

Neurosciences et apprentissages via les réseaux numériques

Jean FRAYSSINHES et Florent Pasquier

Introduction

1Le cerveau est considéré comme la partie la plus complexe du corps humain, aussi n'est-il pas surprenant qu'il suscite un fort engouement pour son étude. En effet, cet organe d'environ 1,3 kg, considéré comme étant responsable de notre intelligence, de sa sensibilité à l'interprétation, de l'initiation du mouvement du corps, l'origine et la maîtrise de tous nos comportements. Alors que la majeure partie du traitement de l'information dans le cerveau se produit dans le cortex cérébral, les scientifiques ont identifié des centaines d'aires spécialisées du cerveau qui travaillent ensemble, pour nous aider à fonctionner tout au long de notre vie. La capacité à mieux traiter, prévenir et guérir les troubles du cerveau dépend de notre aptitude à « [...] *faire progresser notre compréhension de la façon dont le cerveau fonctionne dans toutes les sphères de l'activité humaine* ». (D'après le National Institutes of Health, The Brain Initiative)

2En accélérant le développement et l'application de technologies innovantes, les chercheurs pourront produire une nouvelle image dynamique du cerveau qui, pour la première fois, montrera comment « [...] *les cellules individuelles et les circuits neuronaux complexes interagissent à la fois dans le temps et dans l'espace* » (Ibid.). Longtemps souhaité par les chercheurs qui examinent de nouvelles façons de traiter, guérir et même de prévenir les troubles du cerveau, cette image comblera des lacunes importantes dans nos connaissances actuelles et offrira des possibilités sans précédent pour explorer exactement comment « [...] *le cerveau permet au corps humain d'enregistrer, traiter, utiliser, stocker, et récupérer de vastes quantités d'informations* » (Ibid).

3Avec l'étude du cerveau, nous atteignons le niveau *méta* de la complexité et notre questionnement est ici de savoir ce que l'étude du cerveau peut apporter à notre compréhension de l'apprentissage sur les réseaux numériques.

4En premier lieu, nous proposerons un retour historique sur le développement des neurosciences, puis nous montrerons les applications possibles en neuropédagogie, afin de découvrir en quoi celle-ci est une aide importante au développement de nos connaissances des mécanismes d'apprentissage sur les réseaux numériques, afin qu'ils soient plus efficaces.

Les neurosciences

5 Qu'appelle-t-on neurosciences ? Issu du grec *νεύρον* (névron) qui signifie « nerf », ce vocable se subdivise d'une part en neur(o)-/névr(o), c'est-à-dire « nerf » ou « système nerveux » sur le plan physio-anatomique et d'autre part en « sciences ». Historiquement, les neurosciences apparaissent comme une branche de la biologie et de la médecine. Le terme naît au MIT en 1962, lorsque Francis O. Schmitt crée le Neurosciences Research Program.

6 Aujourd'hui, elles regroupent toutes les sciences qui s'intéressent au cerveau et à l'évolution des connaissances scientifiques dans les domaines de la chimie, la biologie, la psychologie, l'informatique, les mathématiques et la physique, sciences qui ont par la suite amplement contribué aux progrès de cette discipline encore jeune et balbutiante. « *Nos connaissances des mécanismes cérébraux sont encore très parcellaires.* » (Jean Rossier, Conférence « Grand Témoin » Les neurosciences, science du 21^{ème} siècle)

7 Nous ne détaillerons pas toutes les disciplines qui ont *neuro* comme préfixe car elles sont trop nombreuses ; nous ne citerons que celles qui ont un lien direct avec nos travaux de recherche dans le monde de l'éducation :

- Les neurosciences cognitives, qui cherchent à établir les liens entre le système nerveux et la cognition (langage, mémoire, attention, conscience, représentation mentale, etc.),
- Les neurosciences computationnelles qui cherchent à modéliser le fonctionnement du système nerveux au moyen de simulations informatiques,
- La neuropédagogie qui s'intéresse à la construction de l'intelligence dans le cerveau et les effets des apprentissages fondamentaux tels que la lecture, le calcul, etc.
- Les neurosciences affectives et sociales⁴, qui nous rappellent l'importance du rôle des émotions en apprentissage, que les systèmes de tutorat et de travail entre pairs essaient de reproduire.

8Depuis quinze ans, certaines des avancées scientifiques les plus remarquables, sont dues à une transversalité inter-sciences, une transdisciplinarité pour reprendre le concept utilisé par Koizumi (1999). Dès le début du 21ème siècle, les nouvelles découvertes scientifiques portant sur le cerveau indiquent qu'il ne fait aucun doute que « *l'apprentissage et le cerveau doivent être une question prioritaire pour les pays de l'OCDE aujourd'hui et dans les années à venir* » (OCDE, 2002, p.96).

9En s'appuyant sur les travaux de Koizumi (1999), cela implique de :

10 1/ Promouvoir les relations transdisciplinaires,

11 2/ D'investir dans la recherche transdisciplinaire,

12 3/ Reconnaître l'émergence d'une nouvelle science de l'apprentissage, et le besoin de développer des institutions de la science de l'apprentissage pour faciliter les deux premiers points (OCDE, 2002, p. 97)

13Depuis Aristote, la progression de l'apprentissage dépend de la différenciation et de la spécialisation de disciplines ou de sujets distincts : art et science ; sciences physiques, biologiques et sociales ; etc. Ce stade est désormais révolu avec l'arrivée des neurosciences.

14En effet, Koizumi avec les neurosciences, introduit le concept d'études transdisciplinaires pour distinguer la création de nouvelles sciences (ayant leur propre structure conceptuelle) de l'influence mutuelle qui se produit d'ordinaire lorsque les disciplines établies deviennent contiguës ou commence à se chevaucher. C'est en étudiant les méthodes de travail de Pierre et Marie Curie, qu'il fonda sa théorie de la transdisciplinarité. « [...] *ils bénéficiaient de la transdisciplinarité de leur pensée [...] la transdisciplinarité émerge suite à une fusion, à une jonction des disciplines, pas seulement au rassemblement des disciplines* » (Koizumi op.cit., p. 9 et p. 19).

