soient présents. Comme hypothèse de travail, je les classerai en quatre catégories principales, sachant qu'il s'agit de « familles » ou de « constellations » complexes de conditions plutôt que de simples facteurs. J'insiste encore ici sur le fait que j'aborderai ces catégories de manière tout à fait superficielle, chacune d'elles pouvant à la limite faire l'objet d'une conférence à part entière...

La première catégorie de conditions concerne ce qui est transmis, le contenu, le matériau, cet objet tiers entre une source de transmission et un destinataire.

Ce qui est transmis est très vaste, vous le savez. Il y a bien sûr, de manière tout à fait explicite, vos programmes d'enseignement : non seulement les connaissances, les savoirs accumulés tout au long de l'histoire et qui constituent vos principales disciplines, mais aussi les méthodes, les procédures qui sont mises en œuvre dans chacun de ces domaines; et puis il y a ces compétences de base, transversales à tous les domaines et tellement importantes que sont la maîtrise de la langue (ou des langues), l'écriture et la lecture, la logique du raisonnement, et j'aurais tellement envie de rajouter les diverses voies d'entrée dans le monde de l'art et de la création...

Nous sommes fiers, nous enseignants, passeurs de relais, de transmettre en héritage pour aujourd'hui cet inestimable patrimoine, ce monde de la connaissance et de la création dont nous avons la responsabilité, tissé lentement et patiemment par les multiples et très diverses cultures qui nous ont précédés. Transmission de savoirs constitués certes, mais avec l'esprit critique qui convient (c'est donc un héritage sous bénéfique d'inventaire !). Car ces connaissances sont aussi trouées de blancs, de tout ce que l'on ne connaît pas encore ; elles sont plus fondamentalement encore situées sur ce fonds d'impossible à connaître qu'est le réel en soi ; ou encore ce qui, en tant que modèle ou hypothèse, reste marqué à la fois par l'audace et la fragilité. Nous ne sommes peut-être pas assez attentifs à cela : on n'a peut-être pas assez de reconnaissance et de respect oserai-je dire pour cette sainte ignorance, qui pourtant est le vrai moteur de la science, comme cet état de manque permanent et structurel qui ferait naître le désir infini de savoir.

Il y a aussi dans cette première catégorie, la transmission, de façon implicite bien souvent, la transmission d'une motivation, par notre enthousiasme ou nos stratégies d'éveil à ce désir de savoir. Dans le terme de « motivation », on entend d'une part motif, c'est-à-dire le but à atteindre, l'objectif, avec également dans l'usage de ce terme motif, une référence au sens et aussi à la signification (c'est souvent l'identification du but qui donne sens au chemin...), et d'autre part il y a aussi dans ce terme de motivation le terme de moteur, c'est-à-dire l'aspect travail, production et dépense d'une certaine forme d'énergie (même si elle est psychique), en tout cas d'une force qui peut mettre en mouvement une masse et vaincre une certaine inertie.

Et puis de manière tout aussi implicite, nous transmettons tant de signaux affectifs, émotionnels, d'états d'âme comme on dit : par exemple le goût, le plaisir de la découverte partagée (voir la proximité étymologique de savoir et saveur : « *sapere* » : penser), mais également parfois la peur ou la colère, voire le dégoût devant des situations difficiles.

Enfin, ce qui est transmis, c'est aussi toute une configuration de positions subjectives, de représentations mentales plus ou moins inconscientes, de visions du monde, c'est tout un fonds

idéologique diffus fait de valeurs, d'à priori, de stéréotypes, etc. c'est toute cette configuration complexe qui, tout en étant implicitement transmise, est rarement thématisée comme telle.

Le second ensemble de conditions concerne ce que j'ai appelé tout à l'heure la source et le destinataire.

La source, considérée de manière quelque peu minimaliste, c'est l'enseignant, le professeur, le maître de la classe. Il fait figure d'autorité (et non pas de pouvoir ou de puissance), une autorité à la fois incarnée dans sa personne, mais qui la dépasse, car elle est représentative d'une fonction instituée par la société elle-même¹. Dans ce sens, l'autorité comme relation asymétrique constitutive de la transmission est une responsabilité que l'enseignant peut et doit assumer (malgré les difficultés multiples liées aux mutations sociales et anthropologiques d'aujourd'hui qui vous ont été largement présentées et discutées lors de la session de l'an dernier). D'autre part, derrière cette figure de l'enseignant se profile la spécificité de l'institution scolaire elle-même (l'école catholique, ou l'école laïque, républicaine...), se référant toujours à une histoire collective, celle d'une communauté de pensées et de valeurs qui précède et dépasse l'ici et le maintenant, elle s'est souvent constituée sur fond de tensions politiques ou idéologiques.

