
LE CONTE COMME MOYEN DE CHANGER LES REPRÉSENTATIONS DES ENFANTS SUR LE CERVEAU

**Roselyne CHAUVIN^{a,b,c,*}, Adeline LUCCHESI^{c,d,*}, Jessica MASSONIE^{c,e,*},
Christophe RODO^{c,f,g,h,*}, Isabelle MALET^c, Hélène LESTAGE^c,
Héloïse THÉRO^{c,i}, Caroline SAUNIER^c, Ella BOSCH^{a,b},
Sophie AKKERMANS^{a,b}, João GUIMARAES^{a,b} et Izabela PRZEZDZIK^{a,b}**

^a Radboud University Medical Centre, Department of Cognitive Neuroscience, Nijmegen, The Netherlands

^b Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

^c Cogni'Junior, France

^d Blooming Grove Montessori, USA

^e Centre for Brain and Cognitive Development, Birkbeck, University of London, United Kingdom

^f LNC, Aix-Marseille Université, France

^g INS, Aix-Marseille Université, France

^h ISM, Aix-Marseille Université, France

ⁱ Laboratoire de Neurosciences Cognitives et Computationnelles, ENS, INSERM, PSL Research University,
75005, Paris, France

* Co-premiers auteurs¹

Résumé. Les représentations des enfants sur le cerveau représentent un défi pédagogique important, ceux-ci ne pouvant ni observer le fonctionnement de leur cerveau, ni en avoir une expérience directe. Cet article évalue l'impact d'un conte comme outil de médiation scientifique, expliquant le fonctionnement du cerveau et modifiant les représentations initiales des enfants.

Mots-clés. Neurosciences, conte, enfants, dessins.

Introduction

L'association *Cogni'Junior* promeut la diffusion des connaissances en sciences cognitives en créant du matériel ludique et en proposant des interventions pour le jeune public. Elle est composée de jeunes chercheurs en sciences cognitives, d'éducateurs et cliniciens. L'association a créé le récit *Mimi la microglie*², afin de présenter des concepts de neurosciences aux enfants. Plus particulièrement, ce récit présente les différentes cellules présentes dans le système nerveux central : les neurones et les cellules gliales. Il explique la transmission de messages nerveux entre les neurones mais aussi le rôle de nutrition et de protection souvent méconnu des cellules gliales, indispensables au bon fonctionnement du cerveau.

Ce récit s'apparente à un conte (Pellaud, Eastes, Sené & Collet, 2007). Parmi les caractéristiques du conte, dans *Mimi la Microglie*, nous retrouvons des événements de l'ordre du fantastique car les cellules sont anthropomorphisées et sont les héroïnes de l'histoire. Des illustrations

¹ contact@cognijunior.org

² Le conte est accessible sous licence CC-BY-NC-SA à l'adresse suivante :
<http://cognijunior.org/portfolio/les-aventures-de-mimi/>

accompagnent le texte. Il n'y a pas d'unité de temps et de lieu de l'action permettant de situer l'histoire. Nous savons simplement que cela se déroule dans un cerveau.

L'histoire prend pour personnage principal une *microglie* qui est un type de cellule gliale. Mimi, la microglie, souhaite discuter avec le chef du cerveau et part en voyage pour essayer de le rencontrer. Lors de son voyage, elle va découvrir comment le cerveau fonctionne et le rôle des différentes cellules du cerveau. Un résumé détaillé du conte est disponible en annexe.

Le présent article vise à évaluer si, et comment, ce conte modifie les conceptions des enfants sur le cerveau. Les objectifs pédagogiques suivants sont particulièrement visés :

- connaître le nom des différentes cellules du cerveau et comprendre leurs fonctions respectives,
- connaître la structure des neurones,
- savoir que les neurones communiquent entre eux, sous forme de réseau,
- savoir que les neurones interagissent avec les cellules gliales, et que les cellules gliales communiquent entre elles,
- connaître la transmission électrique et chimique du message nerveux.

Ces points scientifiques, ainsi que les choix de vulgarisation réalisés en fonction de ces objectifs, seront détaillés. Puis la méthode utilisée pour évaluer les conceptions des enfants, à savoir la réalisation de dessins du cerveau, sera présentée.

1. Mieux comprendre le fonctionnement du cerveau : un défi...

1.1. Les sciences cognitives : un domaine interdisciplinaire émergent

Les sciences cognitives décrivent le fonctionnement du cerveau et de la pensée à travers l'étude des grandes fonctions mentales comme la mémoire, la perception, ou encore le raisonnement. Leur essor dans le monde contemporain et leurs applications ancrent les sciences cognitives dans la vie courante. On les retrouve par exemple lorsqu'il s'agit de comprendre les apprentissages, ou de construire des intelligences artificielles s'inspirant du fonctionnement des neurones. Dans le but d'expliquer les comportements et phénomènes sociaux, des idées à propos du cerveau et de son fonctionnement sont diffusées quotidiennement, notamment au travers des médias. Certains chercheurs parlent de « *Brain Hype* », en référence à l'engouement attractif et populaire que peuvent avoir les mentions ou images du cerveau (Pasquinelli, 2012).

1.2. Les enseignants exposés aux « neuromythes », ou fausses conceptions sur le cerveau

Une étude menée par Dekker (2012) auprès d'enseignants anglais et néerlandais montre que la diffusion des sciences cognitives peut être à double tranchant. Les enseignants connaissant le plus le fonctionnement du cerveau (sachant par exemple que nous l'utilisons en permanence, ou que de l'exercice physique régulier peut améliorer les fonctions mentales) étaient aussi les plus sujets à avoir, en même temps, de fausses conceptions dans certains domaines (croyant par exemple que nous utilisons seulement 10 % de notre cerveau), comme s'il y avait une difficulté à différencier le bon grain de l'ivraie, dans la masse d'informations diffusées sur le cerveau. Le terme de « *neuromythes* » a été forgé pour désigner les fausses conceptions sur le cerveau largement répandues dans la société. Ils sont liés à une diffusion partielle, incorrecte et/ou déformée de l'information scientifique (Pasquinelli, 2012). Parmi les neuromythes les plus

diffusés dans le domaine de l'éducation, on trouve l'idée selon laquelle les individus apprennent mieux lorsqu'ils reçoivent de l'information correspondant à leur « style d'apprentissage » préféré (visuel, auditif, kinesthésique). D'après une autre idée reçue, certains individus utilisent davantage leur hémisphère droit (prétendument lié à l'intuition, la créativité), tandis que d'autres mobilisent en majorité leur hémisphère gauche (qui se voudrait analytique, logique) (Lafortune, Brault-Foisy & Masson, 2013 ; Tardif, Doudin & Meylan, 2015). Pour plus d'exemples de neuromythes, et d'information sur leur génération, le lecteur peut se référer au site Internet de *La Main à la Pâte*³.

Une supposée dominance hémisphérique ou des prétendues préférences d'apprentissage font écho au souhait d'expliquer les différences entre apprenants. Cependant, ces idées n'ont pas prouvé leur efficacité, et peuvent amener à dépenser du temps ou des fonds qui pourraient être investis dans des méthodes plus prometteuses. Une meilleure diffusion des connaissances en sciences cognitives pourrait donc être profitable au milieu éducatif. Pour éviter la transmission aux jeunes de ces concepts erronés, le personnel éducatif doit avoir à disposition du matériel pédagogique dont le contenu scientifique est vérifié. C'est le champ d'action que l'association *Cogni'Junior* a choisi d'investir grâce à l'expertise pédagogique et scientifique de ses membres.

