

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327574688>

Neurosciences cognitives et sciences de l'éducation : vers un changement de paradigme ?

Article in *Éducation et Socialisation* · September 2018

DOI: 10.4000/edso.4320

CITATIONS

3

READS

197

1 author:



[France Arboix Calas](#)

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique Education et Formation, Montpellier, France

12 PUBLICATIONS 11 CITATIONS

SEE PROFILE

Éducation et socialisation

Les Cahiers du CERFEE

49 | 2018

Neurosciences et éducation - Varia (49/septembre 2018)

Neurosciences cognitives et sciences de l'éducation : vers un changement de paradigme ?

France ARBOIX-CALAS



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/edso/4320>

ISSN : 2271-6092

Éditeur

Presses universitaires de la Méditerranée

Ce document a été généré automatiquement le 7 août 2018.

Neurosciences cognitives et sciences de l'éducation : vers un changement de paradigme ?

France ARBOIX-CALAS

Introduction

- 1 Dans le contexte actuel de la recherche en éducation, les chercheurs ambitionnent d'utiliser les avancées des neurosciences cognitives définies comme l' « ensemble des disciplines qui ont pour objet d'établir la nature des relations entre la cognition et le cerveau » (Tiberghien, 2002). Le mariage de ces deux disciplines a déjà donné naissance à un héritier à travers un nouveau champ de recherches menées aux frontières des champs de l'éducation et des neurosciences cognitives : la neuroéducation. Si pour les acteurs de terrain, ce champ de recherche suscite un réel engouement, comme en témoignent les expérimentations mises en œuvre par des enseignants de secondaire en contexte écologique (Toscani, 2017), il est aujourd'hui vivement questionné dans la communauté scientifique. En effet, plusieurs auteurs s'interrogent sur les intérêts et les limites de passer du contexte d'un laboratoire à celui, plus écologique, d'une salle de classe ainsi que sur la légitimité méthodologique (Dehaene, 2011), ou scientifique (Caussidier, 2015) de cette transition. Les problématiques soulevées dans ces recherches interrogent la possibilité d'un rapprochement épistémologique entre neurosciences cognitives d'une part et éducation d'autre part. Pourtant, si le mariage entre neurosciences cognitives et enseignement « ordinaire » apparaît encore difficile et pionnier, il n'en est pas de même de la liaison de ces neurosciences avec l'enseignement spécialisé. En effet, ce dernier s'est historiquement construit sur un rapprochement entre professionnels de santé issus des neurosciences (psychologues cognitifs, neuropsychologues, neuropédiatres, ...) et professionnels de l'éducation. Pourtant, les recherches ont jusqu'alors assez peu questionné le rapport au savoir de ces deux catégories de professionnels, comme si le rapprochement des épistémologies dont ils se réclament était évident. Dans cet article, nous examinons le lien historiquement ancien entre neurosciences cognitives et

enseignement spécialisé dans le but d'identifier un rapprochement épistémologique entre neurosciences et sciences de l'éducation. Nous avons circonscrit notre étude à l'apport des neurosciences cognitives sur les troubles spécifiques des apprentissages concernant le langage écrit et la numération, donc dans une visée didactique.

- 2 Dans une première partie, nous discuterons des apports et des limites des recherches en neurosciences cognitives appliquées à l'enseignement spécialisé.
- 3 Dans une seconde partie, nous mettrons en perspective les résultats de ces recherches dans le but d'identifier de possibles rapprochements épistémologiques entre ces deux domaines.

Apports et limites de recherches en neurosciences appliquées à l'enseignement spécialisé

- 4 Dès à présent, il paraît important de noter que les neurosciences montrent que les traitements des informations cognitives et émotionnelles sont interdépendants (Damasio, 1995, Varela et al. 1991). Toutefois, dans la littérature scientifique, l'intérêt porté au fonctionnement émotionnel est beaucoup plus récent que celui qui est porté au fonctionnement cognitif. De plus, les recherches empiriques montrent que le thème des troubles spécifiques des apprentissages, a été beaucoup plus sondé d'un point de vue cognitif, au détriment des aspects affectifs et sociaux.
- 5 L'apport des neurosciences à l'éducation en milieu « ordinaire » est questionné à différents niveaux. Certains auteurs s'interrogent sur l'absence de prise en compte, dans la plupart des recherches en neurosciences, des conditions écologiques de la classe (contextes d'apprentissage, rapports sociaux, ...) et de la part d'affectivité du sujet, inhérente à tout acte d'apprentissage (Caussidier, 2014). Pour d'autres, l'apport des neurosciences ne serait tout simplement pas opérationnel car trop technique à appréhender pour un enseignant dans sa pratique quotidienne (Schrag, 2013 ; Willingham, 2008).
- 6 En revanche, dans le domaine de l'enseignement spécialisé, l'alliance entre neurosciences et éducation est nettement moins controversée.
- 7 Depuis l'émergence du concept de « troubles des apprentissages » déclinés par l'INSERM (2007) comme la dyslexie (trouble spécifique de la lecture), la dyspraxie (trouble du développement moteur et de l'écriture), la dyscalculie (trouble des activités numériques), la dysphasie (trouble du langage oral) et les troubles de l'attention (pour ne citer que les principaux), professionnels de la santé et de l'éducation se retrouvent confrontés à des problèmes professionnels communs.
- 8 Les neurosciences cognitives sont alors sollicitées comme l'un des outils susceptible d'aider à la résolution des problèmes complexes auxquels sont confrontés au quotidien les enseignants spécialisés face à leurs élèves en difficulté d'apprentissage (Gaussel et Reverdy, 2013). Pour trouver des fondements épistémologiques communs aux neurosciences cognitives et au champ éducatif, il paraît donc pertinent de s'intéresser aux troubles des apprentissages. Dans cette perspective, deux pistes sont envisageables : explorer le rapport au savoir des professionnels de terrain issus de la santé et de l'enseignement ou recenser les apports de la recherche en neurosciences sur les troubles des apprentissages (dyslexie et dyscalculie). Notre étude s'oriente dans cette dernière