15En faisant référence à « l'innovation » qui est devenue aujourd'hui une antienne irréprouvable (Frayssinhes, 2016b), Koizumi (2010) indique que « [...] *bien que transdisciplinaires, offrant « de nouvelles combinaisons » dans des domaines spécifiques importants, une nouvelle approche de la transition et de la fusion des sciences et des sciences humaines sont nécessaires aujourd'hui* ». Il indique par ailleurs que : « [...] *le cerveau offre de nombreux points de contact avec la société et la vie ordinaire, étant donné que la reconnaissance, la pensée, la prédiction, le jugement et l'action sont toutes des fonctions du cerveau, le cerveau est lié à tout ce qui touche à l'être humain* » (ibid.). Les sciences du cerveau possèdent intrinsèquement un fort potentiel pour relier et faire partiellement fusionner les sciences humaines, « *bien qu'une telle approche doive procéder avec prudence sur la base du point de vue des Sciences du Cerveau et de l'Ethique* » (Koizumi, 2006, 2007)

16Les neuro-sciences et les sciences analytiques (Koizumi, 1991, 1994) travaillent en tant que catalyseurs pour combler et fusionner les Sciences et les Humanités, comme des études récentes en neurosciences ont pu le montrer lors de la découverte du circuit de la récompense, ainsi que l'évaluation de cette récompense, débouchant sur la sensation de plaisir (Koizumi, 2010).

17Alors, en quoi l'apport des neurosciences éclaire-il la compréhension que nous avons de notre cerveau ? Comment les neurosciences influencent-elles l'acquisition de nos connaissances ? Peuvent-elles aider les apprenants à mieux réussir leurs études ? Peuvent-elles répondre aux besoins des formateurs et des enseignants en améliorant leurs processus d'enseignement ? Peuvent-elles nous aider à définir une pédagogie mieux adaptée à l'apprentissage sur les réseaux numériques ? Nous allons tenter d'apporter des réponses actualisées.

Qu'est-ce que la Neuro-pédagogie ?

18Le vocable neuro-pédagogie fut forgé par Trocmé-Fabre en 1987. La neuro-pédagogie représente un domaine d'investigation à part entière pour mieux comprendre les fonctionnements de l'apprentissage. L'appellation neuro-pédagogie désigne les recherches en éducation fondées sur les sciences cognitives (neurosciences, psychologie cognitive, comportementale, linguistique). Les neurosciences cognitives cherchent à établir des liens entre le système nerveux et la cognition (langage, mémoire, attention, conscience, représentation mentale...), et sont définies par Tiberghien (2002) comme « *l'ensemble des disciplines qui ont pour objet d'établir la nature des relations entre la cognition et le cerveau* ». La neuro-pédagogie s'intéresse à la construction de l'intelligence dans le cerveau et les effets des apprentissages scolaires tels : la lecture, le calcul, etc⁷. C'est grâce au développement de l'imagerie cérébrale que les neurosciences se développent depuis vingt ans, et nous apportent un regard nouveau sur l'apprentissage.

19L'imagerie à résonance magnétique (IRM) a permis de situer les zones sollicitées par rapport à chacun de nos sens, ce qui permet par exemple, de visualiser les parties du cerveau qui sont concernées lors de maladies neurologiques, ou celles qui sont concernées lors des apprentissages. Les images qui en découlent montrent les liens entre les activités cognitives et les sphères concernées du cerveau, bien que « *la connaissance anatomique du cerveau ne suffit pas à expliquer*

les processus mentaux » (Adolphs, 2010). La difficulté est de faire le lien de causalité entre des images biologiques et des stratégies ou comportements d'apprentissage. Le fait que l'imagerie médicale permette de visualiser les zones du cerveau concernés par une action concrète (ex: la lecture), permet seulement d'établir une relation entre une action et sa localisation cérébrale. Grâce à ces images, on découvre la topographie du cerveau avec les aires où se développent les apprentissages, comme l'étude de l'hippocampe des taxis londoniens a pu le démontrer (Maguire, 2000), ou l'exemple de la lecture (Dehaene, 2007). Lorsque les chauffeurs de taxi sont en activité, ou si la lecture est entretenue, les aires cérébrales se nourrissent et se développent. Lorsque les chauffeurs de taxi arrêtent leur activité, ou si la lecture n'est plus maintenue, les aires cérébrales retrouvent progressivement leur état initial.

20En outre, selon leur localisation au sein du cerveau, certains apprentissages peuvent être désappris, comme les mathématiques, alors que d'autres apprentissages perdureront, tel le vélo (*Ibid.*). La lecture a une influence positive sur les aires postérieures du faisceau arqué qui devient plus structuré, alors que ce n'est pas le cas chez les non-lecteurs. Selon Olivier Houdé, professeur de psychologie à Paris V, la neuro-pédagogie cognitive est la science de l'éducation de l'avenir. « [...] *Grâce aux techniques d'imagerie cérébrale, nous disposons maintenant d'outils puissants pour mieux comprendre les rapports entre le cerveau et les apprentissages cognitifs, y compris dans leurs aspects émotionnels.* » D'un point de vue neuroscientifique, la forme élémentaire de l'apprentissage correspond à la réaction cérébrale due à un stimulus, une nouveauté. L'information est alors perçue, traitée, puis intégrée au sein des réseaux cérébraux. Selon Lledo (2012), le cerveau « *doit être en interaction, il doit être éveillé, motivé, concentré.* » Pour bien apprendre, « *le cerveau suscite des émotions qui sont liées à la mémoire* » (*ibid.*). Plus elles sont fortes, plus la mémoire est robuste (*ibid.*). Et dans le cas de l'apprentissage sur les réseaux numériques, l'apprentissage « *sur une courte période ne permet pas de retenir sur une longue période* » (*ibid.*), ce qui contredit les accroches publicitaires du *rapid learning*.

