

Neurosciences

Les logiciels éducatifs s'invitent à l'école

Et si les jeux électroniques permettaient aux élèves de progresser ? C'est le pari que font des neuroscientifiques français, qui testent leur efficacité dans plusieurs académies.

Gautier Cariou, journaliste

Repères

■ Depuis la rentrée, trois laboratoires de recherche étudient l'impact de logiciels éducatifs sur tablette dans les classes.

■ Deux logiciels d'apprentissage de la lecture sont testés pour vérifier s'ils améliorent l'automatisation de la lecture.

■ D'autres logiciels proposent un entraînement à différentes capacités cognitives. L'objectif : juger si cet entraînement a un impact en dehors du jeu, notamment sur les performances scolaires.

(*) Le programme international pour le suivi des acquis des élèves (Pisa), mené par l'OCDE, vise à évaluer les systèmes éducatifs de plus d'une soixantaine de pays.

D

epuis septembre, en France, 1 256 écoles et 1 510 collèges sont équipés de tablettes tactiles, soit plus de 175 000 élèves. Sur trois ans, un milliard d'euros devraient ainsi être consacrés au plan numérique de l'Éducation nationale. Un des objectifs affichés ? « Développer des méthodes d'apprentissage innovantes pour favoriser la réussite scolaire. » En 2015, pourtant, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) notait que les pays ayant considérablement investi dans les technologies de l'information et de la communication n'ont pas enregistré d'amélioration notable de leurs résultats aux évaluations Pisa (*) de compréhension de l'écrit, de mathématiques et de sciences. Alors faut-il jeter le bébé avec l'eau du bain ? C'est un peu tôt pour le dire. Car les neuroscientifiques pourraient bien changer la donne. De fait, « *il faut savoir dans quel but on équipe les établissements scolaires de tablettes tactiles*, note Johannes Ziegler, directeur du laboratoire de psychologie cognitive du CNRS et de l'université Aix-Marseille. *En l'occurrence, il s'agit de proposer un contenu pédagogique et de le valider scientifiquement.* » Cette approche est celle de la neuroéducation, discipline en plein essor qui allie neurosciences cognitives et sciences de l'éducation. « *On peut tout à fait imaginer un avenir où les logiciels éducatifs dont l'efficacité aura été validée scientifiquement seront*

pourvus d'un label », explique Olivier Houdé, directeur du laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (Lapsydé), à la Sorbonne. « *Libre ensuite aux éditeurs de jeux de créer un univers ludique à partir des programmes mis au point par les chercheurs en neurosciences* », estime Cassandra Potier Watkins, ingénieure de recherche au laboratoire Neurospin, à l'université Paris-Saclay.

EXERCICES PROGRESSIFS

Tout au long de l'année scolaire 2016-2017, et pour la première fois en France, ces trois chercheurs et leurs équipes vont tester dans les classes l'efficacité sur l'apprentissage de jeux éducatifs. L'objectif est double : montrer l'impact de ces jeux sur les performances des élèves et valider certaines hypothèses scientifiques sur la façon dont le cerveau apprend. Les tablettes constituent alors un outil scientifique de choix : lorsqu'un enfant joue, le logiciel éducatif enregistre de nombreux paramètres de son apprentissage – sa progression, le temps passé sur un niveau, la nature de ses difficultés. Une masse de données à partir desquelles les chercheurs peuvent tirer des enseignements. Les équipes de Johannes Ziegler et de Cassandra Potier Watkins ont déjà commencé à tester de façon indépendante deux logiciels dédiés à l'apprentissage de la lecture, afin de vérifier si un entraînement répété sur tablette peut accélérer l'automatisation de la lecture. Le logiciel testé par Johannes Ziegler s'appelle Graphogame.



Il s'agit à l'origine d'un jeu finlandais que le chercheur a commencé à traduire en 2014. Le second logiciel, baptisé Elan, est le fruit d'un partenariat entre l'équipe de Stanislas Dehaene, titulaire de la chaire de psychologie cognitive expérimentale au Collège de France, et Manzalab, société parisienne éditrice de serious games (*).

