



Apprenez à apprendre!

Votre cerveau a du talent. Dans *Apprendre!* qui paraît ce 5 septembre chez Odile Jacob, le tsar des neurosciences, Stanislas Dehaene, nous explique comment l'exploiter au mieux. Passionnant.

Colossaux. Les progrès accomplis ces dernières années par l'intelligence artificielle le sont, sans aucun doute. Mais il lui faut encore faire avec un rival de taille : le cerveau humain et l'incroyable plasticité de ses neurones. C'est ce qu'explique le neuroscientifique Stanislas Dehaene dans l'entretien exclusif qu'il accorde à L'Express à l'occasion de la sortie de son nouveau livre, *Apprendre! Les talents du cerveau, le défi des machines*. Cependant, ce n'est pas parce que l'homme est déjà une formidable « mécanique » qu'il nous faudrait en rester là. Le président du conseil scientifique de l'Education nationale met ainsi en garde contre certaines erreurs de l'école qui, sans le vouloir, aurait parfois tendance à tuer la curiosité naturelle de l'enfant, à inhiber leur soif d'apprendre ou encore à confondre l'idée du test (indispensable pour fixer les connaissances) avec celle de la sanction (stressante et paralysante). Au passage, le spécialiste dénonce également l'obsession actuelle des adversaires des écrans qui ne seraient pas forcément si dangereux pour le cerveau de nos enfants. Selon lui, les principaux enjeux de santé publique ne sont pas là où on les attend. **Amandine Hirou**

F. FERVILLE POUR L'EXPRESS

CERVEAU : “L’ALIMENTATION FAIT BIEN PLUS DE DÉGÂTS QUE LES ÉCRANS!”

Comment mieux apprendre à tout âge ? Quelles erreurs l'école ne devrait surtout plus commettre ? Les réponses pratiques et étonnantes de Stanislas Dehaene, grand spécialiste du cerveau. *Propos recueillis par Amandine Hirou et Anne Rosencher*



L'express Dans votre livre, vous évoquez les capacités d'apprentissage du cerveau humain dès le tout jeune âge. Vos découvertes vont-elles à l'encontre de l'idée, longtemps véhiculée, que le cerveau du nouveau-né serait semblable à une page blanche ?

Stanislas Dehaene Les recherches montrent au contraire que le bébé est une sorte de supercalculateur, un statisticien de génie, un scientifique en herbe qui passe son temps à faire des expériences. Ainsi, vers 10 ou 12 mois, lorsqu'il jette de sa table des objets, il est en train de tester la loi de la gravité, de chercher à comprendre pourquoi certains d'entre eux tombent, tandis que d'autres restent stables. Cette théorie du cerveau statisticien permet de résoudre le conflit traditionnel entre l'inné et l'acquis. Le cerveau du tout-petit dispose d'un vaste espace de théories ou d'hypothèses possibles – c'est la part de l'inné. Très vite, il va les confronter au monde extérieur de façon à élimi-

ner celles qui ne fonctionnent pas et à conserver les plus adéquates – c'est la part de l'acquis.

■ Faites-vous partie de ceux qui ont œuvré pour une scolarité obligatoire dès 3 ans, mesure qui entrera en vigueur à la rentrée scolaire 2019 ?

S. D. Je précise que les étonnantes facultés des bébés se déploient bien avant cet âge, d'où le rôle fondamental de l'environnement et de la famille dans l'enrichissement de ses connaissances. Mais le fait que la maternelle devienne obligatoire à partir de 3 ans – ce qui était déjà le cas pour 97 % des enfants – peut aider à aller plus loin encore, en proposant des activités que les parents ne feraient pas spontanément, faute de temps ou de matériel. A condition, évidemment, que la

structure d'accueil ne soit pas une simple garderie. Nous devons être très vigilants sur ce point. Ce qui compte n'est pas tant le caractère obligatoire de la scolarité que l'épanouissement des enfants. Je crois beaucoup, par exemple, aux activités proto-mathématiques, qui consistent à leur apprendre à mesurer, à trier, à construire, à créer des formes en deux ou en trois dimensions.



Neurones « La plasticité cérébrale se fige au sens très littéral à certains moments. »



Scientifique Stanilas Dehaene (à g.) avec Jean-Michel Blanquer, ministre de l'Éducation.