approche et nous discutons la pertinence d'appliquer les résultats de la recherche en neurosciences sur les troubles des apprentissages à l'enseignement spécialisé, dans une perspective didactique (enseignement de la lecture et des mathématiques).

Etudes sur la dyslexie

- 9 Les recherches en neurosciences cognitives ont permis de dresser des protocoles de rééducation pour la prise en charge des dyslexies. Ces protocoles insistent sur le rôle de la motivation de l'enfant associée à un entraînement intensif portant notamment sur la mémoire de travail, la conscience phonologique et un montage de lecture qui passe par une méthode syllabique pouvant être associée à l'utilisation de pictogrammes (Sant, 2002). Ces préconisations qui s'appliquent à un contexte rééducatif pourraient également s'appliquer en contexte scolaire.
- 10 D'autre part, rappelons que les recherches expérimentales en neurosciences qui s'intéressent aux dyslexies se basent sur un groupe témoin qui sert alors de référence ou de « norme ».
- 11 Dans les dyslexies de développement, plusieurs études (Rumsey et al., 1997 ; Brunswick et al., 1999 ; Temple et al., 2003), ont identifié par différentes techniques d'imagerie cérébrales (IRM, PET Scan) des régions cérébrales insuffisamment activées (par rapport au groupe témoin) lors d'exercices de reconnaissance phonologique. Ces régions semblent donc impliquées dans ces formes de dyslexie et leur faible activation lors d'exercices phonologiques signe la présence d'une dyslexie chez l'individu. Les neurosciences et en particulier les techniques de neuro-imagerie ont permis de trancher le débat qui opposait les chercheurs sur la présence d'une base phonologique dans la dyslexie (Willingham, 2008), identifiée dans la région du cortex temporo-parietal gauche.
- 12 Il est alors possible d'utiliser cet indice anatomo-fonctionnel pour évaluer l'efficacité d'un programme pédagogique particulier sur les performances en lecture ou encore les effets d'une rééducation. Par exemple, cette technique a été utilisée pour évaluer les effets d'un programme d'entraînement phonologique dans lequel les transitions de fréquence rapides dans la parole sont ralenties et amplifiées (Temple et al., 2003).
- 13 Une autre avancée importante dans la compréhension de l'apprentissage de la lecture et du développement des dyslexies a été réalisée suite à de récentes recherches sur une zone cérébrale appelée WVFA (word visual form area). Cette zone, s'active lors de la première année d'apprentissage de la lecture mais son niveau d'activation est moindre chez les dyslexiques. Ahr, Borst et Houdé (2016) en donnent l'explication fonctionnelle. Les neurones de cette aire initialement dévolus à la reconnaissance des visages ont la propriété de reconnaître un objet quelle que soit son orientation latérale (droite-gauche). Ils sont recyclés pour reconnaître les lettres et les mots dans l'apprentissage de la lecture. Dans ce cas, le contrôle inhibiteur de cette propriété est essentiel pour que les enfants ne confondent pas les lettres miroirs telles que b et d. Ainsi, l'une des causes de la dyslexie pourrait s'enraciner dans la défaillance de ce contrôle inhibiteur. Des applications pédagogiques concrètes de ces avancées ont vues le jour. En effet, les techniques de neuroimagerie ont montré qu'il est possible dans le cadre d'un entraînement en condition écologique, de développer ses capacités d'inhibition provoquant ainsi une reconfiguration des réseaux cérébraux (Houdé, 2013).

- 14 Outre les techniques de neuro-imagerie, d'autres auteurs utilisent différents types de tests neuropsychologiques pour questionner le lien entre contenu des écrits et apprentissage de la lecture. La longueur des mots (Zoccolotti et al., 2005), le degré de régularité phonique (correspondance graphème-phonème) selon les idiomes considérés (Seymour et al., 2003 ; Lindgren et al., 1985) sont autant d'objets de recherches pour évaluer les facteurs d'influence sur la dyslexie. Toutefois, à notre connaissance, ces recherches n'ont pas encore donné lieu à des applications pédagogiques concrètes.
- 15 De plus, une revue d'étude récente (Fragel-Madeira et al., 2015) a recensé les recherches en neurosciences qui donnent des perspectives éducatives pour les enseignants confrontés à un élève dyslexique. Celles-ci concernent l'importance de la formation des enseignants au repérage de caractéristiques linguistiques spécifiques en contexte scolaire (confusion de lettres miroir, difficulté à retenir des chansons à rimes, ...) pouvant révéler une dyslexie. Ce repérage permettrait d'optimiser le diagnostic et faciliterait une prise en charge précoce, gage d'une plus grande efficacité (Willingham, 2008). Cette revue d'étude suggère aussi aux enseignants de développer certaines compétences intrapersonnelles chez les enfants dyslexiques (estime personnelle et confiance en soi) et d'utiliser des outils pédagogiques très spécifiques (cartes mentales, ressources audiovisuelles, ...), et des dispositifs particuliers (accorder un tiers temps, privilégier l'oral à l'écrit).
- 16 Si ces conseils peuvent faciliter la scolarisation au quotidien, ils restent néanmoins assez généraux d'un point de vue didactique.

