Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

A QUOI ÇA SERT LES MATHS ? LES NEUROSCIENCES AU SERVICE DE LA DIDACTIQUE : UNE FORMATION DONNÉE AUX ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES

*Nathan Jeanmonod

CAS en Neurosciences de l'éducation, Université de Fribourg, Suisse

Auteur correspondant : M. Nathan Jeanmonod.nathan.jeanmonod@rpn.ch

Citation : Jeanmonod, N. (2024) A quoi ça sert les maths ? Les neurosciences au service de la didactique : une formation donnée aux enseignants de mathématiques. *Cortica, 4*(1), 462-503. https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Résumé

Cet article explore l'impact des neurosciences sur la didactique des mathématiques à travers la mise en place d'une formation destinée aux enseignants. Constatant que l'enseignement des mathématiques est souvent perçu comme abstrait et déconnecté de son utilité cognitive, l'auteur propose une approche basée sur les neurosciences afin d'optimiser les méthodes pédagogiques et d'améliorer la motivation des élèves. Le projet vise à concevoir une formation de plusieurs séances sur les liens entre neurosciences et mathématiques, en insistant sur la neuroplasticité, la modélisation des réseaux neuronaux et le développement des fonctions exécutives. Une analyse des besoins des enseignants ainsi que des retours de formation permet d'évaluer l'impact de cette approche sur leurs pratiques pédagogiques. Les résultats suggèrent que la formation en neurosciences favorise une meilleure compréhension des mécanismes d'apprentissage et une adaptation plus efficace des stratégies d'enseignement. Cette étude souligne l'importance de l'intégration des neurosciences dans la formation continue des enseignants pour optimiser l'enseignement des mathématiques et encourager un apprentissage plus significatif des élèves.

Mots-clés : neurosciences, didactique des mathématiques, formation des enseignants, neuroplasticité, cognition, motivation scolaire.

Résumé généré par OpenAI (2023)

Abstract

This article explores the impact of neuroscience on mathematics didactics through the implementation of a training program for teachers. Recognizing that mathematics education is often perceived as abstract and disconnected from its cognitive utility, the author proposes a neuroscience-based approach to optimize pedagogical methods and enhance student motivation. The project aims to design a multi-session training on the links between neuroscience and mathematics, focusing on neuroplasticity, neuronal network modeling, and the development of executive functions. A needs analysis among teachers and feedback from the training help assess the impact of this approach on their teaching practices. The results suggest that neuroscience training promotes a better understanding of learning mechanisms and a more effective adaptation of teaching strategies. This study highlights the importance of integrating neuroscience into continuous teacher training to optimize mathematics instruction and encourage more meaningful student learning.

Abstract generated by OpenAI (2023)

Keywords: neuroscience, mathematics didactics, teacher training, neuroplasticity, cognition, academic motivation.

Introduction

Pourquoi enseigner les mathématiques

« Pourquoi ? » Cette question a hanté de nombreux universitaires suivant un cursus de mathématiques. Pourtant, jusqu'au niveau du lycée, de nombreuses formules sont utilisées par les étudiants, alors qu'ils ne comprennent pas leur origine. Citons par exemple la formule de Viète, ou même le théorème de Pythagore. Il en est de même pour l'utilisation de différents algorithmes, allant de la méthode utilisée pour effectuer une division de fraction jusqu'à la résolution d'équations différentielles. Vient alors l'université ou chaque étape d'une démonstration doit être minutieusement étayée et argumentée. C'est là qu'un mathématicien en devenir apprend à expliquer le *pourquoi* de chaque facette d'une formule ou d'un algorithme.

Parmi ces universitaires, certains vont ensuite se diriger vers une formation pédagogique. Un des principaux objectifs de celle-ci est de permettre au nouvel enseignant de devenir un professionnel réflexif : il doit être capable de porter un regard critique sur sa pratique pour se perfectionner de manière autonome. Dans ce sens, les enseignements en didactique ont pour objet la triple question du « quoi enseigner, comment enseigner et

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

pourquoi ? »[1]. La même question revient : « pourquoi ? » Mais à la différence des études en mathématiques (qui sont une science exacte), la réponse en pédagogie (qui est peut-être la plus inexacte des sciences) dépend de nombreuses variables, parmi lesquelles se trouvent l'objectif visé par l'enseignant.

Bien entendu, tout enseignant digne de ce nom souhaite apporter quelque chose d'utile à ses élèves. Dans le cas qui nous intéresse, c'est là que se pose la question de l'utilité des mathématiques. Imaginons que l'envie nous prenne de demander à la première personne que l'on croise dans la rue : « sur une échelle de 1 à 10, à quel point le calcul littéral vous est-il utile ? » (Voir annexe A). La réponse serait probablement décourageante pour un enseignant d'algèbre. Et qu'en est-il de l'analyse de fonction, des isométries, de l'étude des probabilités, … ? La réponse semble évidente. Alors « pourquoi » enseigner les mathématiques ?

Une réponse particulièrement pertinente découle des neurosciences. L'influence des mathématiques sur le développement du cerveau semble indéniable. De manière générale, les apprentissages influencent *l'architecture du cerveau* (Masson, 2014, p. 40). Plus spécifiquement, l'entraînement aux mathématiques crée des réseaux de neurones et développe des régions très spécifiques du cortex cérébral (Hawes & Ansari, 2020). Notre cerveau semble en mesure de réutiliser sa nouvelle architecture pour l'appliquer de manière plus performante à d'autres domaines (Hawes & Ansari, 2020; Marghetis et al., 2014).

On peut alors donner une réponse à « pourquoi enseigner les mathématiques ? ». C'est vrai, beaucoup avanceront que les étudier dans le simple but de les apprendre n'a pas de sens, puisqu'elles ne sont que rarement une fin en soi. Cependant, la recherche montre qu'elles développent le cerveau d'une manière prodigieuse, ce qui entraînera des répercussions positives bien au-delà du domaine des nombres.

Le but du projet

Ce n'est toutefois pas une fatalité : réussir une évaluation de mathématiques n'est pas signe d'une nouvelle architecture cérébrale. Par exemple, Adihou & Marchand (2014, p.35) parlent de l'utilisation de « trucs mathématiques en classe ». C'est-à-dire, l'application de certaines procédures que les élèves utilisent pour effectuer un exercice sans comprendre les raisons pour lesquelles cela fonctionne (pour un exemple, voir

[1] Ressort par exemple du document *Formation à l'enseignement secondaire – Visée, cadre et contenu*, p.11, de la HEP-BEJUNE.

annexe B). Ils sont donc en mesure de faire des mathématiques, sans utiliser les mathématiques… Dans ce cas, l'impact recherché sur le cortex cérébral ne sera probablement pas très probant.

Dans ce sens, une base de compréhension du fonctionnement du cerveau semble nécessaire à un enseignement plus efficace des mathématiques. Mais l'acquisition de ces connaissances n'est pas à la portée de tous les enseignants : les formations proposées sont conséquentes, demandant un investissement notable, que ce soit financier, temporel ou encore intellectuel, puisque ces connaissances doivent être méditées afin d'être appliquées en leçon.

Pour parer à cet obstacle, mon projet est de créer une formation de quatre ou huit périodes de 45 minutes sur les neurosciences et les mathématiques à l'attention des enseignants, en particulier pour ceux qui exercent en fin de scolarité obligatoire. Cette formation pourra être reconduite d'année en année. Dans une vision réaliste, elle n'a pas pour objectif d'être abstraite et théorique, mais au contraire pratique, aisément transférable en leçon et ciblée sur la didactique des mathématiques. Toutefois, elle vise une certaine liberté pour obliger les participants à s'approprier personnellement les concepts qui seront étudiés.

Au cœur de cette formation, il y a bien sûr la question *à quoi ça sert les maths ?* Mais lui apporter une réponse sans application n'a aucun sens pratique. La réponse proposée donnera donc un fil rouge aux notions à examiner. Mais les neurosciences appliquées formeront la partie dominante du cours, autant en termes de temps que d'investissements.

L'objectif du cours est triple. Premièrement, il me concerne. Assimiler des connaissances est une chose, mais être capable de les enseigner en créant une formation en est une autre (cf. pyramide de Bloom). Cela m'oblige à me plonger encore davantage dans la recherche et la réflexion. Deuxièmement, elle concerne les enseignants. D'une part, je souhaite les initier aux neurosciences en leur donnant des éléments concrets à mettre en place. Et d'autre part, j'ai la prétention de stimuler leur enthousiasme pour l'innovation, voire l'étude des neurosciences. Troisièmement, je souhaite que, par rebond, les élèves puissent bénéficier de cette formation dans leurs apprentissages, ainsi que dans leur motivation pour l'étude des mathématiques.

Bien entendu, ce projet rencontre des limites. Une première évidente est l'impact réel de cette formation sur les professionnels de l'enseignement (et encore plus sur les élèves). Je n'ai pour ainsi dire aucun obstacle concernant mon propre investissement. Mais les

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

participants seront libres d'appliquer ce qu'ils auront appris ou non. Je pense quand même, comme je l'argumente au chapitre 2, que cette formation aura d'heureuses conséquences sur leur pratique. De plus, les feedbacks de leur part que je recevrai à la fin de la formation m'indiqueront ce qui peut être amélioré pour la session suivante. Enfin, je compte appliquer les neurosciences (Voir chapitre 6) dans ma manière de former mes collègues pour stimuler leur motivation et leur implication.

Une deuxième limite vient de la littérature. Il n'existe à l'heure actuelle que très peu d'études neuroscientifiques sur la didactique des mathématiques. Selon Roditi & Noûs (2021), il n'existe (au moins jusqu'en 2021) qu'une seule étude neuroscientifiques sur la comparaison des nombres décimaux. Selon Hawes & Ansari (2020), des recherches supplémentaires pour comprendre comment nous nous représentons les nombres sont nécessaires. Et cela concerne les éléments les plus basiques des mathématiques. A titre personnel, je n'ai trouvé aucune étude concernant les neurosciences et l'algèbre ou le calcul des probabilités. Mon projet se heurte donc aux limites des connaissances actuelles. Etablir des hypothèses basées sur ces dernières à tester en salle de classe avant d'être proposées aux participants à ma formation semble être le meilleur moyen de 'remédier' à ce problème.

Concrètement, cet article se présente de la manière suivante. Au chapitre 2, j'argumente le bienfondé de mon projet pour les enseignants et les élèves. Au chapitre 3, j'étaye le modèle PRESENCE qui explique le développement du cerveau de l'enfant et de l'adolescent, ainsi que d'autres concepts neuroscientifiques. Ceci afin (d'essayer) d'expliquer *à quoi ça sert les maths* et de donner des pistes de réflexions sur comment enseigner les mathématiques de la meilleure des manières. En d'autres termes, ce sont les éléments que je compte présenter lors de la formation que je dispenserai. Enfin, au chapitre 4, je présente les méthodes, encore une fois neuroscientifiques, que je compte utiliser pour stimuler les participants et leur permettre d'apprendre et d'appliquer les notions étudiées.

Problématique

« Un jour, j'irai vivre en théorie. Parce qu'en théorie tout se passe bien ». Cette célèbre phrase dont l'auteur reste inconnu révèle très bien le problème de nombreux projets et études. Bien que les conclusions soient parfois particulièrement pertinentes, ce n'est pas pour autant qu'elles sont applicables sur le terrain. Concernant l'enseignement, certains auteurs estiment même qu'un transfert bénéfique de la théorie à la pratique est quasi impossible. Les raisons peuvent être diverses : une littérature trop simpliste comparée au monde complexe de l'enseignement, le

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

coût financier ou temporel de la mise en pratique, le volontariat des élèves ou même leur capacité, l'investissement des enseignants, etc (Bowers, 2016). Qu'en est-il d'une formation sur les neurosciences destinée aux enseignants ? Est-ce que ces derniers seraient preneurs ? Est-ce que ces nouvelles connaissances auraient des impacts positifs sur les élèves ?

Dans ce chapitre, je tente d'apporter des arguments pertinents sur le bienfondé de mon projet, en premier lieu par rapport aux enseignants, puis envers les élèves. Enfin, je le conclue par des pensées plus philosophiques sur ses apports concernant ma pratique enseignante. Il est important de rappeler que la question *à quoi ça sert les maths ?* donne le fil rouge de ce projet. Mais la nature de celui-ci est avant tout de transmettre des notions sur les neurosciences appliquées à l'enseignement.

L'utilité du projet envers les enseignants

De manière générale, les études montrent une influence positive des formations neuroscientifiques sur les pratiques des pédagogues (Chang et al., 2021, p. 15). Ces bienfaits portent sur de nombreux domaines autant personnels que professionnels. Mais pour qu'ils soient vraiment utiles, c'est-à-dire se répercutent sur l'apprentissage des élèves, c'est aux enseignants d'agir. Et pour cela, deux éléments doivent être présents : le *vouloir* et le *pouvoir* (Artho et al., 2012, p. 7). Chacun de nos actes, petits ou grands, est soumis à ces deux conditions. La littérature révèle que les formations neuroscientifiques les réunissent toutes les deux. Voyons cela.

Pouvoir – Est-ce que les enseignants *peuvent* appliquer les neurosciences ?

Est-ce que les enseignants sont *capables* d'adapter les neurosciences à leur pratique ? Pour y répondre, partons d'une expérience personnelle. Depuis quelques années, j'exerce en tant que formateur en établissement (FEE). J'accompagne les enseignants en formation pendant leur stage, au cours duquel différents didacticiens leur rendent visite à plusieurs reprises pour les évaluer. Lors de l'entretien post-visite, ils demandent régulièrement aux enseignants novices d'expliquer leurs choix pédagogiques. Ces derniers peinent souvent à se justifier. Ils ne savent pas pourquoi tel choix est bénéfique ou inutile pour les élèves. Ce qui est peut-être encore plus intéressant, c'est qu'en mettant les didacticiens à l'épreuve pour qu'ils s'expriment à leur tour, ces derniers ne s'en sortent pas nécessairement mieux. Même si, bien entendu, leur expérience leur permet de proposer des pistes d'améliorations pertinentes. Mais expliquer les bienfaits d'une telle mise en place est plus compliquée. En revanche, après avoir initié mes stagiaires aux neurosciences, ceux-ci parviennent davantage à justifier

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

leurs choix, parfois même mieux que leurs aînés. A titre personnel, je constate que les enseignants sont capables d'utiliser les neurosciences dans leur pratique.