Le destinataire, c'est l'enfant, l'adolescent, le jeune adulte... avec son appartenance socioculturelle et son équipement cognitif et affectif, engagé dans des processus d'apprentissage aux multiples facettes (répétition, mémorisation, imitation, compréhension et assimilation)... Pour faire très bref, disons que derrière chacun de ces apprenants, se profile deux cercles extrêmement importants dans le processus de transmission, il s'agit de la famille d'une part et du groupe des « pairs » d'autre part. Disons un mot du premier cercle : la famille². Traditionnellement, les deux institutions, famille et école, partageaient le même objectif, celui de préparer l'enfant, l'adolescent à faire son entrée, comme adulte, dans un monde complexe dont il faut transmettre les clés et les usages : la socialisation de base et l'éducation revenant à la famille, l'instruction et la transmission de connaissances et de compétences plus abstraites à l'école. En ce qui concerne l'éducation, on peut citer dans le désordre toute une série de traits : respect et contrôle de soi, volonté, obéissance et introjection des normes et des codes, reconnaissance et respect de l'autre, politesse, discipline, hygiène, bonnes manières... tout ce qui classiquement faisait un individu « bien éduqué ». C'est un lieu commun de dire que les mutations profondes que présente l'institution familiale ont significativement changé le paysage, et qu'aujourd'hui l'école se voit contrainte de reprendre à sa charge un certain nombre de responsabilités dans le champ de l'éducation et de la socialisation de base... jusqu'à l'université qui doit parfois rappeler à des étudiants adultes des principes élémentaires de vie commune. L'école dans son ensemble est aujourd'hui confrontée à ces problèmes !

Venons-en maintenant au troisième ensemble de conditions, peut-être le plus complexe. Et pourtant, j'en dirai peu de choses, laissant aux sociologues, historiens et anthropologues le soin d'en développer toute l'importance et l'incidence dans la transmission. Il faut, pour aborder ce troisième ensemble de conditions, se déplacer vers un plan macro, celui de tout l'environnement socioéconomique, politique, culturel et idéologique des sociétés contemporaines. Vous en connaissez les caractéristiques : démocratie participative, économie de marché et mondialisation, mobilisation jusqu'à épuisement des ressources énergétiques et pollution planétaire,

¹ Voir notamment : Fin ou métamorphose de l'autorité , in « Conditions de l'éducation », M-C. Blais, M. Gauchet, D. Ottavi ; Stock 2008, Fayard Pluriel 2010, p. 135-171 (plus spécialement pour ce point, p. 155)

² Voir notamment : La Famille contre l'éducation, id., p. 13-62

développement technoscientifique exponentiel, diffusion extraordinairement rapide des outils de communication et de maîtrise de l'information, abolition des distances, obsolescence programmée, individualisme et recherche d'un bonheur immédiat, scepticisme inhérent aux diverses figures des « maîtres du soupçon », modification du rapport à la vérité, remise en question du sens et des valeurs des savoirs et des traditions culturelles, désenchantement du monde et fin de l'autorité des grands récits... et l'on pourrait encore allonger la liste des principaux composants de notre culture occidentale postmoderne. Certes, voilà un tableau avec quelques touches sombres, quelque peu inquiétantes et avec des perspectives d'avenir relativement pessimistes, il est vrai. Et pourtant, il faudrait se défendre d'un catastrophisme associé à une vision totalement imaginaire d'un passé harmonieux, d'un âge d'or révolu, d'un paradis perdu... Tout ceci mériterait une réflexion approfondie et une conférence à elle seule, et je suis bien incapable de mener à bien pareil chantier. Il me semblait néanmoins important d'en faire mention dans mon tableau des conditions, car ces facteurs jouent probablement un rôle non négligeable dans les modalités de la transmission et les enjeux sociétaux qui en découlent sont probablement considérables.

Avant d'aborder enfin la quatrième et dernière catégorie, je voudrais souligner un point important pour la suite de mon exposé. Les trois premières catégories que nous venons de survoler rapidement appartiennent, pour faire simple, au grand domaine de la culture. À savoir cet ensemble complexe de systèmes symboliques, de représentations mentales ou de visions du monde, de croyances, de modalités concrètes de se conduire, de codes et de valeurs, de rapports à la vérité, à la beauté, etc. ... un ensemble complexe donc, vécu en partage par une collectivité et transmis en héritage de génération en génération comme un patrimoine. Ces cultures humaines, bien que présentant une certaine stabilité dans le temps, ne sont pas des entités figées, elles sont toujours en devenir sous l'impulsion de la créativité et des fantastiques capacités d'innovation de notre espèce *homo sapiens*.

La dernière catégorie que je voudrais aborder à présent ouvre, à côté du domaine de la culture, l'autre grand domaine, celui de la nature. Une condition évidente pour qu'il y ait transmission, c'est la présence des corps, non pas tellement des corps vécus, imaginés, fantasmés, symbolisés... mais des corps réels, c'est-à-dire des organismes vivants, faisant partie d'une espèce, bien tard venue dans l'évolution, celle de *homo sapiens*, avec ses spécificités remarquables.