J.-C. MARMARALE FIGARO

faire pour que les enfants issus de milieux défavorisés aient accès à une alimentation de qualité ? Dans mon livre, je raconte la dramatique histoire de ces enfants d'Israël qui ont souffert d'une carence en thiamine. Quelques semaines de privation, parce que le lait qu'ils recevaient n'était plus enrichi en vitamine B1, et le cerveau est resté définitivement altéré. Mais combien de situations dramatiques comme celle-ci ne sont pas détectées ? Voilà des variables fortes sur lesquelles on peut intervenir. C'est primordial.

❗ Bien plus que les écrans, donc...

S. D. Cette obsession est un peu absurde. De quoi parle-t-on exactement ? La télévision, certes, engendre une certaine passivité et ses effets sont loin d'être positifs. En ce qui concerne les logiciels, c'est différent. Il existe d'excellents jeux pédagogiques, y compris pour les petits. A partir du moment où l'enfant interagit, il y a apprentissage. Le « danger » des écrans – si danger il y a – est surtout lié à la gestion du temps. C'est le cas de ces adolescents qui n'arrivent pas à décrocher de leurs jeux vidéo. Aux parents d'exercer leur autorité pour interrompre un éventuel usage frénétique. Tout excès est à surveiller, mais beaucoup d'études démontrent que les jeux vidéo peuvent augmenter la vigilance ou la concentration.

❗ Vous dites que vous êtes un scientifique et pas du tout un politique. Pourtant, certaines de vos prises de position, par exemple la défense de la méthode syllabique versus la méthode globale, vous classent inévitablement dans un camp...

S. D. Je me place uniquement sur le terrain de la recherche. Ce qui me tient à cœur, c'est de transmettre mes connaissances aux enseignants

❗ S'expose-t-on à perdre ce capital scientifique, dont nous disposons à la naissance, s'il n'est pas exploité ?

S. D. Sans stimulation, il risque de s'étioler ou, en tout cas, de ne pas se développer aussi vite. Et les premières années constituent des périodes sensibles pour l'apprentissage. Au début de la vie, la plasticité synaptique est énorme : plusieurs millions de synapses se font ou se défont chaque seconde. Mais cette plasticité disparaît rapidement. C'est flagrant dans le domaine du langage : au cours de la première année, on met en place les phonèmes, c'est-à-dire les consonnes et les voyelles de notre langue. Passé ce délai, un enfant français n'entendra plus tous les sons du chinois, tandis qu'un petit Japonais ne fera plus la différence entre un « l » et un « r ». Dans mon livre, j'explique que la plasticité cérébrale se fige au sens très littéral. Les neurones sont des cellules extraordinairement arborescentes. Sur ces arborescences, les dendrites, il y a comme des petites

épines qui n'arrêtent pas de bouger. On le voit bien au microscope : elles se rétractent, s'en vont, reviennent au fil des apprentissages... jusqu'au moment où elles se retrouvent entourées d'une sorte de filet assez rigide qui les immobilise. Pour l'apprentissage d'une langue étrangère, la plasticité s'écroule autour de la puberté.

❗ Pourquoi n'abordez-vous pas, dans votre ouvrage, la question des écrans, aujourd'hui fortement pointés du doigt ? Ne sont-ils pas dangereux pour le cerveau des tout-petits ?

S. D. A mon avis, ce sujet ne fait pas partie des fondamentaux que sont la santé, la nutrition et l'enrichissement de son environnement. On ferait mieux de mettre en avant d'autres risques, comme la consommation d'alcool chez la femme enceinte. En France, 1 % des bébés in utero sont concernés, ce qui est à la fois considérable et tout à fait évitable. Même chose pour la nutrition : comment

comme aux parents. Concernant l'apprentissage de la lecture, l'approche en maternelle a beaucoup changé ces quinze dernières années. D'après les statistiques de la Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance de l'Education nationale, les enfants en fin de grande section sont plus éveillés en phonologie, qui est l'une des clefs de l'entrée dans la lecture. Les études scientifiques que d'autres chercheurs et moi-même avons mises en avant y ont beaucoup contribué. Les résistances qui subsistent sont des résistances idéologiques. Certains ont du mal à accepter que l'on dispose de données objectives. Or celles-ci pèsent bien plus que l'avis de tel ou tel pédagogue. Dans le domaine de la lecture, les données sont d'autant plus convaincantes qu'elles sont internationales. Tous les pays qui utilisent l'écriture alphabétique font le même constat : commencer à apprendre avec une méthode phonique va plus vite, y compris en ce qui concerne la compréhension des textes, que de commencer par une approche globale ou semi-globale.

