



L'IMPORTANCE DE L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE (IRM) DANS L'ÉTUDE DU CERVEAU PENDANT LA LECTURE

Nora Maria Raschle¹*, Réka Borbás¹, Carolyn King² et Nadine Gaab^{2,3}

¹Jacobs Center for Productive Youth Development, Université de Zurich, Zurich, Suisse

²Laboratoires de neurosciences cognitives, Hôpital pour enfants de Boston, École de médecine de Harvard, Boston, MA, États-Unis

³Faculté des sciences de l'éducation de Harvard, Cambridge, MA, États-Unis

JEUNES EXAMINATEURS/TRICES :



CASCADIA ELEMENTARY
ÂGE : 8-9 ANS

Dans la série Harry Potter, le Sortilège de légilimancie est utilisé pour entrer dans l'esprit des gens et accéder à leurs pensées. Mais comme nous le savons, la magie va de pair avec une grande responsabilité et ne doit être utilisée qu'avec prudence. Il en va de même de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), un outil puissant permettant d'obtenir des images détaillées des différentes parties de l'organisme, dont le cerveau, car elle aussi doit être utilisée et interprétée avec précaution. Certains moldus utilisent l'IRM pour étudier les secrets du cerveau humain. Certes, elle ne peut pas être utilisée pour lire les pensées des gens, mais elle peut nous dire à quoi ressemble un cerveau, comment il fonctionne, comment il grandit et comment il apprend. Par exemple, l'IRM peut nous aider à comprendre comment le cerveau apprend à lire, et ce qui différencie

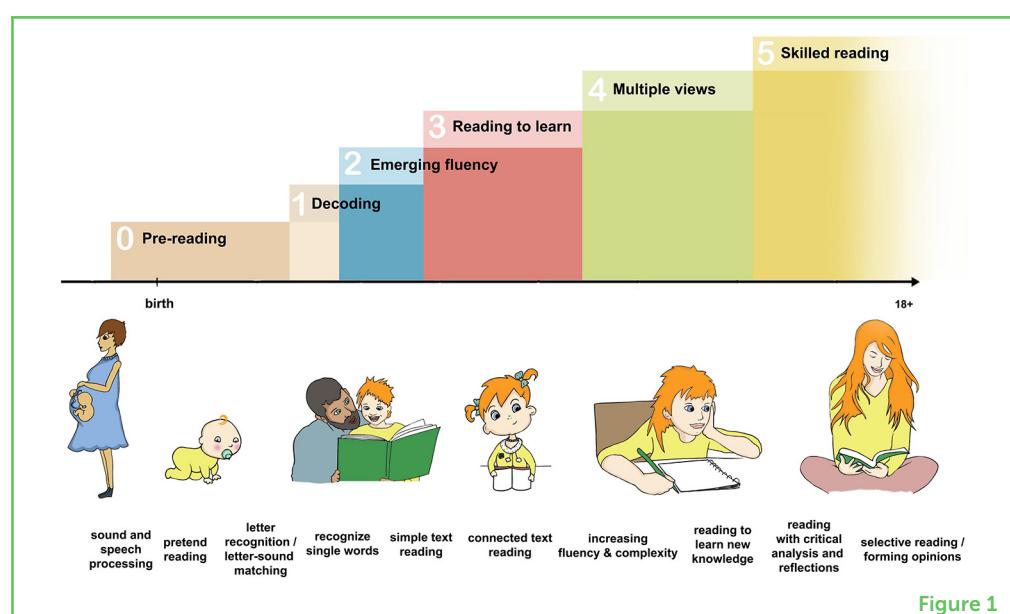
les enfants qui ont du mal avec l'apprentissage de la lecture des autres enfants.

Toi, tu aimes lire? Et as-tu lu les 7 tomes de Harry Potter? La lecture est une compétence qui s'acquiert en suivant les instructions d'enseignants ou d'un parent et qui exige beaucoup de pratique, à la maison comme à l'école. Plusieurs choses peuvent nous aider à devenir bons en lecture. En grandissant, nous faisons de nombreuses expériences, et notre corps, nos pensées, nos sentiments, ainsi que l'environnement qui nous entoure, sont en constante évolution. Au début de notre vie, nous apprenons des choses relativement faciles comme comprendre le sens de certains sons, reconnaître les visages ou marcher. Mais en fait, l'apprentissage commence avant même la naissance! À mesure que nous grandissons, nous maîtrisons des tâches plus complexes comme prononcer des mots puis des phrases, lire ou interagir avec les autres. L'acquisition de nouvelles compétences va de pair avec le développement du cerveau. Mais beaucoup d'éléments peuvent influer sur le développement, parmi lesquels des modifications de l'environnement, les expériences d'apprentissage que l'on fait, et même l'ADN, qui est l'information génétique que les parents transmettent à leurs enfants.

