

De la recherche en sciences cognitives à la pédagogie en classe.

Comment les neurosciences peuvent aider les pédagogues à développer les capacités de raisonnement de leurs élèves ?

Les neurosciences ont contribué à des progrès dans le domaine de la médecine mais aussi dans celui de l'économie (avec notamment l'étude de l'impact des émotions et de l'anticipation du regret dans la prise de décisions et l'explication de certains comportements, remettant en cause la rationalité et l'individualisme méthodologique cher aux néoclassiques)

La neuropédagogie, nouveau champ de recherche exploitant les nouvelles technologies en imagerie médicale, permet de mieux comprendre les mécanismes cognitifs de l'apprentissage et peut éclairer les pratiques des enseignants

Sans écarter les problèmes éthiques qu'une technoscience de l'éducation peut poser présente les premiers éléments d'une neuropédagogie du raisonnement.

La pédagogie est la science des apprentissages, c'est aussi pour Olivier Houdé, « un art qui devrait s'appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées ».

En comprenant comment le cerveau fonctionne enseignants comme élèves peuvent mieux choisir leurs stratégies d'apprentissages, ils peuvent mieux comprendre pourquoi certaines situations d'apprentissages sont efficaces et d'autres pas.

Après Piaget, Olivier Houdé a développé une nouvelle théorie pour expliquer l'apprentissage. À l'aide de l'apport de la psychologie et des progrès de l'imagerie cérébrale, il a isolé une fonction essentielle du cerveau : la résistance cognitive. C'est la capacité de notre cerveau à inhiber les automatismes de pensée pour nous permettre de réfléchir. En s'interrogeant sur ce qui se passe dans le cerveau à l'instant qui précède une bonne réponse ou une erreur, Olivier Houdé montre que raisonner c'est avoir une attitude réflexive par rapport à ce que son esprit croit logique.

Ancien instituteur, Olivier Houdé est professeur de psychologie à l'Université Paris Descartes, directeur du Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant (LaPsyDÉ). Seul labo CNRS de cette spécialité en France il est en lien étroit avec ce qui se passe en classe.

Comment fonctionne le cerveau, comment se construit le raisonnement dans le cerveau ? Cette question est au cœur des recherches en psychologie du développement cognitif, à la croisée des sciences cognitives et de la pédagogie.

Les stades de Piaget et le développement cognitif linéaire

Jean Piaget (1896-1980) a été le premier psychologue qui a étudié de façon expérimentale le développement cognitif. Ses travaux de recherche les plus célèbres concernent le développement de l'intelligence et sa théorie des stades du développement de l'intelligence. Piaget soutient que les opérations mentales se développent progressivement, marche après marche selon le « modèle de l'escalier », chaque marche correspondant à un grand progrès.

Ainsi, de 0 à 2 ans, le bébé serait au stade sensori-moteur. L'interprétation du monde se fait à partir des sens et des actions de l'enfant. A partir de 2 ans, l'enfant prend de la distance par rapport au réel et commence à conceptualiser. Vers 6-7 ans, c'est « l'âge de raison » et il réalise des opérations mentales concrètes (nombre, catégorisation...) puis, au dernier stade (12 -16 ans) abstraites. A l'adolescence, il acquiert des capacités de raisonnement « hypothético-déductif » à partir de propositions, d'hypothèses sous la forme de « Si...alors... »

La théorie du développement linéaire de l'intelligence de Piaget a profondément marqué et marque encore le monde de la psychologie et de l'éducation. (Le Que sais-je ? *La psychologie de l'enfant* de Piaget et Inhelder, publié en 1966, a été vendu à des centaines de milliers d'exemplaires)