De manière plus littéraire, selon Tan et Amiel (2022), les enseignants qui ont reçu une formation sur les neurosciences appliquées à l'enseignement se sentent davantage aptes à expliquer leurs choix pédagogiques. Selon Howard-Jones et al (2020, p.267), une telle formation d'à peine 90 minutes aurait un impact, certes faible, mais qui semble persister dans le temps. En effet, les théories des enseignants concernant l'enseignement et l'apprentissage sont souvent à l'origine de leurs décisions (Bullock, 2011).

Toutefois, Chang, Schwartz, Hinesley et Dubinsky (2021, p. 2) reconnaissent que 'les résultats obtenus en laboratoire ne se traduisent pas facilement en recommandations pour la classe, car la dynamique du groupe est trop complexe et variable pour que l'on puisse supposer que les chercheurs soient en mesure de proposer des décisions pédagogiques aux enseignants' (traduit de l'anglais). Le test ultime pour déterminer si les enseignants sont capables d'utiliser les neurosciences est d'examiner le feedback d'une formation neuroscientifique sur leur pratique (p.3). Dans ce but, 14 enseignants ont suivi une introduction aux neurosciences cognitives. Outre les structures générales du cerveau et leurs fonctions, dix 'neuroconcepts éducatifs' leur ont été présentés (Voir chapitre 5 et Figure 1). Un an après cette initiation, les enseignants ont jugé ces concepts utiles, tant dans leur ensemble que, plus impressionnant encore, pris individuellement. Et ils les ont mis en pratique. La Figure 1 montre sur une échelle de 0 à 100 l'applicabilité estimée des dix neuroconcepts par ces 14 enseignants lorsqu'on leur a posé la question avant (en moyenne 50%), pendant (71%) et un an après (91%) l'initiation aux neurosciences pédagogiques.

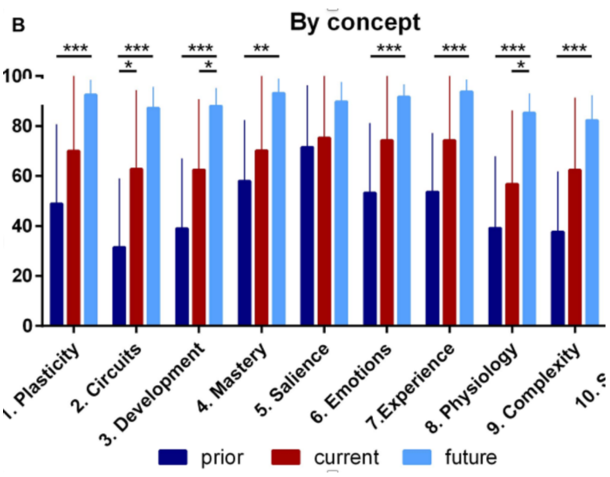
Selon les mêmes auteurs (Chang et al., 2021), il ressort des témoignages des enseignants une plus grande confiance dans la pratique. Bien entendu, les leçons données par ces pédagogues n'ont pas toutes été fondamentalement changées. Parfois les neuroconcepts ont simplement permis de confirmer des pratiques connues. Mais ils ont aussi permis d'explorer des techniques encore non testées. D'une manière générale, les enseignants qui ont été initiés aux neurosciences ont donc été en mesure de reconsidérer, de revoir et de repenser leur cours. En conclusion, les enseignants sont parfaitement en mesure de *pouvoir* s'approprier certaines notions des neurosciences et de les mettre en pratique pour perfectionner leur pédagogie.

Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Figure 1

Applicabilité estimée par des enseignant·e·s pour 10 neuro-concepts



Note. Reproduit de "Neuroscience concepts changed teachers's views of pedagogy and students", par Z. Chang, M. Schwartz, V. Hinesley et J. Duinsky, *Fontiers in psychology*, *12*, 6, https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.685856

Vouloir – Est-ce que les enseignants *veulent* appliquer les neurosciences ?

Dans leur best-seller, *Le gorille invisible*, Chabris et Simons (2011, p. 214-215) parle de « porno-cerveau ». Il s'avère que présenter un concept (neuroscientifique ou non) aura davantage d'impact sur le ressenti des auditeurs si celui-ci est accompagné d'une image explicative de cerveau. La tendance humaine est effectivement de s'intéresser à cet organe qui joue le rôle de chef d'orchestre de notre organisme.

Plus concrètement, le désir des enseignants d'apprendre les concepts neuroscientifiques a été documenté et reconnu (Hook & Farah, 2013). Ils sont preneurs des formations proposées. De plus, ils fournissent des efforts dans le but de déterminer les meilleures pratiques pédagogiques, devenant eux-mêmes chercheurs neuroscientifiques à leur échelle. Ce qui a déjà permis d'inverser les rôles et de permettre aux enseignants de faire progresser la science (Bowers, 2016).

Mais qu'est-ce qui motive les enseignants à étudier les neurosciences ? Hook et Farah (2013) ont souhaité répondre à cette question en contactant 28 personnes liées au monde enseignant qui ont suivi des conférences neuroscientifiques. Les motivations de ces personnes ont pu être regroupées en trois catégories. Premièrement la curiosité. Il n'est pas nécessaire d'enseigner pour être émerveillé par le monde cérébral. Il permet de mieux se comprendre soi-même et est source d'enrichissement intellectuel. Deuxièmement, la volonté de créer le pont neuroscience-éducation. Comme expliqué précédemment, nous n'en sommes qu'aux balbutiements de la neuropédagogie. Les pédagogues ont un rôle à jouer dans son avancée. Troisièmement, l'impact de la pratique en classe. Tout le monde apprécie être compétent dans sa profession. Les neurosciences font miroiter aux enseignants une plus grande maîtrise de leur pratique. Ce qui peut se concrétiser, plusieurs d'entre eux ayant un sentiment de plus grande crédibilité auprès de leurs collègues (Hook & Farah, 2013). Vraiment, les enseignants montrent *vouloir* découvrir et s'approprier les neurosciences.

L'utilité du projet envers les élèves

Bien entendu, mon projet de donner une formation neuroscientifique aux enseignants ne peut pas être une fin en soi. C'est vrai, ce que les éducateurs en retireront à titre personnel est déjà une victoire. Mais le projet n'a de sens réel que si l'impact sur les élèves est notable. Je n'ai que très peu de pouvoir sur cette facette, qui ne fonctionnera que par 'rebond'. Cette section ne sera donc pas étayée en détails. Toutefois estimer les bienfaits plausibles sur les jeunes donne du crédit à mon projet et lui fournit une ligne conductrice. Alors quels sont-ils ?

Tout le monde connaît une personne qui angoisse à l'idée de faire des mathématiques. Selon certains auteurs, cette anxiété est distincte de l'anxiété générale et peut être tellement forte qu'on a utilisé le terme de *mathémaphobie* (Suárez-Pellicioni et al., 2016, p. 4). La plus grande source d'anxiété liée aux mathématiques semble venir d'une mauvaise expérience en salle de classe, notamment due à un comportement 'hostile' d'un enseignant (Bekdemir, 2010). Or, les enseignants qui comprennent davantage les besoins et les réactions des jeunes (notamment des adolescents) se montrent plus patients envers eux, réduisent leurs pratiques disciplinaires sévères et se sentent moins atteints par les attitudes irrespectueuses ou déplacées (Chang et al., 2021, p. 337; Hook & Farah, 2013). Ils sont donc naturellement moins hostiles envers les élèves. Si ceux qui suivront ma formation s'approprient les mêmes réflexes professionnels, l'anxiété des jeunes mathématiciens pourrait alors diminuer. Ce qui implique de meilleures performances mathématiques (Suárez-Pellicioni et al., 2016, p. 4) et, qui sait, peut-être du plaisir dans cette discipline.

Un deuxième bienfait pour les élèves est purement cognitif. Durant une leçon de 45 minutes, l'enseignant ne peut pas améliorer purement et simplement l'intelligence de ses élèves. Son influence sur les apprentissages découle des stratégies qu'il utilise. Par exemple, nous avons tous déjà échoué à comprendre une notion mathématique, puis grâce à un schéma tout est devenu plus clair. Ou alors, nous butions sur un mot de vocabulaire à apprendre dans une autre langue et un moyen mnémotechnique, comme un jeu de mot ou une chanson, nous a grandement aidé. Comme discuté plus haut, ces stratégies peuvent soit découler soit être confirmer par les neurosciences. En appliquant des 'neuroconcepts', certains enseignants se sont dit surpris face aux réelles capacités de leurs élèves (Chang et al., 2021, p. 10). Grâce à une formation en neurosciences adressée aux pédagogues, leurs protégés pourraient donc être en mesure d'exprimer plus pleinement leur potentiel.

Les autres apports du projet

Pour conclure ce chapitre, je souhaite aborder encore deux bienfaits de mon projet de manière plus philosophique. Ce projet est le travail de fin de formation d'un CAS (Certificate of Advanced Studies) sur les neurosciences. Cette formation implique 300 heures d'investissement. Les connaissances neuroscientifiques acquises durant cette période sont largement supérieures à ce qui peut être transmis dans le cadre d'une formation continue similaire à celle que je souhaite concevoir. Pourtant, si je me suis lancé dans ce CAS, c'est que j'ai moi-même bénéficié d'une formation de trois heures sur les neurosciences. Le sujet m'a tellement passionné que je voulais en apprendre davantage. Aussi présomptueux que cela puisse paraître, peut-être que grâce à mon projet de formation, certains enseignants se plongeront davantage dans les neurosciences.

J'aborde encore un avantage personnel. La somme de connaissance que j'ai acquise sur les neurosciences est négligeable face au domaine dans son ensemble. Mais elle est conséquente pour un esprit humain. Organiser une formation à donner me permet de revoir, ordonner, classifier et consolider ces connaissances. De plus, elle m'oblige à les mettre en pratique, ce qui me permet de progresser dans mon métier. Finalement, même si les bienfaits semblent évidents pour la motivation et les compétences des enseignants qui suivront mon cours et que leurs élèves pourront en tirer des avantages sur leur bien-être et leurs aptitudes, il est probable que je sois celui qui en profite le plus.

Éléments théoriques

Une formation neuroscientifique fait donc sens. Mais cela ne répond pas à la question : *à quoi ça sert les maths ?* Dans le cadre de ce projet, j'ai lancé un sondage (qui se veut avant tout illustratif du thème de cet article) sur la perception générale de l'utilité des mathématiques (Voir annexe A). 107 personnes y ont répondu, dont une forte majorité en âge postscolaire et provenant de milieux professionnels très divers. Cette étude étant quantitative, le sondage était bref pour réunir les réponses d'un maximum de participants. Outre trois questions générales (tranche d'âge, domaine professionnelle, plaisance à faire des mathématiques), le sondage demandait aux participants d'évaluer de 1 à 5 (1. Absolument pas utile, 2. Très peu utile, 3. Peu utile, 4. Utile et 5. Particulièrement utile), leur perception de l'utilité de différents domaines mathématiques dans leur vie privée, puis professionnelle. A l'exception du calcul mental et des transformations d'unités qui ont été jugés plus qu'*utile*, seules les équations ont été jugées *un peu utile*. Les résultats des sept autres disciplines tournent tous autour du *très peu utile*.

En Suisse Romande, un écolier passe en moyenne environ 1400 heures à étudier les mathématiques en salle de classe. Auxquelles s'ajoutent le travail à la maison et les heures passées à les étudier lors de sa formation postobligatoire. Tout ça pour une branche qui semble être *un peu utile* et encore. Si c'était vraiment le cas, son enseignement serait remis en question. L'utilité des mathématiques doit donc venir d'ailleurs. A l'heure actuelle, la littérature sur les neurosciences n'apporte que peu de réponses directes. Mais ses implications permettent d'en tirer des conclusions. Pour cela, des éléments théoriques sont nécessaires.

Dans ce sens, ce chapitre présente le modèle PRESENCE du développement du cerveau, qui apportera des éléments de réponse à la question *à quoi ça sert les maths ?* Puis, sont exposées des applications possibles de ce modèle et des méthodes efficaces pour enseigner les mathématiques, tout en ayant comme ligne directrice l'utilité de cette discipline.

Le modèle PRESENCE

Il n'est pas nécessaire de faire de longues recherches sur le cerveau et son fonctionnement pour remarquer à quel point celui-ci est complexe. Ses différentes zones ont des tâches qui se superposent et se complètent. Une action qui nous semble simple, comme discuter, peut recruter une grande quantité de régions cérébrales imbriquées de manière complexe et merveilleuse à la fois. Il est impossible d'évoquer chaque facette de la physiologie de cet organe, même si nous nous limitions à celles liées à l'enseignement. Afin de ne pas se perdre dans cette voie, « le modèle PRESENCE fournit un cadre structuré pour examiner les [huit] principes clés des neurosciences appliqués à l'éducation » (Fahim C. (2023), CAS en neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 6 décembre 2023). Chaque *lettre* de ce modèle se réfère à l'un de ces principes. Ce chapitre les survole tous, avant de s'attarder sur deux concepts en particulier (Fahim, 2022a, 2022b, 2023, 2024).