Etudes sur la dyscalculie

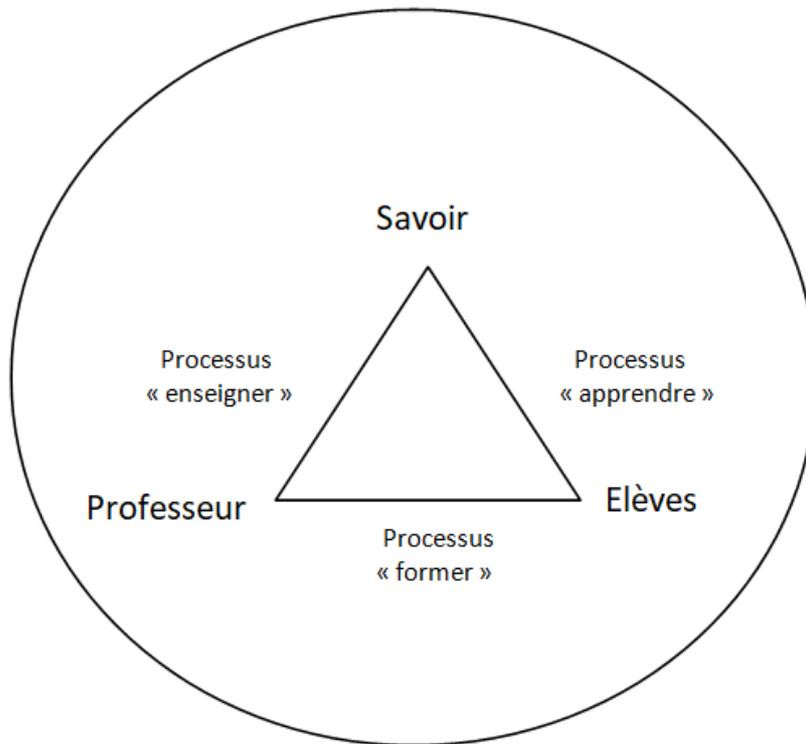
- 17 Dans le cadre des troubles affectant les activités numériques, si les études sont moins nombreuses que celles portant sur les troubles du langage (INSERM, 2007), elles sont également assez anciennes. En effet, au début du XX^{ème} siècle, le neurologue Josef Gerstmann démontrait une corrélation entre agnosie digitale¹ et dyscalculie. Récemment, les techniques de neuro-imagerie ont permis de donner une explication anatomo-fonctionnelle à cette corrélation. Plusieurs études ont mis en évidence une contiguïté entre deux zones cérébrales : celle impliquée de la construction du sens du nombre et celle impliquée dans la gnose digitale (Zago et Pesenti, 2002 ; Dehaene et al., 2003). L'identification de cette contiguïté a ouvert des perspectives intéressantes sur les méthodes pédagogiques d'apprentissage des mathématiques chez les enfants porteurs de dyscalculie. En effet, plusieurs études ont permis de montrer que l'entraînement à la différenciation digitale pouvait améliorer la performance numérique (dénombrement et addition) en augmentant la gnose digitale (Gracia-Bafalluy et Noèl, 2008 ; Plaisier et Smets ; 2011).
- 18 Les techniques de neuro-imagerie ont également permis de mettre en évidence une diminution du volume de certaines aires cérébrales (au niveau de la zone parahippocampique) chez les enfants dyscalculiques, qui pourraient affecter la mémoire de travail et la mémoire spatiale (Rotzer et al., 2008). Ces résultats laissent à penser qu'un entraînement de ces mémoires pourrait améliorer les performances arithmétiques des enfants dyscalculiques. Toutefois, il faut reconnaître avec Butterworth et al. (2011), que si les neurosciences peuvent donner des pistes sur ce qui devrait être enseigné, elles ne disent pas comment mettre en œuvre cet enseignement. De plus, pour ces auteurs, il serait davantage prometteur de développer des logiciels ludo-éducatifs de mathématiques

qui seraient adaptatifs et intègreraient les derniers résultats de la recherche en neurosciences cognitives.

- 19 Les résultats que nous venons de présenter illustrent que les neurosciences cognitives peuvent orienter le contenu des activités pédagogiques que les enseignants proposent à leurs élèves. Ces applications qui peuvent être interprétées dans une visée didactique restent toutefois assez marginales. D'autres travaux précisent la forme optimale de mise en œuvre de ces programmes pédagogiques en classe. En effet, selon une expertise de l'INSERM (2007), les études sur les interventions réalisées en neurosciences cognitives laissent penser que seuls des programmes ciblés proposés par les enseignants en situation individuelle ont une efficacité réelle. Butterworth et al. (2011) ajoutent que les neurosciences peuvent nourrir les pratiques éducatives à condition que les enseignants qui travaillent avec des publics à besoin éducatifs particuliers soient spécialement formés, et qu'ils travaillent avec des effectifs très réduits, sur un temps limité.