Tout ceci vaut bien sûr aussi pour la lecture, compétence qu'il faut pratiquer longtemps avant de la maîtriser – et qui émerge en fait bien avant qu'on ouvre son premier livre ou qu'on aille à l'école. Avant même notre naissance, nous percevons des sons et des éléments fondamentaux du langage. Ces expériences vécues modèlent les zones cérébrales qui nous seront utiles plus tard pour l'apprentissage de la lecture. En 1983, la professeure Jeanne Chall [1] affirmait que la lecture s'apprenait en plusieurs étapes (Figure 1). Aujourd'hui, nous savons que de nombreux facteurs peuvent influer sur ces étapes, et

Figure 1

La lecture s'apprend très progressivement. Il faut traverser plusieurs étapes avant d'arriver à lire couramment. L'apprentissage de la lecture commence dès la petite enfance et se poursuit pendant les années de scolarité jusqu'au début de l'âge adulte (illustrations : N. M. Raschle ; la partie supérieure du graphique a été adaptée de Chall [1]).



que l'apprentissage de la lecture peut varier fortement d'un enfant à l'autre et d'une région du globe à l'autre. Ces différences sont dues au grand nombre de paramètres pouvant agir sur cet apprentissage, notamment l'endroit où l'on grandit, la langue maternelle et son vocabulaire, la capacité à jouer avec les sons de la langue (par exemple, dire « banane » sans prononcer le son /b/), la faculté de comprendre les histoires racontées [2], etc.

COMMENT LE CERVEAU APPREND À LIRE

IRM

IRM signifie « imagerie par résonance magnétique ». L'IRM permet d'obtenir des images de toutes les parties du corps humain. Elle fonctionne grâce à des aimants puissants et à des ondes radioélectriques.

NEURONE

Cellule nerveuse du cerveau ou de la moelle épinière.

AXONE

Partie des cellules nerveuses qui peut se connecter aux autres cellules et, de ce fait, transporter des informations d'une cellule à une autre.

SUBSTANCE BLANCHE

Ensemble d'axones qui connectent différentes régions cérébrales entre elles.

Les techniques d'imagerie cérébrale telles que l'**IRM** permettent d'examiner le cerveau en train d'apprendre. L'appareil est un peu comme un gros appareil photo capable de prendre des images à l'intérieur de différentes parties du corps – le cerveau par exemple. L'IRM fonctionne en mesurant des signaux venant des molécules d'eau que contient l'organisme. Chaque partie de notre corps étant un peu différente des autres, son signal IRM lui est spécifique. L'informatique permet aux scientifiques de créer des images détaillées à partir de ces signaux (si tu souhaites en savoir plus sur le fonctionnement de l'IRM, tu peux lire « The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind » écrit pour les enfants par Kathryn Broadhouse, mais non traduit en français [3]). Grâce à l'IRM, on peut donc analyser la manière dont le cerveau fonctionne pendant qu'on est en train de faire ou de ressentir quelque chose (fonction cérébrale) et la manière dont il est construit (sa structure physique).

Des connexions entre les différentes zones du cerveau se créent à mesure que ce dernier grandit et apprend. Au fil du temps, ces connexions créent des réseaux qui travaillent ensemble. Agissant comme un groupe de musique bien rodé, les réseaux cérébraux nous aident à acquérir des compétences telles que la lecture. Pendant que nous apprenons, les cellules du cerveau (les **neurones**) se connectent les unes aux autres en étendant leurs minuscules bras (appelés **axones**) et parfois même en en faisant pousser de nouveaux. Avec le temps, un grand nombre d'axones se trouvent interconnectés et forment de longues « autoroutes » cérébrales qu'on appelle la **substance blanche**. Ces « autoroutes » relient entre elles les différentes régions du cerveau et transmettent des informations. La technique de l'IRM a permis aux scientifiques de comprendre que si nous sommes à même de lire, c'est parce que différentes parties du cerveau s'activent et communiquent entre elles lorsque nous apprenons. Ces zones cérébrales ont de drôles de noms à consonance proche du latin : la zone occipito-temporale, qui est la partie du cerveau où nous traitons les lettres et les mots, le cortex temporo-pariéital, qui nous permet de jouer avec les sons de notre langue (par exemple en devinant que « banane » sans le son /b/ donne « anane »), et le gyrus frontal inférieur, qui est en quelque sorte le « capitaine » qui nous dirige. C'est le fait que ces différentes zones communiquent