P : Prédisposition génétique et épigénétique : notre ADN détermine ce que nous sommes à la naissance. Ainsi, sauf grave trouble de développement, nous sommes *prédisposés* à avoir deux yeux, une bouche et un nez. Mais cette prédisposition est également existante concernant notre caractère ou nos habiletés. Certains bébés seront plus susceptibles au stress, d'autres auront une prédisposition aux performances sportives, alors que d'autres naîtront avec un trouble du déficit de l'attention. Toutefois, cette

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

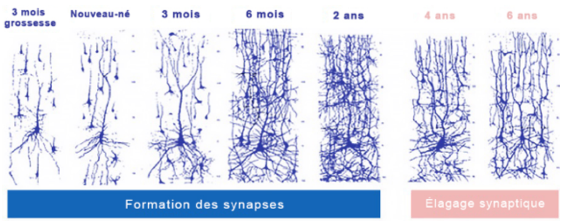
prédisposition n'est pas synonyme de fatalité. Par notre environnement et nos expériences, nous pouvons modifier, en bien ou en mal, les affects de nos prédispositions. C'est ce qui s'appelle l'épigénétique : l'influence de l'environnement sur l'expression de nos gènes (McGowan & Roth, 2015).

R : Réseau de neurones : peut-être dans un esprit de simplicité, nous avons tendance à imaginer qu'une de nos capacités cognitives ou émotionnelles est liée à une région précise de notre cerveau. Mais c'est totalement faux. Ces facultés ressortent de l'interaction entre plusieurs zones passablement réparties dans notre cerveau, liées par des *réseaux de neurones* en constante évolution (Ilyka et al., 2021). Ce principe neuroscientifique est capital dans l'enseignement et est davantage développé plus loin.

E : Elagage synaptique à l'enfance : nous naissons avec 100 milliards de neurones. Mais ce n'est pas ça qui fait notre intelligence. D'ailleurs, le cerveau produit davantage de cellules et de connexions qu'il ne peut convenablement utiliser. Les neurones qui n'ont pas créé de réseaux avec les autres produisent des interférences. Pour améliorer l'efficacité des réseaux de neurones, ces neurones esseulés sont éliminés par la microglie. Cette élimination, ou *élagage* (Figure 2) est déclenchée par l'horloge biologique, le code génétique lui-même, entre deux et quatre ans. C'est là qu'apparaît les '*terrible two'* où le petit découvre le « non » et fait des crises lorsque les événements ne se déroulent pas à sa convenance (Kolb & Gibb, 2011).

Figure 2

Formation des synapses puis élagage (de la naissance à 6 ans)



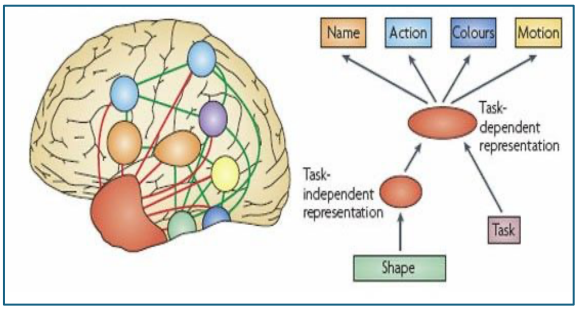
Note. Reproduit de https://hikmetyolcu.com/episode-4-apprendre-a-apprendre/, consulté le 05 juin 2024.

S : Synchronisation : afin que les réseaux de neurones soient totalement efficaces, il est nécessaire que ses cellules agissent de concert. D'un point de vue physiologique, cela signifie que les neurones d'un réseau doivent envoyer leur impulsion électrique en phase, avec le même type d'onde (alpha, bêta, gamma, delta, thêta). L'efficacité de ce principe de *synchronisation* dépend également de la convergence spatiale : un réseau de neurone synchronisé communique au travers d'un « noyau » (Figure 3), qui se trouve être un groupe de neurones localisé dans une région cérébrale spécialisée dans la fonction que remplie le réseau de neurones synchronisés (Uhlhaas et al., 2009).

Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940
Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Figure 3

Représentation sémantique dans le cerveau humain.



Note. Reproduit de *Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain (*Nature Reviews Neuroscience, 2007), www.nature.com/articles/nrn2277*.*

E : Elagage synaptique à l'adolescence : identique dans son procédé à l'élagage synaptique à l'enfance, celui-ci est déclenché par la puberté entre 12 et 25 ans. Encore plus que chez le petit enfant, il affecte des régions du cerveau impliquées dans le traitement émotionnel et social (Cortex préfrontal et amygdale entre autres). Ce qui demande énormément d'énergie à l'adolescent. En manque d'énergie, ce dernier a alors tendance à rechercher la simplicité et stimuler son système de récompense. Ce fait explique parfois les attitudes qui peuvent exaspérer les parents ou les enseignants, alors que le jeune ne fait que mûrir. Il est donc essentiel de lui laisser l'espace suffisant pour faire les expériences nécessaires à son développement (Selemon, 2013).

N : Neuroplasticité et Neurogenèse : la neuroplasticité est ce qui permet à l'être humain d'apprendre et de s'adapter. Chaque expérience pousse le cerveau à se réorganiser. D'un point de vue anatomique, cette neuroplasticité peut être une modification des synapses, par le nombre de connexion inter neurones ou les réseaux neuronaux crées. Elle peut également intervenir à l'intérieur du soma du neurone et modifier l'ADN, ce qui correspond à l'épigénétique. La neurogenèse quant à elle est la capacité du cerveau à créer de nouveaux neurones. Après la naissance, seules quatre régions de notre cerveau en sont capables : l'hippocampe (en particulier dans le gyrus denté ; mémoire à long terme et apprentissage), les ventricules (contenant le liquide céphalorachidien), les noyaux gris centraux (système de récompense) et le cortex olfactif (centre du traitement des odeurs) (Ismail et al., 2017). Ce principe neuroscientifique est davantage étayé plus loin.

C : Conscience : il s'agit ici de la conscience de soi et de son environnement. Ce principe, tout comme le libre arbitre, est encore très mal connu. Il semblerait qu'il n'y ait pas de région précise de notre cerveau qui la traite. Au contraire, tout notre cortex cérébral s'active lors d'une prise de conscience. C'est ce qui peut arriver lorsqu'on comprend la raison de notre colère. Celle-ci a toujours une raison d'être. Être capable de mettre des mots sur

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

cette colère peut 'éteindre' l'amygdale et nous offrir une prise de conscience (Masi, 2023).

E : Et le libre arbitre : très mal connu, il s'agit de la capacité à prendre des décisions de manière autonome. Nos réseaux de neurones impliquent automatiquement de nombreuses réactions et comportements. Mais nous sommes en mesure de les contrôler et de consciemment les faire évoluer. C'est notre capacité à faire des choix : le choix de persévérer ou de baisser les bras, le choix de fuir ou d'affronter, le choix de faire ce qui nous plaît ou ce qui nous est bénéfique, (Leisman et al., 2012)…

Chacun de ces huit principes est essentiel à la compréhension de la physiologie du cerveau et de son développement. Mais suivant le thème examiné, certains apportent davantage d'éclaircissements que d'autres. Pour découvrir à quoi servent les mathématiques et comment les enseigner de manière cohérente, la neuroplasticité (N) et la manière dont elle agit sur les réseaux de neurones (R) semblent pertinents. C'est ce qui est développé maintenant.

La neuroplasticité

Prenons l'exemple de Max Park[2], un Américain né en 2001 avec un trouble du spectre autistique, qui se manifestait notamment par de graves problèmes de motricité fine. A l'âge de 9 ans, il était encore incapable de tenir une pièce de monnaie. Pour l'aider à progresser, ses parents l'ont inscrit dans un club de *cubing (*résolution de Rubik's cube). Aujourd'hui, Max détient plusieurs records du monde de *speedcubing* (résolutions chronométrées).

Que s'est-il passé pour Max ? De toute apparence, ses réseaux de neurones liés à la motricité fine étaient défaillants. Peut-être n'étaient-ils pas synchronisés ou qu'ils rencontraient un problème de myélinisation, le tout à cause d'une mauvaise prédisposition. Quoiqu'il en soit, grâce aux expériences vécues avec son Rubik's cube, Max a été en mesure de réorganiser son cerveau. Dans certains domaines sa motricité fine est aujourd'hui plus performante que la majorité des personnes bien prédisposée. Ce 'miracle' est dû à la neuroplasticité.

Toutefois, la neuroplasticité n'est pas toujours positive. Des traumas dans l'enfance par exemple peuvent rendre un individu plus sujet à la dépression à l'âge adulte. Un trauma n'est pas forcément un événement violent, mais parfois une simple absence d'événement, comme l'indifférence d'un parent. La neuroplasticité est présente durant toute la vie, mais est

[2] www.youtube.com, Les speedcubers les plus rapide du monde s'affrontent – Guinness World Record

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

critique lors de certaines phases où la croissance et l'organisation neuronale sont particulièrement sensibles à l'environnement. C'est le cas à l'adolescence où une perte des repères et l'indifférence des parents peuvent occasionner des troubles sociaux et émotionnels.

D'un point de vue physiologique, la neuroplasticité a principalement un impact sur l'architecture neuronale. Deux neurones connectés peuvent l'être par une, plusieurs ou de très nombreuses synapses. Si cette connexion est régulièrement utilisée, alors le nombre de synapses va augmenter et les axones vont être myélinisés (c'est la matière blanche. Cette notion sera expliquée plus loin dans la partie sur les réseaux de neurones), ce qui a pour effet d'augmenter drastiquement la vitesse de transfert de l'information. A l'IRM, ce changement est observable entre trois et six mois après le début de l'entraînement. A l'inverse, une connexion qui n'est pas utilisée va s'affaiblir au point de disparaître. C'est ce qu'on a pu constater sur des chatons auxquels on a masqué un de leurs yeux pendant six mois. Après la libération de cet œil et même si ce dernier était en parfaite santé, les chats n'en avaient plus l'usage : les connexions neuronales ont été éliminées (Singer et al., 1982). C'est le 1e principe neuroscientifique énoncé par Donald Hebb : « Use it or lose it » (Utilise-le ou perd-le).

Au début d'un nouvel apprentissage, une tâche peut nécessiter l'utilisation de larges régions cérébrales. A ce stade, les réseaux de neurones sont particulièrement flexibles, prêts à évoluer et s'adapter. Mais cette compétence est encore fragile. Plus les expériences sont intenses et nombreuses, plus les zones cérébrales utilisées seront localisées. La compétence devient alors automatique, simple, mais plus rigide. C'est ce qu'on appelle la *modularité*. En résumé, au début d'un apprentissage, notre cerveau utilise une grande quantité de neurones largement diffusés et se montre flexible. Puis, plus la compétence est acquise, plus les neurones utilisés sont peu nombreux et plus le cerveau se montre rigide (Figure 4). C'est pour ça qu'il est si difficile de modifier une habitude.

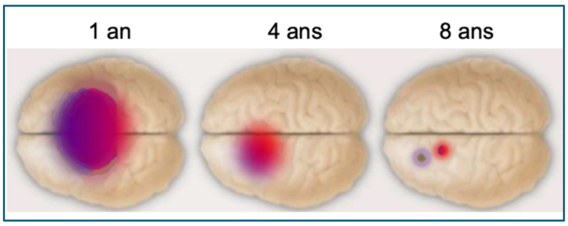
De ces informations concernant la neuroplasticité découlent déjà certains conseils très généraux concernant l'enseignement. Par exemple, pour qu'une compétence soit convenablement acquise, les exercices doivent être réguliers et étalés dans le temps. A l'inverse, 'enseigner par bloc' (fixer un début et une fin précis dans le temps pour l'entraînement) ne permettra pas aux apprentissages de s'enraciner à long terme. Toutefois, pour s'intéresser à d'autres conseils plus précis, il est judicieux d'examiner la manière dont la neuroplasticité s'applique aux différents réseaux de neurones. C'est également

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

dans ce thème que ressort la proposition de réponse à la question *à quoi ça sert les maths ?*

Figure 4

Régions cérébrales utilisées pour le langage en fonction des années de vie. Plus la compétence est acquise, plus les zones sont localisées.



Note. Reproduit de Cerebral asymmetry and language development: cause, correlate, or consequence? par Bishop DV, 2013*, Science (New York, N.Y.).* https://doi.org/10.1126/science.1230531

Les réseaux de neurones et leurs implications pédagogiques

Pour comprendre comment ces réseaux de neurones se façonnent, à la naissance notre cerveau peut être comparé à une immense forêt composée de 100 milliards d'arbres, les neurones. Au travers de cette forêt, certains sentiers sont tracés dès le début de la vie. Grâce à ses sens, le nouveau-né peut suivre ces sentiers afin de capter, d'analyser, de répertorier et d'intégrer ses expériences. Chaque fois qu'ils sont empruntés, ces chemins s'élargissent et deviennent de vraies routes permettant un déplacement bien plus rapide (myélinisation) (Matsuzawa et al., 2001). De plus, souhaitant améliorer la circulation, certains nouveaux sentiers sont créés (nouvelles synapses) (Shonkoff et al., 2016). Ainsi, au travers de cette immense forêt et avec le temps, des centaines de milliards de chemins sont façonnés pour permettre à l'être humain d'exprimer son potentiel.

Ces réseaux de neurones sont primordiaux. C'est grâce à eux que l'être humain est capable de développer ses fonctions cognitives et socio-émotionnelles. En effet, de telles fonctions ne résident pas dans une zone cérébrale spécifique mais découlent de l'interaction entre plusieurs régions (Fahim Fahmy, 2023, p. 3). Cette notion était inconnue pendant longtemps, ce qui est la cause de plusieurs lobotomies : on pensait qu'en ôtant la région cérébrale lésée qui était apparemment la cause du problème, alors ce problème disparaîtrait tout simplement. Ce qui a souvent eu de graves conséquences.