Q Dans votre livre, vous critiquez certaines « erreurs » du système éducatif. Quelles sont-elles ?

S. D. J'observe, par exemple, que l'école peut tuer cette curiosité dévorante, foisonnante, extraordinaire, si propre aux bébés de l'espèce humaine. Leur cerveau explore sans cesse de nouveaux états d'activité : il suffit de les voir changer d'activité ou de mimique toutes les cinq ou dix secondes. Très vite, en grandissant, ils se mettent à pointer du doigt l'objet de leur curiosité. Aucun autre primate ne possède cette faculté d'attirer l'attention de l'autre pour le questionner. Hélas, lorsque les enfants entrent à l'école, cette curiosité se fane souvent. On peut se demander s'il n'y a pas une relation de causalité entre les deux. Un chapitre de mon livre dissèque les mécanismes cérébraux de la curiosité : elle provient du fait que chaque découverte que nous faisons active le circuit de la récompense, celui de la dopamine. Mais

"L'école peut tuer cette curiosité dévorante, foisonnante, si propre aux bébés de l'espèce humaine"

ce même circuit, l'école peut l'éteindre en rabrouant les enfants ou en distribuant de mauvaises notes. L'école ne fournit pas non plus toujours des stimulations adaptées au niveau de chaque écolier. Du coup, certains s'ennuient parce que c'est trop facile pour eux, tandis que d'autres sont découragés parce qu'ils n'arrivent plus à suivre.

Q Il faudrait donc avoir un enseignement plus « à la carte » dans les classes ?

S. D. Bien sûr. La méthode Montessori, avec laquelle mes enfants ont débuté lorsque nous habitions aux Etats-Unis, a ceci de formidable qu'ils choisissent, en accord avec l'enseignant, des activités en adéquation avec leur niveau et leur goût. Seule la curiosité les motive, même si l'enseignant oriente en réalité leurs choix vers des exercices stimulants. Des expériences montrent qu'un enseignement trop explicite peut aussi contribuer à tuer la curiosité : l'élève en conclut que le maître sait tout mieux que lui et qu'il n'a qu'à attendre qu'on lui mâche la connaissance. Les cours magistraux ne sont donc vraiment pas la meilleure manière de procéder. Il faut, au contraire, solliciter l'atten-

Génie « Le bébé est une sorte de supercalculateur, un scientifique en herbe qui passe son temps à faire des expériences »



PHOTONONSTOP/AFP



tion de l'enfant en lui demandant de participer, d'interrompre le cours pour poser des questions, de faire des exposés... Il y a une ligne étroite à conserver entre tout lui dire, au risque de perdre sa curiosité, et ne rien lui dire, au risque de tomber dans un autre écueil que je dénonce dans le livre : la pédagogie de la découverte.

E Dans ce passage critique sur les pédagogies de la découverte, vous citez d'ailleurs celle de Montessori, que vous défendez à l'instant...

S. D. Je parle de ce courant de pensée qui part de Rousseau et qui passe effectivement par Dewey, Decroly, Freinet, Montessori, ou encore Piaget, et qui voudrait que l'enfant découvre par lui-même ce qu'il va apprendre. Il y a là une confusion de deux idées : certes, l'élève doit être actif, engagé – énormément de recherches l'ont démontré –, mais il lui serait impossible de découvrir, seul, ce que l'humanité a mis des siècles à inventer. Il faut donc que l'école lui fournisse un environnement structuré. Cela a pu se vérifier notamment dans le domaine de l'informatique. Seymour Papert, le pape de l'informatique éducative, avait prétendu qu'il suffisait de donner un ordinateur aux enfants pour qu'ils apprennent à s'en servir. Cette idée a été prolongée par Nicholas Negroponte, un autre informaticien, qui a soutenu qu'on pouvait révolutionner l'éducation en parachutant dans un pays des ordinateurs à 100 dollars. L'Uruguay s'en est emparé, dotant tous les enfants d'un ordinateur personnel. Or les résultats scolaires ont plutôt baissé durant cette période. Pourquoi ? Parce que, sans pédagogie spécifique, l'ordinateur est plus une source de distraction. Cette pédagogie explicite de l'informatique manque cruellement en France.

E Autre écueil français : nous aurions trop tendance, dites-vous, à confondre test et sanction ?