C'est évidemment du système nerveux de cette espèce qu'il sera question ici, s'agissant par excellence du système grâce auquel transmission, apprentissage, mémoire, attention... sont possibles. Comme je vous l'annonçais au début de l'exposé, la problématique de l'incarnation de la culture dans l'organisme, c'est-à-dire la prise en charge chez chaque individu de certains domaines culturels par les structures cérébrales, ouvre un champ de réflexions et de recherches tout à fait fantastique.

Ce dont il faut mesurer toute l'importance c'est que la transmission de la culture (avec l'extraordinaire complexité des conditions décrites dans les paragraphes précédents) passe par des conditions de possibilité matérielles, parmi lesquelles des conditions de possibilité organiques. En d'autres termes et plus précisément, il faut que la culture, pour être transmise, se fasse une niche dans des réseaux nerveux tout à fait spécifiques chez l'humain, et cela très probablement au cours de périodes critiques du développement.

Rappelons, car vous savez probablement cela, que, à la naissance, le cerveau du petit humain représente environ le quart (seulement) du volume (350 cc³) de ce qu'il sera à maturité (1500 cc³), et qu'il lui faudra environ une vingtaine d'années pour cela. Vingt années donc de développement extra utérin pour configurer cet extraordinaire système (comparons avec le chimpanzé, à la naissance 50% du volume cérébral, et deux ans pour atteindre la maturité cérébrale). Il s'agit en fait moins du nombre de neurones (cent milliards chez l'homme), très probablement tous présents avant la

naissance, mais du nombre de connexions entre ces neurones (un million de milliards estimés chez l'adulte).

On mesure donc l'extraordinaire importance des facteurs épigénétiques (environnementaux, symboliques comme le langage, affectifs...) dans la mise en place de la connectivité des structures cérébrales. Comme on le sait aujourd'hui, la plasticité cérébrale est particulièrement efficace au cours de certaines périodes sensibles dans le développement, avec des durées relativement brèves (quelques mois, quelques années) et des pics de sensibilité génétiquement programmés. Notons cependant que la plasticité cérébrale ne s'épuise pas avec la fin du développement, elle est encore très largement présente chez l'adulte : néanmoins, en dehors des périodes critiques, elle nécessitera souvent des mécanismes d'apprentissage explicites et très lourds (voyez l'apprentissage de la langue maternelle vs de langues apprises tardivement...).

Ayant ainsi posé, dans des termes assez généraux, la problématique de l'inscription de la culture dans la nature humaine, inscription à la faveur de laquelle s'opère la transmission, je voudrais à présent, dans la seconde partie de mon exposé, approfondir l'étude de la transmission et l'acquisition d'une compétence culturelle de base particulièrement importante, la lecture. Nous allons donc restreindre fortement le champ en choisissant un paradigme, d'autres exemples auraient pu être abordés, je pense au calcul ou à la musique. C'est évidemment une nécessité méthodologique des sciences expérimentales, et des neurosciences en particulier : restreindre, approfondir, définir opérationnellement et contrôler autant que faire se peut les variables en présence.

Cette problématique a été abordée dans le cadre d'une hypothèse théorique assez audacieuse, celle du *recyclage neuronal de modules corticaux dû à des facteurs culturels*. Elle a été proposée voici quelques années par Stanislas Dehaene et Laurent Cohen, respectivement professeur au Collège de France et neurologue à l'Hôpital de la Salpêtrière³.

De quoi s'agit-il ?

Le concept de recyclage neuronal est assez proche d'un concept développé par le grand biologiste américain, spécialiste de la théorie de l'évolution Steven Jay Gould, le concept de « exaptation ». Brièvement, il s'agirait de la réutilisation, au cours de l'évolution, d'un mécanisme biologique ancien sous-tendant une fonction donnée en vue de l'émergence d'une fonction nouvelle complètement différente de la précédente. Il s'agit de faire du neuf avec du vieux (comme dans toute entreprise de recyclage !) ... plus sérieusement il s'agit de penser l'apparition d'innovations dans le processus évolutif sans devoir faire appel au générateur de diversité qui, dans la théorie néodarwinienne (théorie synthétique) est assuré par les mutations génétiques aléatoires (elles-mêmes sanctionnées par la sélection naturelle).⁴

Ainsi, dans l'apprentissage culturel ce mécanisme de recyclage ou de réutilisation, n'impliquant pas de remaniement génétique, surviendrait durant la vie de chaque individu grâce à la plasticité cérébrale. On pourrait ainsi comprendre comment un objet culturel nouveau, comme la lecture par exemple, peut trouver une niche dans les structures nerveuses caractéristiques de notre espèce *Homo sapiens*, apparue il y a environ 150 à 200.000 ans, structures qui ont été progressivement

³ Dehaene S. and Cohen L., (2007), Cultural recycling of cortical maps, *Neuron*, pp. 384-398

⁴ Chez Darwin (1859), *Origine des espèces : petites variations, petites différences au sein de l'espèce dues à un « générateur de diversité »*, variations favorables ou délétères pour les porteurs, tri par la sélection naturelle, la constante de temps de ces transformations est très longue.

sélectionnées au cours de l'hominisation (entre 2 millions d'années et 200.000 ans) pour maximiser l'adaptation à la vie et à l'environnement des chasseurs – cueilleurs.