A la recherche de fondements épistémologiques communs aux neurosciences et aux sciences de l'éducation

- 20 Dans cette seconde partie, nous mettons en perspective les résultats des recherches présentées précédemment, dans le but d'identifier des fondements épistémologiques communs aux neurosciences et aux sciences de l'éducation.
- 21 Pour diriger notre analyse, nous nous appuyerons sur le modèle du triangle pédagogique de Jean Houssaye (1988). Le choix de ce modèle, issu du champ de la didactique et donc des sciences de l'éducation pourrait de prime abord être contestable car il est le fruit de l'épistémologie des sciences de l'éducation et non des neurosciences. Toutefois, en gardant à l'esprit cette source de biais potentiel, il nous permettra d'analyser plus finement les objets de recherche de la situation pédagogique par le prisme des neurosciences.
- 22 Houssaye (1988) modélise la situation pédagogique par un triangle dont les pôles interagissent pour formaliser des processus, comme indiqué ci-dessous.



Le triangle pédagogique (d'après Houssaye, 1988)

- 23 Le triangle de Houssaye modélise la complexité de la situation pédagogique qui s'envisage comme un phénomène d'émergence résultant de l'interaction des parties au sein du tout. Toutefois, nous utilisons ce modèle pour explorer les éléments constitutifs du tout - les pôles du triangle et les processus qui résultent de leur interaction - dans leur propre spécificité.

Le pôle élève

- 24 Le pôle élève est questionné par les neurosciences cognitives notamment à travers le concept de norme et par la recherche de supports cérébraux potentiellement responsables des activités cognitives. Les études empiriques de neurosciences menées sur les troubles spécifiques des apprentissages portent sur des individus ou des groupes qui sont comparés à un groupe de référence qui devient alors un repère. Ce dernier devient alors la « norme », puisque le diagnostic de trouble est porté dès que l'on s'en écarte. Toutefois, l'idée d'une norme unique et universelle n'est pas compatible avec les sciences humaines et sociales. Dans ces disciplines, au contraire, le concept de norme est questionné notamment du point de vue de la sociologie, la philosophie, l'épistémologie, les sciences de l'éducation.
- 25 Cette divergence épistémologique se traduit, par exemple, par le débat actuel sur une « norme biologique de la lecture ». Il oppose une première approche portée par les neurosciences cognitives, diagnostique et rééducative, à une deuxième approche, éducative et remédiate (Woolven, 2011) selon laquelle les difficultés de lecture ont des origines multiples et que la réponse ne peut pas être purement médicale (Ramus, 2005 ; Morel, 2014).

- 26 De plus, pour nourrir ce débat, il est intéressant de remarquer que les normes et les seuils à partir desquels peut être posé un diagnostic de dyslexie varient selon les cultures (voir par exemple Lindgren, 1985). Les neurosciences cognitives se trouvent alors confrontées aux limites de leur propre méthodologie et reconnaissent l'implication d'autres facteurs explicatifs : « compte tenu de l'arbitraire qui est à la base du choix des seuils, il est impossible de fournir des taux objectifs de prévalence d'un trouble spécifique de la lecture clairement dissocié des difficultés scolaires d'origines diverses ». (INSERM, 2007, p. 186)
- 27 Ainsi, le pôle élève du modèle de Houssaye est investi très différemment par les neurosciences cognitives et les sciences de l'éducation. Dans les recherches en neurosciences cognitives sur les troubles des apprentissages, l'élève apparaît comme un simple « sujet neurocognitif » (Caussidier, 2014) qui est exploré dans son rapport à la norme, et ses structures cérébrales au détriment de ses émotions, de son environnement, et du contexte éducatif dans lequel se déroule l'apprentissage. Philippe Meirieu pose d'ailleurs le problème en ces termes lors d'une émission de radio en décembre 2017²: « Il ne faut pas oublier qu'un élève est un sujet, et qu'un sujet n'est pas réductible à son cerveau ».

Le processus « former »

- 28 Les préconisations d'organisation pédagogique pour la prise en charge des troubles de la numération, formulées dans les travaux de neurosciences cognitives (INSERM, 2007 ; Butterworth et al., 2011) suggèrent qu'une optimisation des apprentissages passe par une individualisation de la relation élève-enseignant. Il est important de remarquer que cette réduction ne permet pas de prendre en compte l'influence des pairs dans les apprentissages. Si ce type de dispositif est envisageable dans l'enseignement spécialisé dans lequel les effectifs sont réduits, cela semble difficilement compatible avec le milieu écologique d'une classe ordinaire avec un effectif plus important. Pour contourner ces difficultés, Butterworth et al. (2011) proposent de substituer la relation humaine élève-enseignant, par un dispositif d'apprentissage informatisé au motif que l'interaction enseignant-élève est une source de motivation extrinsèque bien moins importante que la motivation intrinsèque liée à la tâche en elle-même. Pourtant, la méta-analyse conduite en sciences de l'éducation, par Kroesbergen et Van Luit (2003) sur des élèves d'écoles primaire à besoins éducatifs spécifiques, semble indiquer que les interventions basées sur l'utilisation de programmes informatiques sont moins efficaces que celles conduites par les enseignants eux-mêmes.
- 29 A notre connaissance, les recherches en neurosciences ne s'intéressent pas à ce qui se joue dans l'interaction humaine élève-enseignant. Au contraire, certaines vont même jusqu'au paradoxe d'en nier l'intérêt pédagogique (Butterworth et al., 2011), ce qui remet en cause non seulement tout le processus « former » mais également la légitimité de l'existence de l'enseignant lui-même et de fait, le processus « enseigner », ce qui a pour effet de déstabiliser le modèle du triangle pédagogique et par là même, la situation pédagogique qu'il est censé modéliser.
- 30 Il ne nous semble alors pas possible de trouver des fondements épistémologiques communs aux neurosciences cognitives et aux sciences de l'éducation quant à l'exploration du processus « former » qui semble être largement ignoré voire dénigré par certains travaux de neuroscience.

