



Fiche de lecture : **Commission maternelle**

Projet de mandature 2018-2021.

Axe de travail « Les rituels à la maternelle sous la focale des sciences cognitives affectives et sociales »

Olivier Houdé —

L'ÉCOLE DU CERVEAU

DE MONTESSORI, FREINET ET PIAGET
AUX SCIENCES COGNITIVES



MARDAGA

LE LIVRE RÉFÉRENCE
SUR LA NEUROPÉDAGOGIE

Professeurs, parents, éducateurs, psychologues, vous trouverez dans ce livre les grands jalons et repères de l'histoire de l'éducation et de la psychologie de l'enfant. Vous y découvrirez aussi la synthèse des résultats les plus actuels des sciences cognitives et du cerveau sur les apprentissages : lire, écrire, compter, penser (ou raisonner) et respecter autrui. Cela constitue une véritable boîte à outils de départ, unique en son genre, pour s'initier à la neuropédagogie ou neuroéducation : portraits historiques (Montessori, Freinet et Piaget), schémas, encarts explicatifs, images du cerveau, exemples d'expériences, pistes pratiques (allers-retours du laboratoire à la classe) et 245 références bibliographiques en français et en anglais pour aller plus loin.

Article des Cahiers Pédagogiques : **Jean-Michel Zakhartchouk**

« Un ouvrage qui se veut « *référence sur la neuropédagogie* » et que Olivier Houdé, spécialiste du développement psychologique de l'enfant, a conçu comme une sorte de boîte à outils à l'usage du grand public, et notamment des enseignants peu au fait des sciences cognitives. Une très abondante bibliographie invite bien sûr à aller plus loin. L'auteur n'hésite pas à aller sur l'arène de ce que l'on nomme probablement mal la « vulgarisation », au risque d'être pourfendu par nombre de ses collègues, mais aussi à relier les sciences cognitives à une longue chaîne qui unit à la fois des philosophes (Platon, Locke, Rousseau) et des pédagogues, au premier chef Montessori et Freinet. Il s'oppose à tout réductionnisme et à tout scientisme : « *Les neurosciences n'enlèvent rien, mais au contraire ajoutent des informations à l'explication des phénomènes, à la compréhension de l'enfant et des apprentissages* ». Il montre les apports mais aussi les limites de chercheurs comme Piaget, mais aussi Skinner (souvent caricaturé). En matière de pratiques pédagogiques, lui, ancien instituteur, ne défend pas le prescriptif mais montre en quoi les sciences du cerveau peuvent aider à être plus efficaces. Un des points majeurs serait de développer les activités réflexives de l'enfant, et en particulier lui faire comprendre petit à petit comment fonctionne son cerveau. Il note que « *l'engagement actif, la curiosité, le retour d'information et la correction d'erreurs sont essentiels, parce qu'ils éveillent l'émotion dans le cerveau des élèves*. » Il expose succinctement sa théorie de l'inhibition qui se trouve conforté par les observations faites en utilisant les technologies d'imagerie cérébrale. Résister aux réflexes, aux routines, aux automatismes, aussi nécessaires soient-ils par ailleurs, permet une prise de

distance favorable à la tolérance et à la prise en compte de l'autre. La « neuropédagogie » peut ainsi contribuer à l'invention d'un « *modèle éthique* » qui, selon JP Changeux, « *tranche avec les violences, les intolérances et les crimes de notre passé culturel* ». En fait, loin d'être remises en cause par les neurosciences, les pédagogies nouvelles, selon Houdé, se trouvent plutôt confortées. Nous voilà bien loin de l'applicationnisme « du labo à la classe ». Un long entretien récent avec l'auteur nous a permis d'aller plus loin, dont on trouvera des échos dans un prochain numéro des *Cahiers*. En complément, Olivier Houdé a écrit avec Grégoire Borst, un ouvrage pour les enfants (mais qui peut servir aux adultes !), illustré par Mathilde Laurent dans la collection Questions, réponses de Nathan, *Mon cerveau*. Parmi les questions, on a tout autant des points assez techniques (qu'est-ce qu'un neurone ? Y-a-t-il une aire de la lecture ? C'est quoi une expérience de psychologie ?) que d'autres qui côtoient la philosophie (le cerveau aime-t-il l'art ? Peut-on dire qu'il est unique ? Qu'est-ce que l'intelligence ?...) Un livre précieux qui doit avoir toute sa place dans les centres documentaires et les médiathèques. »