Reformulons encore cette hypothèse en d'autres termes : des acquisitions culturelles très récentes dans l'histoire d'*homo sapiens* trouveraient leur « niche neurale » en mobilisant, en réaménageant un ensemble de circuits cérébraux, probablement au niveau du cortex cérébral, qui sont fonctionnellement suffisamment proches de la nouvelle acquisition (les structures de la perception visuelle fine dans le cadre de l'acquisition de la lecture par exemple) et sont suffisamment plastiques pour pouvoir réorienter une partie significative de leurs ressources de traitement (au départ, perception des objets) vers ce nouvel usage (perception de l'écrit). Les grandes innovations culturelles seraient en quelque sorte *inculquées* par apprentissage en reconfigurant le fonctionnement d'anciennes structures dédiées à d'anciennes fonctions (ces anciennes structures étant alors vues comme des précurseurs). J'ai à dessein utilisé ce terme de « inculquer », qui vient du latin *inculcare* : faire pénétrer en tassant avec le pied, ou laisser une trace durable en exerçant une force..., on pourrait dire que la culture, à un moment donné, doit lutter avec la nature pour pouvoir inscrire ses marques, doit passer en force pour laisser des traces permanentes : car transmettre c'est inscrire, de gré ou de force !

Une prédiction de ce modèle, intéressante pour les pédagogues, pourrait être la suivante : puisque les territoires corticaux liés aux fonctions anciennes sont investis par des « objets » culturels nouveaux, leur organisation ancienne (et leur fonctionnement) ne serait pas totalement effacée... il resterait d'anciennes traces sur le palimpseste où s'inscrit la nouveauté ! Des contraintes liées au statut de précurseur pourraient exercer une influence, négative dans certains cas, sur l'acquisition de ces nouvelles habiletés culturelles. On pourrait dire en quelque sorte que la nature fait de la résistance à la culture... (nous en verrons un exemple bientôt !).

Concrètement, comment ces questions ont-elles été abordées par les neurosciences, et plus spécifiquement en ce qui concerne la lecture ?

Je vais tenter de vous présenter un résumé pas trop simpliste d'un grand nombre de travaux accumulés depuis une bonne dizaine d'années par de plusieurs équipes de recherche, et notamment celles dirigées par S. Dehaene⁵.

Tout d'abord, vous vous rappellerez que la lecture (liée bien évidemment à l'invention de l'écriture) est une compétence culturelle très récente. L'écriture est née notamment en Mésopotamie et en Égypte il y a environ 5500 à 6000 ans... Dans l'histoire de *homo sapiens*, c'est une innovation très tardive eu égard à son apparition comme nous le disions il y a entre 150 et 200.000 ans ! D'autant que, jusqu'à une époque très récente, l'écriture et la lecture ne furent maîtrisées que par une très petite fraction de la population humaine (l'école publique obligatoire n'apparaît un peu partout en Europe que vers le dernier quart du XIX^e siècle).

Pour tous les spécialistes de ces questions, il est donc impossible que des modules du cerveau humain aient pu évoluer spécifiquement pour la lecture, suivant les lois darwiniennes de l'évolution biologique : l'écriture et la lecture ne sont donc pas des habiletés sous-tendues par des mécanismes innés et par des structures préprogrammées (comme c'est le cas chez de nombreuses espèces animales pour des comportements particulièrement complexes, pensons au chant chez certaines espèces d'oiseaux ; mais aussi au traitement et à la reconnaissance des visages chez l'humain ; ou encore la capacité de production et de reconnaissance du langage : voir l'asymétrie du *planum*

⁵ Dehaene S., Les neurones de la lecture, Editions Odile Jacob, 2007 ; ainsi que Dehaene S., Vers une science la vie mentale, Leçons inaugurales du Collège de France, Fayard, 2006

temporale de l'hémisphère gauche avant la naissance : il y a bien une prédisposition génétiquement programmée pour la production et la discrimination des phonèmes...⁶

Or, chez l'adulte, on peut mettre en évidence un ensemble de régions corticales (des aires ou modules anatomiquement bien délimités) de l'hémisphère gauche qui sont spécifiquement activées par la lecture de mots. Ce réseau est particulièrement dense et complexe, il mobilise de très nombreuses aires dans les quatre lobes, frontal, pariétal, temporal et occipital. Cette hypercomplexité est bien compréhensible eu égard à la grande complexité des processus qui sont en jeu dans l'activité de lecture : la discrimination différentielle des graphèmes par des structures visuelles (graphèmes = dessin, graphisme des lettres formant des mots) va alimenter deux voies principales de traitement : la voie du son, ou voie phonologique qui devra opérer la traduction de ces graphèmes en phonèmes, et la voie du sens, ou voie lexicale qui devra décider de l'appartenance du mot au lexique d'une langue, permettant ainsi l'accès à son sens.