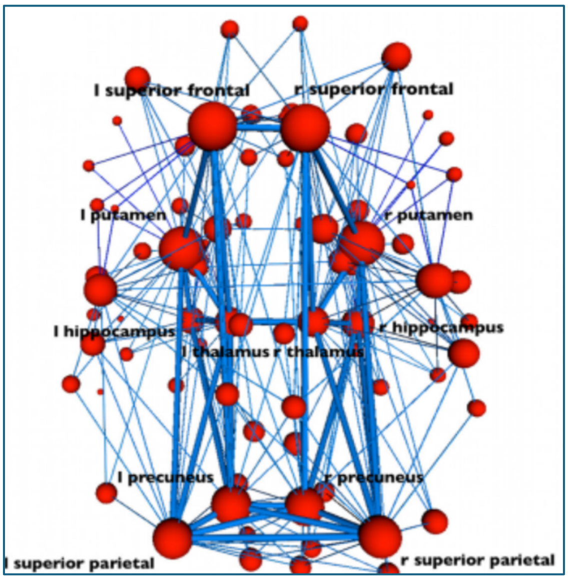
Certaines régions du cerveau ont des réseaux 'internes' de neurones particulièrement riches, avec un très grand nombre de synapses. Ces régions sont appelées *nœuds* (ou *hubs* en anglais). Parmi ces nœuds particulièrement développés, se trouvent le cortex préfrontal, le cortex pariétal supérieur, l'hippocampe, le noyau putamen et le thalamus (van den Heuvel & Sporns,

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

2011). Ces nœuds, qu'ils soient principaux ou secondaires, sont reliés par des neurones, des chemins, que l'on appelle *arêtes*. Il a été démontré que les nœuds riches ont une connexion entre eux plus dense, des arêtes plus 'épaisses', comme l'indique la Figure 5.

Figure 5

Connexions entre les noeuds. Les points rouges représentent les noeuds. Plus ils sont grands, plus le noeud est riche en connexion synaptique. Les lignes bleues représentent les arêtes. Une arête entre deux noeuds riches est plus épaisse.



Note. Reproduit de Rich-Club Organization of the Human Connectome, par M. van den Heuvel et O. Sporns, 2011, *The journal of neuroscience, Society for Neuroscience*.

Comme examiné plus haut, une compétence ne dépend pas d'une unique région cérébrale. Toutefois, un nœud peut jouer un rôle clé pour certaines tâches, permettant notamment la communication entre les autres nœuds d'un réseau. Par exemple, le thalamus est la centrale de relai concernant les cinq sens, la conscience et l'attention. Le cortex cingulaire antérieur fait le pont entre l'émotion et la cognition, jouant un rôle essentiel dans le contrôle de nos émotions, la reconnaissance de nos erreurs et la concentration sur la résolution d'un problème (Fahim Fahmy, 2023, p. 4-5). Enfin, même si nos cinq types de mémoires (mémoire de travail, procédural, de perspective, sémantique et épisodique) font appel à différentes régions cérébrales, l'hippocampe permet la communication entre elles afin d'intégrer un souvenir et de pouvoir le restituer (Saignavongs & Baret, 2020, p. 39-41).

Comme on le remarque, autant la *neuroplasticité* que *les réseaux de neurones* jouent un rôle prépondérant dans notre attitude, nos émotions et nos apprentissages. C'est de ça que découle le cœur même de ce travail de rédaction et l'utilité des mathématiques. En effet, comme nous allons le voir, le même réseau de neurones peut être utilisable dans des facettes très différentes de notre vie. Et parmi ces réseaux, certains peuvent être renforcés, voire conçus, par les mathématiques. Grâce à cela, on peut répondre à la question : *à quoi ça sert les maths* ?

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

A quoi ça sert les maths ?

Bien évidemment, la nature des mathématiques peut être intrinsèquement utile. Les comptables, les économistes, les physiciens, les menuisiers, les informaticiens les emploient quotidiennement. A titre privé, le calcul mental et la transformation d'unités (CHF en EUR par exemple) sont également utiles (Voir annexe A). Et sans mathématiques, aucune technologie moderne ne serait possible. Mais pour imposer des centaines d'heures de travail dans cette discipline à des centaines de millions d'élèves, alors qu'une grande partie d'entre eux ne les utilisera pas dans le monde professionnel, il est nécessaire d'apporter un autre argument.

Les nœuds, présentés précédemment, sont en réalité flexibles et capables d'adaptations fonctionnelles. Que ce soit rapidement ou sur du plus long terme (Fahim C. (2023), CAS en neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 6 décembre 2023). Ainsi, certaines régions cérébrales sont plurifonctionnelles. C'est le cas du cortex moteur (initiation et motricité fine), du cervelet (posture, équilibre, harmonisation et coordination), des noyaux gris centraux (stratégie et mémoire du savoir-faire) et du thalamus (les cinq sens) (Fahim C. (2023), CAS en neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 6 décembre 2023).

Grâce à cette adaptation, il est possible de progresser dans une compétence utilisant un nœud cérébral en travaillant sur une autre compétence qui utilise le même nœud. Par exemple, à la suite d'un AVC qui a endommagé l'aire de Broca (notamment utilisée pour la production de la parole), une victime peut se retrouver aphasique. Qu'est-ce qui peut l'aider ? De nombreuses études ont démontré les bienfaits du Yoga sur l'aphasie (Voir par exemple Rivkin, 2013, p. 10). En parallèle, d'autres études ont démontré que la pratique régulière du Yoga augmente le volume de l'aire de Broca (Villemure et al., 2015). Que ce volume supplémentaire soit lié directement ou non à l'amélioration de l'aphasie, l'idée que le Yoga aide ses pratiquants à progresser dans le langage est contre intuitif et porteur d'espoir. Il signifie que certaines compétences développées dans un domaine peuvent être *transférées* à un autre domaine, même si celui-ci ne semble pas directement lié au premier.

Est-ce que les mathématiques peuvent avoir un effet similaire dans certains domaines ? Oui ! Tout d'abord, nous pouvons noter que les régions cérébrales mobilisées par les mathématiques sont très nombreuses (Figure 6).

De plus, dans le contexte des mathématiques, l'objectif déclaré de la neuro-éducation « n'est pas de préserver la signification des pratiques scientifiques dans le contexte scolaire, mais celle

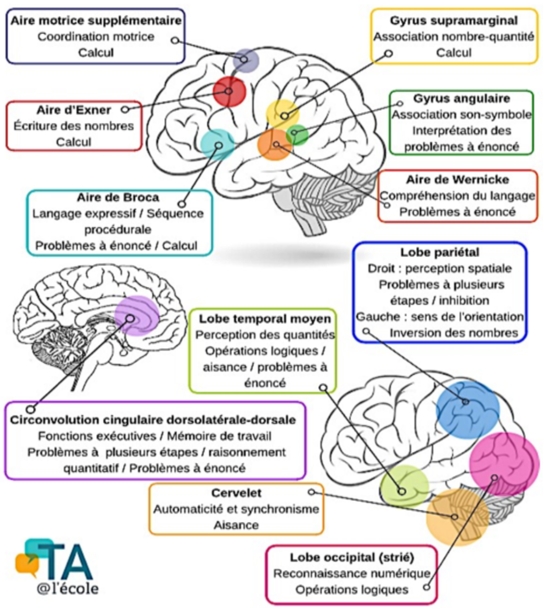
Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

d'améliorer le fonctionnement du cerveau » (Barallobres, 2018, p. 171). La fonction de l'enseignant n'est plus d'aider l'élève à assimiler des savoirs académiques, mais de l'aider à développer des connexions neuronales pour apprendre n'importe quel concept et développer des compétences transversales comme l'inhibition (Masson, 2014).

Figure 6

Activation de certaines zones cérébrales lors d'exercices mathématiques



Note. Image fournie par Dr. C. Fahim Fahmy dans le cadre du CAS neurosciences de l'université de Fribourg, 5 décembre 2023

Et dans la pratique ? Les universités assurent que les capacités cognitives de leurs diplômés en mathématiques s'étendent largement au-delà de leur domaine d'expertise (Voir par exemple www.onisep.fr ou www.unine.ch) Mais que dit la recherche ? Hawes et Ansari (2020), spécialistes reconnus en neurodidactique des mathématiques, expliquent qu'il existe une corrélation positive entre la visualisation spatiale et le QI général, en particulier le QI non verbal. Et dans le même article (p.477), les auteurs citent une étude de Uttal et al. (2013) qui indique que la visualisation spatiale est fortement soumise aux effets de la pratique et de l'entraînement (développant les réseaux neuronaux liés au sillon intrapariétal (Hawes & Ansari, 2020). Ce qui peut être fait par des exercices de rotation mentale en salle de classe par exemple. Donc, selon ces auteurs, les mathématiques ont un impact sur les capacités cognitives en général.

Dans un registre plus précis, mais toujours lié à la visualisation spatiale : cette dernière permet d'offrir un espace dans lequel l'esprit peut glisser une multitude de représentations. Bien entendu concrètes en premier lieu, mais aussi abstraites avec l'entraînement (Antonietti, 1999, cité par Hawes & Ansari, 2020). D'ailleurs l'abstraction est passablement étudiée en mathématiques, notamment avec le calcul littéral et les équations. Selon certaines études, les concepts concrets et abstraits activent des régions cérébrales différentes. Le concret étant notamment traité par le cortex prémoteur et l'abstrait par le cortex

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

pariétal inférieur et le cortex occipitotemporal (Bazhanov, 2021). Cette capacité d'abstraction développée est utile dans tous les domaines scientifiques et ailleurs.

Comme dernier exemple, l'étude des mathématiques peut également avoir un impact sur certaines fonctions exécutives (traités notamment par le cortex préfrontal), essentielles aux apprentissages et aux relations sociales (Diamond, 2020). Il a parfois été dit que ces fonctions n'étaient pas transférables, ce qui semble être le cas pour la mémoire de travail (Par exemple Chabris & Simons, 2011, p. 313). Mais la pratique montre que certaines le sont, notamment l'inhibition (Diamond, 2020). Or, les mathématiques sont excellentes pour développer l'inhibition, puisqu'elles l'utilisent de manière récurrente (Censabella, 2007; Deshaies, 2017). En enseignant de manière adéquate, par exemple en expliquant aux élèves l'existence de pièges et en les aidant à les identifier, ces derniers développent l'inhibition qui sera applicable à d'autres disciplines et d'autres facettes de leur vie privée (Barallobres, 2018, p. 170).

Certains autres avantages possibles de l'entraînement aux mathématiques ne semblent pas avoir encore été étudiés par les neurosciences. Premièrement, la capacité de schématisation (entraînée en classe) semble aider à la résolution de problèmes, qu'ils soient scientifiques ou non (Hawes & Ansari, 2020). Est-ce le cas pour la vie quotidienne ? Deuxièmement, le cortex cingulaire antérieur permet de prendre le contrôle sur ses émotions et de reconnaître nos erreurs (Fahim Fahmy, 2023, p. 5). Or celui-ci est activé chez les élèves lorsqu'ils recherchent une erreur et qu'ils apprennent des nouveautés incompatibles avec leurs idées préconçues (Masson, 2007). Les mathématiques, peut-être davantage que tout autre branche, permettent à l'élève d'apprendre à partir de ses erreurs. C'est le cas pour la résolution d'équations, l'addition de fractions, les transformations géométriques, etc. Est-ce que les mathématiques pourraient suffisamment développer le cortex cingulaire antérieur pour nous aider à gérer nos émotions ? La réponse à cette question ne semble pas encore avoir été établie. Mais de manière générale, les mathématiques semblent avoir une influence sur le comportement (Hawes & Ansari, 2020).

En conclusion, à *quoi ça sert les maths* ? Ils ont premièrement une application concrète dans différentes professions et facettes de la vie par leur nature même. Mais les étudier permet également et surtout un développement cognitif transférable à d'autres domaines professionnels et privés. Une amélioration de certaines capacités comme l'abstraction et l'inhibition peuvent encore améliorer la vie quotidienne. Les

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

mathématiques peuvent avoir un impact sur toute une vie.

Une bonne didactique pour des bienfaits mathématiques

Toutefois, ces bienfaits ne sont pas induits automatiquement. Un enseignant pourrait faire pratiquer les mathématiques à ses élèves sans toutefois leur offrir leurs bienfaits. Il est possible de travailler un chapitre par algorithmes et de répondre aux questions sans avoir compris le sens de ce que nous faisons (Adihou & Marchand, 2014). Une bonne didactique est alors essentielle.

Ce qui ressort du chapitre précédent, c'est que l'activation des réseaux de neurones est particulièrement saine pour le cerveau. Plus ces activations sont nombreuses et variées, plus elles seront bénéfiques dans des domaines nombreux et divers. Les conseils didactiques et pédagogiques qui vont suivre se basent donc sur ces deux piliers :

- Un bon enseignement permet l'**activation intense et simultanée de nombreuses régions cérébrales** pour synchroniser les réseaux de neurones (Dehaene, 2012).
- Pour s'assurer l'activation du plus de zones cérébrales possibles, il est nécessaire **d'enseigner les mathématiques en expliquant en profondeur les lois** qui les régissent et non pas par astuces ou trucs (Roditi & Noûs, 2021).

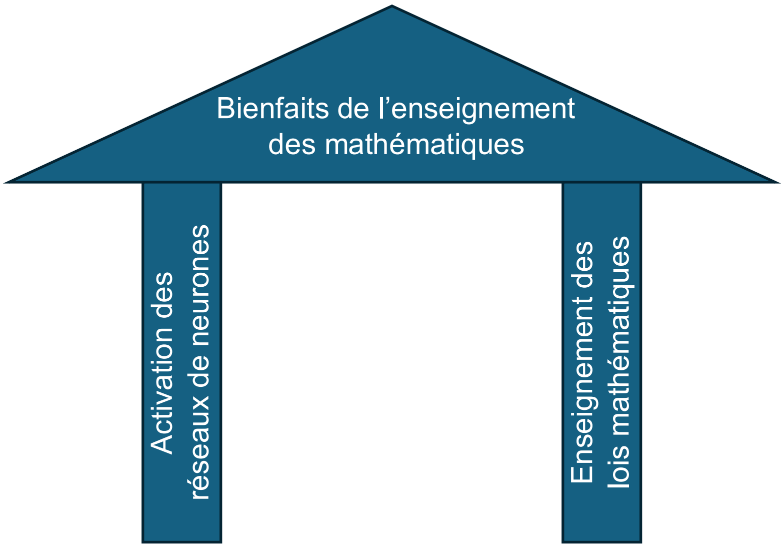


Figure 7 - *Pour que les mathématiques soient utiles aux apprenants et qu'ils puissent en retirer des bienfaits, l'enseignant doit permettre aux jeunes d'activer de manière intense de nombreux réseaux de neurones et enseigner cette discipline non pas selon des algorithmes, mais par les lois qui la régissent.*

En se basant sur ces piliers, la suite de ce chapitre propose des éléments concrets

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

sur la manière d'enseigner certaines notions mathématiques, à la lumière des neurosciences. Ces notions seront celles transmises lors de la formation que je donnerai aux enseignants.