Résumé du livre : Olivier Houdé a écrit ce livre pour les enseignants débutants. Consacrant son premier chapitre à un rappel précis et référencé des différentes théories de l'apprentissage, il poursuit son second chapitre en mettant en parallèle les apports des neurosciences cognitives, les recherches récentes en neuroéducation et les théories de l'apprentissage ou pédagogues renommés. Pour l'auteur, son livre est un manifeste.

Notes chapitre par chapitre :

Olivier Houdé commence son propos par « le mythe de la caverne » rappelant que pour Platon, l'intelligence (ou la cognition) consistait à se détourner, se libérer des ombres, c'est-à-dire des illusions perceptives. C'est toujours le cerveau qui reconstruit et représente la « vérité ». Dans ce cadre-là, le rôle de l'éducation (ex-ducere) est de guider et conduire hors. Construire son intelligence pour **Piaget**, aider l'enfant par le jeu ou le travail dans un environnement pédagogique favorable pour **Montessori** et **Freinet**.

Olivier Houdé fait référence dans son introduction à :

- **Jean-Pierre Changeux**, *Du vrai, du beau, du bien : une nouvelle approche neuronale* de 2008, *La beauté dans le cerveau* de 2016.
- **Elsbeth Stern**, *La pédagogie rencontre les neurosciences*, article paru en 2005 dans la revue américaine *Sciences*.
- **Mariano Sigman**, *Neurosciences et éducation : le meilleur moment pour construire le pont*, article paru en 2014 dans la revue britannique *Nature Neurosciences*.

Neuropédagogie, neuroéducation : en apportant des indications sur les capacités et les contraintes du cerveau qui apprend, la psychologie expérimentale du développement de l'enfant et les neurosciences cognitives peuvent aider à expliquer pourquoi certaines situations d'apprentissage sont plus efficaces que d'autres. Néanmoins, la complexité des interprétations cognitives et comportementales des activations cérébrales, ainsi que les contradictions entre les chercheurs sur ces mêmes interprétations rendent difficile (voire risquées) les transpositions pédagogiques. (Cf. **Michel Fayol** ou **Xavier Seron**).

- **Stanislas Dehaene**, dans *La bosse des maths, 15 ans après* ou *Les neurones de la lecture*, donne des indications précises pour comprendre et aider les enfants qui rencontrent des difficultés.

- Attention cependant aux neuromythes, cf. **Elena Pasquinelli**, *Mon cerveau, ce héros : Mythes et réalité*, paru en 2015. Ou bien encore un article de **Howard-Jones** paru en 2014 sur le même thème.

L'auteur revient sur l'histoire de l'éducation à travers les grands pionniers des pédagogies et grands psychologues de l'enfant, de l'apprentissage et de l'éducation.