La nouvelle psychologie du développement de l'enfant repose sur des données nouvelles et remet en cause en partie le 'modèle de l'escalier' de Piaget. (Houdé , 2004). Tout d'abord, il existe déjà chez les bébés des capacités cognitives complexes, qui ne correspondent pas à un fonctionnement sensori-moteur. Grace aux techniques de vidéo et à l'ordinateur (dont ne disposait pas Piaget), des chercheurs ont montré, en analysant les réactions visuelles, que des bébés de 4-5 mois pouvaient réaliser des additions ($1+1=2$) et des soustractions ($2-1=1$). Une étude de K Wynn (1992) a utilisé des Mickeys en marionnettes. Si l'on faisait apparaître 1 Mickey +1 Mickey = 1 (résultat truqué), le bébé fixait beaucoup plus longtemps le résultat que s'il n'était pas truqué ($1M+1M=2M$) démontrant ainsi qu'il percevait l'erreur de calcul. Les bébés ont donc, très jeunes, une forme de raisonnement logique, bien avant l' « âge de raison » de la théorie piagétienne.

Piaget affirmait qu'à partir de 10-12 ans, alors que la « dernière marche » du développement était atteinte, l'enfant ne devait plus faire d'erreur logique. Or les adolescents comme les adultes continuent à faire des erreurs assez simples. Christian Morel, ancien cadre dirigeant de groupes industriels français, décrit dans son livre « Les Décisions absurdes » (2002) comment des pilotes, des managers, des ingénieurs peuvent parfois laisser des processus de raisonnement « quasi enfantins (...) surgir ou resurgir comme s'ils étaient restés en embuscade dans les esprits, prêts à bondir dès la suspension de l'inhibition qui les bride habituellement » (Morel, 2002, p.144)

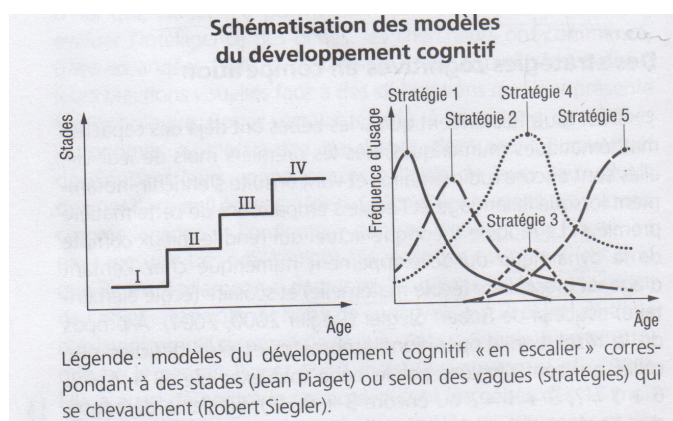
A l'adolescence et à l'âge adulte le développement de l'intelligence est construit d'erreurs et de retours en arrière dans les performances, les échecs et les réussites se succédant. Les professeurs le constatent tous les jours chez leurs élèves comme chez eux !

Ainsi, au lieu de suivre un développement linéaire et cumulatif du sensori-moteur à l'abstrait, le développement de l'intelligence est plutôt biscornu et accidenté. Il y a là une similitude avec la construction des connaissances scientifiques. Michel Serres (1992) montre ainsi que l'histoire des sciences est jalonnée de ruptures, d'arrêts et d'accélération.

Un développement cognitif « biscornu »

Raisonnement, c'est mettre en œuvre une stratégie cognitive.

Robert Siegler (Siegler 2000) a démontré que l'enfant dispose d'une variété de stratégies cognitives qui sont en compétition. Par exemple pour faire des additions du type $3+5 = ?$ ou $6+3 = ?$ l'enfant peut deviner, compter avec les doigts, partir du plus grand nombre, retrouver le résultat en mémoire... A la différence du modèle en escalier de Piaget, Siegler conçoit le développement cognitif comme une succession de vagues qui se chevauchent. Plusieurs vagues approchent du rivage (comme plusieurs façons de résoudre un problème), elles se chevauchent et rentrent en compétition. Avec le temps, l'expérience et selon les situations, l'enfant va apprendre à choisir une stratégie.