régulièrement qui consolide la substance blanche – les « autoroutes » de l'information cérébrale.

Une de ces « autoroutes » est particulièrement importante pour la lecture : il s'agit d'un ensemble d'axones appelé faisceau arqué, parce qu'il a la forme d'un arc. Au sein du réseau des régions cérébrales utiles à la lecture, des voies comme le faisceau arqué facilitent le transport des informations d'une région cérébrale à une autre. Chez les enfants qui ont du mal à lire, le réseau cérébral dédié à la lecture est parfois construit un peu différemment, ou bien c'est l'information qui emprunte d'autres voies. Ainsi, dans certains cerveaux, les routes assurant le transport des informations entre les régions impliquées dans la lecture peuvent être plus étroites que la moyenne et être à une voie au lieu de deux. Elles peuvent également être moins faciles à parcourir, un peu comme une route qui aurait un revêtement irrégulier ou compterait de nombreux feux de circulation. De telles particularités compliquent la communication entre les régions cérébrales, rendant l'apprentissage de la lecture difficile pour certains enfants (Figure 2).

LA DYSLEXIE DÉVELOPPEMENTALE ET LE PARADOXE DES DYSLEXIQUES

Le développement du cerveau humain est complexe, et il n'est donc pas surprenant qu'il ne se produise pas exactement de la même manière chez tout le monde. Certaines particularités développementales peuvent avoir des conséquences qui seront découvertes plus tard dans la vie de la personne. Sur vingt élèves, il y en a en moyenne un ou deux pour qui apprendre à lire s'avère très difficile. Beaucoup de chercheurs aimeraient être capables de prédire chez l'enfant s'il aura ou non des difficultés à lire, et de le prédire aussi tôt que possible, car plus l'enfant est jeune, plus il est facile de l'aider. En effet, un cerveau jeune est particulièrement flexible pour apprendre certaines choses comme les langues : c'est pourquoi les enfants apprennent de nouvelles langues plus facilement que les adultes, mais aussi pourquoi il est plus facile de résoudre les problèmes lorsqu'ils surgissent que plus tard. Sans compter que les enfants ne recevant pas de soutien pour résoudre leurs difficultés peuvent devenir frustrés, tristes, se sentir intimidés, voire renoncer à toute volonté d'apprendre. Il y a aussi des parents qui s'impatientent et croient que leurs enfants ne fournissent pas suffisamment d'efforts. C'est pour toutes ces raisons importantes que les spécialistes voudraient pouvoir identifier ces enfants le plus tôt possible.

On diagnostique parfois une **dyslexie** développementale à certains enfants qui ont des difficultés à lire. La dyslexie développementale est un trouble de la lecture, ce qui n'a rien à voir avec le manque de travail, le manque d'effort ou la paresse. Généralement, ce diagnostic est posé après deux ou trois ans d'école primaire, quand l'enfant a déjà

DYSLEXIE

C'est un trouble d'apprentissage qui entraîne des difficultés de lecture dues à différents problèmes comme identifier les sons de la langue parlée et savoir comment ils se rapportent aux lettres et aux mots.

Figure 2

Que se passe-t-il dans le cerveau quand on lit (reading brain) ? En haut, tu peux voir les noms et les fonctions des régions cérébrales qui constituent ensemble le réseau de la lecture (inferior frontal gyrus, parieto-temporal, arcuate fasciculus, occipito-temporal). Quand on lit, elles s'activent et communiquent entre elles. La transmission des informations au sein de ce réseau peut bien se passer (dessin en bas à gauche), mais elle peut aussi s'avérer plus problématique (dessin en bas à droite). (Illustrations : N. M. Raschle).