1.3. Les enfants, porteurs de conceptions partielles sur le cerveau

Les enfants eux-mêmes sont affectés par les neuromythes potentiellement véhiculés par les enseignants ou leur entourage. Les étiquettes de « cerveau droit/cerveau gauche » ou les styles d'apprentissage peuvent influencer leur motivation à réussir et les empêcher d'explorer toutes les pistes éducatives qui sont disponibles (Ercole, 2009). D'autre part, les enfants ont certaines conceptions du cerveau, dépendantes de leur capacité à concevoir la biologie et la physique sous-jacentes. Contrairement à des adultes, des enfants de la maternelle à 10 ans ne pensent pas que le cerveau est systématiquement impliqué dans des activités sensorielles (voir, entendre), motrices (marcher, attraper quelque chose) ou involontaires (tousse) (Johnston & Wellman, 1982 ; Marshall & Comalli, 2012). De plus, les enfants de maternelle sont moins nombreux que les enfants d'école élémentaire ou que les adultes à considérer que le cerveau participe aux tâches scolaires, comme compter ou écrire (Johnston & Wellman, 1982). Cette évolution suggère une influence sociale et culturelle (ici liée à la scolarité) sur les fonctions attribuées au cerveau. Enfin, l'importance du cerveau dans l'émergence des sentiments s'apprend également au cours du développement (Marshall & Comalli, 2012).

Les conceptions des enfants sur le cerveau reflètent un défi pédagogique important. Les enfants ne peuvent observer le fonctionnement de leur propre cerveau, ou en avoir une expérience directe, contrairement au mouvement des objets ou à d'autres notions concrètes. La médiation scientifique, guidée par des adultes, et des sources d'informations externes fiables, est donc fondamentale. On peut s'étonner que le cerveau, pourtant moteur des apprentissages, ne soit pas systématiquement abordé aux cycles 2 et 3 (Bulletin Officiel, 2015). Étudier son fonctionnement et sa constitution biologique peut ouvrir la voie vers une explication concrète des mécanismes d'apprentissage et de son propre fonctionnement, tout en renforçant les connaissances scientifiques des élèves. Cependant, étant donné la complexité des recherches dans ce domaine, on peut s'interroger sur le type de format à utiliser pour engager les enfants, tout en favorisant la rétention du savoir.

³ <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/25296/les-neuromythes>

2. Préparer le terrain des apprentissages avec un message adapté au public

2.1. Un conte pour favoriser la mémorisation des informations

Le conte peut être un moyen de mettre en scène le cerveau, invisible à l'œil nu, et d'expliquer son fonctionnement de manière plus concrète. Plusieurs caractéristiques des contes (Pellaud, Eastes, Sené & Collet, 2007) nous ont amenés à choisir ce format pour écrire les aventures de *Mimi la microglie*. L'idée de parcours initiatique construit la trame narrative. Au début du conte, Mimi la microglie s'interroge sur son quotidien (elle passe son temps à nettoyer un neurone, Louis, et est fatiguée). Elle souhaite rencontrer le chef du cerveau pour lui demander des vacances. Dans son périple pour trouver le chef, elle sort de son espace habituel (sa zone de « travail », cantonnée à un neurone), pour découvrir plus largement le fonctionnement cérébral. Elle rencontre plusieurs neurones, voyage en suivant leurs réseaux, et s'entretient également avec d'autres types de cellules, les cellules gliales, qui lui expliquent leur fonctionnement. Les astrocytes « apportent le goûter » et donnent naissance à des bébés neurones, les oligodendrocytes accélèrent la transmission des informations entre neurones. Alors que les connaissances de Mimi s'agrandissent, elle revient, physiquement, à son point de départ. Les réseaux de neurones ont en effet formé une boucle ! Mimi découvre Louis le neurone, tout sale. Tout en se faisant aider par d'autres microglies pour le nettoyer, elle fait le bilan de son voyage : elle a découvert qu'il n'y a pas de « chef » dans le cerveau, mais que les cellules cérébrales sont en interactions permanentes, pour assurer le bon fonctionnement du système.

Le personnage principal est donc en situation d'apprentissage, et le lecteur est au même niveau que lui. L'enfant n'a donc pas une position de novice, placé en face d'un détenteur du savoir (principalement un adulte), qui lui transmettrait de but en blanc ses connaissances. Au fil du conte, il pourra passer d'une conception relativement naïve du cerveau (« un chef génère les messages transmis à l'ensemble des neurones »), à une conception plus complète et représentative de la réalité biologique (« les messages nerveux se transmettent au sein de réseaux non hiérarchisés »). Dans cette idée, l'anthropomorphisation, bien qu'elle s'éloigne de la réalité scientifique, peut permettre de promouvoir la mémorisation d'informations. Le lecteur peut réaliser le même cheminement de pensée que le personnage auquel il s'identifie, par exemple en mémorisant ou oubliant des informations qui sont importantes pour le personnage (Gunraj & Upadhyay, 2017 ; Kallery & Psillos, 2004).

De plus, la trame narrative elle-même, qui suit l'évolution du personnage, peut favoriser la mémorisation. Les sciences cognitives s'entendent à dire que le savoir se construit sur des acquis (Bachtold, 2013 ; Shultz & Mareschal, 1997 ; Vygotsky, 1978). Les concepts se liant les uns aux autres sont mieux mémorisés (Buzan, 1974). À travers un conte, les concepts peuvent être présentés au fur et à mesure des péripéties. Ils sont donc ainsi liés les uns aux autres par la trame narrative. De plus, le récit amène généralement un contexte émotionnel (étonnement, anticipation, tristesse, joie...). Une fois encore, les sciences cognitives tendent à montrer que les émotions affectent la mémorisation (Dolcos, Wang & Mather, 2014). Lorsque ces deux fonctions travaillent de concert, lorsque l'émotion se rapporte à ce que l'on veut retenir, la mémorisation est plus efficace (Pekrun, Goetz, Frenzel, Barchfeld & Perry, 2011).

Cet effet est particulièrement présent chez les jeunes enfants (Cahill & McGaugh, 1995).

2.2. Le conte, une interface entre les éducateurs et le jeune public

Au-delà de ses aspects pédagogiques le format du conte semble particulièrement intéressant de

par le public qu'il peut toucher. Bien que s'adressant directement aux enfants, il implique également les éducateurs (parents, enseignants), en tant qu'intermédiaires entre le récit et le jeune public. Cependant, le travail d'accompagnement de l'adulte peut être rendu difficile par l'essor relativement récent des sciences cognitives, le manque potentiel de savoir préalable, et/ou la présence de neuromythes. La diffusion à grande échelle d'un « conte scientifique » amène donc plusieurs défis : réussir à attirer et entretenir l'attention du public tout en anticipant les incompréhensions ou mésinterprétations du support proposé. Réussir un tel défi ouvre cependant un grand potentiel pour la diffusion des connaissances en sciences cognitives. L'internet permet une diffusion rapide, gratuite et à grande échelle de supports pédagogiques. Contrairement aux bibliothèques ou librairies, il peut permettre de toucher un public plus large et représentatif de la population. Le partage d'un conte scientifique en tant que support autonome, posant toutefois les jalons d'une bonne compréhension des informations, peut permettre d'introduire petits et grands à l'univers des sciences cognitives. Plus particulièrement, nous proposons de présenter les concepts de neurosciences cognitives, la sous branche des sciences cognitives qui se focalisent sur le fonctionnement cellulaires du cerveau qui soutient les fonctions cognitives. Certains concepts fondamentaux semblent pouvoir être transmis par le biais du conte : le fonctionnement du cerveau, les noms et fonctions des cellules le constituant, et les interactions que ces cellules entretiennent les unes avec les autres.