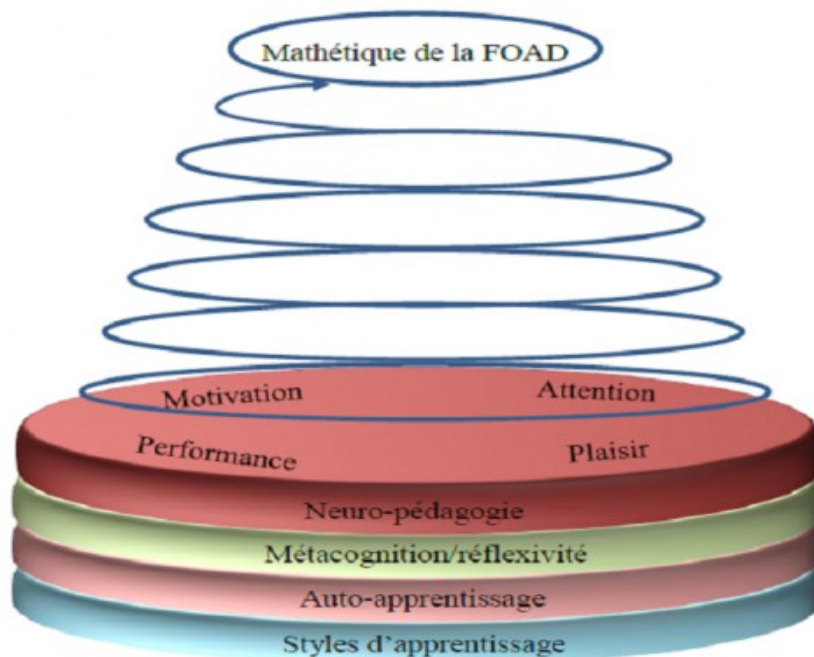
21La neuro-pédagogie cognitive est ainsi une nouvelle approche interdisciplinaire « *qui articule étroitement la psychologie du développement - du bébé à l'adulte, les neurosciences cognitives et la pédagogie* » (Houdé, 2004). Evolutive, elle apporte une vision différente de l'acte d'apprendre en nous permettant de comprendre comment le cerveau apprend. Malgré tout, nous n'en sommes qu'aux prémises. Il faut être prudent et éviter les emballements trop soudains, parfois insuffisamment étayés scientifiquement, comme ce fut le cas avec le concept des neurones miroirs, aujourd'hui remis en cause (Hickok, 2014). Les promesses abusives de ces cellules aux reflets trompeurs sont désormais caduques.

22Thème de recherche privilégié des neurosciences depuis une dizaine d'années, l'intuition, que nous avons déjà longuement étudiée (Frayssinhes, 2012c, 2015), est pour les chercheurs, la marque de l'intelligence de notre inconscient. Capable d'amasser une quantité phénoménale de données, dont la plupart échappent à la vigie de notre conscience, notre cerveau est capable de réaliser des prouesses. Il peut, sans que nous en ayons conscience, faire des analogies, des rapprochements, des associations. Il est capable de traiter une grande quantité d'informations en un temps record et de procéder à l'analyse express d'une situation, le tout de manière inconsciente (Frayssinhes, 2015). Selon Houdé, notre cerveau comporte trois systèmes cognitifs : le premier (S1) qualifié de rapide, est automatique et intuitif ; le second (S2) plus lent, est logique et réfléchi ; le troisième (S3) enfin, permet l'arbitrage entre les deux premiers (au cas par cas). Ce troisième système assure l'inhibition des automatismes de pensée (issus du S1) lorsque l'application de la logique (issue du S2) est nécessaire. Ce troisième système cognitif entraîne un « *coût neurocognitif important* » (Houdé, 2013).

23Développer une approche neuro-pédagogique doit permettre de prendre en compte la réalité cérébrale de l'apprenant et de ses niveaux d'organisation de l'information, et d'autre part du cheminement de l'information, puis de sa transformation en connaissance. Évolutive, la neuro-pédagogie devient une composante essentielle de la mathétique (science de l'apprentissage) sur les réseaux numériques (Frayssinhes, 2011), car elle donne un autre éclairage sur l'acte d'apprendre, tout en devant faire l'objet d'une prudence mesurée dans ses assertions. Selon notre point de vue, après cinquante ans d'existence, les sciences de l'éducation ne peuvent se concevoir comme un « produit fini » un silo disciplinaire stable, fixé, non évolutif. La neuro-pédagogie peut se concevoir comme une aide conceptuelle apportée aux sciences de l'éducation, permettant la poursuite de son développement, en offrant une vision nouvelle, complémentaire et différente de celle que nous connaissons. Les travaux en neuro-pédagogie s'emploient à enrichir les réflexions dans un premier temps, avant de pouvoir ensuite enrichir les pratiques. Et cela est d'autant plus pertinent dans le cas de l'apprentissage sur les réseaux numériques.

La Mathétique sur les réseaux numériques

24 Au siècle du numérique, la notion de complexité a pris un poids plus important dans nos usages quotidiens et nous devons, en l'intégrant, construire de nouveaux repères. Apprendre avec le numérique, c'est remettre en cause les pratiques d'apprentissage en présentiel, car sur les réseaux numériques, l'apprentissage demande d'autres compétences que celles habituellement nécessaires en présentiel. Pour répondre efficacement à cette complexité croissante, nous avons comme chercheurs dans ce domaine, utilisé la démarche transdisciplinaire comme cadre de référence conceptuel à sa théorisation. A partir de la théorie-mère, la mathétique générale, nous avons conceptualisé la mathétique spécifique aux réseaux numériques. Nous utilisons les résultats obtenus lors de nos différents travaux empiriques (Frayssinhes, 2011, 2012b, 2013, 2014, 2015, 2016b) auprès d'une cohorte de 1020 personnes âgés de 21 à 75 ans, dont 65% sont des femmes, ayant réussi avec succès une formation totalement à distance, en ayant obtenu un minimum de 12/20 à leur évaluation sommative. Nous avons testé et validé statistiquement les huit éléments transdisciplinaires ci-après, pour définir et asseoir cette nouvelle science de l'apprentissage sur les réseaux numériques, telle que schématisée sur la figure suivante :



Méthodologie

25 Selon Laborit (1970), le degré de complexité des structures croît avec l'augmentation du nombre des niveaux d'organisation. Cette mathématique spécifique aux réseaux numériques doit répondre à la complexité engendrée par ces derniers. En cours de formalisation, cette mathématique sur les réseaux numériques est le résultat transdisciplinaire de ces différents éléments. Pour la théoriser, nous avons soumis les 1020 participants de notre étude, à un questionnaire mis en ligne à la maison de la recherche de l'Université Toulouse Jean-Jaurès, portant sur les huit items de notre schéma. Après explicitation, les apprenants devaient indiquer si selon eux, leur réussite à la FOAD était due ou non à chacun de ces huit items, et dans quelle mesure.

