

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Neurodidactique en sciences physiques

Plumat, Jim; Vanhoolandt, Cedric; Mober, Charly

Published in:
Actes de la première Journée d'études IRDENa

Publication date:
2019

Document Version
le PDF de l'éditeur

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):
Plumat, J, Vanhoolandt, C & Mober, C 2019, Neurodidactique en sciences physiques: premières approches à l'UNamur. Dans *Actes de la première Journée d'études IRDENa: Varier les approches pour optimiser l'apprentissage?*. p. 38-46.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Actes de la première
Journée d'étude IRDENa



**Varier les approches pour optimiser
l'apprentissage ?**

18 décembre 2018

Table des matières

I	Conférences plénières	4
1	L'enseignement par projets : en informatique et au-delà Gilles DOWEK ¹	4
2	Émotion et créativité dans l'apprentissage Françoise BERDAL-MASUY ²	6
3	L'approche par compétences pour cadrer, entraîner et évaluer l'intégration des savoirs Marianne POUMAY ³	20
4	Le Côté Obscur de la Compétence : pourquoi le Pacte prône-t-il un meilleur équilibre entre savoir et compétences Marc ROMAINVILLE	20
5	Les TICE, des outils (pas) comme les autres ?/! Éric WILLEMS	20
II	Communications et ateliers des membres de l'IRDENa	24
1	Un dispositif d'EEE accompagné et personnalisé à la faculté d'informatique Fanny BORAITA	24
2	Lorsqu'un protocole d'analyse de l'activité réunit recherche et accompagnement Sephora BOUCENNA ⁴	24
3	Faut-il « démathématiser » l'équation chimique ? Jérémy DEHON	25
4	Physique et défis : une activité d'apprentissage par projet qui ne manque pas de punch Matthieu DONTAINE, Jim PLUMAT, Johan TIRTIAUX	25
5	De l'usage de capsules vidéo pour apprendre à penser ? Matthieu DONTAINE, Jim PLUMAT	25
6	« If you never change your mind, why have one ? » (Edward DE BONO) - Les six chapeaux de la réflexion de DE BONO dans le cadre d'une pédagogie coopérative François-Xavier FIÉVEZ	26

1. Chercheur à l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique - France

2. Premier maître de langues à l'UCLouvain

3. Professeur à l'ULiège

4. Professeur à l'UNamur

7	Projet de thèse : la régulation émotionnelle dans l'apprentissage Line FISCHER	26
8	Studying the evolution of the understanding of core programming concepts among freshers Julie HENRY	26
9	La classe inversée en TP : Croyances des étudiants et mise en place d'un dispositif Tony LECLERQ et Fanny BORAITA	27
10	L'utilisation du portfolio au service de l'apprentissage et de l'évaluation dans deux cours organisés par la faculté d'informatique Cédric LIBERT et Fanny BORAITA	27
11	Ingénierie didactique mise en œuvre pour construire un parcours pédagogique sur l'écriture de résultats expérimentaux en sciences Céline PICRON et Philippe SNAUWAERT	27
12	Place et rôle du cercle trigonométrique dans l'apprentissage de la trigonométrie Marie PIERARD et Valérie HENRY	33
13	Neurodidactique en sciences physiques : premières approches à l'UNamur Jim PLUMAT, Cédric VANHOOLANDT et Charly MOBERS	38
14	Pourquoi le processus de mitose est maintenu au programme ? Maxime REGNIER	46
15	Neurosciences cognitives et didactique : comprendre le chemin pour mieux guider l'apprenant Bénédicte WILLAME	46

13 Neurodidactique en sciences physiques : premières approches à l'UNamur

Jim PLUMAT, Cédric VANHOOLANDT et Charly MOBERS

Des neurosciences à la neurodidactique

Jusqu'il y a peu, comprendre le fonctionnement du cerveau en conditions réelles d'apprentissage était tout simplement impossible. Actuellement et malgré les découvertes récentes dans le domaine des neurosciences sur le fonctionnement et la structure du système nerveux et en particulier des neurones, il existe encore un fossé entre les neurosciences et le domaine de l'éducation.

Aujourd'hui, les nouvelles technologies d'imagerie médicale ont permis l'émergence de ce qu'on appelle les neurosciences cognitives. Cette branche des neurosciences est capable de mesurer en temps réel l'activité cérébrale lors de différentes tâches tant motrices que cognitives. Puisque l'activité cérébrale d'un réseau de neurones peut souvent être corrélée avec certaines fonctions cognitives, les neurosciences cognitives permettent de faire le lien entre le fonctionnement du cerveau et le champ éducatif! Ce nouveau champ d'investigations et de connaissances est baptisé par MASSON (2007) de « neuroéducation » et a pour but « d'étudier le rôle des connaissances du fonctionnement du cerveau en éducation ».

