www.versunecoleinclusive.fr

L'apport des neurosciences cognitives pour l'enseignement

Sans viser l'exhaustivité, ce dossier présente quelques-uns des apports récents de la recherche en neurosciences cognitives à l'enseignement.

Sommaire

1) Terminologie : neurosciences ou neurosciences cognitives ?

2) Les neurosciences cognitives nous éclairent sur le concept d'apprentissage

3) Des recherches utiles pour l'enseignement :

- a) les 4 grands piliers de l'apprentissage
- b) la mémoire
- c) apprendre à apprivoiser et maîtriser son attention
- d) découvrir des fonctions exécutives à l'école (et apprendre à les maîtriser)
- e) le statut de l'erreur à (re)considérer
- f) la lecture
- g) les troubles spécifiques des apprentissages

Bénédicte DUBOIS- responsable du pôle éducation inclusive
ifp Nord Pas de Calais

Novembre 2017

L'apport des neurosciences cognitives pour l'enseignement

Le but de cet article n'est pas de générer ou développer un engouement aveugle pour les neurosciences cognitives chez les acteurs de l'éducation, sous le prétexte d'une quelconque « innovation pédagogique » ou d'un effet de mode. Il n'a pas non plus vocation à faire appliquer à la lettre des méthodes pédagogiques normatives, à la lumière des découvertes et des travaux des chercheurs en neurosciences cognitives. Il s'inscrit bien plus simplement dans la volonté d'actualiser les connaissances sur la recherche sur le cerveau afin d'aider les enseignants, sur la base de la plasticité cérébrale (qui évoque des apprentissages toujours possibles, ces derniers modifiant la structure du cerveau) à se doter de repères et de pistes de réflexion utiles pour leur enseignement.

Un point nécessaire au sujet de la terminologie utilisée

- **Quelle terminologie utiliser ? Neurosciences ou Neurosciences cognitives ?**

  Jean-Philippe LACHAUX[1] donne des définitions très claires sur ces deux concepts[2] :

Neurosciences	Neurosciences cognitives
*Toutes les **neurosciences** ne sont pas cognitives. Certains chercheurs en neurobiologie consacrent leur carrière à étudier les mécanismes biologiques gouvernant la vie des neurones sans jamais se préoccuper de leur importance éventuelle pour les facultés cognitives.*	*Les **neurosciences cognitives** doivent leur nom à cette particularité de relier le niveau comportemental et le niveau neuronal en passant par le niveau cognitif.*

Le travail du chercheur en neurosciences cognitives est de **comprendre une fonction cognitive**[3]. Sa tâche est double car il doit traduire :

1) **le comportement** qu'il observe en termes cognitifs : mémorisation, déplacement de l'attention, imagerie mentale, programmation motrice

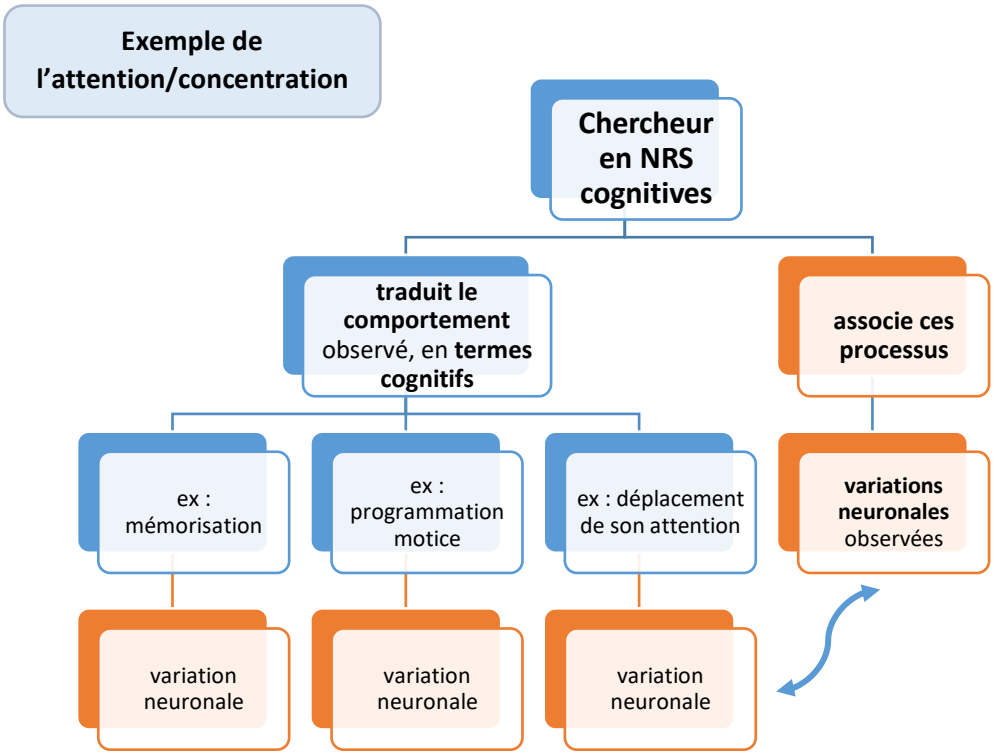
Pour ensuite…

2) associer chacun de ces **processus cognitifs aux variations de l'activité neuronale** qu'il a pu mesurer.