Au départ des ces deux voies (comme la porte d'entrée de ces deux voies, si vous voulez), se trouve une aire corticale qui est spécifiquement concernée par la lecture de mots, et non par la reconnaissance ou le traitement de mots prononcés. Le site anatomique d'activation (objectivé par les techniques modernes d'imagerie cérébrale fonctionnelle, et notamment l'imagerie par résonance magnétique nucléaire) est localisé chez l'adulte compétent en lecture dans le sillon occipito-temporal (au niveau d'une aire corticale spécifique : l'aire occipito-temporale ventrale) de l'hémisphère gauche et a été dénommé « *aire de la forme visuelle du mot* » (« *visual word form area* »).

Dans ce module cérébral, il y a donc chez l'adulte des mécanismes tout à fait spécifiques pour l'analyse et la reconnaissance visuelle des caractères écrits. Ce module appartient au grand circuit occipito-temporal qui traite spécifiquement l'analyse visuelle fine des formes (les objets, les visages), déjà largement développé chez le primate non humain. Il existe en effet des homologues de ces régions chez les primates non humains, qui participent notamment à l'analyse des objets et des visages.

On a pu montrer en outre que cette aire était impliquée dans le traitement orthographique :

- Ainsi, l'activation est très intense pour la lecture de mots, un peu moins intense pour la lecture de pseudo mots (lisibles, mais n'appartenant pas au lexique, comme '*sonmai*') alors qu'elle est très faible pour des non-mots (par exemple une série de consonnes).
- De plus, l'activation est proportionnelle à la fréquence d'associations ou de combinaisons de lettres.
- D'autre part, et c'est un point important, on y observe une propriété remarquable d'invariance perceptive, elle n'est pas sensible à des variations non significatives (inutiles) du stimulus, du graphème, par exemple des modifications de grandeur ou de forme des lettres (taille : majuscules, minuscules, police des caractères), alors qu'elle est très sensible à des différences pertinentes, même très petites (comme les différences entre un « c », un « o » et un « e »).
- Enfin, cette aire est précisément localisée au même site anatomique, quel que soit le type d'écriture (activation de cette même aire même chez des lecteurs japonais lisant l'écriture kanji : 3000 caractères qui représentent des mots, ou l'écriture kana : 46 caractères qui représentent des syllabes !).

⁶ Pinker S., L'instinct du langage, Editions Odile Jacob, 1999

Le rôle capital de cette région cérébrale dans la lecture est confirmé par les études neuropsychologiques concernant les effets de lésions cérébrales. Lorsque cette aire est lésée (par un AVC notamment), on voit apparaître chez un sujet lisant normalement avant la lésion, une alexie pure (le patient est encore parfaitement capable d'écrire sous la dictée, mais incapable de lire, de se relire... patient célèbre observé fin du XIXe par Déjérine).

Ce que je viens de vous décrire concernait le cerveau d'un lecteur adulte, ayant parfaitement maîtrisé l'acquisition de la lecture. Vous comprendrez que dans l'optique du modèle théorique développé plus haut, à savoir le modèle du recyclage de circuits corticaux, les études longitudinales sont particulièrement intéressantes.

Les études longitudinales ne sont pas légion, elles sont en effet très lourdes à réaliser sur le plan méthodologique, surtout qu'elles impliquent la mise en œuvre des techniques cérébrales fonctionnelles (résonance magnétique ou d'autres techniques d'imagerie, comme les potentiels évoqués) chez l'enfant à différentes étapes de l'apprentissage de la lecture.

Il en existe néanmoins et voici quelques-unes des données intéressantes.

Comme prédit par le modèle, on a pu mettre en évidence des augmentations progressives de l'activation de l'aire occipito-temporale ventrale gauche, augmentations qui sont parfaitement corrélées avec les performances de la lecture. Avant ou en tout début de l'apprentissage, cette aire est principalement activée par des stimulus visuels, et notamment par les visages et aucunement par des mots écrits. Progressivement donc, les stimulus de type graphèmes deviennent de plus en plus pertinents et sont petit à petit pris en charge de manière préférentielle par ces circuits. Une donnée intéressante est l'observation d'une diminution concomitante des activations dans l'aire occipito-temporale droite, en effet dans les toutes premières phases de l'apprentissage, les deux aires, gauche et droite, s'activent. Ceci confirme toute l'importance de l'hémisphère gauche, dominant pour le langage parlé chez la majorité des personnes, qui l'emporte également dans l'analyse des graphèmes (le langage parlé qui est déjà acquis bien sûr bien avant que l'enfant apprenne à lire et dont les mécanismes ont déjà mobilisé l'hémisphère gauche, qui devient comme un attracteur pour les circuits impliqués dans la lecture).