3. La mise en récit

Une fois le format du conte choisi et la trame générale élaborée, l'histoire a dû être construite afin de pouvoir répondre précisément aux objectifs pédagogiques listés précédemment. Chacun des objectifs pédagogiques correspond à un ou plusieurs épisodes de l'histoire, intégrés à la trame narrative. Cependant, tout choix de mise en récit et de métaphore peut distordre la réalité et doit avoir une utilité, car il peut amener le lecteur à déduire une information incorrecte, non envisagée par l'auteur. Certains choix de conception ont été pris pour être au plus proche des connaissances scientifiques. D'autres ont servi la création d'un récit attractif, comme l'anthropomorphisation des personnages. Les choix de rédaction correspondant à chaque objectif pédagogique sont explicités ci-dessous.

3.1. Connaître le nom des différentes cellules du cerveau et comprendre leurs fonctions respectives.

Quatre grands types de cellules sont représentés dans le conte : les neurones, les microglies, les astrocytes et les oligodendrocytes (ces trois dernières faisant partie des cellules gliales). Chaque type de cellule s'est vu anthropomorphisé, avec un nom de personnage le plus proche possible du terme scientifique, dans le but de contribuer au rappel du mot et donc à la consolidation du vocabulaire spécifique à acquérir. On obtient ainsi Mimi la microglie, Astride l'astrocyte, Oli l'oligodendrocyte, et Nino le neurone, le narrateur. Pour faciliter l'identification aux personnages, les cellules cérébrales ont été dotées d'un caractère, d'un nom et de caractéristiques humaines (attributs faciaux) et pseudo-humaines (pseudo-bras).

Chaque type de cellule du cerveau est représenté à travers un rôle clé (Allen & Barres, 2009). Mimi la microglie est présentée dès le début de l'histoire : c'est le personnage principal. Avec son balai, elle nettoie un neurone, Louis. Dans certaines images, elle est représentée avec un balai, enlevant les déchets et les saletés environnantes (voir figure 1).

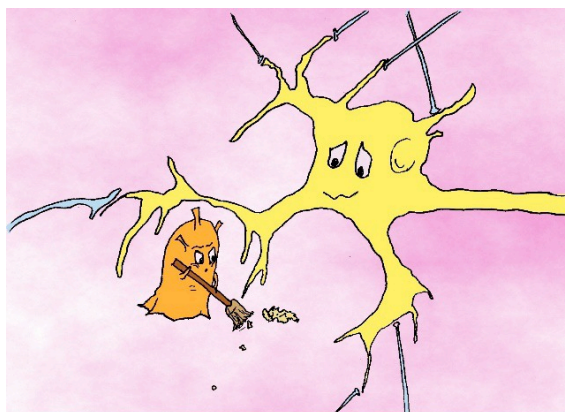


Figure 1 : Illustration d'une des fonctions biologiques de la microglie : « nettoyage » du neurone.

Pendant que Mimi travaille, l'astrocyte arrive avec le « goûter » (voir figure 2). Ceci permet d'expliquer que l'astrocyte est impliquée dans les apports en nutriments et dioxygène. Un peu plus loin dans l'histoire un astrocyte expliquera à Mimi la naissance de nouveaux neurones dans le cerveau, illustrant l'importance des astrocytes dans la neurogenèse.

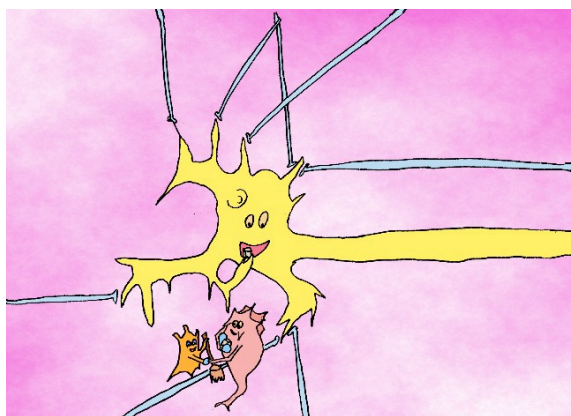


Figure 2 : Illustration d'une des fonctions biologiques de l'astrocyte, assurant l'apport de nutriments présents dans le sang aux cellules cérébrales.

Après le goûter, Mimi est toujours très fatiguée. Reprenant sa tâche, elle voit passer Boulie, une autre microglie. Boulie propose à Mimi d'aller se balader, mais Mimi ne sait pas « si elle en a le droit », et souhaite le demander à son chef. Louis, le neurone, ne sait pas qui est leur chef, mais il lui dit qu'il reçoit des ordres de la part des neurones qui touchent ses « cheveux ». Mimi se met donc en tête de les suivre. Plusieurs neurones sont présentés successivement, s'envoyant des « ordres » les uns aux autres (voir figure 3). Ceci permet d'illustrer l'idée de transmission de l'information neuronale au sein d'un réseau de neurones.

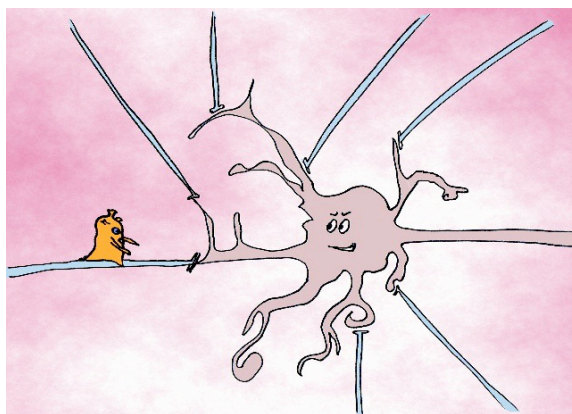


Figure 3 : Illustration du parcours de neurone en neurone de Mimi la microglie, qui remonte vers l'origine du message.

Enfin, un peu plus loin dans le récit, Mimi rencontre Oli, un oligodendrocyte. Oli entoure le neurone de sa gaine de myéline pour accélérer le passage de l'information neuronale (voir figure 4).

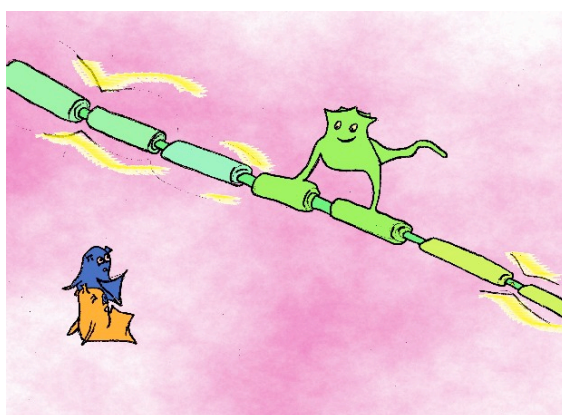


Figure 4 : Illustration représentant un oligodendrocyte, favorisant la communication entre neurones.