Les deux logiciels se fondent sur l'analyse graphophonologique. Le principe? L'enfant reçoit deux informations en simultané: un son élémentaire – le phonème – et la séquence de caractères qui lui est associée – le graphème. À force de répétition, cette combinaison lui permet d'associer les syllabes puis les mots qu'il entend tous les jours à des caractères écrits. Cette méthode d'apprentissage est très efficace, car elle se fonde sur une réalité biologique. Très vite, l'enfant développe une compréhension du langage parlé. Dès l'âge de 2 mois, un circuit cérébral spécialisé dans la compréhension du lexique, la syntaxe et la sémantique se forme dans l'hémisphère gauche. Avant l'apprentissage de la lecture, ce réseau du langage s'active selon des modalités auditives: l'enfant entend des voix et en interprète le sens. L'apprentissage de la lecture consiste à activer ce même réseau du langage parlé par une voie

visuelle plutôt qu'auditive. Des études ont mis en évidence que, lorsque le cerveau apprend à lire, une région dévolue à la reconnaissance des visages se détourne progressivement de sa fonction première et se spécialise dans la reconnaissance des caractères écrits (1).

Surnommée «*la boîte aux lettres du cerveau*» par le neuroscientifique Stanislas Dehaene, cette aire de la forme visuelle des mots est située à l'arrière du cerveau, dans la partie occipito-temporale de l'hémisphère gauche. Plus un lecteur est expérimenté, plus cette région est activée. Apprendre à lire revient donc à «recycler» cette région, à la spécialiser dans la reconnaissance des graphèmes, puis à la connecter aux régions spécialisées dans le traitement des phonèmes. Comme le résume Stanislas Dehaene dans son cours au Collège de France, «*apprendre à lire consiste à accéder, par la vision, aux aires cérébrales du langage parlé*».

Pour accélérer ce processus, rien de tel que l'analyse graphophonologique. Une étude réalisée en Finlande en 2010 montre que les enfants qui se sont entraînés à faire correspondre des graphèmes et des phonèmes en utilisant le jeu Graphogame présentent une activation ●●●

▲ *Lorsqu'un enfant joue sur une tablette à un logiciel éducatif, celui-ci enregistre sa progression, le temps passé sur un niveau, ses difficultés. Un apprentissage sur mesure (ici aux Pays-Bas).*

(*) **Un serious game** est un jeu vidéo dont l'objectif est de diffuser le savoir et la connaissance par le plaisir du jeu.

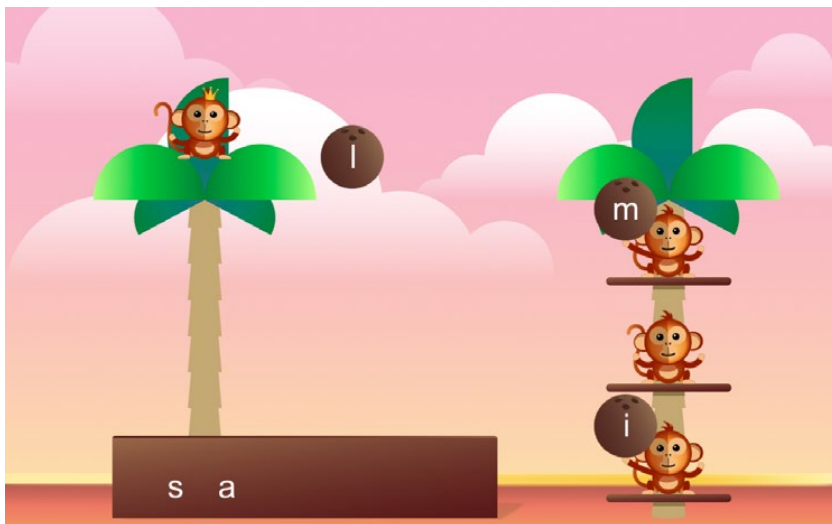
EN CHIFFRES

1 MILLIARD D'EUROS SUR TROIS ANS. C'est le budget dédié au plan numérique de l'Éducation nationale.

192 MILLIONS D'EUROS. C'est la part du budget gouvernemental 2016 dévolue au plan numérique.

30 MILLIONS D'EUROS sont destinés à financer de nouvelles méthodes numériques au service de l'apprentissage.

▼ Le logiciel *Elan* est dédié à l'apprentissage de la lecture. Dans ce niveau, l'enfant doit aider le roi des singes à écrire le mot entendu, en lui lançant les bonnes lettres.