Les 4 piliers de l'apprentissage

Dans le contexte des neurosciences, il est impossible de parler d'enseigner sans évoquer les quatre piliers de l'apprentissage (Dehaene, 2013). Ceux-ci sont 1. l'attention, 2. l'engagement actif, 3. le feedback immédiat et 4. la consolidation.

L'attention permet à l'élève de sélectionner une information afin de la traiter. Il existe quatre filtres de l'attention : le filtre du plaisir, de l'inférence, du mouvement et de l'imaginaire (Siméone, 2024). Le filtre du plaisir permet au cortex préfrontal, essentiel pour l'apprentissage, de s'activer sur signal de l'amygdale. De même, le filtre de l'inférence ne s'active qu'en l'absence de menaces (Siméone, 2024). Pour capter l'attention des élèves, il est nécessaire qu'ils se sentent bien en classe et apprécie la leçon donnée. Cette étape est essentielle pour encoder une information. On peut favoriser l'attention des élèves avec des tâches variées (faisant appel aux sens, aux défis et aux jeux comme un *Kahoot !* par exemple) et en démontrant un enthousiasme personnelle qui va rejaillir sur eux (Bigot & Magnin, 2021) . Le tout favorisant le 1e pilier, l'activation de nombreux réseaux de neurones.

Dans la pratique, un excellent moyen de capter l'attention des élèves et de donner du sens à la matière enseignée. En effet, le sens est la récompense du cerveau (Fahim C. (2023), CAS en neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 6 décembre 2023). Il va donc activer le système de récompense, composé essentiellement du striatum. De la dopamine sera alors envoyé dans le cerveau, notamment à l'hippocampe chargée des apprentissages. Ces derniers seront donc favorisés. Pour donner du sens à la matière, l'enseignant peut expliquer pourquoi elle est importante. Un bon moyen de le faire dans le cadre des mathématiques est d'expliquer son impact sur le cerveau. De plus, l'utilisation d'images du cerveau augmente encore la crédibilité et donc le sens donné à l'explication (Chabris & Simons, 2011, p. 214-215).

L'engagement actif oblige le jeune à se tester. Une fois l'information reçue, l'élève peut avoir le sentiment qu'il maîtrise ce nouveau savoir. Mais ce n'est qu'en se testant qu'il en prendra conscience. De plus, l'encodage cérébral est largement favorisé par l'engagement actif. Ce qui a été démontré par une expérience de Karpicke et Blunt (2011). Ils ont créé quatre groupes d'élèves à qui ils ont demandé de lire un texte scientifique de 276 mots,

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

équivalant à une durée de cinq minutes de lecture. Le premier groupe ne l'a lu qu'une seule fois. Le deuxième l'a lu à quatre reprises avec une pause entre chaque lecture. Le troisième l'a lu, puis a créé un mindmap des éléments importants. Enfin, le quatrième a lu le texte une première fois avant d'essayer de se remémorer les informations pendant 10 minutes. Puis il a pu le relire une seconde fois avant de profiter de 10 minutes supplémentaires pour se tester. Une semaine plus tard, les quatre groupes ont été évalués sur leurs connaissances. Le quatrième groupe est celui qui a obtenu les meilleurs résultats. Ce qui peut se comprendre. En effet, l'hippocampe s'active et distribue les tâches pour encoder un savoir. Mais pour le récupérer, elle lancera un signal à d'autres régions cérébrales, comme l'aire de Broca s'il faut s'exprimer par oral. Une surface corticale active plus grande implique une meilleure acquisition du savoir, ce qui reprend encore une fois le premier pilier de la Figure 7.

Dans la pratique, il s'avère que les élèves obtenant les meilleurs résultats sont ceux à qui on a fait passer en alternance des moments d'enseignement et de tests, de durée égale. De manière schématisée, si on représente une session d'enseignement par E et une session de test par T, alors les élèves ayant suivi le schéma ETET ont obtenu de meilleurs résultats que les élèves ayant suivi le schéma EEEE, EEET ou ETTT (Kanayama & Kasahara, 2018). Les enseignants doivent prendre l'habitude de tester très régulièrement leurs élèves. Dans l'idéal, ces évaluations devraient représenter la moitié du temps d'enseignement.

Malheureusement, pour tester leurs élèves, il s'avère que de trop nombreux enseignants se contentent de poser une question à la classe et se satisfont lorsqu'un unique élève répond correctement. Il est alors facile de généraliser cette réponse à la classe : « ils ont tous compris ». De plus, rien ne lui garantit que tous les élèves se sont engagés activement. Un excellent moyen de parer ce problème est de fournir une ardoise et un stylo effaçable à chaque élève. Lorsque l'enseignant souhaite s'assurer de la compréhension des élèves, il peut alors poser une question à toute la classe et chaque élève doit indiquer la réponse sur l'ardoise. Au signal, chacun lève son ardoise pour montrer sa réponse à l'enseignant. Ce qui présente le double avantage de donner un feedback à l'enseignant et d'obliger chaque élève à s'engager activement. De plus, si l'enseignant oblige les élèves à attendre avant d'écrire leur réponse sur leur ardoise, il stimulera le développement de leur inhibition (Diamond et al., 2002). Cet élément est particulièrement sain pour les élèves qui ont un trouble du déficit de l'attention (C. Fitamen (2023), *CAS en* *neurosciences de l'éducation,* cours magistral, 5 décembre 2023).

Le feedback immédiat assure à l'élève que les informations qu'il a encodé dans son cerveau sont correctes. L'immédiateté de ce retour permet au jeune de corriger ou valider son travail alors que ses réseaux de neurones sont peut-être encore actifs (Fahim Fahmy, 2023, p. 1). De plus, s'il a commis une erreur, il recherchera plus naturellement la cause de sa faute que si le retour lui est donné alors qu'il n'est plus impliqué dans son exercice. De cette manière, il stimule son cortex cingulaire antérieur. Cette pratique est en harmonie avec le fonctionnement du cerveau qui suit le schéma : prédiction – feedback – correction – nouvelle prédiction (Dehaene, 2013).

Dans la salle de classe, un très bon moyen d'offrir un retour immédiat aux élèves est de leur fournir les réponses (écrites au tableau, à la fin du support de cours, …). Cette pratique peut déplaire à certains enseignants, avançant que les élèves n'ont plus rien à faire. Mais en réalité, ce qui développe le cerveau est le travail pour atteindre la réponse et non pas la réponse elle-même.

A titre personnel, j'utilise régulièrement cette méthode, en particulier pour le chapitre sur les équations. Avant, mes élèves effectuaient une quinzaine d'équations, puis remarquaient que la moitié des réponses étaient erronées lors des corrections. Ils semblaient alors découragés à l'idée de reprendre leurs erreurs une à une et ne s'impliquaient pas activement. Aujourd'hui, dès leur première erreur, ils recherchent où se trouve la faute dans leur développement. La comprenant souvent par eux-mêmes, leurs apprentissages sont plus performants (Bader, 2024). Finalement, ils n'auront peut-être effectué qu'une dizaine d'équations, mais leurs résultats aux évaluations sont nettement meilleurs.

La consolidation permet au cerveau de transférer le nouveau savoir vers des réseaux de neurones inconscient, plus rapides et plus automatiques. Au début d'un apprentissage, un effort conscient est nécessaire. Le cortex préfrontal est alors fortement sollicité et ne permet pas d'approfondir le sujet (Dehaene, 2013). La consolidation permet également à l'élève de conserver un nouveau savoir dans la durée. Physiologiquement, de nouvelles synapses se créent. De plus, la myélinisation entre en jeu. En effet, certaines cellules gliales nommées les oligodendrocytes, recouvrent les axones des neurones d'une couche de graisse appelée myéline. Plus le réseau de neurones est régulièrement activé (grâce à la consolidation), plus l'oligodendrocyte ajoute des couches de myéline (Figure 8). Ces couches isolent le signal électrique du neurone, permettant une vitesse de

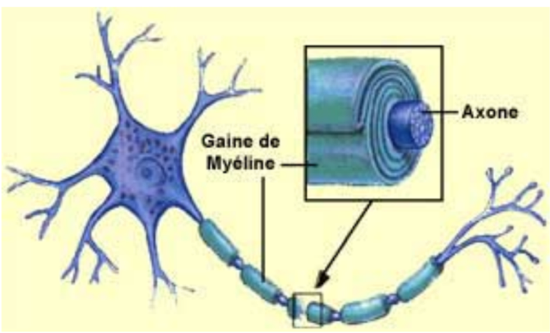
Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

transfert de l'information bien plus rapide (jusqu'à 300 mètres par seconde). De plus, cette myéline évite l'élagage et donc l'oubli d'un apprentissage (Baudouin et al., 2021).

Dans la pratique, pour une myélinisation optimale, un sujet mathématique ne doit pas être enseigné par bloc (tout, intensément, en une fois), mais répété dans le temps à intervalle de plus en plus espacés. La règle du 1-10-1 semble offrir le rendement optimal : le jeune peut répéter le nouveau savoir 1 minute après la leçon, puis 10 minutes après la leçon, 1 heure plus tard, 1 jour après, 1 semaine après, 1 mois après et 1 semestre après (Pierre, 2009).

Figure 8

A force d'un consolider un apprentissage, les couches de myélines s'enroulent autour de l'axone du neurone. Ce qui permet un transfert plus rapide de l'information et une facilité de recrutement des neurones



Note. Reproduit de *le cerveau à tous les niveaux*, Université McGill, 2 octobre 2024, https://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d01/d_01_cl/d_01_cl_fon/d_01_cl_fon.html#1.

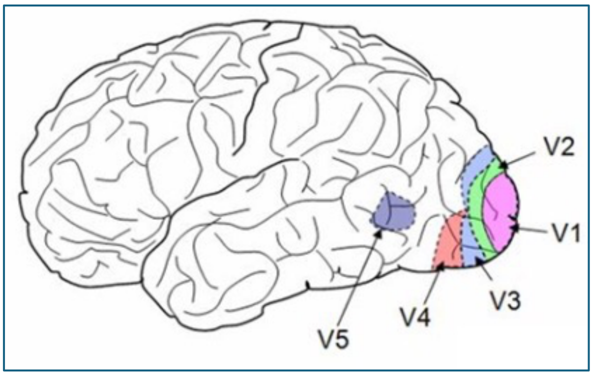
L'utilisation du tableau et des supports visuels

En écrivant au tableau, l'enseignant stimule le cortex visuel de ses élèves. Mais il n'est pas actif en totalité à la simple vu d'un texte écrit à la craie blanche sur fond noir. En effet, les différents éléments de la vision activent différentes zones du cortex visuel. Sur la Figure 9, on peut observer les différentes zones de ce cortex. L'aire V1 reçoit l'information visuelle. L'aire V2 est sensible à l'orientation et traite les formes complexes. La V3 reconnaît les formes, les angles et la profondeur. La V4 reconnaît et distingue les couleurs. Enfin, l'aire V5 est associé à la reconnaissance du mouvement.

Dans la pratique et en accord avec le premier pilier (Figure 7), l'enseignant peut utiliser des couleurs et structurer ce qu'il écrit au tableau par *forme*. Grâce à la technologie, il pourrait même mettre du mouvement dans ses figures géométriques. (Ce qui est d'ailleurs possible avec des objets aussi simple qu'une feuille de papier pour des développement de solides.) Un exemple qui a donné de très bons résultats dans ma pratique est la présentation de la méthode de résolutions des équations à deux inconnues par la substitution. Celle-ci est présentée dans l'Annexe C.

Figure 9

Les différentes zones du cortex visuel



Note. Reproduit de *En quoi les drogues hallucinogènes ont-elles un impact sur la perception visuelle?* par A. Ogunyinka et al., 2 octobre 2024, https://lmatpe.wordpress.com/2016/03/16/112/.

Utiliser le sens du toucher/moteur

La pensée mathématiques, tout comme la mémoire en générale et l'apprentissage, est étroitement liés aux sens (Hawes & Ansari, 2020) (Le système moteur peut être inclut dans « les sens » puisqu'il est relié au toucher et à la proprioception). Dans l'enseignement, les deux sens les plus utilisés sont l'ouïe et la vue. Ils sont particulièrement simples à utiliser en salle de classe. Mais se contenter de deux sens est très restrictif. En effet, tous les sens favorisent la mémoire ou l'apprentissage. Et l'hippocampe peut encoder un souvenir 'partout' dans le cortex, ce qui implique le cortex moteur primaire par exemple (Fahim C. (2024), CAS en neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 28 février 2024).

Un très bel exemple d'application du système moteur aux mathématiques est la méthode Abacus[3]. Cette méthode consiste à apprendre aux enfants à additionner et à soustraire en utilisant un boulier (ou abaque). Quand cette technique est suffisamment consolidée, les enfants sont alors capables de l'utiliser sans avoir l'objet entre leur main. Mais comment font-ils ? Ils déplacent des billes imaginaires dans l'air en agitant leur main. L'addition et la soustraction sont alors encodées dans leur système moteur. Et leurs performances sont époustouflantes.