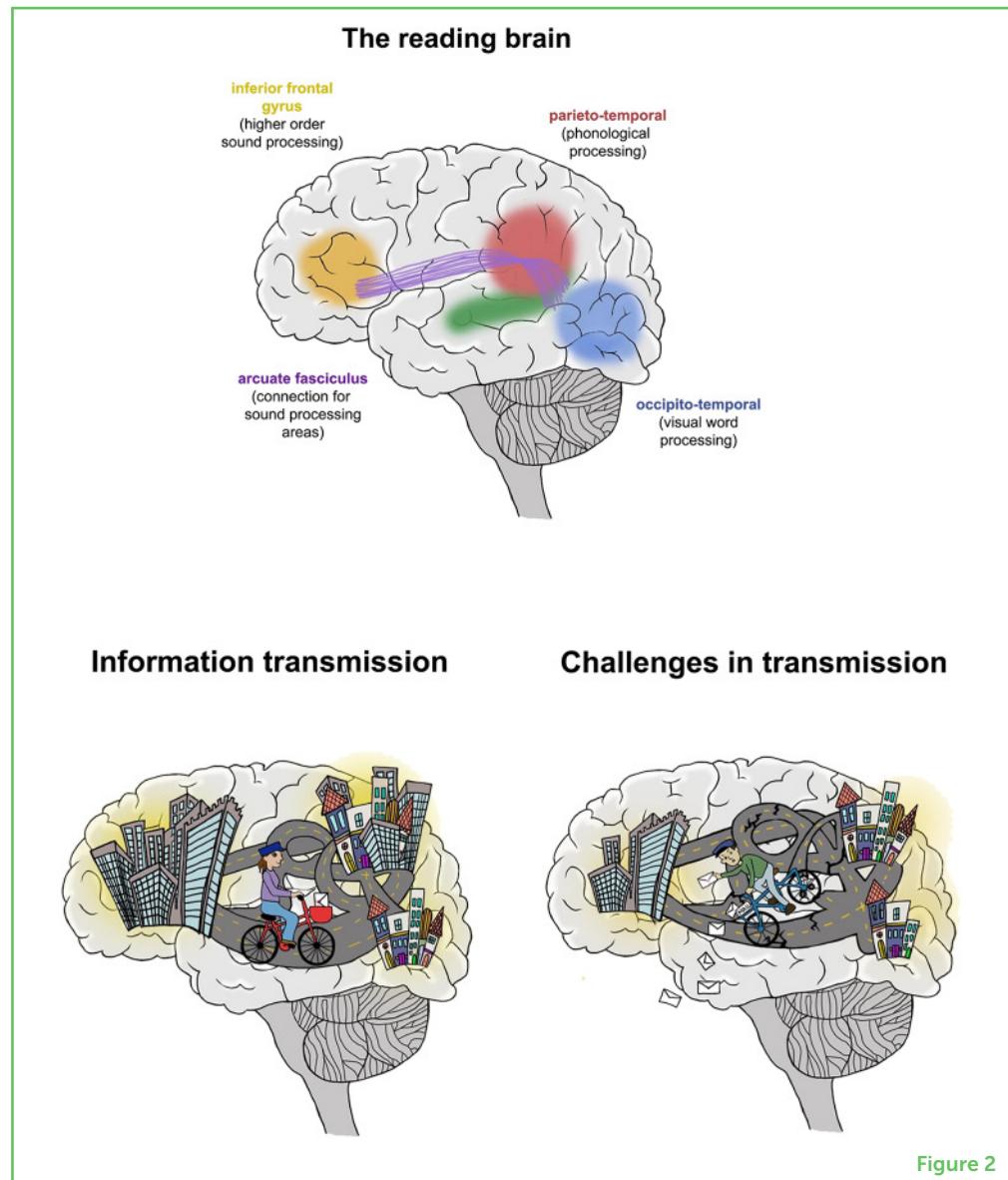


Figure 2

Figure 3

Le paradoxe des dyslexiques. Chez la plupart des enfants, les problèmes de lecture ne sont découverts qu'après la deuxième ou la troisième année de primaire (zone verte), alors que le meilleur moment pour les aider se situe avant (zone rose).

subi de multiples échecs de lecture. Or, à ce stade, l'élève va devoir rattraper un important retard pour arriver à s'en sortir, ce qui constitue un véritable défi. Comme nous l'avons déjà dit, la recherche a montré que le meilleur moment pour aider un enfant à apprendre à lire était la maternelle ou le CP, car à cet âge, son cerveau est plus malléable. On appelle « paradoxe des dyslexiques » le fait que le moment où l'on identifie les difficultés de lecture chez les élèves ne correspond pas au meilleur moment pour les aider (Figure 3).