Il s'agit d'un nouveau sujet d'étude extrêmement vaste et comprenant différents domaines dont notamment celui de la « neurodidactique » qui a pour but d'étudier les mécanismes cérébraux liés à l'apprentissage et l'enseignement de disciplines telle que la physique.

Le cerveau : structure et fonctions cognitives

Afin de pouvoir tirer profit des récents travaux réalisés sur les mécanismes cérébraux associés à l'apprentissage de la physique, il est primordial d'introduire quelques notions de base en neurosciences sur la structure du cerveau et sur les fonctions cognitives qui y sont associées dans la littérature scientifique. La figure ci-dessous représente la couche externe de l'hémisphère droit du cerveau. Les régions situées sur la gauche correspondent à des zones à l'arrière de la tête et celles situées à droite à des zones à l'avant de la tête.

Le Lobe en bleu sur la figure 4 est le lobe occipital. Cette région est considérée comme le centre visuel et exécute les premiers traitements visuels. Le lobe pariétal (en jaune sur la figure 4) est quant à lui considéré comme une zone associative permettant d'intégrer les informations provenant de différents canaux sensoriels. En dessous de celui-ci se trouve le lobe temporal (en vert). Ce dernier est associé à diverses fonctions cognitives plus complexes telles que l'audition, la mémoire et le langage. Enfin, le lobe à l'avant de notre cerveau est appelé lobe frontal (en rouge). C'est dans cette zone que les fonctions cognitives les plus complexes ont lieu. La zone la plus à l'avant de ce lobe est appelé le cortex préfrontal et joue un rôle majeur dans les fonctions exécutives telles que la mémoire de travail, la flexibilité mentale et l'inhibition. Cette zone est donc d'un grand intérêt dans la compréhension des mécanismes cérébraux liés à l'apprentissage et en particulier à l'apprentissage de la physique.

Etant donné l'importance du cortex préfrontal, il est intéressant de le décrire de manière plus précise. Pour ce faire, la classification souvent utilisée en neurosciences est celle dite de BRODMANN, définie en 1909 par ce neurologue allemand sur une base cytoarchitectonique. Cela signifie que les aires correspondent à l'organisation apparente du cortex. Ainsi, les régions ayant une organisation cellulaire identique seront assimilées à une aire de BRODMANN portant un même numéro allant de 1 à 52 et

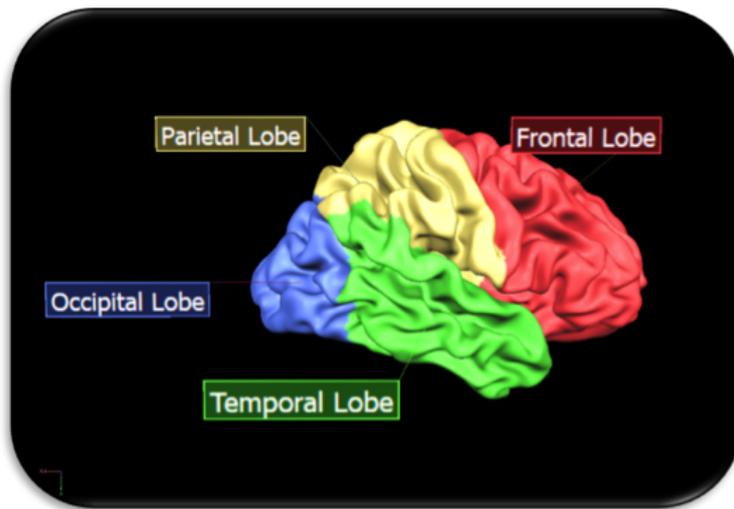


FIGURE 4 – Représentation des lobes externes de l’hémisphère droit du cerveau. Image réalisée à l’aide du logiciel BrainVoyager.

à chacune de ces aires correspondent des fonctions cognitives. Il importe de préciser qu’une même aire peut exécuter différentes fonctions cognitives et que différentes aires peuvent parfois être associées aux mêmes fonctions. Cela étant, le cortex préfrontal est subdivisé en trois cortex : dorsolatéral, ventrolatéral et cingulaire antérieur. Ces trois régions sont illustrées sur la figure ci-dessous.