Dans la pratique, la tendance de l'enseignement est de se tourner de plus en plus vers le virtuel. Les objets sont souvent sous-estimés alors qu'ils apportent énormément (Dehaene, 2012). Pourtant, nombreuses sont les disciplines mathématiques où ils sont aisément utilisables. Pour favoriser la vision en trois dimensions, un enseignant peut utiliser des polydrons® et créer des développements de solides. Ou les faire tout simplement avec une feuille de papier. L'addition et la soustraction de fractions peuvent se découvrir grâce à l'utilisation d'objets représentant ces quantités (Figure 10). L'utilisation de ficelles et de craies pour

3 https://www.youtube.com/watch?v=jFVkqoNDXS8

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

tracer des médiatrices ou des bissectrices permet aux élèves de mettre tout leur corps en mouvement et facilite ainsi les apprentissages.

Figure 10

Disques fractionnées fractionnés permettant les calculs avec les fractions

Note. Photo personnelle

L'utilisation des objets représentent un deuxième avantage notable. Elle créé des leçons innovantes que l'élève assimile à des expériences. Sa motivation et ses sentiments positifs étant incrémentés, ses apprentissages en seront améliorés (Tan & Amiel, 2022, p. 7).

Enseigner des notions abstraites

Tous les enseignants de mathématiques de la fin de la scolarité obligatoire le savent : enseigner les notions abstraites comme le calcul littéral ou les équations est compliqué. C'est là que les élèves découvrent les lettres dans les calculs et en plus que ces lettres peuvent représenter n'importe quel nombre. Mais qu'est-ce que ça signifie ? Ce sont des notions très abstraites particulièrement difficile à assimiler.

Parfois les enseignants expliquent les bases en utilisant des notions concrètes. Par exemple l'utilisation d'une balance à plateau pour expliquer les équations. Ce qui est une excellente chose, la recherche indiquant que le concret est plus facilement mémorisé et exprimé que l'abstrait (Hawes & Ansari, 2020). Mais lors du transfert de ces notions vers le monde abstrait, les élèves se perdent. Une explication possible vient des réseaux de neurones. Selon Bazhanov (2021), les régions cérébrales activées lors du traitement des notions abstraites ne sont pas identiques à celles activées pour les notions concrètes (peut-être respectivement les régions postérieurs du cerveau et les régions frontopariétales). Un passage trop brusque de l'abstrait au concret ne permet pas l'activation simultanée de ces régions. La synchronie cérébrale n'étant pas présente, aucun réseau de neurones n'a pu être établi.

Pour donner du crédit à cette hypothèse, nous pouvons examiner la méthode Singapour. Si l'utilisation des objets concrets pour expliquer des notions abstraites n'est parfois pas efficace, c'est peut-être que les enseignants ne savent pas toujours convenablement exploiter un objet pour expliquer un symbolisme (Chambris, 2017). Que ce soit dû aux

Perspective
Cortica 2025. 4(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

réseaux de neurones ou non, les élèves ont besoin de temps pour transférer leurs actions de l'objet à l'abstrait. Et c'est là qu'intervient la méthode Singapour que l'on peut résumer en trois mots : *Concrete – Pictoral – Abstract* (CPA. En français : concret – imagé – abstrait). La différence vient du mot central : imagé. Il permet de passer progressivement du concret à l'abstrait en ajoutant peu à peu les notions importantes [4].

Dans la pratique, j'ai un projet de jeu pour permettre aux élèves de s'approprier le calcul littéral. Il s'agit de plusieurs billets (de 5cm x 5cm) sur lesquels sont imprimés un abricot, une banane ou une cerise, représentants respectivement les lettres a, b et c (qui seront d'ailleurs tracées sur chaque fruit). Au centre de chacun de ces billets se trouvera un petit aimant cylindrique de 3mm de diamètre. Ainsi, les billets pourront être superposés, représentant des fruits mis dans le même sachet. Lorsqu'on multiplie les fruits, c'est comme les mettre dans le même sachet (on les superpose). En revanche, additionner les sachets, c'est simplement compter combien il y a de sachets de chaque sorte. Après cet exercice, il sera possible de faire des calculs au tableau en dessinant des fruits superposés. Puis en les remplaçants par des lettres. Pour enfin terminer par, non plus une superposition, mais des lettres élevées à une puissance (deux abricots superposés équivalent à a^2). Ce projet respecte ainsi les étapes de la méthode Singapour. Même si je regrette de ne pas avoir pu le mettre en place avant la rédaction de ce travail, j'ai bon espoir qu'il apportera une plus-value aux apprentissages des élèves.

La complexité de la tâche proposée

Dans les propositions d'applications des neurosciences à l'enseignement examinées jusqu'ici, il est toujours question d'étendre les réseaux de neurones à plusieurs régions cérébrales. Or, l'intensité cognitive impliquée dans une tâche favorise également les apprentissages. La complexité est un concept neuroscientifique dont il faut tenir compte (Chang et al., 2021). Or, pour faciliter le travail des élèves, les enseignants ont recours à certains « trucs » mathématiques (Adihou & Marchand, 2014, p. 35). Même s'ils présentent l'avantage d'être accessibles à la grande majorité des élèves, ces algorithmes ne sont pas efficaces à long terme (Barallobres, 2018 ; Dehaene, 2012, p. 234; Roditi & Noûs, 2021). Une telle procédure n'a comme objectif que de se transformer en automatisme, de rejoindre les réseaux de neurones du cervelet et des ganglions de la base (Fahim C. (2024), CAS en

[4] Voir un exemple sur https://www.youtube.com/watch?v=0_UBkGsdSGc.

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

neuroscience de l'éducation, communication personnelle, 28 février 2024).

De plus, certaines notions étudiées par « trucs » ne semblent avoir 'aucune' utilité hors de la salle de classe. Citons par exemple la recherche du plus petit multiple commun (PPMC) et du plus grand diviseur commun (PGDC) de deux nombres. Beaucoup d'enseignants expliquent à leurs élèves qu'après avoir fait la décomposition en facteurs premiers, il suffit de multiplier entre eux les nombres premiers avec le plus grand exposant pour trouver le PPMC et de multiplier les nombres premiers avec le plus petit exposant pour trouver le PGDC (Annexe D). Mais ce « truc » n'éclaircit en rien la construction des multiples ou des diviseurs. Il n'apporte aucun éclairage sur la ligne mentale des nombres dans la tête de l'élève. (En effet, le cerveau se représente les nombres et leurs diverses relations le long d'une « ligne mentale des nombres » (Hawes & Ansari, 2020, p. 476), comme nous le verrons au prochain sous-titre.) A l'inverse, du moment qu'une notion mathématiques ne représente que peu d'utilité, l'enseignant ne prend pas grand risque de complexifier le travail des élèves en examinant en profondeur la règle qui régit ce concept. Dans le cas des PGDC et PPMC, c'est l'occasion d'expliciter la nature même des multiples et diviseurs ainsi que leur construction. Dans la pratique, une explication comme celle se trouvant en annexe D a déjà obtenu d'excellents résultats tout en stimulant le sentiment de compétences et la motivation des élèves.

La représentation mentale des nombres

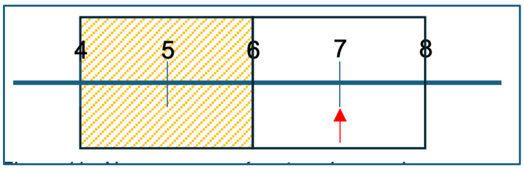
Comme dernier élément didactique à mettre en place, parlons de la représentation des nombres dans notre esprit. En effet, il sera compliqué d'enseigner les mathématiques d'une manière si notre cerveau fonctionne d'une autre manière. Et notre cerveau se représente les nombres sur une « ligne de nombres mentale » (Hawes & Ansari, 2020, p. 476). Ce phénomène est particulièrement impressionnant concernant les héminégligés. Il s'agit de personnes ayant une lésion dans le lobe pariétal, responsable de la vision dans l'espace. Ces personnes se comportent alors comme si la moitié gauche (ou droite, suivant la lésion) de leur vision n'existait pas. Ils ne mangeront donc que ce qui se trouve dans la moitié droite de leur assiette (Saignavongs & Baret, 2020). Concernant les nombres, comme nous nous les représentons sur une ligne imaginaire, ils sont également impactés. Par exemple, si on demande à un héminégligé quel est le nombre se trouvant exactement entre 4 et 8, celui-ci répondra 7. En effet, il ne tiendra pas compte de la « partie gauche » de sa ligne mentale, comme si les nombres 4 et 5 n'existaient pas. Et dans ce cas, le nombre central est effectivement 7 (Figure11).

Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940
Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Dans la pratique, l'utilisation d'une ligne des nombres tactiles (un papier plastifié par exemple) pour améliorer le raisonnement numérique s'est avéré particulièrement efficace (Hawes & Ansari, 2020). Loin de rendre la tâche trop facile pour les élèves, cela libère le cortex frontal en diminuant la charge de la mémoire de travail, facilitant ainsi les apprentissages.

Figure 11

Nous nous représentons les nombres sur une ligne de nombres mentale. Un héminéglígé ne tenant pas compte de la moitié de son champ visuel (ici la gauche) même si celui-ci est dans son esprit, il pense que le nombre qui se trouve exactement entre 4 et 8 est 7



Dans le même ordre d'idée, la transformation d'unités de temps peut être effectuée par des dessins d'horloge. Par exemple, 2,5 heures peuvent être imagé par deux ronds pleins et un demi-rond. L'élève reconnaît alors les 30 minutes du demi-rond pour conclure que 2,5 heures équivalent à 2 heures et 30 minutes ou alors 150 minutes. Tout cela, sans utiliser d'algorithmes fastidieux et en préservant le fonctionnement du cerveau sur le calcul mental, puisque nous nous rapprochons autant que possible de la ligne de nombres mentale.

Méthode

La formation que je prévois de dispenser peut toucher l'intégralité des enseignants de mathématiques. Toutefois, vu les exemples que je compte utiliser, elle s'adresse avant tout aux enseignants de la fin de l'école obligatoire (élèves de la 9e à la 11e année). En introduction, j'expliquais que cette formation pourrait être dispensée sur quatre ou huit périodes de 45 minutes. Toutefois, au vu de la quantité d'informations neuroscientifiques présentées au chapitre précédent, il semble évident que deux demi-journées de quatre périodes chacune seront nécessaires. Cela représente l'avantage d'offrir aux participants le temps de revoir certaines notions ou même de tenter quelques applications à proposer aux autres lors de la deuxième demi-journée. Les éléments plus généraux pourront être présentés lors de la première partie de cours. Puis, à la seconde, les éléments plus spécifiques à l'enseignement des mathématiques seront étayés. Bien sûr, les éléments de la première session seront à nouveau évoqués afin de favoriser la consolidation des connaissances.

La réponse au titre de cette formation *à quoi ça sert les maths ?* a pour principal objectif de donner un fil rouge aux concepts neuroscientifiques expliqués. Elle permet ainsi une remise en question de la pratique de chacun. Même si elle offre un outil supplémentaire aux enseignants pour donner une raison à leurs élève d'étudier cette discipline, c'est une réflexion et une confiance plus poussées dans leurs choix pédagogiques qui sont visées (Chang et al., 2021, p. 11).

Dans ce sens, la présentation de cette formation (c'est-à-dire le descriptif de cours disponible avant inscription) précisera que son objectif n'est pas de changer drastiquement la manière d'enseigner de chacun. Il est vrai que certains exemples concrets seront présentés, mais ce sont avant tout les concepts neuroscientifiques qui seront mis en avant, afin de permettre une réflexion sur pourquoi telle pratique est bonne ou mauvaise (Chang et al., 2021). A chacun ensuite de se les approprier.

Construction du cours

Comme examiné plus haut, les concepts neuroscientifiques qui seront mis en avant sont la neuroplasticité et les réseaux neuronaux. Dans ce sens, quelques notions de l'architecture des neurones et du cerveau sont nécessaires. A l'aide de certaines histoires tirées du livre *Neurocontes Histoires (de cerveaux) extraordinaires* (Saignavongs & Baret, 2020), le principe des nœuds neuronaux (Figure 5) et de la physiologie cérébrale sera présenté de manière ludique. Ces histoires présentes des cas de personnes dont une région cérébrale a été lésée et mettent en avant les conséquences qui en découlent. Plus précisément, le tout appuyé d'image et de modèles 3D, les notions abordées seront :

- Le cortex avec ses quatre lobes.
- Les cortex moteurs, somatosensoriels, frontal (fonctions exécutives) et visuels.
- Certaines régions sous-corticales comme le thalamus, l'amygdale et l'hippocampe.
- Le système de récompense, avec l'importance du *sens* en guise de récompense.
- Les types de mémoires.
- La structure d'un neurone et la myélinisation.
- L'élagage synaptique.
- La neuroplasticité.

La deuxième partie de la formation tentera de répondre à la fameuse question *à quoi ça sert les maths ?* en reprenant les arguments examinés au chapitre du même nom. La notion de transfert étant essentielle : l'inhibition travaillé sur des problèmes de mathématiques étant utilisable dans la vie quotidienne, par exemple. L'objectif étant de faire réfléchir les participants sur l'importance de stimuler plusieurs aires cérébrales et de ne pas enseigner les maths ayant comme seule finalité la transmission d'algorithmes.

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Enfin, la troisème et dernière partie présentera les conseils didactiques étayés dans le chapitre *Une bonne didactique pour des bienfaits mathématiques* et les annexes. De plus, les participants seront invités à argumenter sur ce qui leur est proposé, voire à imaginer d'autres séquences d'enseignement.

Bien entendu, ce projet de cours reste théorique. Lors de sa conception, je serai peut-être rattrapé par la réalité. Ou à l'inverse je verrai certaines portes s'ouvrir. Si la planification me le permet, j'envisagerai de présenter d'autres notions neuroscientifiques, comme l'impact de l'anxiété mathématiques sur les apprentissages (Suárez-Pellicioni et al., 2016) ou l'importance du sommeil pour la consolidation.

Modèle d'enseignement

Dans le monde de la pédagogie, il y a peu de choses plus insupportables qu'un formateur qui n'appliquent pas ce que lui-même enseigne. Pour éviter cette erreur, je compte appliquer les quatre piliers de l'apprentissage. Par exemple, pour stimuler l'attention, plusieurs vidéos seront diffusées, notamment sur la myélinisation, la méthode Abacus ou le développement de l'adolescent. Un avantage de ces vidéos est qu'elles expliqueront certaines notions d'une manière bien plus efficace que ce qui est possible de faire avec un enseignement frontal.