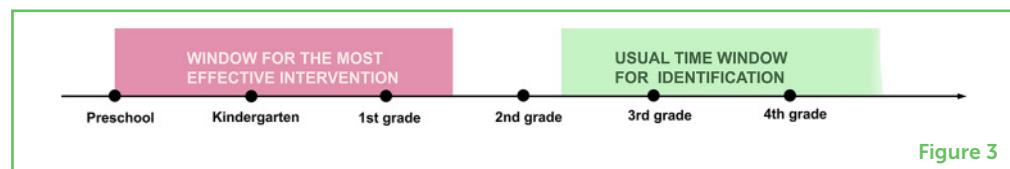


Figure 3

Des scientifiques ont montré que des indices précoce de difficultés de lecture pouvaient être détectés grâce à des tests oraux, écrits ou informatisés. Nous étions curieuses de savoir si l'IRM pouvait aussi servir à déceler des différences précoce dans le cerveau des enfants voués à présenter plus tard des difficultés de lecture, et nous avons constaté que les enfants en question semblent avoir un réseau de lecture différent de la norme [4–6]. Mais ces problèmes peuvent être résolus grâce à un soutien et à un enseignement approprié.

AIDER LES AUTRES, C'EST MAGIQUE !

Contrairement aux sorcières et aux sorciers dans Harry Potter, les scientifiques ne sont pas en mesure de lire dans les pensées des gens – ni d'ailleurs d'utiliser d'autres formes de magie. En revanche, nous disposons de diverses méthodes et techniques, dont l'IRM, pour étudier le cerveau en apprentissage. L'IRM, qui permet aux scientifiques d'examiner les parties du cerveau servant pour la lecture, montre aussi ce qui se passe dans le cerveau des enfants présentant des difficultés de lecture. Chaque étude nous renseigne davantage sur la manière dont on apprend et sur les raisons pour lesquelles certaines personnes ont plus de difficultés à apprendre que d'autres. Un jour, ces informations nous permettront donc d'aider chaque enfant à réussir, et ça... c'est tout simplement magique !

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient infiniment tous ceux qui ont contribué à la traduction des articles de cette collection afin de les rendre accessibles et compréhensibles aux enfants des pays non anglo-saxons, ainsi qu'à la Fondation Jacobs pour avoir octroyé les fonds nécessaires pour cette traduction. Nous souhaitons dédier cet article à tous les enfants qui ont des difficultés de lecture, et remercier les éducateurs, parents et enseignants qui les accompagnent.

DÉCLARATION D'UTILISATION DES OUTILS D'IA

Tout texte alternatif fourni avec les figures de cet article a été généré par Frontiers grâce à l'intelligence artificielle. Des efforts raisonnables ont été déployés pour garantir son exactitude, notamment par une relecture par les auteurs lorsque cela était possible. Si vous constatez des problèmes, veuillez nous contacter.

RÉFÉRENCES

1. Chall, J. S. 1983. *Stages of Reading Development*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.

2. Castles, A., Rastle, K., and Nation, K. 2018. Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychol. Sci. Public Interest.* 19:5–51. doi: 10.1177/1529100618772271
3. Broadhouse, K. 2019. The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind. *Front. Young Minds* 7:23. doi: 10.3389/frym.2019.00023
4. Raschle, N. M., Zuk, J., and Gaab, N. 2012. Functional characteristics of developmental dyslexia in left-hemispheric posterior brain regions predate reading onset. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109:2156–61. doi: 10.1073/pnas.1107721109
5. Raschle, N. M., Chang, M., and Gaab, N. 2011. Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage* 57:742–9. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.09.055
6. Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drottar, M., Sliva, D., Smith, S., et al. 2017. White matter alterations in infants at risk for developmental dyslexia. *Cereb. Cortex* 27:1027–36. doi: 10.1093/cercor/bhv281

PUBLIÉ EN LIGNE LE 11 novembre 2025

ÉDITEUR/TRICE: Stephan E. Vogel

MENTOR(S) SCIENTIFIQUE(S): Carol Thompson

CITATION: Raschle NM, Borbás R, King C et Gaab N (2025) L'importance de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) dans l'étude du cerveau pendant la lecture. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00072-fr

TRADUIT ET ADAPTÉ DEPUIS: Raschle NM, Borbás R, King C and Gaab N (2020) The Magical Art of Magnetic Resonance Imaging to Study the Reading Brain. *Front. Young Minds* 8:72. doi: 10.3389/frym.2020.00072

CONFLIT D'INTÉRÊTS: Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un potentiel conflit d'intérêts.