Chapitre 1 : l'intérêt pour l'enfant en pédagogie à travers l'histoire

- **Platon**, cérébrocentriste (la partie rationnelle de l'âme étant dans la tête), illustre la démarche intellectuelle de l'homme. L'intelligence étant un détour forcé, permettant de contourner les contradictions du faux savoir, du sensible et des apparences. Sorte de psychologie de la vérité. C'est le cerveau qui donne accès aux Idées.
- **John Locke**, empiriste : tout s'acquiert par l'expérience sensible dans l'environnement (« tabula rasa »). Le mécanisme s'éduque (importance de l'imitation et du jeu). Incitations sociales et modèles pour développer l'esprit.
- Innéisme de **Descartes**.
- Structures préfabriquées de **Kant**. (a priori de l'entendement)
- Lois de construction des structures de **Piaget**, de l'empirisme au constructivisme.
- **Rousseau** préconise un précepteur, afin de faire naître et d'entretenir les occasions d'interaction avec le monde physique. Pour l'épanouissement de l'enfant. Mettre au centre l'observation, l'expérimentation et le contact direct avec les choses
- **Jean Itard** (cf. *Victor l'enfant sauvage*) : postulat d'éducabilité, dans une société inclusive.
- **Édouard Seguin** et **Thomas Bourgeron** (*Une école sans échec : L'enfant en difficulté et les sciences cognitives*, 2013)
- **Montessori**, avec son approche à la fois médicale, scientifique, psychologique, pédagogique et pragmatique. L'éducation des petits passe par les sens, les gestes, l'attention. Le but est de leur proposer des tâches cognitives peu difficiles, sans excéder leur possibilité (de trop) en les aidant avec bienveillance à trouver leur autonomie. L'intelligence ne se construit pas lentement, elle se construit par l'action (en opposition à l'enseignement traditionnel) : importance de la main et de l'éveil sensoriel. Immense responsabilité des adultes et des éducateurs.
- **John Dewey** « learning by doing »
- **Gopnik** (conférence de 2011)
- **Célestin Freinet** est convaincu que l'éducation nouvelle est la clé de l'émancipation politique et citoyenne (permettant de créer un nouvel humain). Importante dimension sociale et collective au sein des apprentissages, création de la coopérative, du fichier coopératif scolaire, ... autoévaluation (critères et brevets). Pédagogie fondée sur l'action, la pratique, les essais-erreurs et le projet.

L'éducation nationale : réorienter l'école vers l'enfant et ses centres d'intérêt pour le rendre acteur de ses apprentissages et contribuer à son émancipation.

- **Skinner** : la question du contrôle des connaissances (enseignement programmé). Conditionnement opérant (**Pavlov** = conditionnement répondant).
- **Ovide Decroly** (cofondateur du courant de l'éducation nouvelle) : travaux avec des enfants en grande difficulté, « irréguliers ». Formation de médecin, soucieux du bien-être et de la santé physique qui conditionnent tout épanouissement et tout apprentissage. Recherche de la sécurité affective (qui passe aussi par le jeu).

- **Jean Foucambert** s'oppose au classique b.a.ba et propose une méthode globale (idéovisuelle).
- Création du premier laboratoire de psychologie expérimentale par **Gustav Fechner** et **Wilhem Wundt**. Suivis par **William James** à Harvard et **Alfred Binet** à Paris (premier test d'âge mental, test Binet-Simon, étude « Attention et adaptation » et prémices de recherches sur l'inhibition : observation du coût exécutif du changement de tâche et concept « d'amorçage négatif »), William Stern (mesure du $QI = \text{âge mental} / \text{âge réel} \times 100$). Travaux issus de la psychologie statistique anglaise (**Pearson**, **Fisher** et **Spearman**, initiés par **Francis Galton**, inspiré par **Darwin**).
- **Jean Piaget** (et son équipe, dont **Bärbel Inhelder**) étudie les formes successives d'élaboration de la logique à travers l'ontogenèse des conduites à travers deux séries de travaux :
 - L'examen méthodique des différentes notions ou normes logiques et les domaines où elles se développent.
 - L'élaboration de modèles formels qui rendent compte précisément de la genèse de ces invariants.