De manière globale, la forme des personnages se veut proche de la réalité. Les cellules gliales ont une forme fantomatique illustrant que la membrane cellulaire n'est pas rigide et que les cellules changent de forme. Les bras des oligodendrocytes s'enroulent autour de l'axone des neurones pour former la myéline. Les prolongements des microglies, contrairement à ceux des autres cellules gliales, lui permettent de marcher, illustrant sa mobilité dans le cerveau.

3.2. Savoir que les neurones interagissent avec les cellules gliales, et que les cellules gliales communiquent entre elles

La communication de Mimi la microglie avec les neurones amène l'idée que les neurones interagissent avec les cellules gliales. C'est aussi le cas pour les astrocytes, qui apportent nutriments et contribuent à l'approvisionnement en dioxygène aux neurones, et les oligodendrocytes, qui facilitent la communication entre neurones.

De plus, les cellules gliales communiquent entre elles. À deux moments du récit, les microglies lient leurs efforts pour s'occuper d'un neurone malade et de Louis, initialement le neurone de Mimi, mais particulièrement sale à la fin de l'histoire. Deux notions complémentaires sont

présentées : l'idée que chaque microglie s'occuperait de certains neurones en particulier, mais aussi le fait que les microglies collaborent. L'activité basique d'une cellule est de conserver l'état homéostatique de son environnement, c'est-à-dire réguler un changement en réagissant pour rétablir un état initial et stable. S'il est vrai que les microglies s'occupent plutôt des neurones avoisinants, il existe des systèmes biologiques de signalisation chimique permettant l'attraction de cellules immunitaires éloignées en cas de lésion. Des signaux chimiques indiquent la proximité des cellules avoisinantes, permettant une optimisation de l'occupation de l'espace et des fonctions à réaliser.

Dans le conte, les microglies interagissent également avec les astrocytes, qui leur apportent « le goûter », ou leur présentent la naissance de neurones dans le cerveau. En effet, microglies et astrocytes peuvent coordonner leurs réponses immunitaires et réguler leurs fonctions respectives, à travers l'expression de différentes molécules qui leur permettent de communiquer (von Bernhardi & Ramirez, 2001).

Enfin, Mimi la microglie et ses comparses communiquent avec les oligodendrocytes. En effet, les oligodendrocytes peuvent contrôler l'activité microgliale, à travers l'émission de certaines molécules. Ainsi, les oligodendrocytes peuvent être plus ou moins stressés dans certains environnements (lésion cérébrale, infection virale, toxines), et ils influenceraient alors les microglies à être soit réparatrices soit destructrices de la myéline (Peferoen, Kipp, Valk, Noort & Amor, 2014). L'idée d'une forte interconnexion entre cellules neuronales et gliales est représentée dans la figure 5.

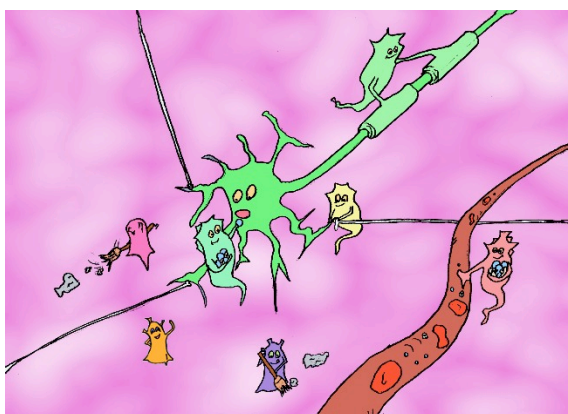


Figure 5 : « La société du cerveau » : illustration des différents types de cellules dans le cerveau et de leurs interactions.

3.3. Connaître la structure des neurones

Si nous nous penchons plus spécifiquement sur les neurones, le respect de leur forme en trois parties a été obligatoire pour illustrer une réalité biologique et éviter de favoriser la création de conceptions erronées à ce sujet. C'est au tout début de l'histoire, lorsque Mimi nettoie Louis, le neurone, que les différentes parties de son anatomie sont présentées, avec un parallèle au corps humain.

Elle commence par la tête, car c'est le plus facile : c'est gros, c'est rond, c'est le soma. Elle fait ensuite le grand bras de neurone et qui est tout droit, c'est l'axone. Puis elle nettoie les cheveux du neurone, les dendrites.

Cette succession en trois parties est doublée d'une présentation de trois images, dans lesquelles on voit Mimi la microglie au niveau du soma, puis de l'axone, et enfin des dendrites.

Les limites des métaphores choisies sont évidentes : les neurones n'ont pas de cheveux par exemple. Mais le gain à identifier et distinguer clairement les différentes parties du neurone est considérable lorsque l'on veut comprendre la transmission d'un message nerveux en réseau, de neurone en neurone. En effet, celle-ci ne peut se faire que dans une direction donnée (des dendrites d'un neurone, à travers son soma jusqu'à son axone puis aux dendrites du neurone suivant et ainsi de suite, de proche en proche). Il paraît finalement aisé de retenir que les neurones sont connectés dans la direction suivante : du bras de l'un à un cheveu de l'autre.

3.4. Connaître la transmission électrique et chimique du message nerveux

La communication entre neurones se fait par l'intermédiaire de signaux électriques, transitant au sein d'un neurone, et de messages chimiques, libérés dans la fente synaptique, située entre deux neurones connectés. La transmission chimique est présentée dans le conte par l'image du « feu d'artifice » : des billes (représentant les neurotransmetteurs) fusent dans la synapse (voir figure 6). Cette image est très séduisante en ce qu'elle fait appel aux festivités et souvenirs joyeux de l'enfance. Par son aspect spectaculaire connoté « merveilleux », voire « magique », elle veut transmettre un message fort : ce qui se passe tout le temps dans notre cerveau est absolument fascinant et enchanteur. Évidemment, il ne faut pas rester au niveau du merveilleux et magique. Dans le conte, Bibli, une microglie savante, attire l'attention de Mimi sur le fonctionnement et la raison d'être des feux d'artifices. On découvre le signal électrique qui parcourt le neurone et vient déclencher la libération des molécules chimiques. L'analogie du feu d'artifice et la vision de molécules dispersées dans tous les sens permettent de montrer que tous les neurotransmetteurs ne sont pas reçus directement par le neurone suivant. Certains sont recapturés par le neurone pré-synaptique, ou sont dégradés dans la fente synaptique.

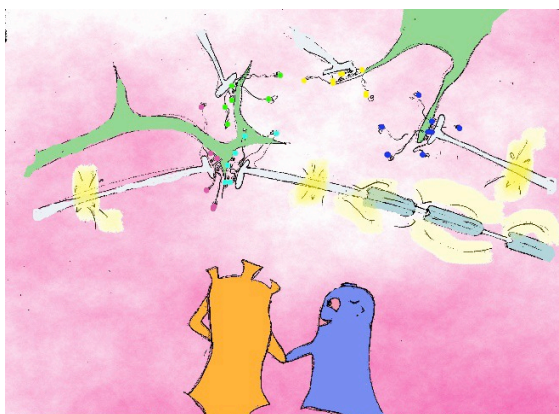


Figure 6 : Les transmissions électrique et chimique : illustration des différents types de messagers d'information et des mécanismes de communication neuronale.