L'échelle de Likert en cinq points allait de :

- 1 aucune influence,
- 2 faible influence,
- 3 moyenne influence,
- 4 forte influence,
- 5 très forte influence.

En premier lieu, nous avons vérifié la fiabilité des huit items pour juger de leur cohérence. Tout d'abord, nous avons testé les quatre niveaux initiaux : les styles d'apprentissage, l'auto-apprentissage, la métacognition/ réflexivité, et la neuro-pédagogie, qui en sont les fondements, et dont le test de fiabilité (α de Cronbach) s'élève à ,789 ce qui en garantit la cohérence interne, auxquels s'ajoutent quatre facteurs de succès : la motivation (α de Cronbach à ,773), l'attention (α de Cronbach à ,784), la performance (α de Cronbach à ,743), et le plaisir d'apprendre (α de Cronbach à ,772)⁹. Nous nous sommes efforcés de concevoir des ponts et des solidarités transversales entre ces éléments, qui forment un tout (mathématique de la FOAD) supérieur à la somme des parties qui la compose. Ces huit items tels que nous les avons collationnés, analysés et retenus au cours de nos travaux de recherche, se situent à la fois *entre* les disciplines, à *travers* les différentes disciplines et *au-delà* de toute discipline, et ils participent à des degrés divers à son élaboration finale. Chacune de ses composantes est inter-relié et inter-pénétré, pour atteindre le niveau transdisciplinaire, et permettre ainsi de théoriser, puis de forger la mathématique sur les réseaux numériques.

Neuro-pédagogie et apprentissage en ligne

26Le développement de l'enseignement/apprentissage sur les réseaux numériques au 21ème siècle dans ses différentes modalités : FOAD, E-learning, MOOC, SPOC etc., nous oblige à remettre en cause les pratiques utilisées jusqu'ici en présentiel, car les taux d'échec ou d'abandon sont supérieurs dans l'apprentissage en ligne comme la recherche l'a abondamment démontré (Mc Loughlin, 1999 ; Riding & Rayner, 2001 ; Page-Lamarche, 2004 ; Hui Min Lee, 2004 ; Piombo, 2007; Frayssinhes, 2011, 2012b, 2013, 2014, 2015).

Apprendre en ligne est beaucoup plus complexe qu'en présentiel, pour des raisons :

- Technologiques : freins à l'utilisation des réseaux, du médium (tablette, ordinateur etc.) ;
- Physiologiques : difficultés de lecture sur écran ;
- Cognitives : difficultés de compréhension, mémorisation ;
- Motivationnelles : difficultés attentionnelles, auto-apprentissage ;

27S...sans compter la nécessité de prévoir des groupes de travail collaboratifs (4, 5 personnes maxi) ainsi qu'un encadrement individualisé (tuteur/médiateur/facilitateur), afin de circonscrire les principales raisons des abandons et des échecs lors d'un apprentissage sur les réseaux numériques (Frayssinhes, 2011).

28Ainsi, les neurosciences, avec notamment les travaux sur le *eyetracking* (Baccino, 2004 ; Nielsen et Pernice, 2009) ont montré que l'on ne lit pas de la même façon un texte imprimé qu'un texte numérique, pour des raisons technologiques et physiologiques. Tout d'abord l'écran est rétro-éclairé, c'est-à-dire que la lumière est émise par l'écran lui-même, et non pas reçue par une source externe comme pour un livre (soleil ou lampe), et de nombreuses études ont montré que ce rétro-éclairage est néfaste à la lecture, car il génère souvent un fort contraste qui agresse l'œil (Baccino, 2011). Cette agression visuelle se traduit par une prise d'information visuelle réduite, nécessitant davantage de fixations oculaires pour lire un texte, ce qui occasionne une fatigue visuelle accrue, pouvant conduire à une asthénopie (vision floue) dans les cas extrêmes (*ibid.*). En outre, l'aspect informationnel et attentionnel des documents électroniques contraignent fortement le lecteur et changent notre rapport au temps (*ibid.*). Ainsi, on a pu distinguer que les différentes activités d'utilisation d'un texte (rechercher une information, lire pour apprendre, lire pour mémoriser...) correspondaient à des vitesses de lecture différentes (voir tableau ci-après), ce qui rend la mémorisation plus complexe, et influence conséquemment de nouveaux modèles et de nouvelles stratégies discursives d'apprentissage en ligne à imaginer.

Tableau des vitesses de lecture selon la nature de l'activité

Activité de lecture	Fonction	Vitesse de lecture (mots/mn)
Balayage	Rechercher un mot rapidement	600
Ecrémage	Rechercher un contenu rapidement	450
Lecture normale	Lecture silencieuse	300
Apprendre	Lire pour acquérir un nouveau contenu	200
Mémoriser	Lire pour mémoriser un texte	138

Différentes vitesses de lecture selon la nature de l'activité (Baccino 2011)

29Selon Baccino (2011) la compréhension d'un texte (et sa mémorisation) nécessite un temps assez long, qui permet de réaliser les associations nécessaires en mémoire à long terme. C'est ainsi qu'un contenu sera mémorisé, et c'est ce qui permet la lecture profonde. Sur Internet, nous sommes réduits le plus souvent à une lecture de type « *reader's digest* » (*ibid.*) consistant à aller à l'essentiel en éliminant tous les détails qui complètent un contenu et aident bien souvent à sa compréhension et mise en mémoire. A l'ère de la société de la connaissance où les heures passées sur les réseaux numériques¹¹ (4,1h/jour en France et 1h/jour avec un mobile en 2015) deviennent infiniment plus nombreuses que celles passées à lire des supports « papier », il paraît légitime de se poser la question du « comment apprendre en ligne », aussi efficacement et avec les mêmes taux de réussite, qu'en présentiel au sein de la classe. Ceci est d'autant plus prégnant que l'usage des manuels numériques se développe de plus en plus en France.