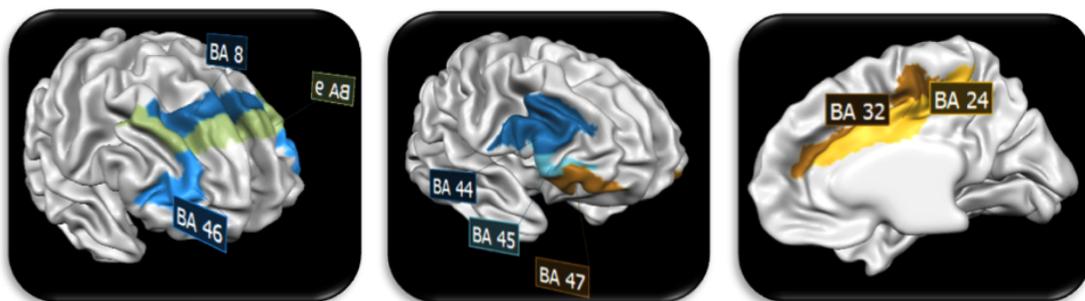


FIGURE 5 – Illustration des principales zones du cortex préfrontal en fonction des aires de BRODMANN réalisée à l’aide du logiciel Brainvoyager. Les schémas représentent de gauche à droite le cortex dorsolatéral, ventrolatéral et cingulaire antérieur.

A une activation des aires présentes dans les cortex dorsolatéral et ventrolatéral est associée l’utilisation des fonctions cognitives exécutives comme l’inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité mentale. Une activation des aires présentes dans le cortex cingulaire antérieur est, quant à elle, associée à un mécanisme de détection d’erreurs et de prise de décisions. Cette dernière région joue également un rôle dans la gestion des émotions.

Résultats d’une étude de neuroimagerie en physique

Existe-t-il une différence entre le fonctionnement cérébral d’un expert en physique et celui d’un novice ayant des connaissances de base dans le domaine ? Voilà une question à laquelle de récentes recherches ont tenté de répondre (BRAULT-FOISY *et al.*, 2015 ; MASSON *et al.*, 2014).

Cette question est primordiale afin de mieux comprendre les processus cérébraux essentiels à la compréhension et à l'utilisation de concepts en physique. Afin d'apporter des éléments de réponse, ces chercheurs ont testé une conception largement partagée par la plupart des individus n'ayant pas eu de formation en physique en lien avec la mécanique classique : « en l'absence d'air, une balle lourde tombe plus vite qu'une balle légère », c'est la conception aristotélicienne de la mécanique. Pour répondre à la problématique, les chercheurs ont placés différents participants - novices et experts en physique - dans un appareil d'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) et leur ont présenté différents types de stimuli avec des propositions de réponse. Ces personnes devaient alors juger si les réponses proposées étaient correctes ou incorrectes en fonction de leurs connaissances et/ou expertise. On peut classer ces stimuli comme non scientifiques (la balle lourde tombe plus vite), scientifiques (les balles tombent à la même vitesse) et de contrôle (la balle légère tombe plus vite).

Lors de ces expériences, étant donné que certaines zones du cerveau sont également activées chez les novices et chez les experts, les résultats ont été analysés à l'aide de contrastes experts > novices ou stimuli scientifiques > non-scientifiques. Ceci a permis d'observer quelles zones du cerveau sont significativement plus activées chez l'expert et chez le novice et ce pour différents stimuli.

Pour ce qui est du contraste entre les novices et les experts face aux stimuli non-scientifiques (« la balle lourde tombe plus vite »), les données obtenues indiquent que ce sont les aires de BRODMANN 46 et 10 qui sont significativement plus activées. Ces aires sont respectivement associées au cortex préfrontal dorsolatéral gauche et cortex préfrontal ventrolatéral droit. Or, l'activation de ces zones est assimilée aux fonctions cognitives.

Il semble donc que les experts inhibent plus que les novices leurs conceptions premières lorsqu'on leur présente un stimulus associé à une conception non-scientifique. Cette hypothèse signifie que la conception « la balle lourde tombe plus vite » est toujours présente chez les experts - mais inhibée - et ce malgré le changement conceptuel effectué au cours de leur apprentissage afin d'acquérir la conception dite scientifique.

Néanmoins, étant donné que les experts répondent correctement à ces stimuli dans la plupart des cas et pas les novices, il se pourrait que cette différence d'activation soit due au type de réponse présentée. Afin de vérifier si l'inhibition est bien à l'origine de cette activation, les chercheurs ont utilisé le contraste stimuli non-scientifiques > scientifiques/contrôle dans le cas des experts. De cette manière, si les experts inhibent, des aires du cortex préfrontal devraient être plus activées face aux stimuli non-scientifiques qui « réveillent » la conception erronée, que face aux stimuli scientifiques et de contrôle. Or, aucune activation significative n'a été observée.