Il est le premier à considérer l'enfance comme le terrain expérimental de l'épistémologie (au sens des mécanismes généraux de la construction des connaissances). Il élabore une « épistémologie génétique » et établit un lien direct entre psychologie et biologie (cf. « cercle des sciences »). Pour lui, le développement de ces comportements (et donc de l'intelligence) passe par une série de *stades* (modèle de l'escalier) régis par des « *schèmes d'actions* » (comme par exemple « la permanence de l'objet », principe fondamental de la construction du réel) :

- Intelligence sensori-motrice (fondée sur les sens et les actions) de 0 à 2 ans
- Intelligence symbolique (ou représentative) vers 2 ans
- Intelligence conceptuelle (nombre, catégorisation, raisonnement) qui est flexible (réversibilité opératoire) concrète vers 7 ans
- Intelligence conceptuelle abstraite et formelle (raisonnement hypothético-déductif) vers 12-14 ans

Piaget propose donc une théorie « constructiviste », intermédiaire entre l'empirisme (Locke, Hume) et l'innéisme (Platon, Descartes, Kant) qui souligne l'interaction (dynamique entre assimilation et accommodation) entre l'individu et son environnement (ou d'un point de vue biologique, entre l'organisme et son milieu). Le processus cognitif fondamental « intériorisation-combinaison » permet aux actions de devenir progressivement des opérations mentales. Pour Piaget, le développement est un mécanisme logique interne à l'enfant et se déploie stade après stade (il précède l'apprentissage).

- **Lev Vygotski** s'intéresse à la construction historico-culturelle de l'intelligence (à savoir les outils sociaux, tels que le langage).

Pour lui, le langage égo-centrique de l'enfant (qui accompagne ses gestes par la parole) est à l'origine du langage intérieur et régulateur des actions. Il définit une « Zone Proximale de développement » (ZPD) qui rend compte des rapports entre apprentissage et développement (l'apprentissage précède le développement). Conception dynamique du développement cognitif (niveau de développement actuel / potentiel), potentialité plus ou moins actualisable lors des interactions pédagogiques (l'école étant le vecteur principal des contextes sociaux).

- **Jérôme Bruner** a lui proposé la fonction d'étayage, soulignant la nécessaire relation de confiance au sein de la relation, de l'intersubjectivité. Remarquant que l'intention

d'apprendre des élèves est directement tributaire de la posture de soutien social adoptée à leur égard par les adultes, il attribue un grand poids à la culture humaine.

- **Burrhus Skinner** s'inscrit dans la lignée des travaux d'**Edward Thorndike**, avec les courbes d'apprentissages d'animaux en cage et le stimulus-réponse, et d'**Ivan Pavlov**, avec l'apprentissage par conditionnement. Behaviorisme.

Se basant sur la découverte des lois fondamentales de l'apprentissage animal (renforcement par la récompense) pour modéliser la situation de classe comme environnement positif d'apprentissage, il a inventé l'enseignement programmé, où l'apprentissage s'adapte au rythme de l'élève (les renforcements positifs gradués se rapprochent des dispositifs de neurofeedback des neurosciences aujourd'hui). Il était pour l'abandon des punitions (principe confirmé aujourd'hui aussi, physiologiquement, à propos du rôle négatif de la peur sur la mémorisation).

Pour améliorer les apprentissages à l'école il faut donc rassembler, faire converger l'ensemble de ces approches, fondées sur l'enfant (ses actions, ses capacités d'adaptation, sa logique interne de raisonnement, le contexte social, son cerveau, l'étude des processus mentaux). Il faut capitaliser les acquis intéressants (et scientifiquement validés) et les découvertes récentes sur le cerveau et la cognition des enfants.

Chapitre 2 : Sciences cognitives et sciences de l'éducation

L'objet de ce second chapitre est de présenter les éléments essentiels de ce nouveau champ disciplinaire.

La cognition (fonction de connaissance) comprend : la perception, l'apprentissage, la mémoire, le langage, le raisonnement, l'intelligence,... Pour **Piaget**, le développement de l'intelligence chez l'enfant est la forme optimale de l'adaptation biologique.