Comment intégrer la neuro-pédagogie dans l'apprentissage

30La neuro-pédagogie n'en est encore qu'aux prémises, et selon notre expérience, son utilisation et son intégration n'est le fait aujourd'hui que de ceux qui sont intéressés par la démarche prospective offerte par les neurosciences. Avec elles, nous entrons dans l'épistémologie de la complexité. Rappelons que la « pensée complexe », consiste à s'interroger sur les relations entre le tout et les parties d'un objet donné. Concrètement, la pensée complexe interroge les reliances, c'est-à-dire l'activation de liens (Le Moigne, 2008) plutôt que les parties. Nous souhaitons maintenant interroger les concepts "communs", de l'attention et la mémoire, éléments repris dans la théorisation de la mathématique, en ce qu'ils trouvent une adaptation particulière en contexte d'apprentissage sur les réseaux numériques et en lien avec les apports de la neuro-pédagogie.

L'attention

31Née avec la psychologie expérimentale (Broadbent, 1958 : théorie du filtre), l'attention est consubstantielle à un apprentissage réussi.

L'attention est un concept multidimensionnel qui se subdivise en trois parties :

L'attention sélective :

32C'est la capacité à répondre de manière sélective à une seule source d'information (ex : visuelle ou auditive) parmi d'autres, sans se laisser distraire par d'autres stimuli.

L'attention divisée :

33Au quotidien, nous sommes presque constamment amenés à réaliser plusieurs choses à la fois. Le partage des ressources attentionnelles constitue l'attention divisée (ex : écouter et écrire).

L'attention soutenue :

34C'est la capacité à maintenir son attention sur une longue période de temps. Elle est particulièrement sollicitée à l'école, où l'on doit rester concentré plusieurs heures d'affilées.

L'attention sur les réseaux numériques :

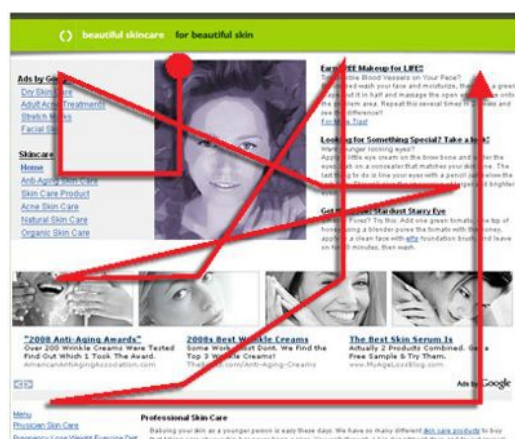
35Obtenir un haut niveau d'attention sur les réseaux numériques est beaucoup plus difficile qu'en présentiel. Selon le Centre américain de biotechnologies, l'Internaute moyen aurait un taux d'attention consécutif de 8 secondes, et constate par ailleurs une baisse de la durée d'attention, de 10'' en l'an 2000, à 8'' en 2013.

36Selon une étude de mars 2013 nommée « L'enfant et les écrans », éditée par l'Académie des Sciences, un visiteur lit en moyenne 2 phrases d'un texte avant de savoir s'il poursuit ou non sa lecture, d'où la nécessité d'en soigner la pertinence et l'intérêt lors de son écriture pour capter l'attention de façon plus efficiente.

37L'instantanéité est un concept qui n'a jamais été aussi présent que dans l'ère du web 2.0. Cette culture numérique se caractérise à la fois par : l'impatience, le surnombre, et la vitesse. Comme l'a démontré Thierry Baccino dans ses études sur le *eye-tracking*, dans ses aspects cognitifs, la lecture d'un support « papier » favorise la temporalité. Elle favorise une pensée linéaire (lettre, mot,

phrase, paragraphe, page), et paisible. Elle favorise une logique de succession narrative. Les livres incitent à la mémoire linéaire, et encouragent la mémoire événementielle (Ibid.). Cette lecture exclut les contraires : c'est une pensée du « ou bien, ou bien ». Elle culmine avec le modèle théorique ; Thèse-Antithèse-Synthèse. Elle valorise les apprentissages « par cœur », les habitudes et les automatismes. (Ibid. Académie des Sciences p 64). Dans ses aspects psychologiques, la lecture d'un livre favorise l'identité unique, c'est-à-dire la propriété privée d'un individu, et favorise le mécanisme défensif de refoulement, qui est un processus temporel caractérisé par un avant, un pendant, et un après. (Ibid, p.64).

38A l'inverse, dans ses aspects cognitifs, la lecture numérique favorise la spatialité. Elle favorise la pensée circulaire ou en réseau, la pensée par analogies et contiguïtés, avec un support spatial. Elle encourage la mémoire de travail : les synthèses y sont provisoires, relatives à des problèmes ponctuels et éphémères (ibid. Académie des Sciences p.64). Elle permet la coexistence des contraires ; c'est une pensée du « à la fois, à la fois ». Dans ses aspects psychologiques, la lecture sur écran favorise les identités multiples. Privilégie le pôle virtuel de toute relation : chacun peut choisir de n'entrer en contact qu'à travers un écran, de façon à réduire ses interlocuteurs à ses attentes sur eux. (Ibid p.64). Elle définit l'identité par référence à l'espace social : le moi n'est pas la propriété privée d'un individu, mais une fiction tributaire des interactions entre un groupe de personnes, « *donc chaque fois différentes* ». (Ibid p.64). La lecture numérique favorise le processus de clivage. « *Sur le modèle Windows : l'écran ouvert rend présent un contenu à la conscience ; sa fermeture le fait disparaître de la conscience* ». (Ibid. p.64). Au niveau physiologique, la lecture numérique sollicite davantage notre cerveau, grâce à l'effet produit sur les yeux par le rétro-éclairage des écrans d'ordinateurs, des smartphones ou des tablettes, mais aussi à l'abondance d'informations à l'écran, ce qui nous conduit à changer de stratégie d'apprentissage.