[1] Directeur de recherche au sein de l'équipe dynamique cérébrale et cognition, Inserm de Lyon

[2] JPh. LACHAUX, Le cerveau attentif, Odile Jacob, 2013

[3] La définition de l'expression « fonction cognitive » se trouve à la page11 de ce dossier



Les neurosciences cognitives nous éclairent sur le concept d'apprentissage

Le neuroscientifique Steve Masson[4] utilise la jolie métaphore de la forêt dans laquelle l'apprenant marche pour expliquer l'aspect biologique de l'apprentissage. « *Pour se déplacer, l'apprenant doit pousser les branches avec ses bras en plus d'écraser l'herbe et les petits arbustes avec ses pieds. Le passage répété du marcheur crée progressivement un sentier qui est de plus en plus facile à emprunter. Bien vite, ce sentier devient une voie privilégiée pour passer rapidement du point A au point B. En contrepartie, si l'apprenant n'emprunte plus le sentier pendant un certain temps, les herbes, les arbustes et les arbres y reprennent lentement leur place et le sentier disparait progressivement.* »

Et c'est ainsi qu'il explique que lorsqu'on apprend, des mouvements similaires s'effectuent dans le cerveau. Quand on active son cerveau à plusieurs reprises pour accomplir une tâche, il développe des « chemins » neuronaux qui lui permettront d'accomplir la tâche demandée de plus en plus facilement et rapidement. Si, au contraire, on ne s'entraine pas les connexions neuronales associées à cet apprentissage s'affaiblissent progressivement, jusqu'à se défaire.

[4] Professeur à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et directeur du Laboratoire de recherche en neurosciences cognitives

« Au niveau cérébral, apprendre, c'est modifier ses connexions neuronales. Ainsi, ce n'est pas parce qu'un élève est incapable de répondre à une question ou résoudre un problème qu'il n'a rien appris (…) c'est peut-être que les réseaux de neurones qui ont commencé à s'établir dans son cerveau ne sont pas assez consolidés pour que l'on puisse observer des changements dans sa façon de répondre ou d'accomplir une tâche. »

Des recherches utiles pour l'enseignement

Voici un panel non exhaustif des recherches récentes en neurosciences cognitives, associées à leurs auteurs, pouvant éclairer les acteurs de l'éducation :

- **Les 4 grands piliers de l'apprentissage – Stanislas Dehaene,** du Collège de France et du pôle de recherche NeuroSpin, à Saclay.

Ce concept de « piliers de l'apprentissage » traite les facteurs qui constituent de façon incontournable l'apprentissage. Il s'agit de l'attention, de l'engagement actif, du retour d'information, et enfin, de la consolidation.

1) L'attention : modulant massivement l'activité cérébrale, l'attention est un mécanisme qui permet de sélectionner une information et qui facilite grandement l'apprentissage. On considère qu'il existe 3 systèmes attentionnels : l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif.

2) L'engagement actif : Stanislas Dehaene avance l'idée qu'un élève passif n'apprend pas parce que l'apprentissage est optimal lorsque l'on s'engage activement, c'est-à-dire lorsqu'on se mobilise. Cela peut s'effectuer par une alternance apprentissage/test immédiat et répété des connaissances parce que sans tester la fiabilité d'une connaissance, on restera dans l'illusion que l'on sait alors qu'il n'en est rien.

3) Le retour d'information (ou feed back). Les recherches actuelles montrent que le cortex est une sorte de machine à générer des prédictions et à les intégrer. Il lance une prédiction, reçoit en retour des informations sensorielles, et une comparaison se fait entre les deux. La différence crée un signal d'erreur qui va se propager dans le cerveau et qui va permettre de corriger et d'améliorer la prédiction suivante. In fine, l'apprentissage se déclenche quand un signal d'erreur montre que cette prédiction n'est pas parfaite.

4) La consolidation : Une nouvelle information, si elle n'est pas réactivée, finit par s'oublier. Il est donc nécessaire de répéter, réactiver un apprentissage pour qu'il devienne pérenne.