Pour la consolidation, l'engagement cognitif et le feedback immédiat, il est prévu que les participants aient à disposition des fiches sur lesquels des images de cerveaux 'vierges' sont imprimées afin de replacer les nœuds neuronaux. Dans la même idée, un jeu de type *Kahoot !* sera proposé. Enfin, des discussions sur les applications possibles en classe seront lancées afin de créer un espace de partage d'idées.

Pour stimuler la mémoire, et donc encore une fois favoriser la consolidation, tous les objets évoqués (ardoises, disques de fractions et 'fruits aimantés') dans le chapitre 5 seront à la disposition des participants. Ils seront encouragés à les manier lors de phases d'exercices.

Conclusion

Arrivé à la fin de cet article, je constate à quel point le projet que je me suis fixé est colossal. J'ai le sentiment d'avoir à la fois trop de matière à présenter et trop peu de connaissances pour diriger un tel cours. Ce qui me rassure est que l'intégralité des conseils que je vais dispenser auront (ou ont déjà) été testés avec succès. J'arrive donc avec une expérience concrète qui me rassure.

Bien sûr, cette expérience reste limitée. Même si la mise en pratique dans ma salle de classe apporte un bénéfice évident à mes élèves et que mes arguments neuroscientifiques font sens à mes yeux, rien n'indique que d'autres facteurs n'ont pas participés à ces victoires (Chang et al., 2021). Il semble malheureusement impossible aujourd'hui d'être plus catégorique, puisque la neurodidactique n'en est encore qu'au stade d'embryon. Quoiqu'il en soit, si mes arguments sonnent justes dans l'esprit des participants et qu'ils permettent un perfectionnement de leur pratique, cela reste une plus-value. Qu'importe alors s'ils sont exacts ou si ce sont des conséquences collatérales qui favorisent les apprentissages des élèves.

L'impact réel à long terme sur les mathématiciens en herbe ne peut pas non plus être évalué. En effet, les enseignants occupent une place secondaire dans l'évolution des neurosciences. Ils n'ont pas les moyens, ni le temps d'élaborer des études de recherches sur la durée (Chang et al., 2021). Si un participant à ma formation avance l'argument que je ne peux pas savoir ce qu'ont gagné mes élèves pour les années à venir, ma seule arme sera l'humilité de reconnaître cette limite. Mais la neuropédagogie est quasi inexistante dans la région où j'exerce. En admettant que ma formation influencera les pratiques des participants, qui a leur tour en parleront à leurs collègues directs, peut-être que l'échantillon de population sera suffisamment grand pour voir (ou pas) des impacts dans les apprentissages des élèves sur le long terme.

Une troisième limite de mon projet est commune à toute formation : que vont en retirer les participants pour leur pratique ? Est-ce qu'il y aura des concrétisations ? Prendront-ils le temps de réviser leur enseignement ? Ou même, seront-ils touchés par mes propositions neuroscientifiques ? Il est impossible de le savoir avec certitude avant la première vague de formation. Mais je crois profondément dans la valeur des neuroconcepts étayés et j'ai suffisamment confiance dans mes capacités motivationnelles pour être optimiste.

Concernant mes attentes, j'espère voir la motivation apparaître chez mes futurs étudiants adultes. A titre personnel et égoïste, mon système de récompense s'active dans ce genre de situation. A titre professionnel, j'ai bien conscience que la motivation sera le principal moteur de la mise en pratique des notions étudiées pour les participants. Si je souhaite exercer une influence, même infime, sur leur pratique enseignante, c'est ce canal que je dois utiliser.

Mais se lancer dans un tel projet pédagogique pour n'attendre que des acclamations du public serait absurde. La connaissance transmise doit être utile. Dans ce sens, ce que j'appréhende avant tout est la future réponse de mes pairs à la question *à quoi ça sert les maths ?* Seront-ils autant empruntés que mes élèves ? Si ce n'est pas le cas, mon objectif sera atteint

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

et ma formation une réussite, car leur pratique sera fondamentalement remise en question.

Une autre attente concerne mes propres connaissances. Aujourd'hui, j'ai le sentiment d'avoir suffisamment assimilé ces concepts neuroscientifiques pour les appliquer d'une très bonne manière dans ma salle de classe. Mais nous avons tous la tendance d'être plus confiant en nos capacités que ce que nous devrions. C'est ce que certains scientifiques appellent *l'illusion de la confiance* (Chabris & Simons, 2011, p. 128). En formant d'autres enseignants, mes pairs, je serai obligé de me confronter moi-même à mon savoir. Et puis, comme je compte donner cette formation à plusieurs volées d'enseignants, en reprenant ce qui ne s'est pas déroulé comme prévu, je ne peux que m'améliorer.

Enfin, toujours en lien avec ma propre pratique enseignante, j'ai l'espoir que les discussions ouvertes durant la formation m'offrent des pistes d'améliorations, des idées provenant de mes pairs auxquelles je n'aurai pas pensé. Par cet échange, davantage d'élèves seraient touchés. Les retombées pourraient alors être des plus excitantes : de meilleures compétences mathématiques et un plus grand intérêt pour cette discipline.

Voilà, c'est la fin. Il y a maintenant un peu plus d'une année que j'ai débuté ma formation sur les neurosciences. J'ai été déçu de ne pas examiner certaines notions et surpris par l'intérêt que j'ai porté à d'autres. Quoiqu'il en soit, le monde cérébral est d'une beauté infinie, on ne peut pas se lasser d'apprendre. L'impact qu'il a eu sur mon enseignement est largement supérieur à ce que je m'attendais. J'espère qu'il m'apportera encore davantage et que je pourrai transmettre cette passion autour de moi.

Note Article édité par Madame Jade Vouilloz, département de psychologie clinique et de la santé, Université de Fribourg, jade.vouilloz@unifr.ch

Références

Adihou, A., & Marchand, P. (2014). *Les trucs en classe de mathématiques : Quand et pourquoi? 221*, 35-40. Revue-mathematiques.ch.

Artho, J., Jenny, A., & Karlegger, A. (2012). Wissenschaftsbeitrag. *Energieforschung Stadt Zürich*, *6*.

Bader, S. A. (2024). Une approche collaborative du feedback correctif pour développer la compétence de production écrite des apprenants de FLE en télé-enseignement. *Didactique du FLES. Recherches et pratiques*, *3: 1*.

Barallobres, G. (2018). RÉFLEXIONS SUR LES LIENS ENTRE NEUROSCIENCES, MATHÉMATIQUES ET ÉDUCATION. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, *53*(1), 169-188. Érudit. https://doi.org/10.7202/1056288ar

Baudouin, L., Adès, N., & Bouslama-Oueghlani, L. (2021). La myéline-Un nouvel acteur dans la plasticité cérébrale. *médecine/sciences*, *37*(5), 535-538.

Bazhanov, V. A. (2021). Abstraction through the Lens of Neuroscience. *Epistemology & Philosophy of Science*, *58*(2), 6-18.

Bekdemir, M. (2010). The pre-service teachers' mathematics anxiety related to depth of negative experiences in mathematics classroom while they were students. *Educational Studies in Mathematics*, *75*(3), 311-328. https://doi.org/10.1007/s10649-010-9260-7

Bigot, P., & Magnin, C. (2021). *Merci aux enseignants flexibles pour leurs aménagements* (atzéo éditions).

Bowers, J. S. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, *123*(5), 600-612.

Bullock, S. M. (2011). *Inside teacher education : Challenging prior views of teaching and learning*.

Censabella, S. (2007). *On the role of inhibition processes in mathematical disabilities/Le rôle des processus d'inhibition dans les troubles d'apprentissage de l'arithmétique*.

Chabris, C., & Simons, D. (2011). *The invisible gorilla : How our intuitions deceive us*.

Chambris, C. (2017). L'enseignement des maths à l'école et la méthode de Singapour. *Bulletin de liaison de la Commission française pour l'enseignement des mathématiques*.

Chang, Z., Schwartz, M., Hinesley, V., & Dubinsky, J. (2021). Neuroscience concepts changed teachers' vews of pedagogy and students. *Frontiers in psychology*, *12*, 685856. frontiersin.org. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.685856

Dehaene, S. (2012). 15. Que nous apprennent les neurosciences sur les meilleures pratiques pédagogiques ? *Regards croisés sur l'économie*, *12*(2), 231-244. Cairn.info. https://doi.org/10.3917/rce.012.0231

Dehaene, S. (2013). Les quatre piliers de l'apprentissage, ou ce que nous disent les neurosciences. *Paris Tech Review*.

Deshaies, I. (2017). *Effets d'une intervention didactique en mathématiques au préscolaire visant le développement du contrôle inhibiteur et adaptée au fonctionnement du cerveau sur l'apprentissage de préalables liés à l'arithmétique*.

Diamond, A. (2020). Chapter 19—Executive functions. In A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (Éds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, p. 225-240). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4

Diamond, A., Kirkham, N., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, *38*(3), 352-362. https://doi.org/10.1037/0012-1649.38.3.352

Fahim, C. (2022). PRESENCE d'une Prédisposition : Premier épisode d'une série de huit épisodes sur le cerveau. *Cortica*, *1*(2), 464-492. doi.org/10.26034/cortica.2022.3344

Fahim, C. (2022). PRESENCE enracinée dans le cerveau par une prédisposition génétique et tissée par l'épigénétique. *Cortica*, *1*(1), 1-3. doi.org/10.26034/cortica.2022.1779

Fahim, C. (2023). PRESENCE DE RÉSEAUX DE NEURONES : OÙ EST LE PLAN POUR NE PAS SE PERDRE DANS L'IMMENSITÉ DE

CETTE FORÊT ? Deuxième épisode d'une série de huit épisodes sur le cerveau. *Cortica*, *2*(1), 1-9. doi.org/10.26034/cortica.2023.37936

Fahim, C. (2024). L'Élagage synaptique. *Cortica,* *3*(2),1-20. https://doi.org/10.26034/cortica.2024.6091

Hawes, Z., & Ansari, D. (2020). What explains the relationship between spatial and mathematical skills ? A review of evidence from brain and behavior. *Psychonomic Bulletin & Review*, *27*, 465-482. https://doi.org/10.3758/s13423-019-01694-7

Hook, C. J., & Farah, M. J. (2013). Neuroscience for Educators : What Are They Seeking, and What Are They Finding? *Neuroethics*, *6*(2), 331-341. https://doi.org/10.1007/s12152-012-9159-3

Howard-Jones, A., Jay, P., & Galeano, L. (2020). Professional Development on the Science of Learning and teachers' Performative Thinking—A Pilot Study. *Mind, Brain, and Education*, *14*(3), 267-278. https://doi.org/10.1111/mbe.12254

Ilyka, D., Johnson, M. H., & Lloyd-Fox, S. (2021). Infant social interactions and brain development : A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *130*, 448-469. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.001

Ismail, F. Y., Fatemi, A., & Johnston, M. V. (2017). Cerebral plasticity : Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*, *21*(1), 23-48. https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.07.007

Kanayama, K., & Kasahara, K. (2018). The indirect effects of testing : Can poor performance in a vocabulary quiz lead to long-term L2 vocabulary retention. *Vocabulary Learning and Instruction*, *7*(1), 1-13.

Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, *331*(6018), 772-775.

Kolb, B., & Gibb, R. (2011). *Brain plasticity and behaviour in the developing brain*. *20*(4), 265.

Leisman, G., Macahdo, C., Melillo, R., & Mualem, R. (2012). Intentionality and "free-will" from a neurodevelopmental perspective. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *6*. https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00036

Marghetis, T., Núñez, R., & Bergen, B. K. (2014). Doing Arithmetic by Hand : Hand Movements during Exact Arithmetic Reveal Systematic, Dynamic Spatial Processing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(8), 1579-1596. https://doi.org/10.1080/17470218.2014.897359

Masi, M. (2023). An evidence-based critical review of the mind-brain identity theory. *Frontiers in Psychology*, *14*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1150605

Masson, S. (2007). 24. Enseigner les sciences en s' appuyant sur la neurodidactique des sciences. *l'enseignement*, 308.

Masson, S. (2014). Cerveau, apprentissage et enseignement : Mieux connaître le cerveau peut-il nous aider à mieux enseigner. *Éducation Canada*, *54*(4), 40-43.

Matsuzawa, J., Matsui, M., Konishi, T., Noguchi, K., Gur, R. C., Bilker, W., & Miyawaki, T. (2001). Age-related volumetric changes of brain gray and white matter in healthy infants and children. *Cerebral cortex*, *11*(4), 335-342.

McGowan, P. O., & Roth, T. L. (2015). Epigenetic pathways through which experiences become linked with biology. *Development and Psychopathology*, *27*(2), 637-648. Cambridge Core. https://doi.org/10.1017/S0954579415000206

Ogunyinka, A., et al. (2024, 2 octobre). *En quoi les drogues hallucinogènes ont-elles un impact sur la perception visuelle ?* https://lmatpe.wordpress.com/2016/03/16/112/

Pierre, V. (2009). *L'aide stratégique aux élèves en difficulté scolaire*.

Rivkin, N. (2013). *The Effects of Yoga on Aphasia Rehabilitation*.

Roditi, É., & Noûs, C. (2021). Didactique des mathématiques et neurosciences cognitives : Une analyse des contributions à la recherche sur l'apprentissage d'un contenu scolaire. *Revue française de pédagogie*, *211*(2), 103-115. Cairn.info. https://doi.org/10.4000/rfp.10549

Saignavongs, M., & Baret, B. (2020). *Neurocontes : Histoires (de cerveaux) extraordinaires*. Odile Jacob.