L'interprétation en est que le cerveau va traiter un stimulus non-scientifique ou un stimulus de contrôle comme une erreur et ce à l'aide du cortex cingulaire antérieur. Ensuite, en fonction de l'expertise de la personne, l'expert va soit prendre une décision et donner une réponse immédiate (stimuli de contrôle) soit le système de détection d'erreur va choisir entre deux conceptions et en inhiber une (stimuli non-scientifiques). Étant donné que le cortex cingulaire antérieur - qui est le système de détection d'erreur - est activé dans les deux cas, il n'y a pas d'activation significativement supérieure pour ces deux stimuli. Cette interprétation fait appel à ce système « d'arbitrage » et cette hypothèse est renforcée par une étude similaire réalisée sur des conceptions en électricité (MASSON, 2014).

Enfin, une étude récente (THIBAUT & POTVIN, 2018) a permis de montrer que des individus ayant de meilleures fonctions exécutives avaient plus de chance de réaliser un changement conceptuel en physique et donc par exemple ne plus utiliser la notion de « une balle lourde tombe plus vite dans le

vide ». Ceci renforce l'idée que les fonctions exécutives, et particulièrement la capacité à inhiber un concept, ne sont pas une conséquence d'un apprentissage de la physique mais bien un processus présent lors de l'apprentissage de ces concepts !

L'inhibition : un état d'esprit pour mieux apprendre

Le cerveau apprend en inhibant (HOUDÉ, 2009) est le titre d'un atelier animé par Olivier HOUDÉ et celui-ci donne d'emblée le ton. Notre cerveau a tendance, dans un contexte donné, à répondre très, voire trop, vite en mobilisant nos idées les plus spontanées - nos conceptions premières - et à induire l'utilisation de raisonnements faux ! Pour apprendre, il faudrait inhiber cette forme de raisonnement et comme le signale l'auteur, « l'inhibition cérébrale est la capacité à contrôler ou bloquer nos intuitions, nos habitudes ou nos stratégies spontanées ». Cependant, et cela constitue une bonne nouvelle, l'inhibition peut, sinon supplanter tous nos modes de pensée, du moins entraver certains et en « muscler » d'autres.

Face à une situation problématique donnée, deux systèmes de pensée peuvent être activés. Le premier, le plus fréquemment activé, est un système de pensée automatique et intuitif, qualifié d'*heuristique*. Ce système de pensée et de décision extrêmement rapide - encore appelé Système 1 par le prix Nobel d'économie Daniel KAHNEMAN (2012) - est le fruit de notre évolution et nous permet de gérer la plupart des situations quotidiennes qui ne demande pas trop de réflexion mais plutôt une prise de décision dans l'urgence. Malheureusement, dans des situations plus complexes qui nécessitent la réflexion, ce système de pensée ne se révèle pas toujours fiable. Il faudrait alors lui préférer un système *logico-mathématique* encore appelé système *algorithmique* ou Système 2, plus fiable et efficace mais beaucoup plus lent et surtout gros consommateur d'énergie.

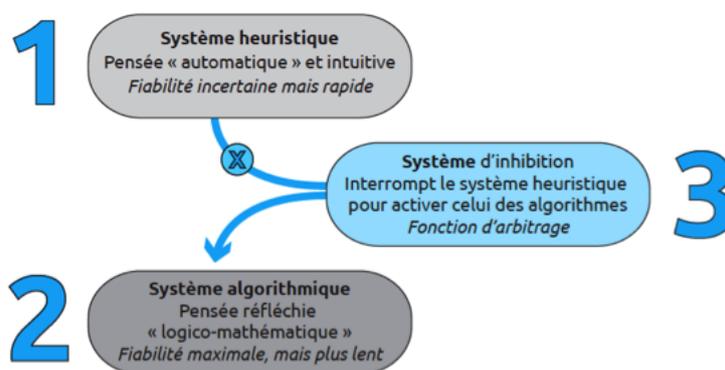


FIGURE 6 – Les trois systèmes cognitifs du cerveau : heuristique (D. KAHNEMAN), algorithme exact ou logique (J. PIAGET) et système inhibiteur (O. HOUDÉ).