- Ces 4 piliers de l'apprentissage apportent ou réactivent un éclairage sur ce que signifie « apprendre » et surtout, donne au statut de l'erreur une place toute particulière dans le sens où elle ne doit plus être n'est plus stigmatisée mais devenir un véritable support pour la construction du savoir.

- **La mémoire**[5] – Francis Eustache modèle néostructural de la mémoire
(comprendre les différents types de mémoires et comment elles interagissent)
(d'après le modèle MNESIS : Francis EUSTACHE et Béatrice DESGRANGES, 2008 et révisé en 2012, de l'équipe U1077 de l'INSERM de Caen)

Fonction cognitive incontournable pour l'enseignement, elle devrait toujours se décliner au pluriel car notre cerveau est le siège de plusieurs représentations de mémoires[6] qu'il convient de distinguer :

1- Une mémoire de représentation à long terme qui se compose de :

- **La mémoire perceptive** qui renvoie au souvenir des odeurs, des goûts, des images…

- **La mémoire sémantique**, constitutive de notre « culture générale ». Elle fait référence aux connaissances accumulées tout au long de notre vie : des dates, des règles, le sens des mots, les concepts…

- **La mémoire épisodique**, celle de nos souvenirs, des événements vécus en un lieu et un temps précis : souvenirs de vacances, d'une fête, d'une scène…

2 - Une mémoire de représentation à court terme, beaucoup plus limitée, appelée **mémoire de travail** parce qu'elle mobilise et retient les informations utiles à toutes nos activités cognitives pour, par exemple : chercher un mot dans le dictionnaire, effectuer un calcul mental, discuter, se repérer sur un plan, argumenter…

Dans ce type de mémoire, on distingue trois facultés :

- **La boucle phonologique** qui permet de garder à l'esprit les mots de quelqu'un qui parle ou un numéro de téléphone à retenir pour le composer par exemple.

[5] F. EUSTACHE, La Neuroéducation La mémoire au cœur des apprentissages. O. Jacob, 2016

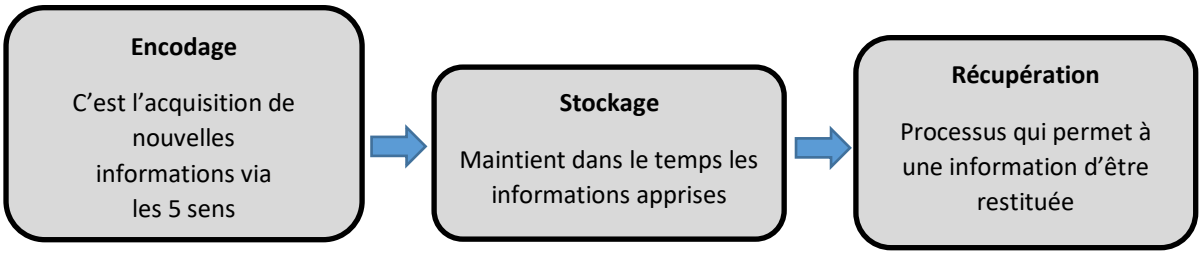
[6] D'après le modèle MNESIS (Modèle Néostructural Intersystémique de la mémoire humaine) proposé en 2003 par les psychologues Francis Eustache et Béatrice Desgranges, à partir des travaux de Tulving.

- Le calepin visuo-spatial qui permet de se représenter une scène visuelle, de garder à l'esprit un lieu…

- L'administrateur central coordonne ces deux facultés, il supervise en quelque sorte le fonctionnement de cette mémoire de travail.

3 - La mémoire procédurale qui permet l'acquisition d'habiletés telles : jouer d'un instrument, conduire une voiture, tricoter, faire du ski, du vélo… c'est une mémoire d'action.

Les stratégies de mémorisation :



Plus l'encodage est personnalisé, c'est-à-dire émaillé d'indices propres à l'apprenant, meilleure sera la mémorisation.

On peut travailler la richesse de l'encodage de plusieurs façons :

- Multiplier les modalités de présentation (supports visuels, manipulation d'objets, expériences…)
- Offrir différentes situations : un nouveau mot (ou concept) peut être repris à maintes occasions, dans différents points de vue.
- Créer des représentations mentales : par exemple, se faire le film d'un texte lu ou entendu
- Enrichir l'encodage par une réalisation sensori-motrice : mémoriser des lettres ou des figures géométriques par le toucher…
- Associer de l'émotion : mise en scène d'un poème
- Faire des liens avec les connaissances sémantiques « déjà-là ». D'où le rappel automatique du cours précédent
- Faire des liens avec les connaissances personnelles : « l'effet de référence à soi » est important (mémoire épisodique)
- Faire des liens avec une représentation mentale : technique des mots-clés, méthode des lieux…
- ...