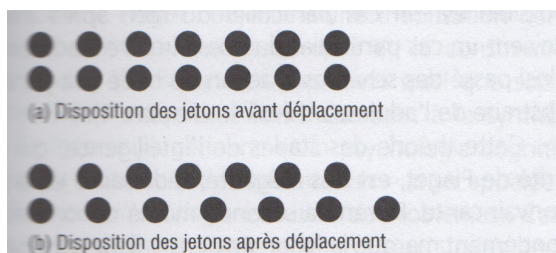


Source : Houdé O. Leroux G. *Psychologie de développement cognitif* PUF, 2008, P.14

Olivier Houdé va montrer que se développer, c'est non seulement construire et activer des stratégies cognitives nouvelles, mais aussi apprendre à inhiber des stratégies déjà existantes qui entrent en compétition dans le cerveau. Là où Piaget voyait des stades successifs en escalier et un mode de développement linéaire de l'intelligence, Olivier Houdé voit un modèle dynamique. A tout âge, il y a plusieurs façons de résoudre un problème à l'aide de stratégies qui sont en compétition dans le cerveau.

Pour cela il reprend le célèbre test piagétien de « conservation du nombre » avec des enfants de 5 à 10 ans

La tâche piagétienne de conservation du nombre



Légende : disposition des jetons avant et après le déplacement ; on demande à chaque fois à l'enfant « s'il y a ou non pareil-le même nombre de jetons » dans les deux lignes

Source : Houdé O. Leroux G. *Psychologie de développement cognitif* PUF, 2008, P.31

En montrant à l'enfant deux alignements de jetons de même nombre et de même longueur, celui-ci reconnaît facilement qu'il y a le même nombre de jetons. Mais, si ensuite on lui présente de nouveau deux alignements avec le même nombre de jetons, mais plus espacés dans l'une des collections, l'enfant considèrera qu' « *il y a plus de jetons là où c'est plus long* ». Pour Piaget, c'était une erreur cognitive prouvant que l'enfant de 5 ans n'avait pas encore acquis le stade du nombre qui pour lui n'intervenait qu'à l'âge de raison, 6-7 ans.

Face à un problème, l'enfant va privilégier la stratégie de réponse la plus automatique, celle qui est efficace et rapide.

Pour le test des jetons, la réponse la plus rapide vient de l'automatisme : longueur = nombre. Pour Olivier Houdé, ce qui est difficile à l'enfant dans l'expérience de Piaget c'est d'être incapable d'inhiber la stratégie automatique : longueur = nombre, qui marche d'habitude très bien (pour l'adulte aussi pour qui, ce qui est souvent les cas, un rayon de supermarché plus long contient plus de produits)

L'erreur vient de la difficulté à inhiber l'automatisme .L'intelligence serait donc comme l'explique Olivier Houdé dans son dernier livre « *Apprendre à résister* » la capacité à limiter nos automatismes,

Des stratégies de pensée en compétition, source de biais dans le raisonnement

Daniel Kahneman, psychologue, spécialiste du raisonnement et de la prise de décision a reçu le « prix Nobel d'économie » en 2002 pour son travail sur la compréhension de la façon dont le cerveau décide en économie. Selon Kahneman, la pensée à deux vitesses, la première intuitive, rapide et émotionnelle (Système 1) et la deuxième plus logique et réfléchie (Système 2). Ses travaux ont montré que dans les choix et prises de risques financiers par exemple, la pensée rapide (S1) portée par des intuitions et des émotions court-circuitait souvent un jugement plus logique fondé sur le calcul des probabilités. (S2). Kahneman s'interroge sur la possibilité d'éviter ce biais dans le raisonnement.

Cette même question est essentielle en pédagogie : comment éviter ces biais dans le raisonnement qui conduisent à de fausses réponses des élèves?

Comment inhiber nos automatismes « en mémoire » pour nous permettre de réfléchir ?