Selemon, L. D. (2013). A role for synaptic plasticity in the adolescent development of executive function. *Translational Psychiatry*, *3*(3), e238-e238. https://doi.org/10.1038/tp.2013.7

Shonkoff, J., Richmond, J., Levitt, P., Bunge, S., Cameron, J., Duncan, G., & Nelson III, C. (2016). From best practices to breakthrough impacts a science-based approach to building a more promising future for young children and families. *Cambirdge, MA: Harvard University, Center on the Developing Child*, 747-756.

Siméone, N. R. B. (2024). Le cerveau, moteur de l'apprentissage : Les découvertes neuroscientifiques pour améliorer l'éducation. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*.

Singer, W., Tretter, F., & Yinon, U. (1982). Evidence for long-term functional plasticity in the visual cortex of adult cats. *The Journal of Physiology*, *324*(1), 239-248. https://doi.org/10.1113/jphysiol.1982.sp014109

Suárez-Pellicioni, M., Núnez-Pena, M. I., & Colomé, À. (2016). Math anxiety : A review of its cognitive consequences, pyschophysiological correlates, and brain bases. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *16*, 3-22. https://doi.org/10.3758/s13415-015-0370-7

Tan, Y. S. M., & Amiel, J. J. (2022). Teachers learning to apply neuroscience to classroom instruction : Case of professional development in British Columbia. *Professional Development in Education*, *48*(1), 70-87. https://doi.org/10.1080/19415257.2019.1689522

Uhlhaas, P. J., Roux, F., Singer, W., Haenschel, C., Sireteanu, R., & Rodriguez, E. (2009). The development of neural synchrony reflects late maturation and restructuring of functional networks in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(24), 9866-9871. https://doi.org/10.1073/pnas.0900390106

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills : A meta-analysis of training studies. *Psychological bulletin*, *139*(2), 352.

van den Heuvel, M. P., & Sporns, O. (2011). Rich-Club Organization of the Human Connectome. *Journal of Neuroscience*, *31*(44), 15775-15786. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3539-11.2011

Villemure, C., Ceko, M., Cotton, V., & Bushnell, M. C. (2015). Neuroprotective effects of yoga practice : Age-, experience-, and frequency-dependent plasticity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00281

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Annexes

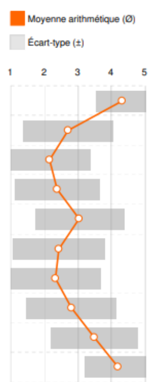
Annexe A : Résultat d'un sondage sur l'utilité des mathématiques

107 personnes de l'adolescence à la retraite ont répondu à un sondage sur leur point de vue subjectif sur l'utilité des mathématiques dans leur vie privé (premier tableau) et leur vie professionnelle (deuxième tableau). La majorité des résultats se situent entre « Très peu utile » et « Un peu utile ».

Pensez à votre vie privée (sans tenir compte de l'aide apporté à un enfant dans le cadre de l'école). A quel point ces facettes des mathématiques vous semblent utiles (pertinence et régularité)? *

Nombre de participants : 110

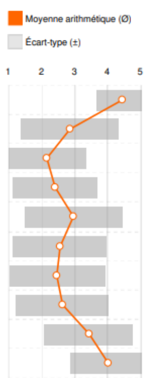
	Absolument pas utile (1)		Très peu utile (2)		Un peu utile (3)		Utile (4)		Particulièrement utile (5)		Je ne sais pas ce que c'est (0)		
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	Ø	±
Calcul mental	1x	0.91	1x	0.91	12x	10.91	43x	39.09	53x	48.18	-	4.33	0.78
Calcul littéral (algèbre)	26x	23.64	28x	25.45	20x	18.18	23x	20.91	12x	10.91	1x	2.70	1.34
PPMC et PGDC	30x	27.27	20x	18.18	14x	12.73	8x	7.27	4x	3.64	34x	2.16	1.21
Notation scientifique	30x	27.27	24x	21.82	23x	20.91	10x	9.09	8x	7.27	15x	2.39	1.27
Equation	18x	16.36	21x	19.09	26x	23.64	27x	24.55	17x	15.45	1x	3.04	1.32
Fonction	36x	32.73	22x	20.00	14x	12.73	21x	19.09	8x	7.27	9x	2.44	1.37
Trigonométrie	38x	34.55	27x	24.55	16x	14.55	15x	13.64	9x	8.18	5x	2.33	1.33
Probabilité	23x	20.91	22x	20.00	26x	23.64	20x	18.18	14x	12.73	5x	2.81	1.34
Calcul d'aire et de volume	12x	10.91	13x	11.82	21x	19.09	36x	32.73	28x	25.45	-	3.50	1.29
Transformation d'unité	5x	4.55	3x	2.73	8x	7.27	41x	37.27	51x	46.36	2x	4.20	1.02



Pensez à votre vie professionnelle (ce qui peut inclure les tâches d'une personne au foyer). A quel point ces facettes des mathématiques vous semblent utiles (pertinence et régularité)? *

Nombre de participants : 110

	Absolument pas utile (1)		Très peu utile (2)		Un peu utile (3)		Utile (4)		Particulièrement utile (5)		Je ne sais pas ce que c'est (0)		
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	Ø	±
Calcul mental	2x	1.82	-	-	8x	7.27	36x	32.73	64x	58.18	-	4.45	0.79
Calcul littéral (algèbre)	29x	26.36	20x	18.18	19x	17.27	20x	18.18	21x	19.09	1x	2.85	1.48
PPMC et PGDC	31x	28.18	22x	20.00	12x	10.91	11x	10.00	3x	2.73	31x	2.15	1.20
Notation scientifique	30x	27.27	26x	23.64	20x	18.18	13x	11.82	8x	7.27	13x	2.41	1.28
Equation	27x	24.55	17x	15.45	20x	18.18	24x	21.82	22x	20.00	-	2.97	1.47
Fonction	34x	30.91	23x	20.91	18x	16.36	14x	12.73	15x	13.64	6x	2.55	1.43
Trigonométrie	40x	36.36	17x	15.45	18x	16.36	16x	14.55	13x	11.82	6x	2.47	1.45
Probabilité	33x	30.00	20x	18.18	21x	19.09	20x	18.18	13x	11.82	3x	2.63	1.40
Calcul d'aire et de volume	18x	16.36	6x	5.45	21x	19.09	41x	37.27	24x	21.82	-	3.43	1.34
Transformation d'unité	6x	5.45	9x	8.18	9x	8.18	38x	34.55	47x	42.73	1x	4.02	1.16



www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940
Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Annexe B : Calcul à l'aide d'un algorithme sans compréhension mathématiques

Voici la donnée d'un exercice que les élèves pourraient découvrir en salle de classe avec deux manières différentes d'effectuer le calcul.

Méthode par algorithme :

Exercice 1 : Effectuez le calcul suivant et donnez la réponse sous forme de base et exposant. Indiquez comme vous avez procédé.

$$5^3 \cdot 5^4 = 5^7$$

Avec une multiplication, il faut additionner les exposants.

Méthode mathématique :

Exercice 1 : Effectuez le calcul suivant et donnez la réponse sous forme de base et exposant. Indiquez comme vous avez procédé.

$$\underbrace{5^3}_{5\cdot5\cdot5} \cdot \underbrace{5^4}_{5\cdot5\cdot5\cdot5} = 5^7$$

Les deux méthodes permettent d'obtenir le résultat escompté. Toutefois, avec la méthode par algorithme, l'élève est en mesure d'effectuer l'exercice sans comprendre pourquoi il est nécessaire d'additionner les exposants. De plus, l'explication est donnée par une phrase. Même s'il aurait été possible d'indiquer une étape intermédiaire par 7^{3+4}, la mémoire dont il s'en souvient est verbale et non mathématiques. Mais grâce à la méthode mathématique, l'élève comprend immédiatement d'où vient ce 7 à l'exposant et n'utilise que les mathématiques pour indiquer comment il a procédé.

Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940

Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

Annexe C : Méthodes de résolution d'un système d'équations à deux inconnues par substitution

Méthode de résolution proposé par le support de cours des Moyens d'Etude Romand.

$$\begin{cases} x+1=2y-5 \\ 3x+4y=7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2y-6 \\ 3x+4y=7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2y-6 \\ 3(2y-6)+4y=7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2y-6 \\ 6y-18+4y=7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2y-6 \\ 10y-18=7 \end{cases}$$

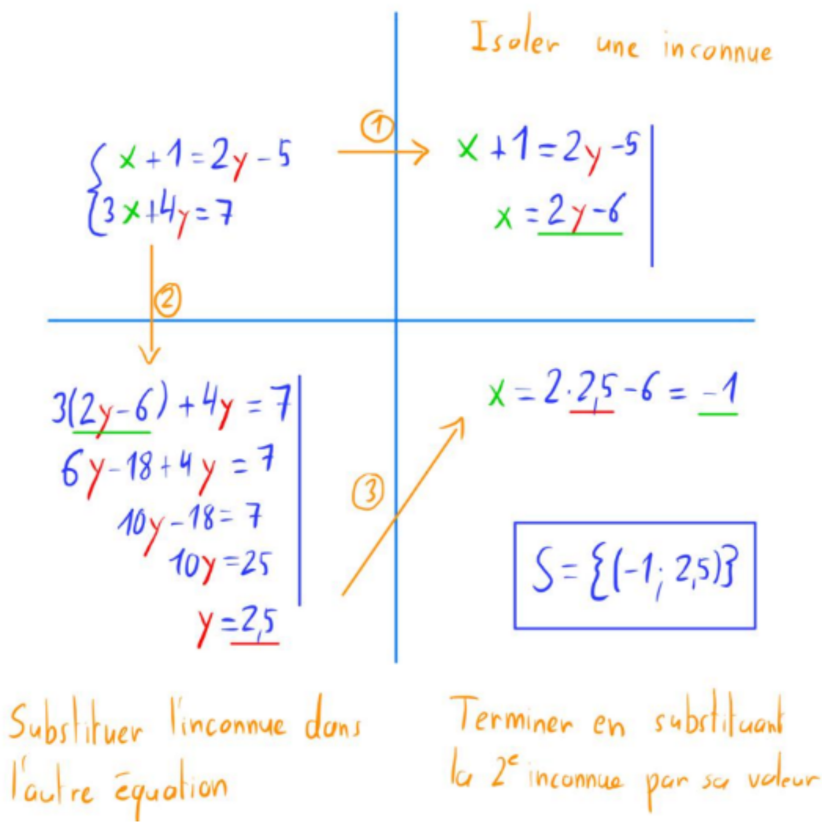
$$\begin{cases} x=2y-6 \\ 10y=25 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2y-6 \\ y=2{,}5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=2\cdot 2{,}5-6 \\ y=2{,}5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x=-1 \\ y=2{,}5 \end{cases}$$

Méthode de résolution imaginée par moi



La méthode de gauche, bien que mathématiquement très propre, n'aide pas particulièrement la mémorisation et l'apprentissage des élèves. Ecrite au tableau noir de cette manière, elle ne fait appel qu'à une petite partie du cortex visuel. A l'inverse, la méthode de droite, utilise également les aires du cortex visuel traitant la couleur et la forme. Ajouté à cela, cette « croix » permet aux élèves de distinguer cette méthode de la méthode dite par combinaison qui est étudiée en parallèle. Les résultats obtenus lors des évaluations sont probants.

Cortica
www.revue-cortica.net | ISSN : 2813-1940
Perspective
Cortica 2025. *4*(1), 462-503
https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7035

1e méthode : une méthode classique consistant à décomposer les nombres en facteurs premiers par un algorithme (en colonne, à partir du plus petit nombre premier) et à calculer le PGDC immédiatement en examinant les exposants des facteurs premiers. Cette méthode très simple doit toutefois être expliquée aux élèves et n'examine pas la construction des diviseurs.

1e méthode

$$\begin{array}{r|l} 900 & 2 \\ 450 & 2 \\ 225 & 3 \\ 75 & 3 \\ 25 & 5 \\ 5 & 5 \\ 1 & \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} 1500 & 2 \\ 750 & 2 \\ 375 & 3 \\ 125 & 5 \\ 25 & 5 \\ 5 & 5 \\ 1 & \end{array}$$

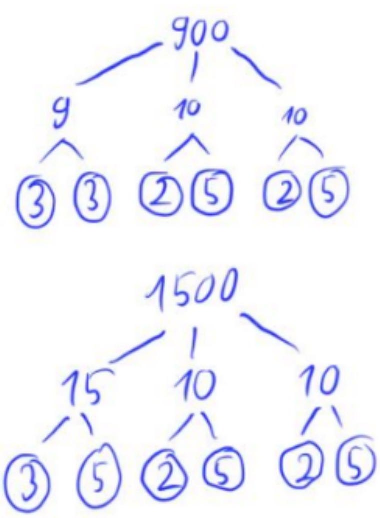
$900 = 2^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2$ $\quad 1500 = 2^2 \cdot 3 \cdot 5^3$

1) Calculer.

$PGDC(900; 1500) = \underline{2^2 \cdot 3 \cdot 5^2}$

On prend le plus petits exposants de chaque facteurs premiers.

2e méthode



$900 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5$

$1500 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5$

1) Donner des diviseurs de 900 et de 1500.

$D_{900} = \{2; 3; 5; 2 \cdot 2; 2 \cdot 5; 2 \cdot 3 \cdot 3; \dots\}$

$D_{1500} = \{2; 3; 5; 2 \cdot 5; 3 \cdot 5 \cdot 5; 2 \cdot 3; \dots\}$

2) Donner des diviseurs communs à 900 et 1500.

$D_{900 \text{ et } 1500} = \{2; 3; 5; 2 \cdot 2; 2 \cdot 3 \cdot 5; \dots\}$

3) Donner le plus grand diviseur commun à 900 et 1500.

$PGDC(900; 1500) = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5$

2e méthode : une méthode plus compliquée où les élèves recherchent par eux-mêmes comment décomposer un nombre en facteurs premiers. Puis, en suivant les trois étapes indiquées en orange, les élèves travaillent davantage la notion de diviseur, mais surtout arrivent à la solution par eux-mêmes sans l'aide de l'enseignant.