Les stratégies d'organisation

Objectif : Structurer l'information pour en faciliter 1) la compréhension et 2) la mémorisation.
Pourquoi ? Parce qu'elles **soulagent la mémoire de travail** et elles opèrent **un traitement profond**

Cela renvoie à la capacité à repérer la structure d'un document afin d'en faire une synthèse des éléments essentiels. Cela passe par le classement ou bien la catégorisation des informations-clés : plans, tableaux, schémas, cartes mentales (conceptuelles ou heuristiques), frises… qui seront plus efficaces si c'est l'élève qui les construit lui-même. Construire une carte mentale, ce n'est pas inné, cela s'apprend, s'encourage et s'entretient !

Le développement de la métacognition (comment je fais, comment suis-je le plus efficace…) contribue aussi aux choix de ses stratégies d'organisation, donc de mémorisation.

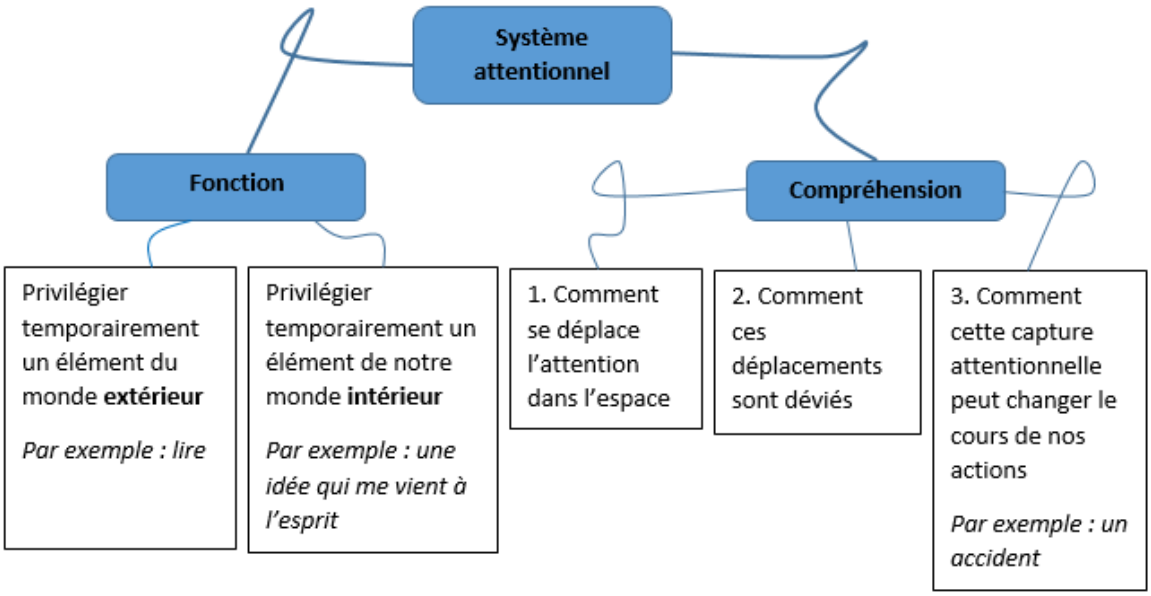
La répétition/réactivation

Elle est **indispensable** pour soutenir la formation de nouvelles connaissances.
On parle de la répétition en mémoire de travail mais aussi des épisodes d'apprentissage eux-mêmes.
Les recherches ont montré que l'apprentissage **distribué** est très important, plus efficace et plus durable que l'apprentissage massé (le bachotage par exemple). D'un point de vue cognitif, les capacités d'attention soutenue, les fonctions exécutives, la mémoire de travail ne sont pas mobilisables de façon optimale sur de très longues durées.
Fractionner les épisodes permet donc de mobiliser ces fonctions plus efficacement.