39 Sur Internet, l'information est renouvelée à l'infini et, nous sommes sollicités par toutes sortes d'éléments : les liens hypertextes qui incitent en permanence à quitter le texte pour aller voir ailleurs, ainsi que les photos, les bannières publicitaires, les vidéos et autres *pop-ups*. Ainsi, au lieu de suivre un chemin de lecture unique, comme nous le ferions sur une page de papier, notre regard zigzague sans cesse entre plusieurs zones sur l'écran, comme l'on montrés les études sur le *eyetracking* déjà cités. En 2008, le centre de recherche *nGenera* aux Etats-Unis a réalisé une étude auprès des *Digital natives* et a pu démontrer que sur un écran, les jeunes ne lisent pas une page de haut en bas et de gauche à droite, mais que leur regard fait des « sauts de puce » à la recherche d'informations pertinentes. Toujours d'après l'étude de l'Académie des sciences, moins de 30% des mots sont lus sur une page web moyenne, et 4% seulement des visites durent plus de 10 minutes ! Il est donc très important que les contenus didactiques mis sur les plateformes d'apprentissage en ligne, tiennent compte des spécificités et des différences rencontrées lors de la lecture sur les réseaux numériques.

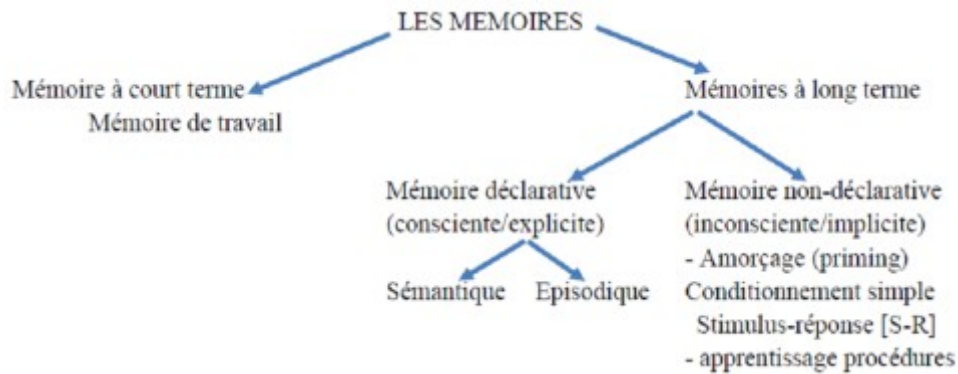
40 Selon les travaux de Medina (2014), après dix minutes d'attention minutieuse portée aux enseignants et à leurs présentations assistées par ordinateur, l'attention des auditeurs descend abruptement.

41 Pour conserver et relancer la courbe d'attention pendant le discours, deux moyens sont proposés : générer de l'émotion, répéter/marteler les messages clé. Ainsi, c'est sur les émotions suscités que travaillent les publicitaires pour faire passer un message (ex : les corps dénudés), et sur la répétition du message (*n* passages télévisuels) pour « imprimer » la marque ou le produit dans le cerveau du consommateur.

42 Sur les réseaux numériques, on va chercher à optimiser le niveau d'attention des apprenants afin de ne pas les « perdre ». Les séquences pédagogiques consécutives n'excéderont pas 8 minutes chacune et seront suivi d'une étape de validation de ce qui a été compris et retenu. Cette étape de validation peut s'effectuer sous une forme de rédaction libre, où l'apprenant fait un compte rendu de la séquence passée ou bien sous forme dirigée, en répondant à un QUIZZ ou un QCM. Une mini-pause sera ensuite proposée avant de poursuivre. A la fin de la séquence, on peut proposer un échange collaboratif au sein du groupe d'apprentissage, où chaque participant du groupe donne son point de vue sur la séquence passée. Une synthèse clôt l'échange, qui sera mis en ligne et fera l'objet d'une évaluation par le tuteur/médiateur/facilitateur des apprentissages.

La Mémoire

43 Il n'est point d'apprentissage de qualité sans mémoire. Selon Levy (2017), on distingue plusieurs types de mémoires à long terme (MLT) et une mémoire à court terme (MCT). Ce qui les distingue est leur finalité.

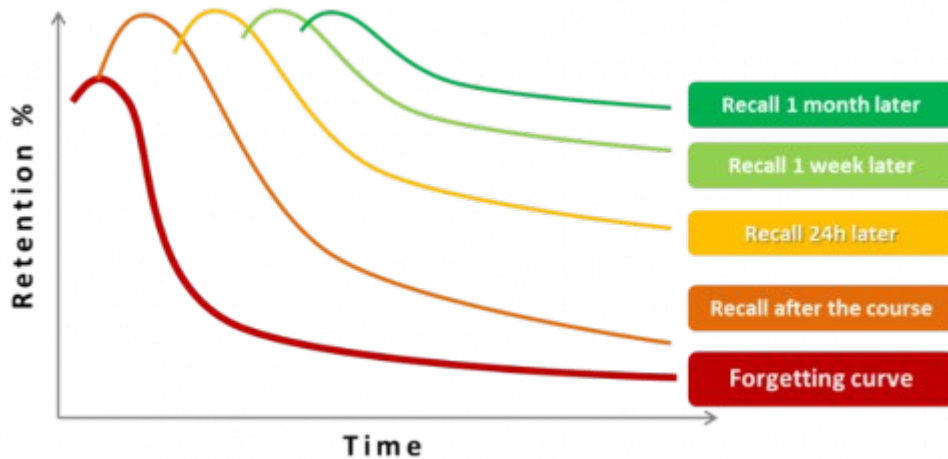


Les différents types de mémoires (d'après Levy)

44 Les MLT se dissocient en mémoire procédurale (ex : faire du vélo), en mémoire non-déclarative (inconsciente et implicite) et en mémoire déclarative (qui est consciente et explicite). Cette mémoire déclarative se subdivise elle-même en mémoire épisodique et en mémoire sémantique.

45 La MCT est la capacité que l'on a à travailler pendant un court moment sur une information et dont la finalité n'est pas d'enregistrer l'information définitivement, mais de la libérer une fois le travail terminé. On appelle cela la mémoire de travail, qui n'est pas faite pour construire des souvenirs durables.