Les progrès de l'imagerie cérébrale et l'essor des neurosciences cognitives depuis une quinzaine d'années vont permettre d'explorer le fonctionnement du cerveau qui résonne. En 2000, le laboratoire de Psychologie cognitive d'Olivier Houdé a publié,¹ grâce aux techniques d'imagerie cérébrale, la première démonstration expérimentale du contrôle exécutif opéré par le cerveau dans l'inhibition des automatismes. Dans l'article "*Imagerie cérébrale, cognition et pédagogie*" paru en 2011 dans *Medecine/science*, Olivier Houdé reprend cette question de l'exploration du cerveau qui apprend, afin d'en tirer des enseignements pour les pédagogues.

¹ Houdé O. « *Shifting from the Perceptual Brain in the logical brain : the neural impact of Cognitive inhibition training* » « *Flexibilité du cerveau perceptif au cerveau logique : l'impact neuronal d'un entraînement à l'inhibition cognitive*

La neuropédagogie du raisonnement peut en étudiant comment le cerveau comprend aider les pédagogues à choisir les stratégies d'apprentissages et à entraîner le contrôle exécutif du raisonnement et non la seule logique.

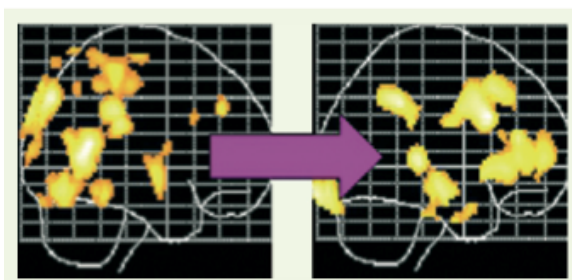
Etude de psychologie expérimentale, imagerie cérébrale et inhibition cognitive

L'utilisation de l'imagerie médicale (notamment l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et l'électroencéphalographie (EEG) à haute densité) permet d'étudier les réseaux neuronaux qui sous-tendent les fonctions cognitives. A l'aide de l'imagerie cérébrale, il est possible d'observer ce qui se passe dans le cerveau d'un élève avant et après un apprentissage et d'étudier la manière dont il se reconfigure. Les expériences du laboratoire d'Olivier Houdé sont menées avec des enfants de tous les âges, de la grande section de maternelle aux adolescents.

Pour démontrer pourquoi dans la compétition entre l'automatisme (S1) et la logique (S2), l'enfant comme l'adulte échoue à inhiber la stratégie perceptive dominante, la méthode a consisté à tester par des études de psychologie expérimentale, l'efficacité de différentes conditions d'apprentissages : Le professeur, soit : 1/ alerte sur le risque d'erreur et la nature du piège perceptif à éviter de façon explicite 2/donne des instructions uniquement sur la logique à respecter 3/ répète plusieurs fois la tâche sans donner d'indications particulières.

Les résultats ont montré que quand le professeur a alerté sur le risque d'erreur et donc appris à inhiber la fausse réponse basée sur un automatisme, le taux de réussite initialement de 10 % à une tâche est devenu supérieur à 90%. Dans les deux autres conditions (explication logique et répétition de la tâche), le taux d'erreur est resté comparable au niveau initial.

La même expérience a été reprise en imagerie médicale afin d'observer ce qui se passait dans le cerveau des individus avant et après l'apprentissage. Les résultats ont montré que dans le cas de réponses automatiques (heuristiques), l'activité du cerveau est située à l'arrière, qui correspond à la zone sensorielle, celle qui analyse les perceptions. Lors de l'inhibition de ces réponses, l'activité du cerveau va se déplacer sur l'avant, dans la zone du cortex préfrontal, qui est le siège des activités logico-mathématiques. Il y a donc une reconfiguration neuronale par un changement des réseaux cérébraux activés. Cette plasticité du cerveau montre toute l'importance de l'apprentissage de l'inhibition des réponses automatiques pour accéder à la logique.