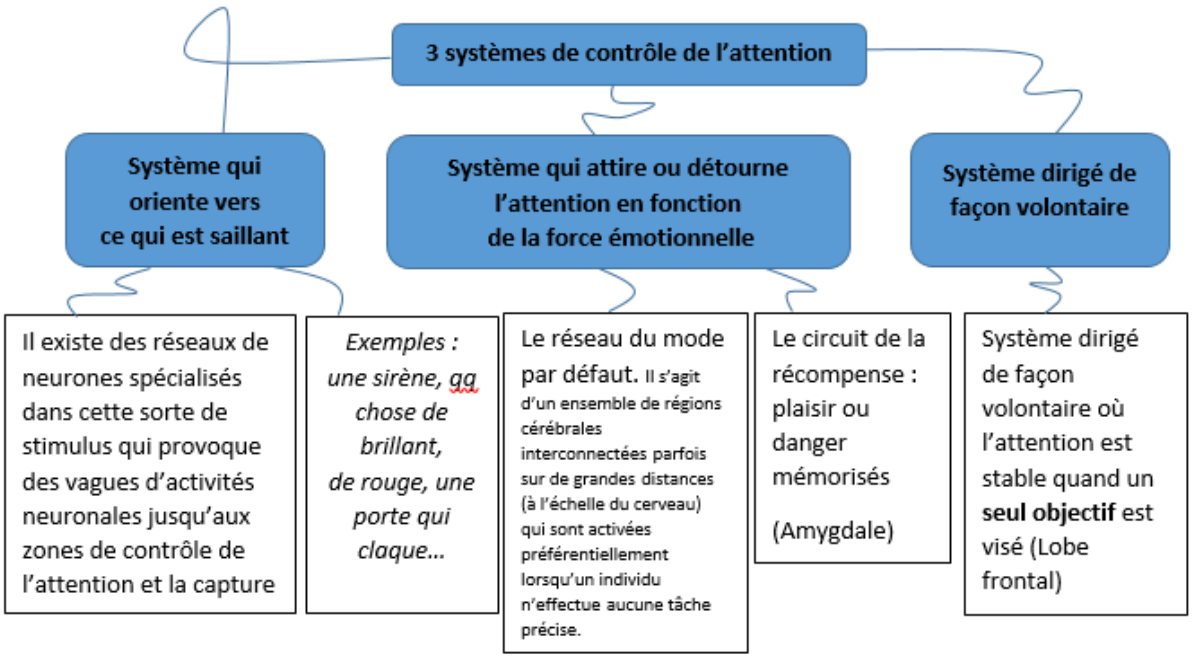
- **Apprendre à apprivoiser et maîtriser son attention – Jean-Philippe Lachaux**, directeur de recherche au sein de l'équipe dynamique cérébrale et cognition, Inserm de Lyon

Le travail de ce chercheur en neurosciences cognitives est de traduire les dernières avancées des neurosciences sous la forme de pratiques d'entrainement pouvant aider les gens à atteindre des états attentionnels optimaux, quelle que soit leur activité. C'est donc, *in fine*, apprendre à apprivoiser son attention.

Voici un schéma explicatif du système attentionnel à partir d'un article tiré de la revue Sciences humaines n° 42- la psychologie aujourd'hui - « Pour une maîtrise de l'attention »



L'attention est difficile à maîtriser parce qu'elle est toujours soumise à des forces.



Pour aller plus loin sur les connaissances du système attentionnel, on ne peut que recommander les 3 ouvrages de JPh. Lachaux, publiés chez l'éditrice Odile Jacob :

1) Le cerveau attentif (2013)

2) Le cerveau funambule (2015)

3) Les petites bulles de l'attention (2016), à destination des enfants, des adolescents et des adultes.
4) Le programme à paraitre : « Atole, attentif à l'école », qui sont des ateliers réalisés dans les classes pour éduquer à l'attention chez les élèves du premier degré et ceux du début du collège.

- **Découvrir des fonctions exécutives à l'école et apprendre à les maîtriser** (dès le cycle 1). **Sandrine Rossi, Amélie Lubin, Céline Lanoë[7],** respectivement maître de conférence en psychologie cognitive, université de Caen- maître de conférence en psychologie du développement, Paris Descartes- maître de conférence en psychologie du développement, Espé académie de Caen.

Ces trois chercheuses proposent des activités pour la classe impliquant les jeunes enfants dans une analyse de leurs propres processus de pensée en leur donnant des outils pour comprendre le fonctionnement de leur cerveau et des outils d'auto régulation de leur activité cognitive.
Issu d'une collaboration entre chercheurs, enseignants, conseillers pédagogiques et IEN, cet ouvrage propose donc les chapitres suivants :

1) Mon cerveau, ma boîte à trésors : former l'élève au fonctionnement cérébral. Les élèves apprennent ce qu'est un cerveau et à quoi il sert dans la vie quotidienne.
2) Se concentrer, c'est réussir : vivre l'expérience de l'attention et de ses différentes formes : attention visuelle, auditive, tactile.
3) Stop ! réfléchis avant d'agir : faire prendre conscience aux enfants qu'ils mettent en œuvre des capacités d'inhibition dans les situations courantes de la vie quotidienne, comme dans les apprentissages scolaires.
4) Change de chemin : faire prendre conscience aux élèves de leur capacité de flexibilité dans les activités de vie quotidiennes et les tâches scolaires.
5) L'attrape-piège : utiliser cet outil pour développer leur capacité à inhiber les pièges et éviter ainsi les réponses immédiates sans prise de recul

- **Le statut de l'erreur à (re)considérer – Stanislas Dehaene,** du Collège de France et du pôle de recherche NeuroSpin, à Saclay.