S. D. Beaucoup de recherches en psychologie cognitive ont montré que se



Méthode Dans les écoles Montessori, « les enfants choisissent, en accord avec l'enseignant, des activités en adéquation avec leur niveau et leur goût ».

tester permettait à l'enfant d'améliorer ses performances. Sur une plage de deux heures de travail, il vaut mieux ne consacrer que la moitié du temps à réviser et passer l'autre moitié à se tester pour obtenir un « retour sur erreur ». Je recommande le système de « flash cards » que l'on trouve aux Etats-Unis, ces cartes sur lesquelles vous avez la question d'un côté et la réponse de l'autre. L'enfant s'interroge sérieusement, puis retourne la carte et voit s'il s'est trompé. Des logiciels font aussi cela très bien. L'important est de recevoir un signal d'erreur rapide, précis, indispensable au cerveau pour se corriger.

E Les notes semblent aller dans ce sens. Pourquoi les jugez-vous souvent inutiles ?

S. D. Un simple 15/20, en l'absence d'autres informations, ne dit pas

"L'important est de recevoir un signal d'erreur rapide et précis pour se corriger"

pourquoi vous vous êtes trompé. Les notes arrivent souvent aussi en différé, quelques semaines après le contrôle, et vous ne vous souvenez plus très bien pourquoi vous avez fait telle erreur. Je ne dis pas que ça ne sert à rien, mais ça n'est pas très efficace. A cela s'ajoute un aspect émotionnel, qu'il faudrait éviter à tout prix. Des recherches chez l'animal ont clairement démontré que le stress et l'anxiété peuvent complètement bloquer le processus d'apprentissage. Le réseau neuronal se fige et n'apprend plus. Un courant de recherche psychologique a par ailleurs prouvé les dangers de la mentalité dite « fixiste », qui consiste à expliquer à un enfant : « Si tu as de mauvaises notes en maths, c'est que tu n'es pas doué pour cette matière. » Un enseignant devrait plutôt adopter la mentalité progressiste, en restaurant à l'erreur son statut utile, qui est celui d'un signal informatif : « Tu as eu une mauvaise note en mathématiques, ça veut dire que tu n'as pas encore bien appris cet aspect-là, mais tu vas l'intégrer progressivement. »

E Vous consacrez une partie de votre ouvrage au sommeil. En quoi est-il fondamental pour l'apprentissage ?

S. D. Je m'appuie sur des découvertes

récentes qui montrent que, pendant que nous dormons, le cerveau est hyperactif et fait tourner un algorithme d'apprentissage. C'est le moment où nos neurones réactivent tout ce qui a été appris dans la journée. C'est primordial, encore plus chez les tout-petits. Prenez la période de l'apprentissage des mots : un bébé va d'abord percevoir que le terme « chien », appris dans un contexte particulier, fait référence à cet animal spécifique. Dormir va lui permettre de fixer l'information et de la généraliser. Le lendemain, il comprendra plus facilement que ce mot s'applique à tous les chiens.

8 Certaines expérimentations ont montré que l'on pouvait manipuler le sommeil pour mieux apprendre...

S. D. En essayant, par exemple, de synchroniser un bruit de vagues avec les ondes lentes que le cerveau émet pendant le sommeil, il est possible d'en augmenter la profondeur. Le lendemain matin, l'apprentissage est mieux consolidé. On peut également envoyer pendant la nuit des odeurs ou des sons qui évoquent des moments de la journée consacrés à tel ou tel apprentissage. Une odeur de rose, que des élèves auraient sentie pendant leur cours de japonais, permettrait de biaiser le traitement de l'information pendant le sommeil vers ce contenu particulier.



SOUTH AGENCY/ISTOCK

Apprentissage « Au cours de sa première année, l'enfant met en place les phonèmes, c'est-à-dire les consonnes et les voyelles de sa langue. »

8 Certains cas d'hyperactivité pourraient également être dus à un simple manque de sommeil ?

S. D. Il faut rester très prudent, car cela ne concerne que certains enfants – mais la recherche a montré que ces enfants, victimes d'apnée du sommeil, pouvaient développer des troubles qui ressemblent à de l'hyperactivité ou à de l'inattention. En améliorant leur sommeil, on a pu

faire disparaître ces troubles. D'autres mesures peuvent également être prises. Je pense notamment aux adolescents qui n'arrivent pas à se lever tôt le matin. Ce n'est pas de la mauvaise volonté de leur part, c'est uniquement lié à leur cycle de sommeil, qui se décale avec la puberté. Certaines écoles pionnières ont repoussé d'une heure le début des cours, uniquement pour cette classe d'âge. Résultat : les performances scolaires se sont améliorées.