- La révolution des sciences cognitives, cf. *Vocabulaire de sciences cognitives*, **Houdé**, 1998, qui décrit l'histoire récente de ces nouvelles sciences cognitives.
- Cybernétique des années 40 (science des mécanismes de commande, de pilotage ou de contrôle. Cf. **Julien Offray de La Mettrie** (*L'Homme machine*, 1748). Robotique et Intelligence Artificielle (IA) aujourd'hui.
- Essor des neurosciences, cf. **Jean-Pierre Changeux** *L'Homme neuronal, trente ans après*, 2016. Vers une science naturelle et cognitive de l'humain (le cerveau dans son corps et en contexte social).
- Des sciences de l'éducation peu neuroscientifiques, le cerveau humain est social et culturel.

L'approche matérialiste n'en est pas pour autant réductionniste. Cf. les nombreux travaux d'Antonio Damasio. **Exploiter** les ressources actuelles (IRMf et psychologie expérimentale) pour éclairer certains mécanismes neurocognitifs élémentaires d'apprentissage (dont dépendent les phénomènes éducatifs, sociaux et culturels, plus complexes). **Observer** le fonctionnement du cerveau qui apprend.

- La technologie du développement alliée à l'imagerie cérébrale, le cerveau (organe de la pensée et de l'apprentissage) comme tous les autres organes, impose ses lois à notre santé. Les nouvelles technologies (les techniques d'imagerie cérébrale TEP et IRMf) s'ajoutent à la « boîte à outil » des psychologues.
- Comprendre comment les comportements et processus d'apprentissage sont contraints par les lois de fonctionnement du cerveau

- Comment l'environnement (l'école en particulier) modifie et fait progresser le cerveau des enfants.
- Récentes découvertes, passer d'une intelligence *incrémentale* (stades de Piaget) à une modélisation complexe (développement de l'intelligence jalonné d'erreurs, de biais perceptifs et cognitifs, de décalages inattendus, des retours en arrière ou régressions). Un développement dynamique non linéaire, **Daniel Siegler** explique que de multiples stratégies cognitives se chevauchent.
- **Daniel Kahneman** propose une modélisation selon 2 systèmes : système1 (S1 intuitif ou heuristique, rapide et automatique, économique) et système 2 (S2 règles logiques ou algorithmiques exacts, « réfléchir », lent). Dans tout cerveau, ces 2 systèmes peuvent entrer en compétition, et forment alors des « conflits cognitifs ».
- **Olivier Houdé** propose une modélisation avec 3 systèmes (S1, S2 et S3 : système d'inhibition) car pour dépasser les conflits cognitifs, l'adaptation de l'ensemble du cerveau dépend de la capacité de contrôle du cerveau, à inhiber S1 et activer S2. (« Inhiber c'est apprendre à résister »).

Les trois systèmes cognitifs

Système heuristique

Pensée «automatique»
et intuitive

Fiabilité

Rapidité



1

Système d'inhibition

Interrompt le système
heuristique pour activer
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage

3

Système algorithmique

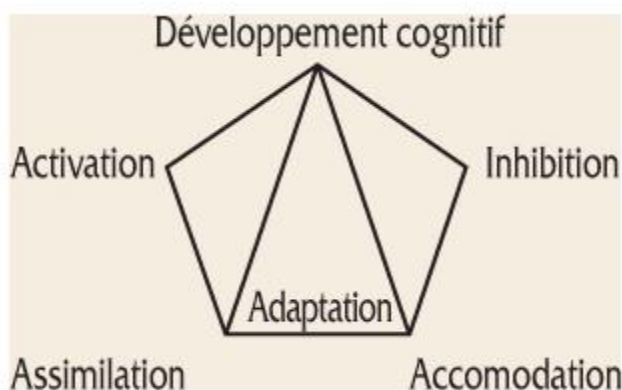
Pensée réfléchie
«logico-mathématique»

Fiabilité

Rapidité



2



Double dynamique de l'adaptation dans le développement cognitif

La conception du développement de l'intelligence et des apprentissages cognitifs est ici modélisée en un système dynamique et non linéaire.