Comme le pense Stanislas Dehaene, on peut donc imaginer un processus d'ajustement progressif : à la faveur de l'apprentissage, probablement lors d'une période très sensible avec un haut potentiel de plasticité cérébrale (nous sommes entre la fin de la troisième maternelle et le courant de la première année primaire), l'habileté à la lecture va progressivement s'améliorer au fur et à mesure du recyclage d'un tissu cortical, d'abord impliqué dans l'analyse des formes visuelles et notamment des visages, pour devenir finalement spécialisé dans le système de lecture.

Le modèle permet également de rendre compte de certaines pathologies (j'ai déjà évoqué le cas de l'alexie) ou de dysfonctionnements de la lecture (comme la dyslexie).

Développons quelque peu la dyslexie. Comme vous le savez, il s'agit d'un trouble relativement fréquent puisque certaines études semblent indiquer qu'entre 6 et 8 % des enfants français souffriraient de dyslexie.

Les spécialistes situent le déficit soit au niveau visuel, avec des confusions de lettres particulièrement celles qui se ressemblent en miroir (« b » « d », « p » « q ») et des problèmes de latéralisation, soit au niveau de la conversion des signes de l'écriture en sons du langage, conversion donc des graphèmes en phonèmes. Un faisceau d'évidences cliniques semble également indiquer que ce déficit pourrait être lié à des altérations de la perception catégorielle des sons du langage, les enfants dyslexiques éprouvant des difficultés à détecter des petites différences entre des phonèmes : distinguer par exemple la différence entre un « ba » et un « pa ».

En ce qui concerne les données cérébrales, on a pu mettre en évidence des anomalies très nettes au niveau du lobe temporal gauche. Dans les tâches de lecture, l'activation cérébrale est anormalement faible chez les dyslexiques dans les régions moyenne et inférieure du lobe temporal gauche, et également dans la région citée plus haut, à savoir l'aire occipito-temporale ventrale gauche, en comparaison avec les sujets contrôles. Par ailleurs, et sans entrer dans les détails, j'évoque ici simplement que de nombreuses études ont confirmé la présence d'anomalies histologiques dans l'organisation anatomique des 6 couches de neurones du cortex au niveau du lobe temporal, liées probablement à des troubles de la migration neuronale lors du développement fœtal.

Ce tableau clinique et l'étiologie, qui peuvent sembler assez lourds, ne doivent néanmoins pas décourager les éducateurs. La plasticité cérébrale à cet âge est capable de « faire des miracles », pourrait-on dire. On a pu observer dans des cas neuropsychologiques cliniques très lourds, à la faveur d'une rééducation, des compensations prises en charge par l'hémisphère droit, non dominant pour le langage et la lecture... ce qui est rarement possible chez l'adulte : fantastique plasticité de ce cerveau en développement.

Quels seraient les apports de ces recherches fondamentales dans le choix des méthodes d'apprentissage de la lecture ? Pouvons-nous à partir de ces modèles théoriques et des données empiriques récoltées par les neurosciences cognitives déduire quelques stratégies optimales, celles qui favoriseraient ce mécanisme de recyclage neuronal ? La question est importante et il faut l'aborder avec beaucoup de prudence et d'humilité. En effet, dans la première partie de l'exposé, nous avons mis en exergue l'extrême complexité des processus de transmission et d'apprentissage culturels. Les recherches en neurosciences cognitives n'abordent qu'un aspect très limité des objets culturels transmis, relevant presque toujours de mécanismes, d'opérations, de composants identifiables au sein d'un processus complexe. Une neuropédagogie – si du moins pareille discipline devait s'instituer – se doit donc de rester à l'écoute des mutations idéologiques, socioéconomiques, politiques... de nos collectivités. Les neurosciences ne sont pas vraiment des savoirs prescriptifs.

Dans cet état d'esprit, il est néanmoins intéressant d'évoquer, avec quelques spécialistes, les apports de ces recherches à l'enseignement⁷. Quelques points plus concrets donc, sachant que je suis totalement incompetent dans ces questions de pratiques pédagogiques (cela veut dire que je vais peut-être enfoncer des portes ouvertes, ou à l'inverse réveiller maladroitement de vieilles querelles).

1. La prise de conscience par l'enfant (en fin de maternelle déjà, et tout au long des premiers mois d'apprentissage de la lecture) que le langage parlé est composé de sons élémentaires, les phonèmes : il faut aiguïser progressivement cette conscience phonémique, comme on dit, en décomposant les mots en syllabes, en phonèmes. Cette décomposition ne va pas de soi, étant donné l'aspect de « flux continu » du langage parlé. Des études sont citées dans la littérature montrant que l'on peut accélérer ou faciliter l'apprentissage de la lecture par des activités de jeux de langage (des comptines, des rimes, des devinettes...). Cette décomposition du langage en phonèmes nécessite la mobilisation de l'attention sélective de l'enfant, ce qui constitue aussi un prérequis capital. Rappelons que lecture et langage mobilisent des aires cérébrales proches au sein de l'hémisphère gauche.
2. L'apprentissage explicite des correspondances entre graphèmes et phonèmes est également une démarche importante au cours de la première année de lecture. Ici également,