Le pôle savoir

- 31 Si les neurosciences cognitives permettent de confirmer, par des techniques de neuro-imagerie, qu'il existe une base neurocognitive universelle à la dyslexie, indépendamment de la culture de l'individu (Paulesu et al., 2001) ; elles ne permettent pas d'expliquer pourquoi la prévalence de ce trouble varie considérablement d'un pays à l'autre (Paulesu et al., 2001 ; Lindgren et al., 1985). Ces variations pourraient être attribuées aux différents critères utilisés et aux différentes définitions de la dyslexie selon les cultures (Lindgren et al., 1985) mais également à la structure interne des idiomes considérés (Lindgren et al., 1985 ; Paulesu et al., 2001 ; Miles, 2000 et 2004).
- 32 Ainsi, pour caractériser certains biais dans le diagnostic de dyslexie comme la régularité phonique et orthographique selon l'idiome considéré, il devient nécessaire de s'intéresser au contenu des savoirs auxquels sont confrontés les personnes dyslexiques (contenu d'un texte, structure de la langue, ...). Les neurosciences cognitives n'ayant pas investi le champ du « savoir », il est nécessaire de convoquer d'autres champs disciplinaires issus des sciences humaines (sociologie, linguistique, ...) pour expliciter ces biais.

Le processus « apprendre »

- 33 Certaines recherches en neurosciences cognitives s'attachent à prendre en compte l'influence du milieu sur le rapport au savoir de l'apprenant. Ainsi, un faible niveau socio-économique a été significativement corrélé aux difficultés de lecture dans plusieurs études en neurosciences (Shaywitz et al., 2003 ; Noble et McCandliss, 2005). Noble et al. (2006) concèdent que dans l'interprétation des difficultés de lecture, les systèmes sociaux, cognitifs et neurobiologiques sont interreliés. Ils ajoutent qu'outre les facteurs socio-économiques, d'autres facteurs d'influence sur l'apprentissage de la lecture tels que les facteurs nutritionnels, socio-émotionnels, sanitaires mériteraient d'être sondés. Ces facteurs d'influence de l'environnement sur l'apprentissage ont été mis en évidence avec l'émergence du concept d'« enaction » dans les travaux de Varela, Thompson et Rosch (1991). Selon cette théorie, la façon dont l'individu perçoit le monde qui l'entoure est issue des interactions entre l'organisme et son environnement. Le concept d'« enaction » développé à la frontière de la philosophie et de la psychologie cognitive (ibid) a fait émerger un nouveau paradigme en neurosciences, dans lequel les facteurs environnementaux prennent de plus en plus d'importance.
- 34 Toutefois, bien que les recherches en neurosciences cognitives identifient plusieurs facteurs d'influence potentiels sur l'apprentissage de la lecture, elles sont en difficulté pour les expliquer. En effet, différentes études sur la dyslexie (Shaywitz et al., 2003 ; Noble et MC Candliss, 2005 ; Noble et al., 2006) ont fait émerger plusieurs facteurs de confusion, potentiellement explicatifs qui nécessitent de convoquer d'autres champs disciplinaires pour les explorer. Précisément, les sciences de l'éducation ont déjà sondé la corrélation entre niveau socio-économique et difficulté de lecture notamment à travers l'interaction mère-enfant. Plusieurs études ont montré que les mères ayant un faible niveau d'étude faisaient peu la lecture à leur enfant (Raikes et al., 2006 ; Scarborough et Dobrich, 1994) et qu'un faible niveau en lecture et écriture pouvait avoir un impact négatif sur leurs interactions verbales avec l'enfant (Hoff, 2003). D'autre part, diverses études en psychologie ont exploré le lien entre dyslexie, estime de soi et environnement

scolaire (Leonova et Grilo, 2009). Ainsi, dans le cadre du processus « apprendre », les neurosciences cognitives font émerger plusieurs facteurs de confusion potentiels qui semblent actuellement ne pouvoir être explicités que par une épistémologie relevant du champ des sciences humaines comme les sciences de l'éducation ou la psychologie, par exemple.