●●● accrue dans «*la boîte aux lettres du cerveau*», comparés à ceux qui n'ont pas été entraînés (2). Et ce en seulement quatre heures étalées sur huit semaines. «*L'intérêt d'un tel logiciel est qu'il peut entraîner l'élève de façon massive, avec beaucoup d'exemples, et lui apporter les corrections. En classe, l'enseignant n'a pas toujours le temps de faire ce travail*», explique Johannes Ziegler. En Finlande, le jeu est aujourd'hui utilisé de façon systématique pour les enfants présentant des difficultés d'apprentissage de la lecture. Pour être en mesure d'étudier son impact en France, encore fallait-il le traduire. Un travail difficile dans la mesure où le finlandais est une langue plus simple que le français sur le plan graphophonologique : elle comprend seulement 20 phonèmes, chacun associé à un seul et unique graphème. En français, au contraire, un phonème peut être associé à de nombreux graphèmes. Par exemple, le son «é» peut s'orthographier -é, -et, -er, -éent, -eh, -hé, etc. Avec l'aide de Liliane Sprenger-Charolles, linguiste et psycholinguiste, directrice de recherche émérite au laboratoire de psychologie de la perception à l'université Paris-Descartes, l'équipe de Johannes Ziegler a donc dû mettre au point des jeux différents de la version finlandaise, se focalisant sur les spécificités linguistiques du français.

Avant de jouer, l'enfant apprend un couple graphème-phonème de façon explicite, soit avec l'enseignant, soit avec le logiciel qui peut posséder un module d'apprentissage. Puis l'enfant allume sa tablette, se met à jouer et l'apprentissage devient implicite. Le jeu est

très progressif. Il commence par présenter les couples graphème-phonème les plus simples, comme les voyelles, avant d'aborder des cas plus complexes. L'enfant va chercher à passer des niveaux, comme dans un jeu classique. Mais ce faisant, il passera en fait une nouvelle étape de l'apprentissage. Dans *Elan*, il doit déterrer tous les trésors d'une île pour accéder à l'île suivante. Pour récupérer un trésor, il faut réussir un niveau. Par exemple, dans le premier niveau, des petites méduses transportant des graphèmes se déplacent du bas vers le haut de l'écran. Une voix préenregistrée prononce un phonème et l'enfant doit s'entraîner à toucher la méduse associée au graphème correspondant.

Au début, les méduses avancent lentement et transportent toutes le même graphème. Pas d'erreur possible. Puis, lorsque l'enfant a bien compris, les méduses défilent plus vite et portent différents graphèmes. L'enfant doit associer de plus en plus rapidement phonème et graphème, et éviter les pièges. Pour déterrer le trésor et accéder au niveau suivant, il doit passer un ultime test. «*Il constitue un bilan qui nous permet de mesurer la vitesse de lecture*, développe Cassandra Potier Watkins. *Cela nous aide à savoir si l'enfant a bien automatisé la lecture du graphème.*»

RYTHME NATUREL DE L'ENFANT

Reste à valider l'efficacité de ces jeux en situation. Les tests du jeu *Elan* ont déjà commencé, dans l'académie de Poitiers, auprès d'environ 1 000 élèves de CP. Un tiers des élèves jouent à *Elan*, un tiers à *L'attrape-nombres*, logiciel d'entraînement aux mathématiques mis au point en 2011 par Stanislas Dehaene, et les classes du dernier tiers serviront de groupe témoin en ne jouant à aucun logiciel. «*Toutes les trois à cinq leçons, un personnage ou "boss de fin" viendra défier le joueur. Nous pourrons ainsi mesurer la progression de l'enfant au sein du jeu. Mais nous comptons également vérifier si cet entraînement est efficace en dehors des limites du jeu*», poursuit Cassandra Potier Watkins.

Les enfants s'entraîneront sur tablette pendant 12 à 13 semaines, à raison de trois séances de 20 minutes par semaine, avant de changer de jeu et de s'entraîner encore pendant 12 à 13 semaines. À trois reprises, ils seront soumis à un test de lecture. «*Notre hypothèse scientifique est qu'un entraînement répété sur* (Suite p.62) ●●●

Cinq pistes pour mieux apprendre

1 Inhiber pour progresser

Le cerveau fonctionne avec des automatismes. Lorsque l'enfant apprend à compter, par exemple, les nombres sont souvent illustrés dans la littérature enfantine par des alignements d'objets dont la longueur augmente proportionnellement avec le nombre. Cette représentation visuelle crée un automatisme fréquent chez l'enfant, qui va alors considérer que la longueur et le nombre sont équivalents. Ainsi, lorsqu'on lui montre deux dessins représentant le même nombre d'objets, mais dont l'alignement est plus ou moins long, il pensera qu'il y a plus d'objets dans l'alignement le plus long. Cet automatisme se traduit par l'activation d'une région cérébrale liée à la représentation de l'espace, aux dépens de celles dévolues au nombre. Ce qui l'induit en erreur, alors même qu'il a appris à compter ! Pour produire un raisonnement logique, l'enfant doit donc apprendre à inhiber cet automatisme. Les expériences d'imagerie cérébrale ont montré que le cortex préfrontal est déterminant dans ce processus : il inhibe le circuit cérébral associé à l'automatisme pour activer celui dévolu à l'apprentissage (1).