Le système *inhibiteur* - qui pourrait être appelé Système 3 - est un système qui tend dès lors à interrompre le système heuristique pour activer celui des algorithmes, sa fonction étant alors vue comme une fonction d'arbitrage.

Dans un contexte d'apprentissage, cette inhibition pourrait être travaillée à deux niveaux. Un premier niveau fait référence à la situation où pour une problématique donnée, il s'agit d'inhiber l'usage du Système 1 au profit d'un raisonnement plus logico-mathématique. Il s'agirait, par exemple, pour les apprenants de mobiliser leurs connaissances scolaires ou académique pour traiter une situation plutôt

que de se fier à leur intuition.

Malheureusement, les étudiants, pour traiter un problème donné, se fient encore trop souvent soit à leur intuition soit à des bribes de connaissances disparates qui, une fois associées, fournissent un cadre théorique souvent jugé acceptable pour les étudiants mais faux par les scientifiques. Un second niveau correspond à l'usage abusif de connaissances théoriques hors de leur cadre de validité ou bien la confusion entre le modèle construit et la réalité. C'est cette capacité des étudiants à inhiber l'application quasi immédiate et spontanée de leurs connaissances hors contexte que nous avons mesurée ci-après.

Exemple de résultats en 1er Bac (octobre 2018)

Pour ce faire, nous avons posé aux étudiants engagés dans des filières scientifiques une série de questions en lien direct avec leur cours de mécanique classique et plus particulièrement en relation avec la chute d'un objet.

Lorsqu'un objet est lâché dans l'air, celui-ci offre une résistance à la chute et le mouvement qui n'est pas conforme à celui d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré comme observé en l'absence d'air, dans le vide. Pour des raisons de facilité, c'est ce dernier modèle (dans le vide d'air) qui est généralement présenté au cours bien qu'il soit en contradiction avec l'expérience de la vie de tous les jours. De fait, une boulette de papier froissé tombe moins vite vers le sol qu'une boule de pétanque ! La question est donc ici de déterminer la capacité des étudiants à mettre à distance ce qui avait été appris quelques heures plus tôt - le modèle de la chute libre de frottements où les objets, quelles que soient leur masse, arrivent au sol en même temps - pour activer l'inférence de l'expérience du quotidien où l'accélération de l'objet augmente avec la masse de celui-ci.

La question posée aux étudiants est la suivante : « On laisse tomber dans l'air deux billes de même dimension mais de poids différents. Comment les billes tombent-elle ? ». La centaine d'étudiants de première année en chimie, mathématique et physique présents ont quatre options de réponse : la bille la plus lourde arrive au sol la première (bonne réponse), les deux billes arrivent au sol en même temps (cas vu au cours), la bille la plus légère arrive au sol en premier (leurre) et on ne peut répondre à la question faute d'un manque de données. Les étudiants ont répondu via une application sur leur téléphone portable (Wooclap®), ce qui rendait le vote anonyme et sans interférence, le résultat global étant dévoilé au terme de la consultation (voir figure 7 ci-après).

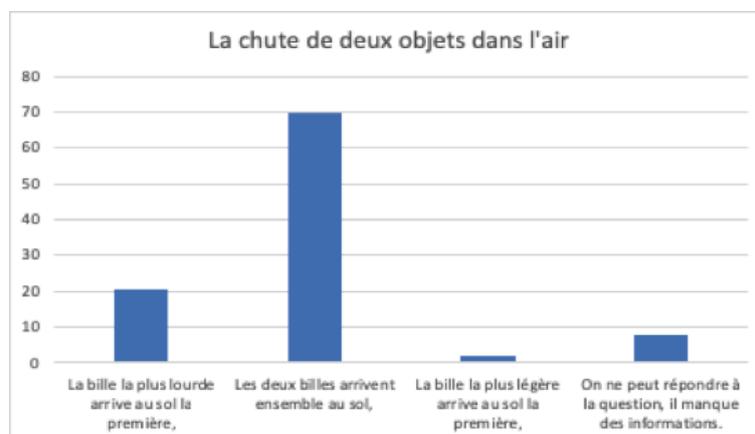


FIGURE 7 – Pourcentage des résultats obtenus auprès d'étudiants de première année en chimie, mathématique et physique. Les résultats ont été obtenus anonymement via l'application Wooclap®.

Lorsque l'on observe les résultats fournis par la centaine d'étudiants, on peut observer qu'ils sont très majoritaires (70%) à penser que lâchés dans l'air des objets de même forme mais de masses différentes arrivent en même temps au sol, contredisant ainsi l'expérience du quotidien. Ils ne sont que 20% à penser que la bille la plus lourde arrive au sol en premier.