Le processus « Enseigner »

- 35 A notre connaissance, les recherches en neurosciences n'ont pas exploré le rapport au savoir des enseignants spécialisés dans le domaine de la pédagogie adaptée aux troubles spécifiques des apprentissages. Toutefois, certaines recherches qui ouvrent des perspectives intéressantes pour une pédagogie « générale » pourraient être avantageusement appliquées à l'enseignement spécialisé, dans la mesure où elles permettent d'alléger l'investissement cognitif des apprenants. Par exemple, la théorie de Richard E. Mayer (2009) sur le « multimedia learning » établit 12 principes pour favoriser l'apprentissage tels que le principe de signalisation selon lequel l'apprentissage est facilité quand des indices mettent en évidence l'organisation du contenu. Ce principe peut être utilisé dans l'utilisation de pictogrammes pour favoriser la lecture chez les dyslexiques comme nous l'avons évoqué précédemment (Sant, 2002). De même, comme nous l'avons vu précédemment, les travaux de Houdé sur l'entraînement à l'inhibition (2013) pourraient contribuer à bloquer le processus responsable de la confusion des lettres en miroir chez les enfants dyslexiques. Ces travaux qui s'intéressent à l'allègement de la charge cognitive ouvrent des perspectives intéressantes pour la prise en charge scolaire de la dyslexie. Sur un plan épistémologique, ces travaux rejoignent ceux de Bruner et Vygotsky sur les concepts d'étayage et de zone proche de développement. Dans cette perspective, le rôle de l'enseignant est de décomplexifier la tâche pour amener l'élève à un niveau qui lui permette de résoudre le problème. Ainsi, les techniques issues des neurosciences visant un allègement cognitif auraient une légitimité d'application pédagogique dans le cadre du processus « enseigner ».
- 36 L'utilisation du modèle du triangle pédagogique de Houssaye (1988) par le prisme des troubles spécifiques de l'apprentissage permet de constater que les neurosciences cognitives et les sciences de l'éducation rencontrent des possibilités de dialogue sur certains domaines de la situation pédagogique. Toutefois, ceux-ci restent en général différemment investis par les neurosciences cognitives et les sciences de l'éducation ce qui rend délicate l'identification de fondements épistémologiques communs. En revanche, ces dernières s'avèrent complémentaires aux neurosciences pour expliciter certains biais mis en évidence par les recherches en neurosciences.

Conclusion : pistes de réflexion et perspectives

- 37 Afin de mieux cerner cette difficulté à trouver des fondements épistémologiques communs aux neurosciences et aux sciences de l'éducation et d'ouvrir des perspectives pour un dialogue fécond, nous proposons de conclure notre propos par une épistémologie de la complexité en montrant que les neurosciences cognitives et les sciences de l'éducation ont opéré une double réduction.
- 38 Les neurosciences ont initialement construit leur épistémologie sur l'individu et non sur l'environnement. Malgré un changement paradigmatique opéré par les neurosciences

dans les années 90 vers une interaction environnement-organisme à travers le concept de cognition incarnée (Varela, Thompson et Rosch, 1991), les études empiriques sur les troubles spécifiques des apprentissages ne questionnent pas, à notre connaissance, l'interaction entre l'individu et son environnement, en conditions « écologiques » (influence des pairs, du milieu social, relation pédagogique, ...). Si l'on considère que l'apprentissage résulte d'une conjonction de multiples facteurs dans le contexte d'une salle de classe, nous pouvons dire que les neurosciences qui s'intéressent aux troubles des apprentissages opèrent une réduction de l'ensemble (intégration de multiples facteurs) à la partie (le cerveau de l'élève). Il n'est alors pas étonnant que cette réduction fasse apparaître plusieurs facteurs de confusion dans les résultats de recherches qui peuvent rendre l'interprétation très délicate

- 39 Quant aux sciences de l'éducation, à l'inverse des neurosciences, elles privilégient la pluralité de l'étude des facteurs d'influence de la situation pédagogique. Ce sont donc souvent les processus qui sont questionnés (former, apprendre, enseigner) avec les concepts qui leur sont associés (transposition didactique, contrat didactique, théories de l'apprentissage ...).
- 40 Au niveau des trois pôles du triangle de Houssaye (1988), seuls les savoirs sont questionnés notamment à travers les concepts de curricula, de transposition didactique. Mais l'enseignant et l'élève ne sont pas réellement questionnés intrinsèquement. Ils ne le sont que par le prisme des processus « apprendre » et « former ». Ainsi, on pourrait dire que les sciences de l'éducation opèrent une forme de réduction différente de celle opérée par les neurosciences sur la situation pédagogique. Elles réduisent cette dernière aux interactions entre les pôles sans sonder avec précision les pôles professeur et élève, pris isolément d'un point de vue cognitif. Elles laissent alors ce champ aux neurosciences qui se focalisent sur l'élève au détriment du professeur.
- 41 Aussi, pour ouvrir le dialogue entre neurosciences et sciences de l'éducation, il semble nécessaire de dépasser cette double réduction et d'opérer un changement paradigmatique vers la complexité qui permet de voir à la fois le tout (la situation pédagogique), les parties qui le constituent (les pôles), les interactions qui les lient (les processus) et au-delà, les phénomènes d'émergence qui apparaissent dans la situation (Morin, 1990).
- 42 Concrètement, réaliser ce changement de paradigme au sein de l'éducation nécessiterait de trouver des problématiques communes aux neurosciences et aux sciences de l'éducation. Si nous constatons aujourd'hui que les neurosciences cognitives le permettent difficilement, il pourrait en être autrement des neurosciences affectives et sociales qui s'intéressent à la genèse des compétences émotionnelles. En effet, le concept de « compétence émotionnelle » qui formalise le lien entre émotion et rationalité trouve une assise en neurosciences affectives et sociales et une opérationnalisation dans le champ des sciences de l'éducation, tant du point de vue des apprentissages scolaires stricto-sensu, que de celui du développement citoyen. Il pourrait alors y avoir en creux, dans le développement de ces compétences, une convergence épistémologique entre neurosciences et éducation qui nécessite d'être explorée dans de nouvelles recherches.