DROITS D'AUTEUR © 2020 © 2025 Raschle, Borbás, King et Gaab. Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNES EXAMINATEURS/TRICES

CASCADIA ELEMENTARY, 8–9 ANS

Nous sommes un groupe d'élèves de troisième année de primaire et nous aimons la lecture et les mathématiques. Il y a 9 filles et 14 garçons dans notre classe. Nous formons un groupe très vivant qui aime discuter et apprendre de nouvelles choses.



Cette année, nous avons énormément collaboré, discuté et écouté les autres, et nous sommes très heureux de faire partie de la communauté Frontiers !

AUTEURS/TRICES



NORA MARIA RASCHLE

Nora est professeure assistante en psychologie au Centre Jacobs pour le Développement productif de la jeunesse de l'Université de Zurich, en Suisse. Son équipe du NMR Kids Lab s'intéresse à la manière dont le cerveau humain grandit, évolue et apprend. Nora aime aussi faire des dessins pour expliquer des sujets scientifiques et pense que le savoir peut être transmis d'une manière drôle et compréhensible pour tous. Avec ses trois enfants, elle adore essayer de nouvelles choses comme faire un gâteau géant, chanter des chansons au karaoké (bien qu'elle chante comme une casserole), fabriquer des tas de choses (par exemple des robots) ou visiter des endroits amusants. *nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch



RÉKA BORBÁS

Réka est doctorante en neuropsychologie au Centre Jacobs pour le Développement productif de la jeunesse de l'Université de Zurich, en Suisse. Elle travaille avec des familles et se passionne pour le fonctionnement du cerveau des enfants et des adultes. Actuellement, elle sensibilise des familles pour leur faire passer une IRM qui lui permettra d'examiner leurs cerveaux. Au sein du NMR Kids Lab, elle essaie de rendre les recherches amusantes pour tout le monde et crée des jeux passionnants pour jouer dans le scanner. Pendant ses heures libres, elle adore jouer à des jeux de plateau, jouer avec son chat angora et faire des gâteaux pour ses amis et sa famille.



CAROLYN KING

Carolyn est assistante de recherche aux Laboratoires des Neurosciences cognitives de l'Hôpital pour enfants et de l'École de médecine de Harvard. Elle travaille chaque jour avec des enfants dans le but de comprendre pourquoi certains d'entre eux apprennent la lecture et les mathématiques différemment des autres. Elle passe beaucoup de temps à jouer à des jeux de réflexion avec des enfants d'âge préscolaire et de maternelle, et il lui arrive aussi de voyager à travers les États-Unis pour tester de nouveaux jeux. Carolyn adore randonner en haute montagne et jouer avec les alpagas, les lapins et les chats qui vivent dans l'élevage d'alpagas de sa grand-mère. L'un des alpagas est même parti se balader en montagne, et Carolyn espère un jour partir avec lui en randonnée.



NADINE GAAB

Nadine est professeure à l'Hôpital pour enfants et à l'École de médecine de Harvard. Elle aime étudier le cerveau des enfants, parler avec ses étudiants, enseigner, assister à des réunions ennuyeuses, et jouer avec les enfants qui viennent au laboratoire. Elle se déplace aussi dans des endroits (généralement intéressants) où elle explique aux gens ce qu'est la dyslexie, comment on apprend à lire et comment fonctionne le cerveau. Pendant son temps libre, elle aime jouer à des jeux de plateau avec ses trois enfants et aller regarder les matchs de foot de sa fille et les matchs de base-ball

de son fils. Elle adore le poisson et la glace au chocolat – d'ailleurs, quand elle était petite, elle rêvait de devenir cuisinière.

French version provided by
Version française fournie par