(1) O. Houdé et al., *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 332, 2011.

2 Être actif pendant les leçons

Les études révèlent que les élèves qui participent à des ateliers scolaires au cours de l'année réussissent mieux aux examens que les élèves qui ont reçu uniquement un enseignement magistral (1). De fait, un enfant actif dans ses apprentissages réfléchit à une réponse, l'anticipe avant qu'elle ne lui soit apportée, et est davantage curieux. Or il a été montré que les situations où il est surpris par une réponse qu'il n'attendait pas améliorent la mémorisation. Et les données de l'imagerie cérébrale indiquent que la curiosité entraîne un surcroît d'activation des neurones du circuit de la récompense, notamment au sein de l'hippocampe, région qui joue un rôle central dans la mémoire. La curiosité agirait comme une récompense favorisant la mémorisation.

(1) S. Freeman et al., *PNAS*, 111, 8410, 2014.

3 S'entraîner à être attentif

L'attention est un mécanisme de filtrage au cœur des apprentissages : elle permet de sélectionner une tâche, comme la lecture d'un texte, et de s'y tenir. Elle est sous-tendue par un ensemble de fonctions dites « exécutives » telles que l'inhibition des sources de distraction, la planification des étapes à suivre pour réaliser la tâche et la conservation en mémoire des informations nécessaires, comme une consigne ou les retenues d'une addition. Chez l'enfant, les fonctions exécutives sont peu développées, car elles dépendent du cortex préfrontal dont la maturation ne s'achève qu'à l'entrée dans l'âge adulte. Toutefois, elles peuvent être entraînées, permettant ainsi d'améliorer l'attention. Un adulte peut aider l'enfant à prendre conscience des distractions auxquelles il est soumis pour apprendre à y résister (inhibition). Il peut également définir avec lui l'objectif à atteindre et décomposer la tâche en étapes, avant de lui demander comment il compte s'y prendre pour y arriver (planification). Et l'adulte peut lui expliquer qu'en répétant des instructions dans sa tête, en les gardant en mémoire, il peut parvenir à mieux se concentrer.

4 Se tromper et recommencer

Lorsqu'il a anticipé une réponse mais qu'il se trompe, le cerveau remet à jour ses propositions pour ajuster sa réponse suivante et ne plus commettre d'erreur. Cette stratégie se traduit par une reconfiguration des réseaux neuronaux au moment où l'enfant se rend compte qu'il a commis une erreur (1). C'est cette reconfiguration qui lui permet d'affiner ses réponses suivantes et de se corriger. L'erreur est donc essentielle dans le processus d'apprentissage ! Entrecouper les périodes d'apprentissage de périodes de tests, avec une correction suivant de près le test, favorise l'apprentissage en permettant à l'élève d'ajuster ses réponses et de progresser.

(1) O. Houdé et al., *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 721, 2000.

5 Consolider les connaissances

La répartition des apprentissages sur des sessions courtes et régulières, effectuées chaque jour, entraîne un surcroît d'activation des régions impliquées dans les apprentissages et une consolidation de la mémoire (1). Les études montrent également que les enfants qui se testent régulièrement sur le contenu d'un cours, plutôt que de simplement le relire, retiennent davantage les informations. Le sommeil joue un rôle essentiel dans ce processus. Pendant que l'enfant dort, son cerveau trie les informations enregistrées pendant l'éveil. Il oublie celles qui ne sont pas pertinentes et consolide celles qui sont importantes, probablement en les rejouant en accéléré. La performance des élèves à des tests est ainsi améliorée après une simple sieste. Pour apprendre une notion nouvelle, mieux vaut l'étudier un quart d'heure tous les jours plutôt que plusieurs heures en une fois. Pour ancrer ces apprentissages pour de nombreuses années, il serait préférable de réviser l'ensemble des notions apprises lors de ces courtes séances répétées dans des intervalles de quelques mois au moins.

Oriane Dioux

(1) N. Cepeda et al., *Experimental Psychology*, 56, 236, 2009.