8 Votre titre évoque le « défi des machines ». Les progrès de l'intelligence artificielle sont-ils en passe de révolutionner les méthodes d'apprentissage ?

S. D. Mon livre explique les avancées phénoménales de l'intelligence artificielle, mais aussi la manière dont elle diffère des algorithmes qu'emploie notre cerveau. Quand le logiciel AlphaGo a battu le champion du monde de jeu de go, j'y ai vu un jour historique. Néanmoins, le cerveau humain est encore loin d'être imité par les machines. Ce qui leur manque, c'est la capacité de formuler



Accompagnement « Sans pédagogie spécifique, l'ordinateur est une source de distraction. » (Ici, en Uruguay)

M. ROJO/ANFP



J. KELLY/ISTOCKPHOTO

Sommeil « Pendant que nous dormons, le cerveau est hyperactif et fait tourner un algorithme d'apprentissage. C'est le moment où nos neurones réactivent tout ce qui a été appris dans la journée. »

des théories scientifiques, comme le font, on l'a vu, les tout-petits. Les machines restent très spécialisées, elles ne sont pas capables de réfléchir dans des domaines multiples et de rassembler leurs connaissances sous une forme symbolique. Mais les choses évoluent très vite et je ne serais pas surpris que, d'ici à dix ou quinze ans, des machines beaucoup plus avancées voient le jour. Tous les piliers de l'apprentissage humain que j'évoque dans mon livre (l'attention, l'engagement actif, le retour sur erreur, la consolidation) sont en train d'être modélisés par l'intelligence artificielle.

« Certaines personnes, très critiques à l'égard des sciences cognitives, vous reprochent de ne pas tenir compte des facteurs sociaux. Que leur répondez-vous ? »

S. D. Je récusé totalement cette critique. Ma préoccupation personnelle et notre préoccupation principale, au conseil scientifique de l'Education nationale que je préside, ce sont bien les enfants défavorisés. De nombreuses recherches montrent que ce

"Le cerveau humain est encore loin d'être imité par les machines. Ce qui leur manque, c'est la capacité de formuler des théories scientifiques, comme le font les tout-petits"

sont eux qui bénéficient en premier lieu des recherches et des préconisations issues des interventions inspirées par les sciences cognitives, car ce sont eux qui souffrent le plus des erreurs pédagogiques. Alors que les enfants issus de milieux plus favorisés ont la chance d'avoir des parents qui compensent les failles du système. Notre but est donc bien de lutter contre les inégalités. Le conseil scien-

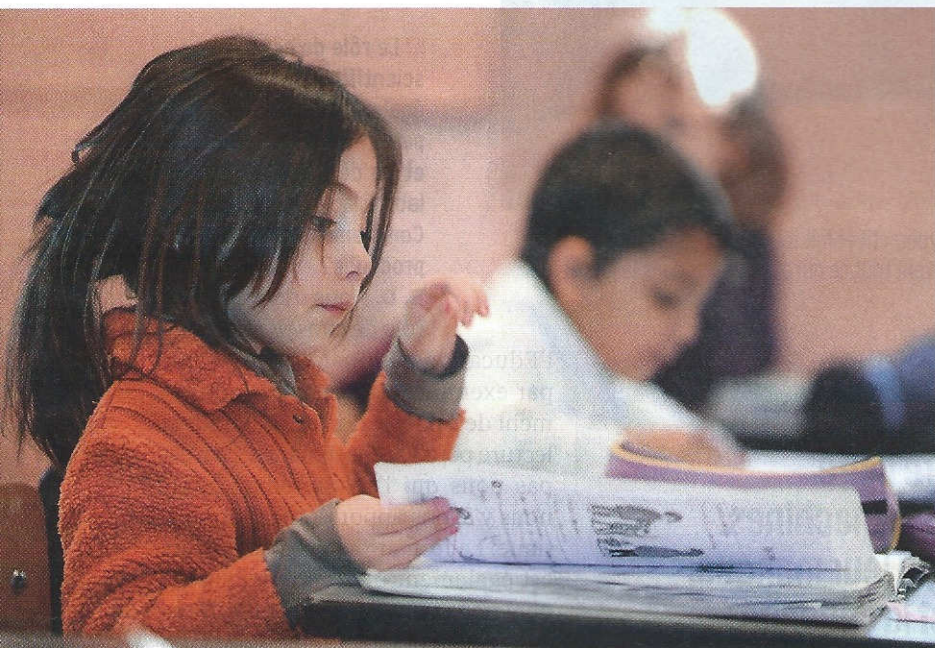
tifique a notamment beaucoup collaboré avec l'Education nationale pour mettre en place des outils d'évaluation capables de détecter en CP et en CE1 les besoins et les progrès de chaque enfant. Ces petits tests permettront aussi de doter les enseignants de moyens d'intervention pédagogique adéquats et individualisés.