- Les grands principes d'apprentissage du cerveau humain, cf. **Stanislas Dehaene** (les 4 piliers de l'apprentissage)

- ***L'éducation, la plasticité et le recyclage neuronal.***

Deux modèles sont proposés : « nouvelle empreinte neuronale » (sorte de circuit « neuro-culturel », **Changeux, Dejerine**) et « recyclage neuronal (**Dehaene**), qui conduisent tous deux à dire que la lecture provoque, de façon certaine, la signature d'un apprentissage culturel intense (ici scolaire) dans le cerveau. Cf. *Apprendre à lire : des sciences cognitives à la classe*, **Dehaene** 2011, précise que les dyslexies, touchant près de 5% de la population, sont provoquées par un trouble phonologique d'origine génético-biologique (cf. **Gabrieli** 2009).

- ***L'engagement actif*** (curiosité, retour d'information, émotion et correction d'erreurs) cf. travaux de **Freeman**, 2014, lorsqu'il est actif, l'enfant effectue des prédictions, réfléchit à une réponse et l'anticipe. Travaux de **Bonawitz**, 2011, l'enseignement trop explicite tue la curiosité.

On préconise donc l'action et l'expérimentation avec essais erreurs, associées au raisonnement curieux de l'élève. (Montessori, Freinet, Decroly, Skinner, Charpak-LAMAP). En effet, le mécanisme fondamental qui nous permet d'apprendre à partir d'un modèle cognitif interne initial est le calcul de la différence entre la récompense attendue et celle reçue. Cette différence est appelée « signal d'erreur » (**Schultz** 1997, 2016). C'est aussi le principe du neurofeedback.

On ne peut qu'inciter les enseignants à inventer des pratiques pédagogiques qui simulent cet effet de neurofeedback (prise de conscience, regard sur soi), et expliquer aux élèves comment fonctionne et réagit le cerveau humain en contexte d'apprentissage.

La question des émotions est aussi centrale dans le cadre des apprentissages (cf. travaux de **Damasio**) : il existe dans le cerveau humain des circuits identifiés dont la fonction est le guidage émotionnel de l'apprentissage et de la prise de décision. L'émotion (individuelle ou collective, positive) liée à l'engagement actif, à la curiosité au retour d'information et à la correction d'erreurs est un très bon guide de l'intelligence dans le cerveau. L'émotion est au centre de la classe et des apprentissages, parce qu'au centre du cerveau et du corps.

L'homéostasie (équilibre individuel) est un concept essentiel.

Bien raisonner, c'est aussi penser autrement (sortir du conformisme social), ce que Houdé appelle « la résistance cognitive » (recul et esprit critique).

- ***La mémoire et la consolidation*** : espacement des apprentissages et rôle du sommeil.

Espacer les périodes d'apprentissage optimise la mémoire grâce au rôle du sommeil dans la consolidation et réorganisation des apprentissages. Les travaux de **Francis Eustache** sur la mémoire ont permis de définir de multiples systèmes en interaction (mémoire de travail / mémoire procédurale / mémoire perceptive / mémoire sémantique / mémoire épisodique). Cette conception « multi-système » est une modélisation « néostructural intersystémique » (les modifications provoquées par la mémorisation étant à la fois au niveau des synapses et au niveau des grands ensembles neuronaux).

Eustache et **Guillery-Girard** (2016) préconisent des stratégies de mémorisation pour améliorer l'encodage et la récupération des informations à l'école :

- vérifier l'état affectif (cf. sécurité affective de Decroly)
- multiplier les modalités perceptives (cf. Montessori)

- enrichir avec une réalisation sensorimotrice (cf. Montessori, Freinet, Piaget, Skinner)
- associer encodage et émotions positives (Damasio)
- créer des liens pour réaliser un réseau sémantique
- associer l'information à la mémoire épisodique de l'enfant

Ils préconisent aussi des stratégies d'organisation du matériel à mémoriser, et insistent sur le fait d'apprendre à l'enfant à mémoriser seul (métacognition) précisant le rôle social de la métamémoire (**Guillery-Girard**). Expliquer à l'élève la façon dont il doit analyser la situation de mémorisation, prendre en compte la tâche, gérer le temps, le type de représentation privilégiée, les situations d'échec,...