BIBLIOGRAPHIE

- Arh, E., Borst, G., Houdé, O. (2016). The learning brain: Neuronal recycling and inhibition. *Zeitschrift für Psychologie*, 224, 277-285.
- Brunswick, NE., McCrory, CJ., Price, C.D., Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics : A search for Wernicke's Wortschatz ? *Brain*, 122(10), 1901-1917.
- Butterworth, B., Laurillard, D. (2010). Low numeracy and dyscalculia : identification and intervention. *ZDM Mathematics Education*, 42, 527-539.
- Butterworth, B., Varma, S., Laurillard, D. (2011). Dyscalculia : From Brain to Education. *Science*, 332, 1049-1053.
- Caussidier, C. (2014) Le sujet neurocognitif et l'éducation : un paradoxe ? *Education et Socialisation*, 16, Dossier 2 : Le sujet dans les éducations à... . En ligne : <http://edso.revues.org/872>
- Damasio, A. (1995). *L'Erreur de Descartes : la raison des émotions*. Paris : Odile Jacob.
- Dehaene S. (2011). *Apprendre à lire. Des sciences cognitives à la salle de classe*. Paris : Odile Jacob.
- Dehaene, S., Le Clec'h, G., Poline, J.-B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002) The visual word form area : a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, 13(3-4), 321-325.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Fragel-Madeira, L., de Castro, J. S., Delou, C. M., Melo, W. V., Alves, G. H. V., Teixeira, P. P., & Castro, H. C. (2015). Dyslexia : A Review about a Disorder That Still Needs New Approaches and a Creative Education. *Creative Education*, 6(11), 1178-1192.
- Gaussel, M., Reverdy, C. (2013). *Neurosciences et éducation : la bataille des cerveaux*. Dossier d'actualité n°86. Lyon : École normale supérieure de Lyon.
- Gracia-Bafalluy, M., Noël, M-P. (2008). Does Finger Training Increase Young Children's Numerical Performance ? *Cortex*, 44, 368-375.
- Hoff, E. (2003). The specificity of environmental influence : Socioeconomic status affects early vocabulary development via maternal speech. *Child development*, 74(5), 1368-1378.
- Houdé, O. (2013). Imagerie cérébrale, cognition et pédagogie. *Médecine/sciences*, 27, 535-540.
- Houdé, O., Pineau, A., Leroux, G., Poirel, N., Perchey, G., Lanoë, C., Lubin, A., Turbelin, M.-R., Rossi, S., Simon, G., Delcroix, N., Lamberton, F., Vigneau, M., Wisniewski, G., Vicet, J.-R. & Mazoyer, B. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children : A neo-Piagetian approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 332-346.
- Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Paris : Lang.
- Inserm (dir.). (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : bilan des données scientifiques*. Rapport. Paris : Les éditions Inserm.

- Kroesbergen, E.H., Van Luit, J.E.H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs : A meta-analysis. *Remedial and Special Education*, 24, 97-114.
- Leonova, T., Grilo, G. (2009). La faible estime de soi des élèves dyslexiques : mythe ou réalité ? *L'Année psychologique*, 109 (3) : 431-462.
- Lindgren, D., De Renzi, E., Richman, L.C. (1985). Cross-National Comparisons of Developmental Dyslexia in Italy and the United States. *Child Development*, 56(6), 1404-1417.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed). New York : Cambridge University Press.
- Miles, E. (2000). Dyslexia may show a different face in different languages. *Dyslexia*, 6, 193-201.
- Miles, E. (2004). Some problems in determining the prevalence of dyslexia. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 2, 5-12.
- Morel, S. (2014). *La médicalisation de l'échec scolaire*. Paris : La dispute.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Le Seuil.
- Noble, K.G., McCandliss, B.D. (2005). Reading development and impairment : behavioral, social, and neurobiological factors. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 26 (5), 370-378.
- Noble, K.G., Wolmetz, M.E., Ochs, L.G., Farah, M.J., McCandliss, B.D. (2006). Brain-behavior relationships in reading acquisition are modulated by socioeconomic factors. *Developmental Science*, 9(6), 642-654.
- Paulesu, E., Démonet, J.F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S.F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C.D., Frith, U. (2001). Dyslexia : cultural diversity and biological unity. *Science*, 291 (5511), 2165-2167.
- Piaget, J. (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Paris : Gallimard.
- Plaisier, M.A., Smets, J.B.J. (2011). Number magnitude to finger mapping is disembodied and topological. *Experimental Brain Research*, 209, 395-400.
- Raikes, H., Pan, B.A., Luze, G., Tamis-Lemonda, C.S., Brooks-Gunn, J., Constantine, J., Tarullo, L.B., Raikes, H.A., Rodriguez, E.T. (2006). Mother-child bookreading in low-income families: Correlates and outcomes during the first three years of life. *Child development*, 77(4), 924-953.
- Ramus, F. (2005). De l'origine biologique de la dyslexie. *Psychologie et éducation*, 60 : 81-96.
- Rotzer, S., Kucian, K., Martin, E., Von Aster, M., Klaver, P., Loenneker, T. (2008) Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 39(1), 417-422.
- Rumsey, J.M., Nace, K., Donohue, B., Wise, D., Maisog, M., Andreason, P. (1997). A positron emission tomographic study of impaired word recognition and phonological processing in dyslexic men. *Archives of Neurology*, 54(5), 562-73.
- Sant, C. (2002). La rééducation de l'enfant dyslexique. In R. Cheminal, V. Brun (Dir.). *Les dyslexies*. (pp. 79-91). Paris : Masson.
- Scarborough H.S., Dobrich W. (1994). On the efficacy of reading to preschoolers, *Developmental Review*. 14(3), 245-302.
- Seymour, P.H.K., Aro, M., Erskine, J.M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94, 143-174.
- Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Fulbright, R.K., Skudlarski, P., Mencl, W.E., Constable, R.T., Pugh, K.R., Holahan, J.M., Marchione, K.E., Fletcher, J.M., Lyon, G.R., Gore, J.C. (2003). Neural systems for