Sachant que le cerveau fonctionne constamment sur le mode : 1) Prédiction, 2) Feedback,
3) Correction, 4) Nouvelle prédiction… clairement identifié en des endroits du cerveau par IRM, l'erreur est, pour le cerveau, une information comme les autres, utile et nécessaire pour apprendre.

[7] Découvrir le cerveau à l'école, les sciences cognitives au service des apprentissages. CANOPÉ éditions, 2017

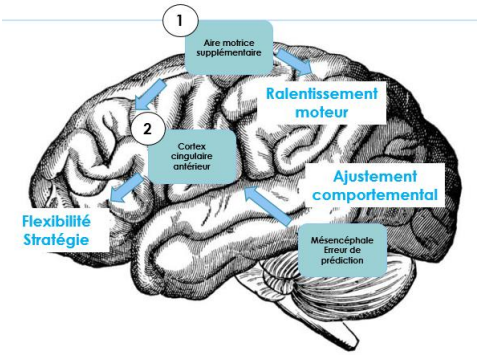
Elle permet de changer efficacement nos modes de réponse et d'adapter nos stratégies.

Par conséquent, il ne faut pas sanctionner l'erreur car le stress inhibe l'apprentissage et tarit l'exploration. En revanche, l'approbation, la validation et les encouragements sont des feed back efficaces pour apprendre.

Il existe deux catégories de feed-back :

Feed back normatif Particulièrement mal vécu par les élèves en difficulté	**Feed back informatif**
Qui situe l'enfant sur une échelle « Tu as 15/20, tu as la moyenne » « Tu as raté cet exercice… »	L'information est plus neutre « Tu as fait 3 erreurs… ce sont 2 de moins que la dernière fois » « Voici tes points forts/tes points faibles »

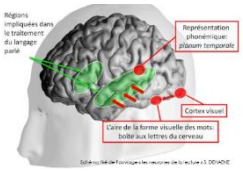
Circuit de détection de l'erreur



- **Les recherches sur la lecture**[8] **Stanislas Dehaene**, du Collège de France et du pôle de recherche NeuroSpin, à Saclay.

Avec son équipe, S. Dehaene a mis en évidence l'idée que l'apprentissage de la lecture spécialise certaines aires du cortex visuel pour la reconnaissance des chaînes de lettres, et les relie aux codes des sons du langage. C'est ainsi qu'a été identifiée une région du cerveau appelée « région de la forme visuelle des mots » ou « boîte à lettres du cerveau ». Il s'agit d'un endroit qui se situe à la jonction des lobes occipital et temporal (*cf.* illustration ci-dessous) et qui se spécialise progressivement pour reconnaître les mots écrits. (Cohen et Dehaene, 2004). Avant d'apprendre à lire, cette aire n'est pas inactive mais elle sert à reconnaître les visages, les objets et les formes géométriques.

Apprendre à lire consiste finalement à recycler un morceau de ce cortex afin qu'une partie des neurones qui s'y trouvent réorientent leurs préférences vers la reconnaissance des lettres – c'est ce qu'on appelle : la théorie du recyclage neuronal.



[8] DEHAENE Stanislas, Les neurones de la lecture, Odile Jacob 2007

Ce recyclage neuronal explique beaucoup de choses, notamment les erreurs en miroir que font les enfants et les personnes illettrées (confusions entre les lettres b, d, p, q et écriture du prénom de droite à gauche). Pourquoi ? Parce que cette partie du cerveau qui sert à reconnaître les objets et les visages ne peut pas s'empêcher de juger que des images symétriques en miroir correspondent à un seul et même objet :

- **L'inhibition cognitive**[9] Olivier Houdé, Professeur de psychologie à l'Université Paris Descartes et directeur du Laboratoire de Psychologie du développement de l'Enfant (LaPsyDE) et membre de l'Institut Universitaire de France.

Dans la continuité des travaux du Prix Nobel d'économie, Daniel Kahneman (2012), Olivier Houdé présente trois systèmes cognitifs dans le cerveau :

Le système 1 : rapide, automatique et intuitif

Le système 2 : plus lent, plus réfléchi et logique

Le système 3 : sous tendu par le cortex frontal, qui joue le rôle d'arbitre entre les deux systèmes. Il assure l'inhibition des automatismes de pensée.