Légende : Reconfiguration des réseaux cérébraux, de la partie postérieure du cerveau à sa partie préfrontale, avant (à gauche) et après (à droite) un apprentissage de l'inhibition d'un mode perceptif facile, automatisé mais erroné pour acquérir un mode logique difficile et exact lors d'une tâche de raisonnement

L'imagerie cérébrale a ainsi apporté la visualisation biologique de l'effet pédagogique précédemment testé en psychologie expérimentale du raisonnement.

En 2011, le laboratoire d'Olivier Houdé a fait passer un IRM à un enfant en train de résoudre la tâche des jetons de Piaget. Cette expérience a montré que le cortex préfrontal était obligatoirement mobilisé pour inhiber l'automatisme longueur = nombre.

Au delà de la tâche des jetons de Piaget, il existe de nombreux exemples de biais perceptif, chez le bébé comme chez l'adulte.

Quand à l'école, on demande de répondre à la question suivante : *Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes ?* Le plus souvent, l'enfant n'arrive pas à inhiber l'automatisme implicite « il y a le mot plus alors j'additionne » ($25+5=30$) afin d'activer la soustraction ($25-5=20$), logique dans ce cas.

Comme l'ont montré les tests, il est inutile de répéter, plus que nécessaire, les règles logiques de l'addition et de la soustraction (S2), il faut plutôt apprendre à inhiber le piège du « plus » (S3)

Dans le domaine de l'orthographe il est courant de voir des adultes faire des erreurs du type : « je les manges », « je vous le direz » car il faut résister à l'accord avec le mot le plus proche

Un autre exemple, démontré dans le laboratoire d'Olivier Houdé, dans le domaine du raisonnement logique. Si l'on dit à un enfant que (a) les éléphants sont des mangeurs de foin et (b) les mangeurs de foin ne sont pas lourds. Demandez-lui ensuite si cela veut dire que (c) les éléphants sont lourds ? Les enfants d'école primaire (6-12 ans) répondent souvent que oui, alors que rien ne leur permet de déduire logiquement cette conclusion des deux premières phrases (a et b). Là encore, la difficulté vient du fait que les enfants ont intégré la croyance que les éléphants sont lourds, donc il est très difficile de résister (S3) à une fausse réponse intuitive (S1) pour avoir une réponse logique (S2).

Le rôle des émotions et de la conscience réflexive

Ces travaux permettent à Olivier Houdé d'affirmer qu'« il ne suffit pas d'avoir atteint à l'adolescence le stade des opérations logiques de Piaget pour être préfrontal et logique » Ils permettent aussi de montrer qu'il a trois systèmes cognitifs dans le cerveau. L'un est rapide, automatique et intuitif (S1), l'autre est plus lent, logique et réfléchi (S2) ainsi que l'explique Kahneman. Un troisième système, sous-tendu par le cortex préfrontal, permet l'arbitrage, au cas par cas, entre les deux premiers. C'est ce Système 3 qui assure l'inhibition des automatismes de pensée (issus du Système 1) pour accéder à la logique (S2).

Dans le même temps, le processus de résistance à l'erreur va activer une autre région du cerveau, le Cortex Préfrontal Ventro Médian (CPVM) qui est très proche du système limbique considéré comme le centre des émotions.

L'imagerie médicale a montré que le CPVMD est activé chez tous les élèves qui accèdent à la réponse logique après un apprentissage de l'inhibition (impliquant une mise en garde sur une erreur possible) donc après correction de l'erreur, alors qu'elle ne l'est pas chez ceux qui n'y accèdent pas (persistance dans l'erreur après un apprentissage strictement logique plus scolaire)

Le neuroscientifique Antonio Damasio a montré que quand on corrige une erreur initiale de raisonnement, on exerce une conscience « réflexive ». Cette conscience d'avoir fait un effort de raisonnement (appelée expérience « métacognitive ») pour résoudre une tâche difficile est source de plaisir . C'est ce que Damasio appelle « Le sentiment même de soi »

Les enfants à qui l'on a appris à corriger leur erreur initiale en prenant conscience de leur capacité à inhiber pour raisonner et trouver une solution vont avoir du plaisir à apprendre du fait de l'activation du système limbique (émotions).