Il apparaît donc ici, qu'au sortir du cours, qu'il est bien difficile pour les étudiants de prendre du recul par rapport au contexte, c'est-à-dire ici d'inhiber la mobilisation du registre du modèle pour adapter ses connaissances à la réalité.

Le changement conceptuel

Dans un rapport pour l'UNESCO, *Où va l'éducation*, publié en 1972, le psychologue de l'enfant Jean PIAGET cherchait à analyser les mécanismes psychologiques et la meilleure façon de les solliciter dans l'éducation. Selon celui-ci, l'intelligence, particulièrement logico-mathématique, évolue de manière incrémentale, c'est-à-dire stade après stade, de plus en plus élaborés (PIAGET et INHELDER, 1966). Ce modèle est communément appelé le « modèle de l'escalier ». Il est le résultat d'une recherche d'équilibre entre le sujet et son environnement.

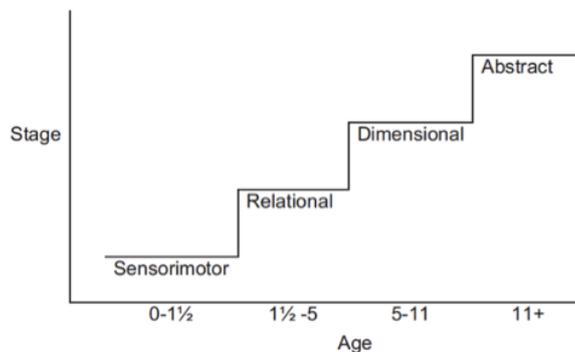


FIGURE 8 – Les stades du développement logico-mathématique selon Piaget

Intuitivement, celui-ci est assez cohérent avec la succession des âges ou des classes dans les écoles. Ainsi, chaque marche correspond à un progrès déterminé, à un stade bien défini ou mode de pensée. Il définit quatre stades correspondant à une amélioration de l'intelligence conceptuelle. Entre chaque marche, le développement peut être long parce qu'il résulte d'une synthèse entre l'assimilation (le sujet transforme les éléments de son environnement pour les inclure dans sa structure d'accueil) et l'accommodation (la structure d'accueil de l'individu est transformée par son environnement).

A la suite de ces travaux, de nombreuses recherches dans ce domaine ont été effectuées et ont conduit à plusieurs critiques à l'encontre du modèle de PIAGET. Ainsi, les enfants ne réussissent pas toutes les tâches au même moment de leur développement. De plus, plusieurs travaux ont montré l'existence précoce de capacités mathématiques chez les jeunes enfants, dès leur plus jeune âge, voir par exemple GELMAN *et al.*, 1986. En outre, bien avant l'école, les bébés ont déjà des capacités cognitives assez complexes, c'est-à-dire des connaissances en physique, en mathématiques et logiques souvent insoupçonnées (DEHAENE, 2010). Enfin, dans des situations conflictuelles du point de vue cognitif, des décalages inattendus peuvent apparaître. En effet, une nouvelle stratégie peut entrer en compétition avec une ancienne, ce qui provoque des erreurs. Aux différentes étapes de la vie d'une personne, son développement montre des erreurs, des biais, ou des retours en arrière non expliqués par le modèle

de PIAGET (HOUDÉ, 2014 ; KAHNEMAN et CLARINARD, 2012). Dès lors, la nouvelle psychologie du développement cognitif remet en cause le modèle de PIAGET ou, pour le moins, indique qu'il n'est pas le seul possible (HOUDÉ, 2017c).

Dès lors, le modèle théorique qui rend le mieux compte de la complexité du développement conceptuel est plutôt un système dynamique et non linéaire (SIEGLER, 1996). Il montre que l'enfant possède une variété de stratégies cognitives qui entrent en compétition. C'est un modèle de « vagues qui se chevauchent » plutôt qu'un modèle en escalier qui prévaut. Selon celui-ci, chaque stratégie peut être vue comme une vague s'approchant d'un rivage et où plusieurs sont susceptibles de se chevaucher et, donc, d'être candidates à la réponse. Dans son développement et en fonction du contexte, l'enfant choisira plutôt l'une ou l'autre façon de procéder.