3.5. Savoir que les neurones communiquent entre eux, sous forme de réseau

Enfin, notons que le conte met l'accent sur l'idée de communication en réseau entre neurones. Mimi part initialement en quête du « chef du cerveau » pour demander des vacances, c'est l'élément déclencheur des péripéties du récit. L'idée qu'il pourrait exister un chef dans le cerveau fait référence à une préconception semblant intuitive : celle de l'homonculus, c'est à dire l'existence d'un être donnant les ordres dans le cerveau (Strauss & Shilony, 1994). En effet, si le cerveau dirige les actions du corps et les pensées, on peut se demander qui, en retour, commande le cerveau. Dans le conte, Mimi interagit avec plusieurs neurones, tous connectés les uns aux autres, et remonte à la source de l'information que chaque neurone reçoit, pensant qu'il s'agit

d'un ordre reçu par un chef. Après avoir suivi l'information transmise de neurone en neurone, et être donc introduit à leur mode de fonctionnement, le lecteur est confronté à la chute de l'histoire : il n'y a pas de « chef » dans le cerveau. En effet, Mimi finit par retomber sur Louis, le neurone de départ. La notion de boucle, et donc de réseau fermé apparaît. Il s'agit de transmettre le concept de hiérarchie horizontale, c'est-à-dire l'idée que les neurones communiquent entre eux, sans « chef ».

4. Méthode d'évaluation

Afin de mesurer l'impact du conte scientifique sur l'évolution des connaissances sur le cerveau, un design expérimental pré/post test a été adopté. Autrement dit, les connaissances des enfants sur le cerveau avant et après la lecture du conte sont comparées par le biais des dessins qu'ils produisent.

4.1. Population

29 élèves de CM2 de l'école ont participé au projet (dont 17 filles). Ils étaient âgés de 10,28 ans en moyenne ($\sigma=0,38$). L'expérience s'est déroulée dans l'école Sainte Élisabeth de Plaisance, à Paris.

4.2. Méthode

Afin de mesurer les conceptions du cerveau qu'ont les enfants, il leur a été demandé de représenter le cerveau selon la consigne exacte suivante : « *Dessinez le cerveau, et ce qu'il y a à l'intérieur* ». La méthode du dessin a notamment été utilisée par Bartoszeck et Bartoszeck (2012), ainsi que Savy et Clément (2002) pour expliquer les modèles du cerveau développés par les enfants — voir Mein (1988) pour une description de ces modèles. Les enfants avaient 30 *min* pour réaliser le dessin. Ils avaient à leur disposition une/des feuille(s) blanche(s) au format A4 ainsi que des crayons de couleur/feutres/crayons à papier. Aucune restriction d'interaction entre élèves n'était spécifiée. Un premier dessin a été réalisé au mois de septembre 2017, peu de temps après la rentrée scolaire. Les enfants n'avaient pas été exposés aux concepts de neurosciences cognitives pendant les premières semaines de classe. Trois jours après ce premier dessin, le conte de « Mimi la microglie » leur a été lu par l'enseignante, à raison de 35 *min* par jour, sur quatre jours. Le conte (texte et illustrations) était projeté sur un grand écran pendant la lecture. Comme pour les activités de compréhension en lecture habituellement menées par l'enseignante, il y eut des échanges et des réactivations du texte entre enfants, et des reformulations de la part de l'enseignante. À la fin de la dernière séance de lecture, une deuxième mesure a été prise, suivant les mêmes instructions : « *Avec vos connaissances passées et nouvelles sur le cerveau, dessinez le cerveau, et ce qu'il y a à l'intérieur* ». Enfin, pour évaluer le niveau de rétention des élèves à plus long terme, une troisième mesure a été effectuée, toujours avec les mêmes consignes, quatre jours après la dernière séance.

4.3. Grille d'analyse

Trois expérimentateurs ont ensuite quantifié de manière indépendante plusieurs composants présents ou non dans les dessins (voir la figure 7). Une moyenne de ces trois quantifications a été réalisée pour obtenir un résultat plus robuste aux différences entre expérimentateurs.

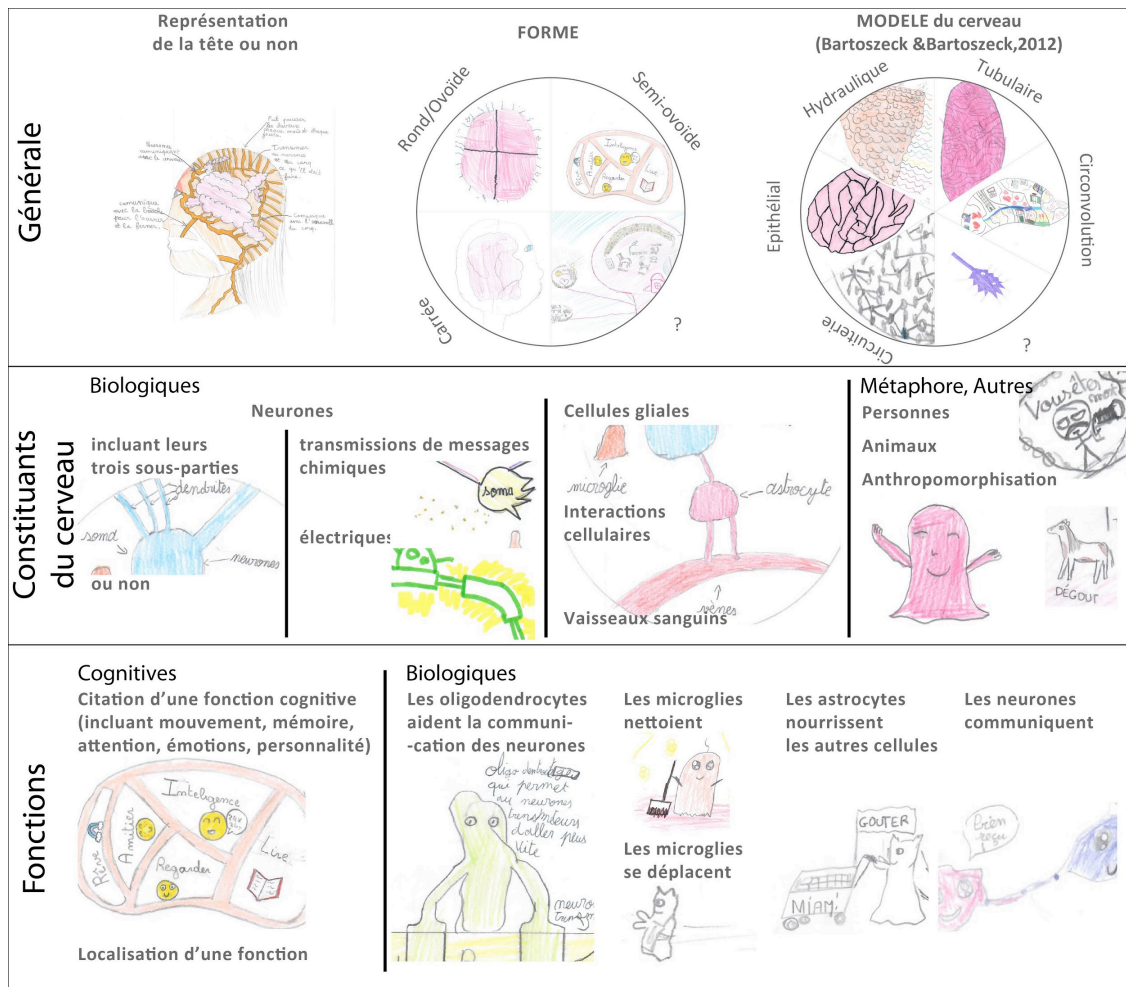


Figure 7 : Composantes quantifiées dans les dessins avant, immédiatement après et quatre jours après la lecture du conte.