●●● *tablette pendant une longue période peut accélérer l'automatisation de la lecture chez l'enfant.*» Si l'hypothèse est validée, les tablettes pourraient devenir des outils d'entraînement, d'automatisation, vers une pédagogie différenciée, adaptée au rythme naturel de chaque enfant.

Graphogame est quant à lui testé cette année auprès de quatre classes seulement. Il sera ensuite ajusté, puis expérimenté à la rentrée 2017 auprès de 20 classes de CP dans des zones prioritaires. «*Dans ces zones, jusqu'à 50% des élèves présentent des difficultés de lecture, rappelle Johannes Ziegler. Avec Graphogame, nous espérons réduire ce taux d'échec à un chiffre plus raisonnable.*»

Pour vérifier l'efficacité de ces jeux en conditions réelles, le protocole est très strict. L'expérimentation aura lieu pendant toute l'année scolaire du CP. Dix classes joueront à Graphogame, et les dix autres à L'attrape-nombres. Les enseignants seront formés et s'engageront à utiliser les logiciels quotidiennement, environ 15 minutes par jour, en plus de leurs activités pédagogiques habituelles. Des mesures qualitatives et quantitatives seront réalisées tout au long de l'année et permettront de quantifier la progression des élèves dans chaque domaine (lecture et maths).

PENSÉE ALGORITHMIQUE

«*Nous avons déjà réalisé une première expérimentation à Manosque et à Oraison [Alpes-de-Haute-Provence], dans des groupes de soutien, sur 80 enfants au CP et au CE1. Ceux qui ont joué à Graphogame progressent plus en lecture que les enfants qui ont joué au logiciel de mathématiques, et cela après seulement cinq semaines, indique Johannes Ziegler. Les enfants progressent non seulement dans le jeu lui-même, mais aussi dans*

la lecture de texte.» Si ces résultats préliminaires se confirment, ce serait une solution intéressante pour les enfants les plus en difficulté au début de l'apprentissage, dans la mise en place des procédures élémentaires comme le déchiffrage.

Pendant l'apprentissage de la lecture, les régions cérébrales impliquées à l'origine dans la reconnaissance des visages sont activées. Or on reconnaît un visage quelle que soit son orientation dans l'espace. Cette capacité automatique bien connue, appelée «généralisation en miroir», nous permet aussi de reconnaître les objets. Mais elle pose problème pendant l'apprentissage de la lecture! De fait, le cerveau va naturellement identifier deux lettres symétriques comme un seul et même objet – ainsi, «p» et «q» ou «b» et «d» apparaîtront comme identiques. Pour discriminer deux lettres symétriques, le cerveau doit apprendre à inhiber cet automatisme de généralisation en miroir, à y résister.

«*Nous développons tous très souvent des pensées automatiques, des "stratégies cognitives" souvent efficaces, mais pas toujours*», révèle Olivier Houdé. Cas classique en mathématiques, l'énoncé «*Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes?*». La réponse la plus fréquente chez les enfants de moins de 7 ans est «*Léo a 30 billes*». Instinctivement, les enfants font le calcul $25+5$, au lieu de $25-5$. Dans leur parcours scolaire, ils ont été habitués à additionner en entendant le mot «plus». Ils ont automatisé cette stratégie, souvent payante. Mais pour répondre correctement à notre énoncé, ils doivent inhiber cette pensée automatique et activer une pensée algorithmique, logique, certes plus lente mais qui mène toujours à la bonne réponse. Sans en avoir conscience, les enseignants créent ce type d'automatismes chez les enfants.

LES JEUX ÉLECTRONIQUES, UNE SCIENCE EN MARCHÉ

■ **1990: Graphogame.** Logiciel d'apprentissage de la lecture créé par une équipe de neuropsychologues finlandais.

■ **2004: La course aux nombres.** Logiciel d'apprentissage de l'arithmétique destiné aux enfants de 4-8 ans, mis au point par l'équipe du neuroscienti-

fique Stanislas Dehaene.

■ **2011: L'attrape-nombres.** Logiciel d'apprentissage de l'arithmétique pour les 5-10 ans, compatible avec les tablettes numériques et mis au point par la même équipe.

■ **2013: L'enfant et les écrans.** Rapport publié par l'Académie

des sciences. Les auteurs y soulignent le potentiel des tablettes pour entraîner les capacités cognitives des enfants.

■ **2015: Le plan numérique à l'école** est annoncé par le gouvernement français.