Au delà de l'importance du plaisir dans la motivation à apprendre, ces résultats d'imagerie cérébrale montrent que l'émotion peut aider le raisonnement.

« Ce phénomène de prise de conscience des erreurs de raisonnement par notre cerveau est au cœur de toute la psychologie du développement, du bébé à l'adulte . Il l'est aussi, évidemment, en pédagogie » (O Houdé (2011) Médecine/Science, 27, p 538)

Les expériences d'Olivier Houdé montrent donc scientifiquement que les réponses fausses apportées par les enfants ne sont pas le signe d'un manque de logique mais d'un défaut de résistance aux automatismes et que cette prise de conscience réflexive associée au plaisir de résister est essentielle pour corriger ses erreurs de raisonnement.

Elle le conduise à valider une nouvelle théorie après Piaget. Le développement cognitif est dynamique et non linéaire. A tout moment enfants et adultes peuvent faire des erreurs et céder à des automatismes, le cerveau est d'une grande plasticité et pour apprendre, il faut faire travailler ensemble deux régions du cerveau, développer le contrôle exécutif et la pensée réflexive. Cela implique pour lui d'orienter la pédagogie.

L'importance du raisonnement dans un environnement numérique

Le développement cognitif est jalonné d'erreurs qui sont aussi importantes que la réussite car les erreurs sont facteurs de progrès. Il serait donc souhaitable de revoir en éducation le statut de l'erreur. A l'école, l'erreur est souvent considérée comme le signe de non atteinte d'un niveau. Cette conception repose sur la construction cumulative et linéaire du développement cognitif en « escalier ». Les résultats des expériences en psychologie et en neurosciences montrent que l'erreur n'est pas forcément liée à l'incompétence dans une tâche mais qu'elle peut découler de l'incapacité de résister aux automatismes (S1) qui entre en compétition avec la logique (S2) dans le cerveau. L'apprentissage doit donc porter sur la détection de ses « pièges » et sur l'apprentissage de la résistance par un contrôle exécutif. Or, l'école apprend de façon plus systématique l'apprentissage par la répétition, la mémorisation de « programmes », ce que l'on appelle l'intelligence cristallisée par la culture. Cette forme d'apprentissage peut conduire à l'enfermement dans l'erreur si l'on n'apprend pas le contrôle par l'inhibition. Celui-ci fait appel à la créativité, à la capacité à résister à se poser des questions et à changer de stratégie. « C'est l'intelligence fluide de notre cerveau. Apprentissage et intelligence sont donc étroitement liés via la culture et le raisonnement » (O Houdé)

Le laboratoire d'Olivier Houdé travaille étroitement avec des enseignants qui lui soumettent des cas d'erreurs systématiques et qui se saisissent de ses approches scientifiques pour expérimenter une pédagogie développant la pensée réflexive et la résistance aux automatismes. Renforcé positivement, le raisonnement qui contrôle devient plus rapide et si l'effort est toujours nécessaire le cout exécutif diminue et le plaisir d'apprendre augmente

en raison du développement progressif du cortex préfrontal proche du centre des émotions.

A l'ère du numérique où ordinateurs, Smartphones, tablettes, objets connectés sont omniprésents dans la vie des adultes et des adolescents mais aussi des enfants, l'apprentissage du raisonnement est indispensable. Face aux flux d'informations, à la « culture du zapping » et du multitâches, la pensée est rapide, les contenus se succèdent au rythme des recherches sur des « moteurs » de recherche. Le risque est que la synthèse, la pensée réflexive, la prise de recul et l'esprit critique n'ait plus de place face aux automatismes d'une pensée très rapide. La bonne nouvelle apportée notamment par les travaux de Stanislas Dehaene est la formidable plasticité du cerveau et la capacité des neurones à se recycler. Notre cerveau va donc évoluer (comme il le fait depuis une longue évolution biologique comptée en millions d'années) et se modifier avec les nouvelles façons d'apprendre avec le numérique. L'enjeu est qu'il conserve face aux écrans, une capacité de raisonnement à la fois rapide et intuitive (S1) mais aussi logique (S2) grâce au contrôle par l'inhibition (S3).