5. Résultats

Nous proposons les résultats suivants en pourcentage afin de faciliter les comparaisons entre les conditions. D'une mesure à l'autre, le nombre de dessins représentant une composante ou un autre variant, l'interprétation des résultats en nombre serait assez complexe. Cependant, le lecteur est invité à garder en tête que le nombre limité de valeurs ne permet pas d'offrir une interprétation statistique de nos résultats.

5.1. Forme du cerveau

27,6 % des enfants représentent la tête pour contextualiser le cerveau avant le conte, contre seulement 9,2 % après lecture du conte, et 19 % après quatre jours. Nous observons ici un premier signe de la focalisation des enfants sur les informations cellulaires présentées pendant le conte, des informations nouvelles qui prennent du sens après un temps de fixation.

5.2. Modèle et composantes du cerveau

Nous observons que la forme du cerveau dessiné par les élèves ne change pas avec la lecture du conte, il reste rond ou semi ovoïde. Mais le conte ne présente pas d'informations à ce propos. En

comparaison, nous observons un grand changement concernant la représentation de modèles du cerveau. Avant la lecture du conte, tous les modèles sont présents de manière hétérogène : hydraulique, tubulaire, épithélial, circulaire et peu de modèles de circuiterie. Sur la figure 8, le nombre N représente le nombre d'enfants qui ont représenté une vue globale avec une forme du cerveau et un certain modèle. Les pourcentages sont donc rapportés à ce nombre N . Les autres dessins étaient en contraste focalisés sur une échelle plus petite, représentant l'intérieur du cerveau. Une représentation qui reste très présente et même s'améliore après quatre jours.

Pour les constituants du cerveau, les pourcentages sont rapportés à l'ensemble des dessins, quelle que soit la présence ou l'absence d'une forme générale ou d'un modèle du cerveau. Parmi les détails des constituants du cerveau, on observe la mise en avant des cellules cérébrales (passant de 20 % de représentations, au pré-test, à 90 % aux post-tests, pour les neurones, et de 0 % à 85 % pour les cellules gliales). La vascularisation est également davantage représentée (de 5 % à 23 %). Notons que les cellules cérébrales sont alors souvent, mais pas obligatoirement anthropomorphisées et que cette anthropomorphisation se réduit légèrement après quatre jours.

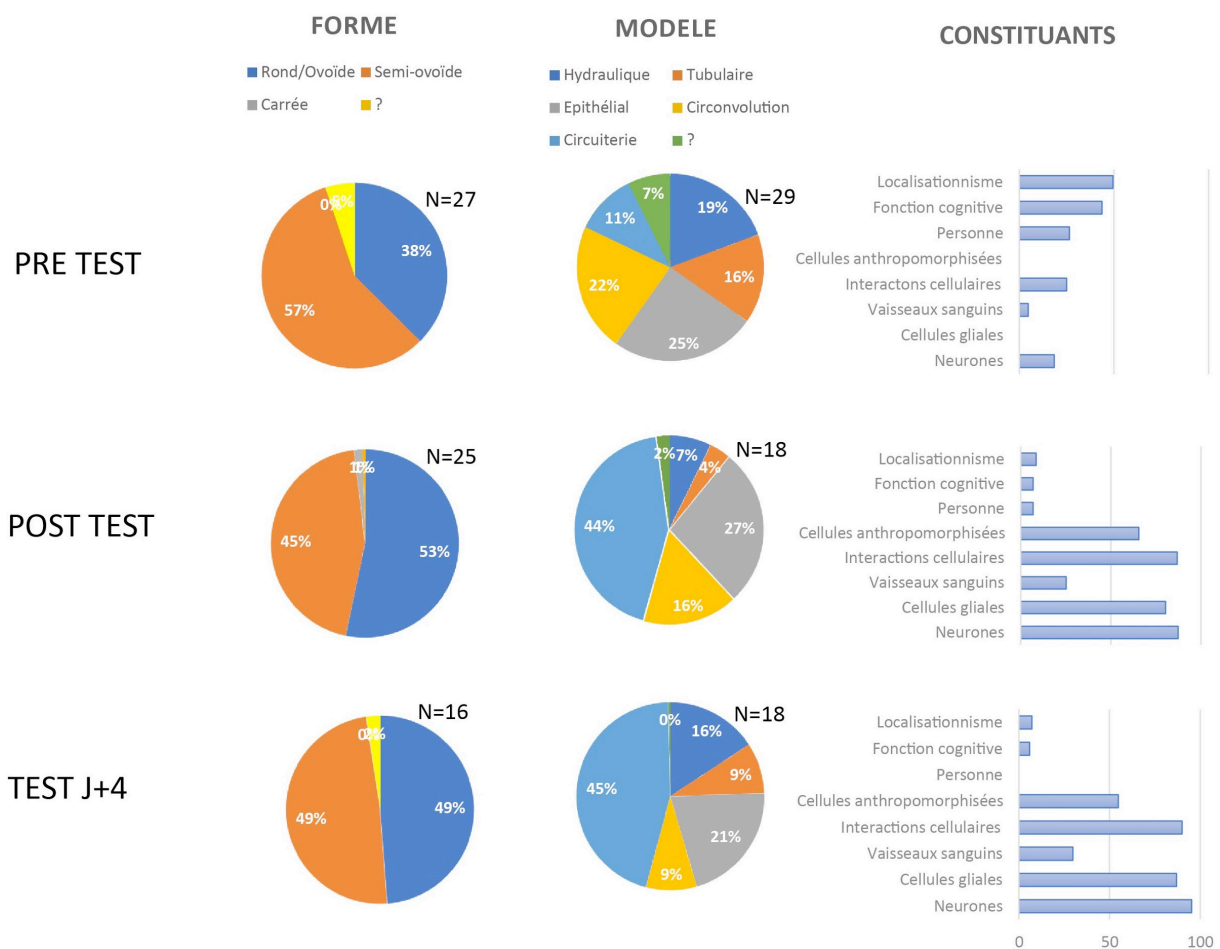


Figure 8 : Quantification des composants du cerveau représentés dans les dessins des enfants.

5.3. Fonctions du cerveau

Dans les fonctions représentées, on note la prévalence des émotions, de la sociabilisation (amis, familles) et de la mémoire. En effet, le cerveau est souvent représenté comme un espace de stockage avec des cases. Des personnages et des animaux ont même des aventures dans le cerveau sur 26,4 % des dessins avant la lecture du conte. Cette représentation onirique témoigne

d'un flou de compréhension des mécanismes cérébraux retranscrits comme un monde alternatif, voire virtuel (plusieurs dessins semblables à des niveaux de jeux vidéos sont visibles). Les fonctions du cerveau sont particulièrement représentées avant la lecture du conte (43,7 %) et diminuent à 7 % (resp. 6 %) après (resp. quatre jours après) la lecture du conte. Cette perte de la représentation fonctionnelle se fait au profit d'une représentation biologique détaillée, mais elle indique qu'il est nécessaire de replacer les nouvelles connaissances neuroscientifiques acquises dans le contexte des fonctions globales du cerveau avec des activités pédagogiques complémentaires.