L'inhibition est définie comme une fonction cognitive de haut niveau qui intervient dans le but de superviser ou contrôler les actions. Inhiber, c'est donc savoir résister et contrôler des automatismes de la pensée qui peuvent nous conduire à commettre des erreurs.

Chez l'enfant, les systèmes 1 et 2 se développent en parallèle, mais le système 3 se développe plus tard.

- Voici un exemple qui illustre le rôle de l'inhibition à travers le problème mathématique suivant :

Louise a 25 billes. Elle en a 5 de plus que Léo. Combien Léo a t-il de billes ?

Très souvent, les enfants répondent : 25 + 5 = 30 parce qu'ils se réfèrent au mot « plus » qui les conduit à additionner les termes au lieu de soustraire pour parvenir à la réponse : 25 - 5 = 20.

En d'autres termes, ils ne parviennent pas à inhiber la réaction « Il y a le mot plus, alors j'additionne », pour activer la soustraction.

[9] HOUDÉ Olivier, Apprendre à résister, Le Pommier, 2014 / réédition en 2017

Dans cet exemple (mais il y en a d'autres dans le champ de l'orthographe, de la grammaire, de la conjugaison, des sciences...), il serait donc nécessaire d'apprendre aux élèves à inhiber un automatisme de pensée pour raisonner correctement.

- **Les troubles d'apprentissage**

Avant d'aborder les troubles spécifiques des apprentissages, il est nécessaire de se pencher sur la notion de « **fonction cognitive** ».
Les fonctions cognitives sont des processus mentaux mis en œuvre à chaque fois qu'une information est reçue, stockée, transformée et utilisée. La perception, l'attention, la mémoire, les images mentales, le langage, la résolution de problèmes, le raisonnement et la prise de décision sont donc des fonctions cognitives.

Les troubles cognitifs englobent les dysfonctionnements de ces fonctions cognitives. On les dit spécifiques parce qu'ils affectent une fonction particulière. (Par exemple, la dyslexie est un trouble qui affecte spécifiquement le langage écrit).

Parmi ces troubles spécifiques, on peut citer :

- **les dyslexies** : troubles de l'acquisition et de l'automatisation du langage écrit

- **les dysphasies** : trouble de l'acquisition du langage oral

- **les dysorthographies** : troubles de l'acquisition et de l'automatisation de l'orthographe

- **les dysgraphies** : troubles de l'automatisation du geste graphique

- **les dyspraxies** troubles de la programmation et de l'automatisation des gestes, des praxies

- **les dyscalculies** troubles de l'acquisition des compétences numériques et des habiletés mathématiques

- **les troubles du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H)** qui sont des troubles du développement des processus attentionnels et des fonctions exécutives.

Tous ces troubles apparaissent au cours du développement de l'enfant, avant ou au cours des apprentissages et peuvent persister à l'âge adulte. Ils ont des répercussions sur les apprentissages scolaires et professionnels et peuvent aussi avoir des conséquences affectives et comportementales.

La démarche diagnostique de ces troubles s'effectue selon les étapes suivantes :

1) Le repérage de difficultés d'apprentissage. (Facteurs de risques, signes d'appel). Il concerne la famille, les professionnels de la petite enfance (éducateurs en crèches, assistantes maternelles…), l'école, la PMI et le médecin traitant. Il s'agit du repérage d'une difficulté et de la suspicion d'un trouble. Il se base sur l'observation et une remontées d'informations factuelles.

2) Le dépistage consiste à identifier à l'aide d'outils validés s'il existe un trouble en cohérence avec les observations.

3) Le diagnostic est du ressort du domaine médical et paramédical (et non pas de l'école) et relève, si possible, d'une démarche pluridisciplinaire strictement rigoureuse.

Les troubles spécifiques des apprentissages ont fait l'objet de nombreuses recherches et commencent à être de mieux en mieux compris. C'est dans le domaine de la dyslexie que les recherches ont le plus avancé, c'est la raison pour laquelle ce sera ce sujet qui sera traité dans ce dossier.

L'éclairage scientifique relatif à la dyslexie

Définition

La distinction entre dyslexie et difficultés de lecture est extrêmement importante même si, en pratique, il n'est pas toujours évident de les distinguer clairement d'un point de vue clinique.

Selon le site http://moncerveaualecole.com, la définition officielle de la dyslexie est la suivante : la dyslexie développementale se caractérise par une altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture, qui ne soit pas due à un retard mental, à des troubles de l'acuité visuelle ou auditive, ou à une scolarisation inadéquate.