Comme le dit Oliver Houdé « la révolution numérique invite dès lors à une « valorisation renouvelée du raisonnement ». Il s'impose aujourd'hui comme la valeur cognitive à cultiver et à préserver face à la multitude croissante des informations sur écrans ou ailleurs, que notre cerveau doit trier, organiser, analyser...tout en déjouant les pièges » L'exploration du cerveau et les neurosciences, en étudiant, en temps réel, le cerveau alors que les enfants (ou les adultes) raisonnent, permettent de confirmer scientifiquement ce que de très nombreux enseignants constatent tous les jours : apprendre, c'est se tromper, s'arrêter, corriger ses erreurs et ressentir des émotions. La neuropédagogie naissante invite l'école à développer le contrôle et l'inhibition (ce qui peut sembler contre-intuitif), à mettre et remettre toujours et encore le raisonnement au coeur des apprentissages.

Le rôle du sommeil est aussi étudié. L'imagerie cérébrale a montré que les régions du cerveau activées lors d'un apprentissage étaient toujours en activité lors des phases de repos. Le repos permettant ainsi la consolidation et la stabilisation des apprentissages. Il y a un double mouvement : l'apprentissage change l'état de repos du cerveau et le contrôle exécutif nécessite une période de repos pour être validé et ancré. Ces travaux interrogent l'école sur l'enchaînement d'heures de cours et de disciplines sans phase de repos pour le cerveau.

Les travaux de recherche en pédagogie expérimentale sont encore récents et partiels, et le fonctionnement du cerveau ne fournit pas toutes les clés de l'apprentissage qui résulte de nombreuses interactions (action des enseignants, investissement affectif, poids de la culture et de l'environnement...). Il n'empêche que connaître le fonctionnement de notre cerveau peut, comme l'indique le titre du dernier livre d'Olivier Houdé, aider enseignants et élèves à mieux « apprendre à résister » pour apprendre !

Bibliographie :

Damasio A. (1995) *L'erreur de Descartes : la raison des émotions*, O Jacob (1999) *Le sentiment même de soi*, O. Jacob.

Dehaene S. (2007) *Les neurones de la lecture*, O. Jacob

Houdé O. (2004,2013) *La psychologie de l'enfant* PUF, Que sais-je?

Houdé O. Leroux G. (2009) *Psychologie du développement cognitif*, PUF

Houdé O. (2014) *Le raisonnement* PUF Que sais-je ?

Houdé O. (2014) *Apprendre à résister*, Le Pommier

Kahneman D. (2012) *Système1, système 2 : les deux vitesses de la pensée*, Flammarion

Morel C. (2002, 2012) *Les décisions absurdes*, Gallimard

Piaget J. Inhelder B. (1966) *La psychologie de l'enfant*, PUF Que sais-je ?

Siegler R. (2000) *Intelligence et raisonnement de l'enfant*, De Boeck

Serres M. (1992) *Eclaircissements*, Ed F. Bourin

Vidéos :

- O Houdé :

<https://www.youtube.com/watch?v=tcQTBHnfEj0#t=25>

<https://www.youtube.com/watch?v=vR3u2LL3lu0>

- Stanislas Dehaene au collège de France :

Colloque l'apport des sciences cognitives à l'école , quelle formation des enseignants
(novembre 2014)

<http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/symposium-2014-2015.htm>

Cours 2014-2015Fondements cognitifs des apprentissages scolaires :

<http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2015-01-13-09h30.htm>