Après lecture du conte, contrairement au pré-test, les fonctions cellulaires sont retranscrites, presque sans erreurs. La figure 9 présente le pourcentage de fonctions cellulaires représenté parmi les dessins qui contiennent des cellules (neurones et/ou cellules gliales). En particulier, le rôle protecteur, nettoyeur des microglies et la fonction nourricière des astrocytes sont retranscrits (40 % dans les deux cas au premier post-test et conservés quatre jours après).

Il est difficile de déterminer à partir des dessins si la fonction motrice des microglies est retenue, le mouvement n'étant pas explicitement représenté. Les oligodendrocytes, qui sont secondaires dans l'histoire et n'apparaissent qu'une fois, apparaissent dans 20 % des dessins.

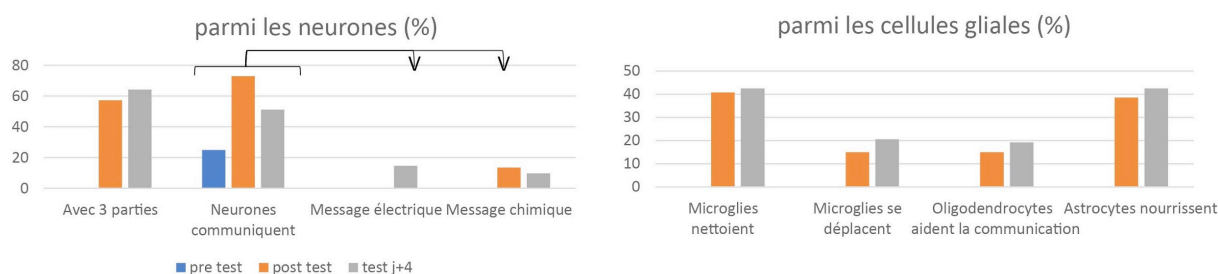


Figure 9 : Représentation des fonctions cellulaires dans les dessins des enfants contenant lesdits types de cellules.

6. Discussion

En général, nous observons une évolution d'une représentation relativement floue du cerveau avant le conte à une représentation plus détaillée après la lecture du conte. Le rôle et le type des cellules sont bien représentés quantitativement et qualitativement (seulement deux erreurs ont été notées parmi toutes les informations représentées et tous les dessins post-lecture du conte). Les nouvelles connaissances sont conservées quatre jours après la lecture du conte. Il faudrait cependant tester de nouveau les enfants après un temps beaucoup plus long pour vérifier que cette conservation est efficace. Malgré tout, sans aucune demande de révision ni annonce de l'activité de dessin quatre jours après la lecture du conte, les enfants ont été capables de décrire à nouveau de manière très précise les connaissances apportées.

Si l'on se penche sur les fonctions globales du cerveau, la lecture du conte ne semble pas bénéfique : les enfants semblent perdre de vue leur représentation des fonctions liées au cerveau. Cependant, cet effet peut être dû à la compréhension des consignes. Demander aux enfants, après la lecture du conte, de dessiner le cerveau *et ce qu'il y a dedans* peut les amener à montrer en priorité ce qu'ils ont nouvellement appris en classe plutôt que les fonctions générales attribuées au cerveau et non mentionnées dans la consigne. Cependant, il est important de noter que lors d'interventions en classe, il faut contextualiser les informations apportées par le conte et montrer en quoi les cellules sont les briques de base pour le fonctionnement du cerveau et de ses

fonctions. Les membres de *Cogni'Junior* couplent souvent la lecture du conte avec une activité « puzzle du cerveau », où les enfants découvrent plusieurs fonctions cognitives réalisées par le cerveau. Ils apprennent que certaines régions cérébrales sont spécialisées, mais que de multiples régions (et leurs neurones) sont nécessaires à la réalisation d'une fonction donnée.

Nous notons enfin qu'après la lecture du conte, les représentations du cerveau sont beaucoup plus focalisées sur la quantité d'information : on voit plusieurs cellules, souvent leur nom, et leurs interactions. Après quatre jours, les informations semblent s'être ordonnées et renforcées : les interactions entre cellules deviennent beaucoup plus claires et on voit apparaître de nouveau une contextualisation du cerveau dans la tête et des neurones dans le cerveau.

De manière globale, les résultats sont très positifs concernant la mémorisation des informations transmises dans le conte. Mais nous invitons les utilisateurs du conte de Mimi la microglie à aller plus loin que sa simple lecture. Des encarts formels, présents dans le support écrit du conte, et explicitant les informations scientifiques diffusées, n'ont pas été utilisés dans la présente étude. De plus, de multiples jeux, activités, informations sont disponibles sur le site de *Cogni'Junior*, ou d'autres organismes (*La Main à la Pâte*⁴ ; *l'Université McGill*⁵ ; *Mon Cerveau à l'école*⁶) pour intégrer ces nouvelles connaissances à une vision plus globale du fonctionnement du cerveau.

Les rencontres avec le public indiquent que les contes sont bien reçus. Leurs utilisations vont souvent au-delà des buts initiaux. Les enseignants qui ont contacté l'association *Cogni'Junior* souhaitent présenter les neurosciences aux enfants dans le cadre de l'arrivée du nouveau socle commun de connaissances, de compétences et de culture européenne qui est entré en vigueur en septembre 2016 et qui propose un axe sur « *les méthodes et outils pour apprendre* ». C'est une nouvelle occasion de quantifier l'intérêt d'un tel support pour transmettre les connaissances aux jeunes.

Cependant, nos résultats doivent être complétés à plusieurs égards. Tout d'abord, nous ne disposons pas de mesure contrôle pour estimer l'impact spécifique de l'utilisation du conte sur la rétention de l'information, par rapport à d'autres supports (films, jeux interactifs, etc.). L'effet spécifique du temps d'exposition, de l'engagement des enseignants, et des interactions avec l'enfant, au-delà du contenu *stricto sensu* du conte, mérite d'être approfondi.

Notons enfin que la création de contes scientifiques est un défi pour le vulgarisateur qui nécessite un dialogue entre les experts (scientifique, vulgarisateur) et les artistes (illustration, histoire). Selon les résultats de cette étude, les résultats semblent valoir cet effort.

Remerciements

Nous remercions Isabelle Malet pour avoir fait le lien entre les chercheurs et les participants à l'expérimentation, Claire Birota Moncet pour avoir permis de réaliser l'expérience dans sa classe et les élèves de sa classe pour avoir réalisé les tests. Sans ce travail commun, cette étude n'aurait pu avoir lieu.