compensation and persistence : young adult outcome of childhood reading disability. *Biological Psychiatry*, 54, 25-33.

Temple, E., Deutsch, GK., Poldrack, RA., Miller, SL., Tallal, P., Merzenich, MM., Gabrieli, JD. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation : Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(5), 2860-2865.

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

Toscani, P. (Ed) (2017). *Dynamiser les pratiques éducatives avec les neurosciences*. Lyon : Chronique sociale.

Willingham, D. (2008). When and How Neuroscience Applies to Education. *Phi Delta Kappan*, 89(6), 421-423.

Woollven, M. (2011). Enseigner la lecture et soigner ses troubles. L'intervention publique en matière de dyslexie en France et au Royaume-Uni. *Revue Internationale de Politique Comparée*, 18(4), 47-59.

Zago, L., Pesenti, M. (2002). Neuroimagerie cognitive des activités numériques. In O. Houdé, B. Mazoyer, N. Tzourio-Mazoyer (Eds.), *Cerveau et Psychologie: Introduction à l'Imagerie Cérébrale Anatomique et Fonctionnelle*. (pp. 521-546). Paris : Presses Universitaires de France.

Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Pace, E., Gasperini, F., Judica, A., Spinelli, D. (2005). Word length effect in early reading and in developmental dyslexia. *Brain and Language*, 93(3), 369-373.

NOTES

1. Agnosie digitale : incapacité à reconnaître, identifier, différencier, nommer, sélectionner et orienter les doigts individuels sur ses propres mains et celle d'autrui

2. France Inter : « Philippe Meirieu, Professeur en sciences de l'Education, est l'invité de Léa Salamé à 7h50 ».

Disponible en ligne : <https://www.franceinter.fr/emissions/l-invite-de-7h50/l-invite-de-7h50-12-decembre-2017>

RÉSUMÉS

Dans le contexte actuel de l'émergence de la « neuroéducation », plusieurs auteurs s'interrogent sur les intérêts et les limites de passer du contexte d'un laboratoire à celui, plus « écologique », d'une salle de classe. Les problématiques soulevées dans ces recherches interrogent la possibilité d'un rapprochement épistémologique entre neurosciences cognitives d'une part et éducation d'autre part. Si le mariage entre neurosciences cognitives et enseignement « ordinaire » apparaît encore difficile et pionnier, il n'en est pas de même de la liaison de ces neurosciences avec l'enseignement spécialisé. Nous avons exploré ce lien historiquement plus ancien pour montrer comment les recherches en neurosciences ont pu contribuer à nourrir les pratiques de l'enseignement spécialisé. Ces résultats nous ont conduits à chercher des fondements

épistémologiques communs aux neurosciences cognitives et aux sciences de l'éducation, en nous appuyant sur le modèle du triangle pédagogique (Houssaye, 1988). Notre analyse suggère que ces deux disciplines ont chacune opéré une réduction qui obère les possibilités d'échanges fructueux entre elles. Toutefois, le dépassement de cette réduction pourrait ouvrir des pistes de dialogue fécond dans un nouveau paradigme de recherche entre ces deux champs disciplinaires.

In the current context of the emergence of "neuroeducation", several authors question the interests and limits of moving from the context of a laboratory to the context, more "ecological", of a classroom. The issues raised in this research explore the possibility of an epistemological link between cognitive neuroscience and education. If the marriage between cognitive neuroscience and "ordinary" teaching still appears to be difficult and pioneering, the same is not true of linking these neurosciences with special education. We explored this historically older link to show how neuroscience research has contributed to the practices of special education. These results led us to look for epistemological common foundations to cognitive neuroscience and educational sciences, using the pedagogic triangle model (Houssaye, 1988). Our analysis suggests that these two disciplines each have a reduction that compromise the possibilities for fruitful exchange between them. However, exceeding this reduction could open avenues for fruitful dialogue in a new paradigm of research between these two disciplinary fields.

INDEX

Mots-clés : neurosciences cognitives, enseignement spécialisé, complexité, paradigme, double réduction.

Keywords : cognitive neuroscience, specialized education, complexity, paradigm, double reduction.

AUTEUR

FRANCE ARBOIX-CALAS

LIRDEF