⁷ Voir notamment Dehaene S. (sous la direction de), Apprendre à lire. Des sciences cognitives à la salle de classe, Editions Odile Jacob, 2011

l'attention sélective de l'enfant devrait être portée sur la présence de lettres et de suite de lettres (les graphèmes) qui correspondent aux phonèmes au sein des mots écrits. L'attention et le traitement doivent être analytiques. Une méthode d'apprentissage faisant porter l'attention de l'enfant sur le mot en tant que forme globale à qui est associée une prononciation globale semble bien moins adéquate. Ceci peut se comprendre dans cadre du processus de recyclage qui doit probablement réorienter au sein de l'hémisphère gauche des circuits traitant initialement des précurseurs de la forme des lettres, comme les composants principaux de la forme des objets. Notons aussi qu'un traitement visuel global mobiliserait davantage l'hémisphère droit, ce qui paraît inadéquat pour la lecture. Un consensus semble aujourd'hui acquis concernant les méthodes globales ou idéovisuelles de l'apprentissage de la lecture : même si elles encouragent davantage l'autonomie et l'inventivité de l'enfant, elles ne facilitent néanmoins pas le mécanisme nerveux sous-jacent.

3. Il est semble-t-il d'observation assez courante que, dans les stades initiaux de l'apprentissage de la lecture, l'enfant éprouve des difficultés à distinguer des lettres ou des mots de leur image en miroir ou qu'il présente des confusions en ce qui concerne des lettres en miroir (comme b et d, p et q), sans pourtant qu'il ne soit dyslexique ou ne le devienne par après. De plus, il n'est pas rare que des enfants lisent et écrivent spontanément à l'envers, ceci disparaissant progressivement durant l'apprentissage (rappel du cas de Léonard de Vinci, qui encore à l'âge adulte était capable de lire et d'écrire en miroir !).

Ce comportement trouve peut-être une explication à partir de l'hypothèse de recyclage proposée par Dehaene. Comme l'écrit cet auteur⁸ (p. 346) et je le cite : « *si l'enfant lit et écrit spontanément en miroir, c'est que son système visuel, avant même de commencer à lire, obéit à une forte contrainte structurelle, extrêmement ancienne dans l'évolution, qui le force à symétriser les objets qu'il voit* ». Un objet ou un visage est parfaitement reconnaissable qu'il soit vu à l'endroit ou en miroir. La contrainte nouvelle liée à l'écriture est de rendre le stimulus asymétrique : les mots s'écrivent de gauche à droite, et un b et un d ne sont donc pas un même « objet » vu à l'endroit ou en miroir, mais deux caractères alphabétiques différents. La culture doit ainsi faire pression, si j'ose dire faire un coup de force, pour imposer une logique asymétrique dans la perception des lettres et des mots écrits. En début d'apprentissage, avant que les circuits ne soient parfaitement stabilisés à la faveur d'un apprentissage systématique, la nature fait encore de la résistance... Pour vaincre ces résistances, le geste peut être utile : ainsi, il semble bien que la pratique du geste de l'écriture ou simplement de suivre du doigt le tracé de caractères de plus grande taille (mobilisant une voie visuomotrice dorsale), améliore la situation.

4. Un dernier point qui indique toute l'importance à long terme de ces phases d'apprentissage. Il a été démontré dans une recherche déjà ancienne, de la fin des années 90, parue dans *Developmental psychology*, que l'expertise des adolescents en compréhension de textes écrits est directement corrélée avec la fréquence et l'intensité des lectures au cours de l'enfance. C'est plutôt un résultat prévisible et attendu... néanmoins dans une société du tout visuel, des consoles de jeux, du dessin animé et de la tyrannie de l'image en général, il est bon de le rappeler.

Je voudrais pour terminer aborder très brièvement le troisième point de cet exposé. Comme annoncé dans le plan, il s'agira de proposer quelques réflexions plus critiques sur les développements actuels des neurosciences et plus particulièrement ici sur l'espoir, caressé par

⁸ Dehaene S., Les neurones de la lecture, Editions Odile Jacob, 2007

certain, d'imposer une neuropédagogie ou d'instituer - comme en médecine aujourd'hui -, une « evidence based education », une éducation basée sur des preuves expérimentales issues des sciences « dures ». Adieu la complexité, un réductionnisme pur et dur pourrait se mettre en marche et cette approche plaira beaucoup à certains politiques qui trouvent qu'il y a trop d'argent pour l'éducation, et pas assez d'évaluation convaincante des pratiques et des résultats.

Les neurosciences apparaissent comme un des pôles de cette idéologie scientiste, elles fascinent et apparaissent parfois comme un espoir de solutions enfin crédibles aux grandes questions. Mais en même temps et paradoxalement, elles provoquent dans le public une crainte de ce pas, de cette avancée qui serait de trop, alimentant elles aussi cette peur de ce que les sciences et les techniques, dans leur volonté de maîtrise et d'aller toujours plus loin, constitueraient un péril pour l'avenir de l'humanité.