■ **Année scolaire 2016-2017: Tests.** Deux logiciels

d'apprentissage de la lecture – Graphogame (en version française) et Elan – et quatre autres logiciels d'entraînement à des capacités cognitives de haut niveau, comme l'inhibition ou la mémoire de travail, sont actuellement testés dans les classes françaises.

Pour Olivier Houdé, l'intelligence tient dans notre capacité à inhiber les automatismes pour activer une pensée logique. « Cette capacité cognitive intervient dans l'apprentissage de la lecture et des mathématiques. » Dans le cerveau, l'arbitre entre ces deux stratégies cognitives (pensée automatique ou pensée algorithmique) est le cortex préfrontal. Avec son équipe, le chercheur a donc mis au point une application sur tablette pour entraîner spécifiquement le cortex préfrontal et sa faculté à inhiber.

La question scientifique est la suivante : une fois entraînée sur tablette, cette capacité peut-elle se transférer au-delà des limites du jeu, dans des tâches scolaires par exemple ? Cet apprentissage se stabilise-t-il dans le temps ? C'est l'objectif du projet Apprentissages exécutifs et cerveau chez les enfants d'âge scolaire (Apex), financé par l'Agence nationale de la recherche et qui a débuté dans les écoles de Caen à la rentrée 2016. Au total, 150 enfants ont été équipés de tablettes tactiles sur lesquelles ont été programmés quatre jeux différents. « Les enfants sont scindés en cinq groupes, explique Olivier Houdé, à l'origine du projet. Le premier est un groupe témoin, dépourvu de tablettes. Les autres groupes jouent chacun à un seul et unique jeu, à raison de 15 minutes par jour pendant un mois. Le premier jeu entraîne spécifiquement la capacité d'inhibition, le deuxième exerce la mémoire de travail (la capacité à garder en mémoire la retenue d'une addition par exemple), le troisième entraîne la culture générale, tandis que le dernier jeu proposera un entraînement à la méditation. »

IMPACT SUR LE CERVEAU

Chaque jeu comporte huit niveaux de difficulté. Pour l'inhibition, les premiers niveaux sont des exercices d'inhibition motrice : des grenouilles et des libellules apparaissent aléatoirement sur l'écran et l'enfant doit cliquer le plus vite possible sur les grenouilles. Il doit donc inhiber son geste quand il voit une libellule. Plus le niveau augmente, plus les jeux deviennent complexes. Le projet Apex prévoit trois tests de deux heures destinés à évaluer l'évolution des performances scolaires des enfants de chaque groupe. Un pré-test a lieu avant le début de l'entraînement sur tablette. Un deuxième test est prévu juste après le mois d'entraînement, pour évaluer si les capacités cognitives entraînées sur tablette se sont bien

transférées hors du strict cadre du jeu. Après deux mois sans tablette, un dernier test vérifie si les capacités acquises se stabilisent. À chaque test est associée une séance d'imagerie par résonance magnétique (IRM) de 45 minutes.

Les enfants y sont préparés. Ils reçoivent un fascicule où tout leur est expliqué. En classe, les chercheurs reproduisent le contexte de l'IRM. Les enfants s'amuse à parcourir l'intérieur d'un tube en toile de la forme de l'IRM, placent sur leur tête un casque en carton figurant celui qu'ils devront porter. « On leur aura fait également écouter le son produit par la machine, pour les habituer. Et chaque enfant peut à tout moment renoncer à l'expérience sans aucune justification », ajoute Olivier Houdé.



Allongé dans l'IRM, l'enfant fait le jeu pour lequel il a été entraîné, pendant qu'est enregistrée la manière dont les réseaux neuronaux se sont modifiés à la suite de l'apprentissage sur tablette. Ces données d'imagerie ont vocation à comprendre les bases neurobiologiques des différents jeux éducatifs et leur impact sur le cerveau. « De nombreux chercheurs en psychologie cognitive estiment que l'intelligence humaine est essentiellement due à la mémoire de travail, indique Olivier Houdé. J'ai au contraire la conviction que c'est notre capacité à inhiber nos automatismes qui est à la base de notre intelligence. » Le projet Apex a aussi vocation à trancher cette épineuse question scientifique. Résultats en 2019. ■

(1) S. Dehaene et al., *Science*, 330, 1359, 2010.

(2) S. Brem et al., *PNAS*, 107, 7939, 2010.

▲ Comment les réseaux neuronaux sont-ils modifiés après un entraînement sur un logiciel éducatif ? Pour le comprendre, le laboratoire Lapsydé, dirigé par Olivier Houdé, réalise ici l'IRM d'un enfant en train de s'exercer sur une tablette.