⁴ <http://www.fondation-lamap.org/fr/cognition>

⁵ <http://lecerveau.mcgill.ca>

⁶ <https://moncerveaualecole.com/>

Références bibliographiques

- Adams, D. J. (2009). Current Trends in Laboratory Class Teaching in University Bioscience Programmes. *Bioscience Education*, 13, 1-14.
- Allen, N. J. & Barres, B. A. (2009). Neuroscience: glia - more than just brain glue. *Nature*, 457(7230), 675-677.
- Bartoszeck, A. B. & Bartoszeck, F. K. (2012). Investigating children's conceptions of the brain: First steps. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(1), 123-139.
- Bachtold, M. (2013). What do students "construct" according to constructivism in science education? *Research in Science Education*, 43, 2477-96.
- Buzan, T. (1974). *Use your head*. London: BBC Books.
- Cahill, L. & McGaugh, J. L. (1995). A Novel Demonstration of Enhanced Memory Associated with Emotional Arousal. *Consciousness and Cognition*, 4, 410-421.
- Carter, R., Petit, L. & Frith, C. D. (2010). *Le grand Larousse du cerveau*. Larousse.
- Cogni'Junior (2014). *Les aventures de Mimi la microglie : Voyage dans le cerveau*. Conte, licence CC-BY-SA. <http://cognijunior.org/portfolio/les-aventures-de-mimi/>
- Davies, J. (2010). Anthropomorphism in science. *EMBO Rep*, 11, 721.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P. & Jolles, J. (2012). Neuromyths in Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 429.
- Dolcos, F., Wang, L. & Mather, M. (2014). Current research and emerging directions in emotion-cognition interactions. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8, 83.
- Ercole, J. (2009). *Labeling in the Classroom: Teacher Expectations and their Effects on Students' Academic Potential*. Honors Scholar Theses.
- Gelman, S. A. (2009). Learning from others: Children's construction of concepts. *Annual Review of Psychology*, 60, 115-140.
- Gunraj, D. N., Upadhyay, S. S. N., Houghton, K. J., Westerman, D. L. & Klin, C. M. (2017). Simulating a story character's thoughts: Evidence from the directed forgetting task. *Journal of Memory and Language*, 96, 1-8.
- Johnson, C. N. & Wellman, H. M. (1982). Children's developing conceptions of the mind and brain. *Child development*, 53(1), 222-234.
- Jouve, V. (1998). *L'effet-personnage dans le roman*. Presses Universitaires de France. ISBN : 9782130442707.
- Kallery, M. & Psillos, D. (2004). Anthropomorphism and Animism in Early Years Science: Why Teachers Use Them, how They Conceptualise Them and What Are Their Views on Their

Use. *Research in Science Education*, 34, 291-311.

Lafortune, S., Brault Foisy, L.-M. & Masson, S. (2013). Méfiez-vous des neuromythes ! *Vivre le primaire*, 26(2), 56-58.

Marshall, P. J., & Comalli, C. E. (2012). Young Children's Changing Conceptualizations of Brain Function: Implications for Teaching Neuroscience in Early Elementary Settings. *Early Education and Development*, 23, 4-23.

Mein, M.-T. (1988). Les représentations du cerveau : modèles historiques, *Aster*, 7, 185-204.

Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why do they exist and persist? *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89-96.

Peferoen, L., Kipp, M., Valk, P., Noort, J. M. & Amor, S. (2014). Oligodendrocyte-microglia cross-talk in the central nervous system. *Immunology*, 141(3), 302-313.

Pellaud, F., Eastes, R. E., Sené, N. & Collet, B. (2007). Prendre la science en conte... *Réalités Industrielles*, 95.

Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P. & Perry, R. P. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 36-48.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.10.002>

Savy, C. & Clément, P. (2002). Dessine ce qu'il y dans ta tête ! : conception sur le cerveau d'élèves de maternelle et du primaire. *Actes JIES*, 24, 509-514.

Shultz, T. R. & Mareschal, D. (1997). Rethinking innateness, learning and constructivism: connectionist perspectives on development. *Cognitive Development*, 12, 563-586.

Strauss, S. & Shilony, T. (1994). Teachers' models of children's minds and learning. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.). *Mapping the mind: Domain-specificity in cognition and culture* (pp. 455-473). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Tardif, E., Doudin, P.-A. & Meylan, N. (2015). Neuromyths Among Teachers and Student Teachers. *Mind, Brain, and Education*, 9, 50-59.

Von Bernhardi, R. & Ramirez, G. (2001). Microglia astrocyte interaction in Alzheimer's disease: friends or foes for the nervous system? *Biological research*, 34(2), 123-128.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press

Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale (2015). Programmes pour les cycles 2, 3, 4. (Arrêté du 9-11-2015, *Journal Officiel du 24-11-2015*).
http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/67/3/2015_programmes_cycles234_4_12_ok_508673.pdf

Annexe

Synopsis du conte

Mimi est une cellule gliale du cerveau, et plus précisément une microglie. Elle a pour charge de s'occuper de Louis le neurone, avec l'aide d'Astride, un astrocyte. Mimi est fatiguée de son travail et, un beau jour, elle décide de partir à la recherche du chef pour lui faire part de son besoin de vacances.

Se trouvant guidée de neurone en neurone à travers les messages qu'ils reçoivent, Mimi vit au cours de son périple de fabuleuses aventures. Elle assiste à la naissance d'un neurone, en soigne un autre attaqué par des microbes, voit des feux d'artifices lorsque les neurones communiquent et découvre des cellules qu'elle ne connaissait pas.

Par son parcours initiatique — permettant aux auditeurs de découvrir les cellules constituant le cerveau et leur fonctionnement — Mimi finira par découvrir qu'il n'y a pas de chef donnant des ordres, mais qu'au contraire chaque cellule accomplit sa fonction afin d'assurer le fonctionnement harmonieux du cerveau.

Glossaire

Astrocyte : type de cellule gliale de forme étoilée assurant une diversité de fonctions centrées sur le support et la protection des neurones (intervenant dans l'apport de nutriments, de dioxygène, et la neurogenèse).

Axone* : prolongement d'un neurone qui achemine les signaux électriques d'une cellule à une autre.

Cellule gliale : classe de cellules différenciées formant l'environnement des neurones. Astrocytes, oligodendrocytes, microglie, sont parmi les principaux types de cellules gliales ayant chacune des caractéristiques fonctionnelles spécifiques.

Cognition* : ensemble de processus cérébraux conscients et inconscients, comme la perception, l'apprentissage ou la mémorisation d'informations.

Conte : récit d'aventures imaginaires visant à édifier ou divertir.

Dendrite* : branche qui émerge du soma d'un neurone, et reçoit les signaux émis par d'autres neurones.

Microglie : type de cellule gliale formant la principale défense immunitaire du système nerveux central (cerveau et moelle épinière).

Neurone : type de cellule différenciée composant, avec les cellules gliales, le tissu nerveux. Ces cellules excitables et excitatrices conduisent l'influx nerveux.

Neurosciences : domaine de recherche scientifique étudiant le système nerveux, tant du point de vue de sa structure que de son fonctionnement.

Neurosciences cognitives : domaine de recherche scientifique étudiant les mécanismes cellulaires qui sous-tendent la cognition.

Oligodendrocytes : type de cellule gliale intervenant dans la transmission d'information entre neurones, par la sécrétion d'une gaine de myéline, entourant et isolant l'axone des neurones.

Récit : narration écrite d'un ou d'une série d'événements.

Sciences cognitives : discipline scientifique ayant pour objet la description, l'explication, et le cas échéant la simulation de tout système complexe de traitement de l'information capable d'acquérir, conserver, utiliser et transmettre des connaissances.

Soma* : structure centrale d'un neurone.

* Définitions issues du Grand Larousse du Cerveau (Carter, Petit & Frith, 2010).