46 D'après Miller (1955) l'empan mnésique de notre mémoire de travail (c'est-à-dire notre capacité de mémorisation immédiate) n'est que de 7 ± 2 items pendant une durée d'environ 20 à 30 secondes ; si à l'issue de ce laps de temps il n'arrive rien de réellement intéressant ou si l'information n'est pas explicite pour nous, l'information est perdue. Ce qui s'apprend très vite, se désapprend également très vite.



Courbe de l'oubli, Ebbinghaus 1885

47 Dans sa courbe de l'oubli, Ebbinghaus (1885) observe l'évolution du taux de rétention mnésique à divers intervalles après le premier apprentissage. Au départ, on est à 100% puis après 20 minutes, on tombe à 58% de rétention. Après une heure, il reste 44%. Puis, la vitesse de l'oubli ralentit. Après une journée, le taux est à 34%. Après 6 jours, le taux est à 25%. Après 31 jours, le taux est de 21% ! Ce constat est décevant, mais si les apprenants oublient aussi rapidement c'est peut-être parce que les formations dispensées ne respectent pas toujours la pédagogie qui serait nécessaire à une meilleure rétention, ni les rythmes d'assimilation des nouvelles informations transmises. La plupart des activités de conception pédagogique sont destinées à faciliter et à réduire la courbe d'apprentissage (Chweitzer, 1929). Mais que se passe-t-il après ? En l'absence de répétition et de consolidation, ces informations se perdent avec le temps. C'est pourquoi, dans le concept de FOAD, on prévoit de découper les contenus didactiques en grains pédagogiques de 8 minutes maximum chacun, dont les points clés seront répétés plusieurs fois de façons différentes pour renforcer leur mémorisation, puis on réalise des évaluations formatives pour suivre la performance de l'apprenant (ex : QCM, QUIZZ). La répétition utilisera la flexibilité des technologies en ligne pour proposer des activités et outils variés (études de cas, vidéo, etc.) pour maintenir un haut niveau d'attention. Lorsque l'ensemble du parcours d'apprentissage est finalisé, on réalise une évaluation sommative pour ancrer l'apprentissage dans la mémoire à long terme. Bien sûr, nous sommes inégaux dans notre capacité à mémoriser. En outre, l'âge de l'apprenant joue un rôle dans la capacité mémorielle de celui-ci.

48 Toutes les études concluent généralement au déclin des capacités mnésiques avec l'âge, notamment la mémoire à long terme (Poon, 1985 ; Desgranges, Eustache et Rioux, 1994). L'analyse statistique montre un effet significatif de l'âge et du niveau d'étude sur les performances aux épreuves d'empan mais aussi à l'épreuve de mémoire de travail, ainsi que pour la mémoire épisodique, épreuves de rappel immédiat d'une histoire, liste de mots, reproduction d'une figure (Ibid.). Répéter d'une façon différente, pour ne pas lasser et démotiver l'apprenant, trouve ainsi sa justification pour renforcer la mémoire qui peut être défaillante.

Conclusion

49 A l'ère de la complexité, notamment avec l'adaptation nécessaire aux apprentissages sur les réseaux numériques, les chercheurs en sciences de l'éducation doivent réfléchir à la façon de les enrichir, à l'aune des nouvelles découvertes scientifiques, notamment au sein des neurosciences. Aujourd'hui, la neuro-pédagogie permet de mieux comprendre comment on peut apprendre plus efficacement sur les réseaux numériques, bien qu'elle ne permette pas encore de guider l'enseignement, tant la complexité du cerveau est extrême. Le fait que les neurosciences suscitent un grand intérêt dans le public, ne doit déclencher ni une *neurophilie* exacerbée, ni une *neurophobie* excessive. Les activations cérébrales visibles sur les IRM permettent de lier les zones concernées lors d'un apprentissage spécifique, et ainsi de comprendre "comment" on apprend dans ce cas précis, ce qui accroît nos connaissances, mais cela ne permet pas de donner à l'enseignant, la "recette" d'un apprentissage réussi. Les neurosciences, avec les travaux sur le *eyetracking* ont expliqué les difficultés technologiques et physiologiques de la difficulté de lire un texte numérique avec la lecture de type « *reader's digest* ». En intégrant la neuro-pédagogie dans l'apprentissage, on peut influencer favorablement l'acquisition de nouvelles connaissances, mais nous n'en sommes qu'aux prémises.

50 Les sciences de l'éducation ont des points d'ancrage multiples, et puisent leurs fondements théoriques dans de nombreuses sciences : psychologie, sociologie, pédagogie, didactique, philosophie, sciences cognitives, sciences de l'information et de la communication (Frayssinhes, 2011, p.40). Se situant au carrefour de ces disciplines, les sciences de l'éducation offrent et permettent, de nombreuses approches différenciées, de la vision que l'on a de l'enseignement/apprentissage. La neuro-pédagogie aujourd'hui en fait partie, et devient une nouvelle discipline qui doit y être intégrée. C'est en essayant, en posant les problèmes, en discutant, en échangeant, en s'opposant, que nous ferons avancer la recherche en sciences de l'éducation.

BIBLIOGRAPHIE

Des DOI (Digital Object Identifier) sont automatiquement ajoutés aux références par Bilbo, l'outil d'annotation bibliographique d'OpenEdition.

Les utilisateurs des institutions abonnées à l'un des programmes freemium d'OpenEdition peuvent télécharger les références bibliographiques pour lesquelles Bilbo a trouvé un DOI.

Adolphs, R. (2010). Conceptual challenges and directions for social neuroscience. *Neuron*, 65/6, 752-767.

Baccino, T. (2004). *La lecture électronique*. Grenoble : PUG.

Baccino, T. (2010). Eye Movements and concurrent ERP's : EFRPs investigations in reading. In S. Liversedge, Ian D. Gilchrist & S. Everling (Eds.), *Handbook on Eye Movements* (pp.857-870). Oxford University Press.

Baccino, T. (2011). Lire sur internet, est-ce toujours lire ? *Bulletin des bibliothèques de France* [en ligne], n° 5, [consulté le 25 janvier 2016].

Broadbent, D. (1958). *Perception and Communication*. London : Pergamon Press

DOI : 10.1037/10037-000

Chweitzer, A. (1929). Une expérience sur l'apprentissage dans le test de barrage. *Année Psychologique*, XXX, 166-182.