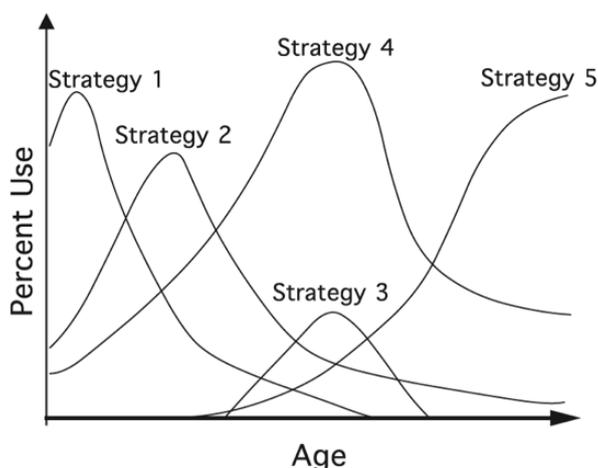


FIGURE 9 – Modèle du développement cognitif en vagues selon SIEGLER

Ce genre de conflits cognitifs entre différents savoirs ou différentes règles peut aussi se retrouver, notamment, dans l'orthographe : « *je les manges* » et en mathématiques : « *Louis a 4 dizaines. Lea a 35 unités. Qui a le plus d'éléments ?* ». Ces quelques exemples illustrent que connaître les règles ne suffit pas : il faut aussi inhiber en permanence les automatismes et inhiber, c'est apprendre à résister (HOUDÉ, 2017a), tant pour les enfants que pour les adultes. Dans le développement cognitif, l'assimilation et l'accommodation (reprises de PIAGET), sont complétées et renforcées par l'inhibition cognitive (pôle accommodateur), elle-même antagoniste de l'activation (pôle assimilateur). Dès lors, renforcer une notion scolaire tout en mettant en exergue les stratégies peu efficaces, ou « pièges », qu'il faut bloquer, semble améliorer les performances des élèves de façon plus importante qu'une méthode pédagogique plus classique.

Par exemple, en psychologie cognitive, la situation expérimentale imaginée par James STROOP en 1935 consiste à faire dénommer la couleur de mots dont certains sont eux-mêmes des noms de couleurs (qu'il s'agit donc d'ignorer). Ce test, abondamment utilisé en neuropsychologie, existe sous différentes variantes qui visent notamment à évaluer les capacités d'inhibition d'un individu. L'article de STROOP est d'ailleurs un des articles les plus cités en psychologie expérimentale et cet effet a été répliqué plus de 700 fois (MACLEOD, 1991). La difficulté à inhiber l'information non pertinente se traduit par un ralentissement du temps de réaction et une augmentation du pourcentage d'erreurs. Cela montre aussi que l'inhibition nécessite un entraînement. Par conséquent, il est nécessaire d'exercer le sujet (enfant,

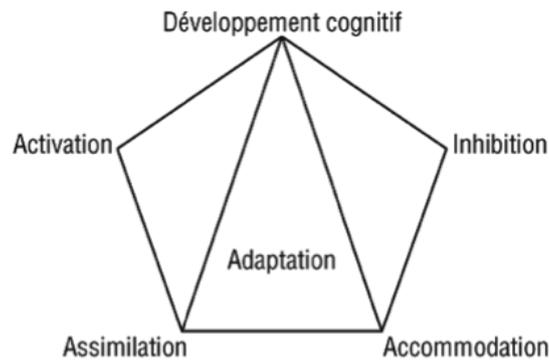


FIGURE 10 – La double dynamique de l’adaptation dans le développement cognitif

adolescent, adulte) à activer la stratégie pertinente (algorithmique) mais surtout à inhiber celle qui ne l’est pas (heuristique) pour résoudre un problème.

Conclusion et perspectives

De cette première approche des neurosciences, il apparaît que l’inhibition reste une attitude qu’il conviendrait de (faire) développer chez les étudiants pour que ceux-ci ne mobilisent pas trop rapidement leurs connaissances souvent lacunaires voire fausses au profit d’une pensée réfléchie de type logico-mathématique.

Le laboratoire de didactique de la physique (LDP) entend développer cet axe de recherche et vise à mettre au point à travers un mémoire et une thèse de doctorat différentes méthodologies visant à favoriser l’inhibition chez les étudiants en situation d’apprentissage.