Modélisation causale de la dyslexie développementale : 3 hypothèses

- Interview du chercheur **Franck Ramus**[10], directeur de recherches au CNRS et professeur attaché à l'Ecole Normale Supérieure de Paris.

Hypothèse 1 : la plupart des personnes dyslexiques ont un déficit phonologique, c'est-à-dire une difficulté dans la représentation mentale et la manipulation des sons de la parole. Or, l'apprentissage de la lecture consiste à mettre en correspondance des symboles visuels avec des représentations langagières phonologiques et sémantiques.

[10] Vidéo interview du chercheur Franck Ramus
http://www.dailymotion.com/video/x9xqi5_dyslexie-bonus-1-pistes-de-recherch_tech

Hypothèse 2 : les personnes dyslexiques auraient une fenêtre attentionnelle plus réduite.

Face à une ligne de texte, nous prêtons attention à 5 ou 6 lettres d'un coup et nous savons lire les mots en une seule saccade, voire deux. À cause de cette fenêtre attentionnelle plus réduite, les personnes dyslexiques n'embrassent qu'une ou deux lettres à la fois et sont obligées d'effectuer plus de saccades le long du mot, tout en mettant en mémoire les lettres précédemment identifiées. On comprend donc pourquoi la lecture est plus couteuse sur le plan cognitif entrainant fatigue, lenteur et un accès au sens très difficile.

Hypothèse 3 : un stress visuel occasionné par l'alternance de lignes noires sur fond blanc.

Chez certaines personnes, cette gêne visuelle entraine un ralentissement de la lecture et la rend moins efficace. Dans les cas les plus sévères cela peut s'apparenter à une migraine et le seul fait de regarder une seule ligne de texte peut être désagréable.

L'imagerie cérébrale peut observer le cerveau des personnes dyslexiques en comparaison de personnes témoins de deux manières :

- observer et identifier les activations du cerveau quand la personne lit ou écoute de la parole.

- observer et comparer l'anatomie des cerveaux

Sur cette question, on note des différences de structure : d'une manière générale, les neurones naissent dans une région cérébrale différente de celle à laquelle ils sont destinés. Ils doivent donc migrer de la région de leur naissance vers la région cérébrale dans laquelle ils vont accomplir leur fonction. Ce processus s'appelle la migration neuronale. Les chercheurs américains ont observé que chez les personnes dyslexiques, des petits groupes de neurones ont mal migré. Ces anomalies de migration neuronale ont été détectées dans certaines régions précises de manière prédominante dans l'hémisphère gauche (du langage) et autres régions spécifiquement impliquées dans le langage et l'apprentissage de la lecture.

Il y a peut-être une transmission héréditaire de la dyslexie, confirmée par de nombreuses études.

Si la rééducation orthophonique ne réparera pas les anomalies de la migration neuronale, elle pourra promouvoir une réorganisation du cerveau de l'enfant qui va lui permettre de récupérer partiellement les fonctions cognitives déficitaires et utiliser d'autres fonctions préservées pour parvenir à faire la même chose de façon différente.

Pour conclure cet article, inspirons nous de la réflexion d'Elena Pasquinelli[11] :

« Dans le cas de l'éducation, une distinction pragmatique doit être tracée entre :

des situations dans lesquelles la science peut fournir une sorte de **GPS à la pratique**, des stratégies d'intervention codifiées précisément définies, (…) avec l'adoption de stratégies qui ont prouvé leur efficacité (par exemple dans le domaine de l'apprentissage de la lecture). Dans ce cas, L'enseignant est censé connaître les pratiques les plus efficaces pour enseigner.

des situations où la connaissance scientifique constitue **une boussole** capable d'orienter la pratique sans donner des indications précises sur les activités à entreprendre. «

C'est ainsi que le processus de co-construction entre les scientifiques et les enseignants est fondamental, dans une logique d'horizontalité, de reconnaissance réciproque et de complémentarité de compétences.

Des ressources pour aller plus loin :

- Le cerveau à tous les niveaux : http://lecerveau.mcgill.ca/

- Mon cerveau à l'école : site http://moncerveaualecole.com

- Cahiers pédagogiques n° 527 de février 2016 : neurosciences et pédagogie

- ANAE n°134 de mars 2015 : la neuroéducation

[11] Revue ANAE n° 134, « la neuroéducation », dossier coordonné par S. Masson, université Québec. Article d'Elena Pasquinelli, chercheuse en philosophie et sciences cognitives : Améliorer le dialogue entre les sciences cognitives et l'éducation en s'inspirant des relations entre la recherche fondamentale et la médecine clinique, p23.