- ***L'automatisation et le contrôle inhibiteur dans les apprentissages.***

L'automatisation : connaissances (sémantiques ou procédurales) bien établies, apprises par la répétition, la mémorisation par cœur.

La désautomatisation par l'inhibition active : imagination (changer de stratégie de raisonnement). Sorte de contrôle attentionnel et comportemental.

Entraîner l'inhibition : inhiber ses actions (1,2,3 soleil !, Jacques a dit, Pigeon vole,...)

inhibition totale (jeu des statues, approche méditative : MPC,...)

L'auteur revient sur la tâche de Piaget (des jetons, conservation du nombre) et la soumet en expérimentation en IRMf afin de montrer le rôle de l'inhibition au sein de développement cognitif de l'enfant (en effet les neurones dédiés aux nombres voisinent ceux dédiés à des dimensions spatiales non pertinentes, c'est le continu qui interfère avec le discontinu. Olivier Houdé appelle cela « le biais de raisonnement déductif et inductif »).

Il présente les erreurs fréquentes en mathématiques, orthographe et lecture sous la focale de l'inhibition (« je vous direz », « Jean a 25 billes, il a 5 billes de plus que Léo, combien de billes a Léo »...). Apprendre à apprendre c'est savoir, dans certains cas, inhiber ses automatismes cognitifs, ses heuristiques spontanées.

Pour entraîner l'inhibition positive, l'attention et la mémoire de travail, l'auteur fait référence à **Diamond** (2007) qui a réalisé un programme visant à entraîner les fonctions exécutives (FE) telles que l'inhibition, la flexibilité et la mémoire de travail et à **Rueda** (2005) qui a démontré l'impact direct d'exercices informatisés de contrôle attentionnel sur le cerveau.

Exemple de l'expérience du « Marshmallow » de **Mischel**, en 1972, reprise en 1990 par **Yuichi** (expé : résister à la tentation de manger une guimauve tout de suite avec la promesse d'en recevoir deux plus tard, suivi longitudinal d'une cohorte d'enfants. Les conclusions : ceux qui avaient le meilleur contrôle inhibiteur étaient ceux qui parvenaient à établir et développer les meilleures relations sociales, faisaient preuve d'autorégulation cognitive et affective, avaient de meilleurs résultats scolaires et professionnels, et moins de comportements déviants, une dimension essentielle de ce test était la confiance que les enfants accordaient à l'adulte).

- Importance d'un environnement éducatif fiable et bienveillant
- Entraîner l'enfant à être attentif dans une tâche (cf. **JP Lachaux** 2016), et pour cela définir avec lui l'objectif à atteindre et décomposer en étapes.

Différentes recherches ont par ailleurs démontré que la pratique d'un sport ou d'un instrument de musique améliore les fonctions exécutives du cerveau. Les études portant sur la mémoire de travail (dont la capacité est limitée, de 1 à 7 éléments selon les individus) démontrent que celle-ci peut être entraînée et que cet apprentissage accroît l'activité des neurones du cortex. Mémoire de travail et attention combinées sont un processus transversal à toutes les fonctions cognitives. L'inhibition étant un processus d'attention sélective. Il existe par ailleurs un lien étroit entre le système attentionnel et la conscience.

Des travaux sur les jeux vidéo ont démontré leur effet bénéfique sur les capacités attentionnelles (visuelle sélective) mais il ne faut pas oublier les modifications de la mémoire, la fatigue visuelle, les pratiques excessives et l'addiction (« Les écrans changent-ils le cerveau ? » **Houdé** 2016).