Dans le champ des neurosciences, les avancées ont été prodigieuses au cours des cinq dernières décennies et cela grâce à trois éléments.

Il y a d'abord le développement d'hypothèses théoriques audacieuses qui tirent leur force et leur inspiration d'un terreau multidisciplinaire très fertile (les sciences de la cognition, la modélisation mathématique des systèmes loin de l'équilibre, l'informatique théorique, les développements exponentiels de la biophysique, de la biochimie, de la biologie cellulaire et moléculaire, de la génétique...). Il y a ensuite le développement des techniques et des méthodes : à la fois des techniques microphysiologiques (interrogeant l'unité élémentaire de traitement qu'est le neurone) et les techniques d'imagerie structurale et fonctionnelle couplées à des calculateurs de plus en plus puissants, qui mettent en évidence le fonctionnement de grandes assemblées cellulaires. Il y a enfin les perspectives d'applications potentielles qui pourraient ouvrir des marchés extrêmement prometteurs.

Les enjeux sociétaux et les débats éthiques concernant cette forte articulation entre neurosciences et applications techniques sont, me semble-t-il, assez semblables à ceux qui ont accompagné, depuis plus d'un demi-siècle, les avancées fabuleuses de la génétique moléculaire. On s'en rappelle, dans les années 50, Watson et Crick découvrent la composition moléculaire du génome sous la forme de longues chaînes d'ADN configurées en double hélice. Le code génétique, qui constitue la signature de chacune des espèces vivantes, va progressivement être décodé, de la levure à l'humain. Ces connaissances remarquables ont d'emblée initié une fantastique ingénierie génétique, permettant de créer des organismes génétiquement modifiés. C'est l'identité de l'espèce qui est engagée par ces manipulations, elles touchent à un code inscrit dans une mémoire moléculaire qui garde et transmet l'enveloppe commune à une espèce donnée au sein de laquelle chaque individu va se développer.

De la même manière, la connaissance intime des mécanismes cérébraux rend possible la mise en place d'une ingénierie cérébrale qui est susceptible de transformer les relations esprit-comportement-cerveau. Transformer en vue de quoi ? Guérir, améliorer, réorienter... c'est selon !, et qui est aux commandes ? Tout ceci n'est pas de la science-fiction. Faute de temps je ne puis guère développer concrètement ce point, l'arsenal des neurobiotechnologies ne cesse de se développer et de croître en efficacité... pensez simplement à la psychopharmacologie et à cette molécule qui a fait son apparition à l'école il y a longtemps déjà (début des années 60) le méthylphénidate, mieux connue sous le nom de ritaline (ou rilatine...), avec un accroissement considérable de la consommation depuis les années 90 aux États-Unis. Drogues cérébrales mettant en sourdine, dans une sorte de déni généralisé, tous les dysfonctionnements liés aux profondes transformations de nos sociétés.

Drogues cérébrales aussi pour une amélioration des performances cognitives...

Il faut déployer une vigilance particulière et une attitude critique vis-à-vis de ces marchands de « meilleurs cerveaux » pour des « vies meilleures », qui parfois frappent aux portes de nos

institutions. Voyez le titre de livre récent (2010) d'un ouvrage de Judith Horstman paru dans une très bonne maison d'édition américaine : « Brave New Brain », « le meilleur des cerveaux », paraphrasant « Brave New World » (le meilleur des mondes), avec un sous-titre éloquent qui est tout un programme (et je traduis) : « Comment les neurosciences, les interfaces cerveau-machine, la neuro-imagerie, la psychopharmacologie et l'épigénèse seront capables d'améliorer le futur de la puissance mentale ».

Un mot pour conclure.

Dans l'histoire naturelle de notre espèce, l'introduction du partenaire culturel apparaît comme une révolution majeure. Il porte en son cœur, comme un inestimable trésor, l'extraordinaire richesse des systèmes symboliques susceptibles de produire une telle diversité de mondes possibles que nous avons plaisir à habiter. C'est peut-être là que se situe précisément l'exception humaine. Ce sont l'innovation et la transmission culturelles qui deviennent les principaux leviers du progrès de l'humanité, mettant à profit l'exceptionnelle plasticité de nos systèmes cérébraux. Chaque œuvre humaine s'inscrit dans l'histoire cumulative des sociétés et prend sens par ce qu'elle innove, par ce qu'elle répète, par ce qu'elle transmet comme possibilité infinie d'interprétations et de transformations, par la richesse des possibles mise en relation au sein d'un réseau de significations qu'elle promeut. La culture constitue une des caractéristiques les plus fascinantes de la « forme de vie » humaine. Elle est un des principaux facteurs de son succès tout autour de la planète. Prenons-en soin et restons vigilants, car elle est aussi peut-être une des principales causes de sa fragilité.

Marc Crommelinck
Professeur émérite – Université Catholique de Louvain