Références

- Brault Foisy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M., & Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1-2), 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.001>
- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Leipzig : Barth.
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths : quinze ans après* (Nouv. édition revue et augmentée). Paris : O. Jacob.
- Gelman, R., Meck, E., & Merkin, S. (1986). Young children’s numerical competence. *Cognitive development*, 1(1), 1-29.
- Houdé, O. (2009). Le cerveau apprend en inhibant. Consulté le 1 avril 2019, à l’adresse Le café pédagogique, website : <http://www.cafepedagogique.net/lesdossiers/Pages/2009/107Lecerveauapprenneninhibant.aspx>
- Houdé, O. (2014). Le raisonnement. In *Que sais-je??* : Vol. 1671. Paris : PUF.
- Houdé, O. (2017a). *Apprendre à résister*. Paris : Le pommier.
- Houdé, O. (2017b). La psychologie de l’enfant (8e éd). In *Que sais-je??* : Vol. 369 (8e éd). Paris : PUF.
- Houdé, O. (2017c). Les sciences cognitives et les apprentissages à l’école primaire. In A. Bentolila, *L’essentiel de la pédagogie* (p. 69-90). Paris : Nathan.
- Houdé, O., & Borst, G. (2018). Le cerveau et les apprentissages. In *Les repères pédagogiques*. Paris : Nathan.
- Kahneman, D., & Clarinard, R. (2012). *Système 1, système 2 : les deux vitesses de la pensée*. Paris : Flammarion.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect : An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163-203. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- Masson, S. (2007). Enseigner les sciences en s’appuyant sur la neurodidactique des sciences. In P. Potvin, M. Riopel, & S. Masson, *Enseigner les sciences ? : regards multiples* (p. 308-321). Québec : Editions MultiMondes.
- Masson, S., Potvin, P., Riopel, M., & Foisy, L.-M. B. (2014). Differences in Brain Activation Between Novices and Experts

- in Science During a Task Involving a Common Misconception in Electricity. *Mind, Brain, and Education*, 8(1), 44-55. <https://doi.org/10.1111/mbe.12043>
- Piaget, J. (1972). *Où va l'éducation* (Vol. 100). Paris : Denoël-Gonthier.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris : PUF.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds : the process of change in children's thinking*. New York : Oxford University Press.
- Siegler, R. S. (2016). Continuity and Change in the Field of Cognitive Development and in the Perspectives of One Cognitive Developmentalist. *Child Development Perspectives*, 10(2), 128-133. <https://doi.org/10.1111/cdep.12173>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Thibault, F., & Potvin, P. (2018). Executive function as a predictor of physics-related conceptual change. *Neuroeducation*, 5(2), 119-126. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20180502.119>

14 Pourquoi le processus de mitose est maintenu au programme ?

Maxime REGNIER

La mitose est un des processus fondamentaux de division cellulaire. Cette matière est un classique des programmes du secondaire, aussi bien dans l'enseignement de transition que dans la qualifiant. Dans l'enseignement de transition elle est vue sur un plan très technique en utilisant un vocabulaire hermétique. Notre recherche s'est intéressée dans un premier temps à étudier les connaissances des étudiants et agrégés de biologie. Les résultats montrent une faible rémanence du mécanisme biologique de mitose et une incompréhension de la morphologie des chromosomes, essentiels à la compréhension de ce processus. Ceci traduit un échec de notre enseignement sur cette matière. Pour trouver au mieux une solution, il me semble important de se poser d'abord la question : « Pourquoi le processus de mitose est maintenu au programme ? ». Les raisons sont peut-être historiques, par habitudes scolaires ou espérons-le comme un pré-requis à d'autres matières. Une fois l'objectif pédagogique confirmé et défini, le dispositif didactique sera remis en question.

15 Neurosciences cognitives et didactique : comprendre le chemin pour mieux guider l'apprenant

Bénédicte WILLAME

La didactique a pour rôle de montrer à l'apprenant le chemin menant du savoir naïf au savoir savant. Celui des neurosciences cognitives est de comprendre le mécanisme cérébral qui permet l'apprentissage. La synergie entre ces deux domaines de recherche est donc évidente : comprendre le fonctionnement physiologique de l'apprentissage permet de mieux guider l'apprenant. Une recherche menée en didactique de la chimie a permis de créer des outils de remédiation qui utilisent les nouvelles données neuroscientifiques. Après avoir mis en évidence les préconceptions de l'apprenant, il s'agit de créer chez lui un conflit cognitif afin qu'il mette en lumière la conception pertinente dans le contexte du concept mis en apprentissage. L'étape suivante consiste à lui permettre d'automatiser l'inhibition de sa préconception (par activation du cortex préfrontal) afin qu'il rende prévalente la conception pertinente dans ce contexte. L'exposé présente les résultats obtenus lors d'une recherche-action menée grâce à une collaboration entre l'Unité de didactique de la chimie de l'UNamur et des chercheurs en Neuroéducation de l'Université du Québec à Montréal (UQAM).