Expliquer le cerveau et le contrôle cognitif aux enfants est indispensable. (Apprendre par exemple à « bloquer notre cerveau quand nous devons éviter des erreurs répétitives »).

Cf. **LaPsyDé**, laboratoire de recherche qui propose des expérimentations collaboratives avec des enseignants des Cycles 1, 2 et 3 via la plateforme numérique Léa (L'école aujourd'hui) et l'éditeur Nathan (<http://lea.nathan.fr/>).

Cf. Dispositif cogni'classes animées par **Jean-Luc Berthier**.

Cf. Ouvrage pour les enfants « *Mon cerveau : Questions ? Réponses !* » 2018, **Houdé-Borst**.

Au cœur de la tolérance et du respect d'autrui, parce que la question du contrôle cognitif ne concerne pas que les apprentissages scolaires... Le développement social, apprendre à considérer le point de vue d'autrui et inhiber l'égoïsme du cerveau, c'est éduquer à la tolérance (construire une théorie de l'esprit, du cerveau de l'autre). Cf. **Aïte** 2016, **Mahy** 2014. **Changeux**, en 2016, propose d'inventer un « modèle éthique » pour assurer efficacement la survie et le bien vivre de l'humanité.

- **L'éveil du beau** : un dernier point, essentiel selon l'auteur, l'éducation artistique et culturelle (autrement que comme variable d'ajustement dans l'agenda scolaire).

-Penser à l'esthétique de l'environnement pédagogique (cf. **Changeux** « *La beauté dans le cerveau* » 2016). La contemplation par l'œil et l'écoute par l'oreille d'œuvres d'art correspondent à des phénomènes physicochimiques (impulsions nerveuses, analyse et resynthèse de l'œuvre qui font que des traces de l'environnement artistique et culturel s'impriment quasi directement dans le cerveau des enfants). La « vérité » de l'œuvre s'enrichit ensuite de l'accès conscient au sens et à la mémoire (avec la synchronisation de l'activité de plusieurs aires cérébrales sollicitées par la contemplation de l'œuvre).

-Essentiel d'exposer les cerveaux des enfants à la beauté.

-Trois critères à atteindre selon **Changeux** : la nouveauté, la cohérence et la parcimonie.

En résumé, des Lumières aux Neurosciences « Un siècle d'école : *Toute l'histoire de l'école, de Jules Ferry à nos jours* », **Viart** 2012 (album illustré).

« *Les écrans, le cerveau et l'enfant : un projet d'éducation à un usage raisonné des écrans* » **Pasquinelli**, La fondation La Main à la Pâte, 2013. « *L'enfant et les écrans* » **Bach**, 2013.

En conclusion, **Olivier Houdé** rappelle que pour lui, les neurosciences sont emboîtées dans et préparées par auteurs et pédagogues qui ont jalonné l'histoire de l'éducation, de **Platon** à **Skinner**. Il pose les essentiels de la neuropédagogie en 4 points :

- Un organisme passif n'apprend pas
- On éduque en aveugle (sans bien connaître les mécanismes internes du cerveau humain qui apprend)
- Dans le cerveau il y a deux systèmes (heuristiques rapides / règles logiques exactes) et la flexibilité et l'inhibition sont essentielles à l'apprentissage
- Il existe 4 principes (cf. piliers de l'apprentissage **Dehaene**)

D'autres livres, plus spécialisés en matière de dysfonctionnement abordent les troubles neurodéveloppementaux. « *Une école sans échec : l'enfant en difficulté et les sciences cognitives* », **Glaser** 2013 ; « *La neuroéducation : La mémoire au cœur des apprentissages* » **Eustache, Guillery-Girard** 2016 ; « *L'enfant dyspraxique : Mieux l'aider à la maison et à l'école* » **Huron** 2011. La science ne fait pas la classe... mais elle peut y contribuer.