DOI:10.3406/psy.1929.4921

Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.

Desgranges, B., Eustache, F., Rioux, P. (1994). Effets de l'âge et du niveau d'étude sur différents sous-systèmes mnésiques. *L'année psychologique*, 94. 345-368.

Feuerstein, R. (1970). *Programme d'enrichissement instrumental (PEI)* Israël : Institut Feuerstein. ICELP.

Frayssinhes, J. (2011). *Les pratiques d'apprentissage des adultes en FOAD : effet des styles et de l'auto-apprentissage*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation. Université de Toulouse II le Mirail.

Frayssinhes, J. (2012b). *L'apprenant adulte à l'ère du numérique*. Paris : L'Harmattan

Frayssinhes, J. (2012c). *Réussir son apprentissage en FOAD : poids de l'intuition*. In Les journées du E-learning. Invité Colloque International LYON 28/29 Juin 2012 - Intervention : " E-learning:

apprentissage intuitif ".

Frayssinhes, J. (2013). *Plaisir et apprentissage sur les réseaux numériques*– Revue en ligne Implications Philosophiques. <http://www.implications-philosophiques.org/actualite/une/plaisir-et-apprentissage-sur-les-reseaux-numeriques/> (consulté le 16 janvier 2016)

Frayssinhes, J. (2015). Conférence : Réussir son apprentissage en FOAD : poids de l'intuition. http://www.canalu.tv/video/universite_toulouse_ii_le_mirail/reussir_son_apprentissage_en_foad_poids_de_l_intuition

Frayssinhes, J. (2016b). *Apprendre sur les réseaux numériques : collaboration, coopération et innovation pédagogique*. Innovations Pédagogiques, nous partageons et vous ? Oser l'innovation pédagogique, Réflexion, 3(1), 12-26. Revue en ligne : <http://www.walderpublications.ch/wp-content/uploads/2016/10/31>

Hickok, G. (2014). *The myth of mirror neurons: The real neuroscience of communication and cognition*. New York : W.W. Norton.

Houdé, O. (2004). *La Psychologie de l'enfant*. Paris : PUF

DOI:10.3917/puf.houd.2017.01

Houdé, O. & al. (2013). Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems: A developmental negative priming study. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 701-708.

Hui Min Lee, C., Cheng, Y.W., Rai, S., Depickere, A. (2004). What affect student cognitive style in the development of hypermedia learning system? Elsevier : Computer & Education.

Koizumi, H. (1991). From Zeeman Atomic Absorption to Magnetic Resonance Imaging - An approach towards analytical science. *Analytical Sciences*, 7, 565-570.

Koizumi, H. (1994). Analytical science as a new paradigm of analytical chemistry. *J Seizon and Life Sci*, 5, 393-407.

Koizumi, H. (1999). A practical approach to transdisciplinary studies for the 21st century- the centennial of the discovery of radium by the Curies. *J.Seizon and Life Sci*, 9/B1999-1, 19-20.

Koizumi, H. (2003). *Wie funktioniert das Gehirn ?* Paris : OCDE.

Koizumi, H. (2006). Bioethics in brain research. *Seimei Rinri*, 16, 12-28.

Koizumi, H. (2007). The Concept of Brain-Science & Ethics. *J. Seizon and Life Sci.*, 17B, 13-32.

Koizumi, H. (2010). Brain Science of Ethics: Present Status and the Future. *Journal of Mind, Brain, and Education*, 4(4), 188-195.

Laborit, H. (1970). *L'Homme imaginant*, coll. 10/18. Paris : Union générale d'éditions

Le Moigne, J. L. (2008). Edgar Morin, le génie de la Reliance, *Synergies Monde*, 4, 177-184.

Levy, R. (2017). Comprendre comment nous apprenons : La réponse par les neurosciences. <http://www.first-finance.fr/actualites/article/entretien-richard-levy-professeur-en->

LLedo, PM. & Vincent JD. (2012). *Le cerveau sur mesure*. Paris : Odile Jacob.

Maguire, E. A. et al. (2000). *Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers*. *PNAS*, 97 (8), 4398-4403.

DOI:10.1073/pnas.070039597

McLoughlin, C., Hutchinson H., Koplin M. (2002). Different Media for Language Learning : Does Technology Add Quality? : *International Conference on Computers in Education (ICCE'02)*, December 03-06, 681.

DOI:10.1109/CIE.2002.1186042

Medina, J. (2014). *Les douze lois du cerveau*. Paris : Editions Leduc.s.

Miller, G. A. (1955). The magical number seven, plus or minus two. *Psychological Review by the American Psychological Association*, 101/2, 343-352.

Nielsen, J. & Pernice, K. (2009). *Eye tracking Web usability*. New-York : Barnes & Noble.

OCDE. (2002). *Comprendre le cerveau : vers une nouvelle science de l'apprentissage*. Paris : Service des Publications de l'OCDE.

DOI:10.1787/9789264274983-fr

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York : McGraw-Hill.

Page-Lamarche V. (2004). *Styles d'apprentissage et rendement académique dans les formations en ligne*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation. Université de Montréal.

Pasquier, F. (2005). Les images transformées et transportées (ITT) dans les hypermédias. In *Imad Saleh, Les hypermédias, conception et réalisation* (pp. 193-238), Hermès-Science, Lavoisier, Londres.

Pasquier, F. (sous presse). La transdisciplinarité : combien de divisions ? *Année de la recherche en sciences de l'éducation* (Arse 2017)

Piombo, C. (2007). *Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie*. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. Université de Toulouse.

Poon, L.W. (1985). Differences in human memory with aging : Nature, causes and clinical implications, in J. Birren et K.W Schaie (Edit.), *handbokk of the psychology of aging* (pp. 427-462). New York : Van Nostrand Rhinehold.

Riding, R., Rayner, S. (2001). *Cognitive Styles and Learning Strategies*. London : David Fulton

Publishers.

DOI:10.4324/9781315068015

Tiberghien, G. (2002). *Dictionnaire des sciences cognitives*. Paris : Armand Colin

Trocmé-Fabre, H. (1987). *J'apprends, donc je suis. Introduction à la neuropédagogie*. Paris : Les Editions d'organisation.