« Le rôle du conseil scientifique est également d'aider à faire passer les recherches et les découvertes du labo à la salle de classe. Comment allez-vous procéder ? »

S. D. Nous n'avons qu'un rôle de conseil auprès de l'Education nationale. Nous avons, par exemple, été consultés au moment de l'élaboration du guide sur la lecture pour les enseignants. Ce n'est pas nous qui l'avons rédigé, mais nous y avons apporté un regard critique. La formation des enseignants est également un point clef sur lequel nous pouvons intervenir. Nous aidons à concevoir des cours en ligne, dans le cadre de la formation continue, ou des cursus dont les Ecoles supérieures du professorat et de l'éducation pourraient s'inspirer. Tout cela sans empiéter sur la liberté pédagogique des enseignants. Les principes généraux que j'explique dans mon livre sont compatibles avec une variété de méthodes. Une fois que les enseignants ont compris ces grands principes, intimement liés au fonctionnement du cerveau, ils peuvent déployer toute leur créativité pédagogique. Je dis souvent que, pour exercer pleinement sa liberté, il faut être conscient des conséquences de ses choix. Sinon ce n'est pas la liberté, c'est jouer à pile ou face. Veut-on jouer à pile ou face avec l'avenir de nos enfants ?

LES QUATRE PILIERS DE L'APPRENTISSAGE

Dans son dernier livre, le neuroscientifique Stanislas Dehaene liste les moyens les plus sûrs pour bien apprendre. Extraits.



P. DESMAZES/AFP

Vue « Si un enfant ne comprend pas à quoi il doit faire attention, il ne le voit pas, et ce qu'il ne voit pas, il ne peut pas l'apprendre. »

L'ATTENTION

Imaginez que vous arriviez à l'aéroport juste à temps pour prendre un avion. Tout, dans votre comportement, met en évidence la concentration de votre attention. L'esprit en alerte, vous recherchez le panneau des départs, sans vous laisser distraire par le flot de passagers, puis vous identifiez la ligne qui indique votre vol. Des publicités criardes vous interpellent, mais vous ne les voyez même pas : vous vous dirigez en droite ligne vers le guichet d'enregistrement. Soudain, vous vous retournez, car un ami vient de prononcer votre prénom : ce message, jugé prioritaire par votre cerveau, s'empare de votre attention et envahit votre conscience... vous faisant oublier le numéro du guichet. Telles sont quelques-unes des fonctions clés de l'attention : éveil et alerte, sélection et distraction, orientation et filtrage. En sciences cognitives, on appelle « attention » l'ensemble des mécanismes par lesquels notre cerveau

sélectionne une information, l'amplifie, la canalise et l'approfondit. Ce sont des mécanismes anciens dans l'évolution : le chien qui oriente ses oreilles, la souris qui se fige à l'écoute d'un craquement déploient des circuits attentionnels très proches des nôtres. [...]

Faire attention, c'est donc sélectionner – et, en conséquence, prendre le risque d'être aveugle à ce que nous choisissons de ne pas voir. Aveugles, vraiment ? Le terme n'est pas trop fort : une expérience célèbre, celle du gorille invisible, illustre à merveille la cécité totale que cause l'inattention. Dans cette expérience, on vous demande de regarder un petit film où des joueurs de basket, en blanc et en noir, se font des passes. Vous devez compter le nombre de passes de l'équipe blanche. Rien de plus facile, pensez-vous – et de fait, trente secondes plus tard, vous donnez triomphalement le bon compte. « Oui, mais... et le gorille ? » vous demande

l'expérimentateur. « Le gorille ? Quel gorille ? » On rembobine le film et, à votre stupéfaction, vous découvrez qu'un acteur, déguisé en gorille, vient de traverser toute la scène en se frappant la poitrine. Impossible de le manquer, et d'ailleurs on peut prouver que vos yeux se sont bien posés sur lui. Si vous ne l'avez pas vu, c'est que, concentré sur les joueurs de l'équipe blanche, vous étiez en train d'inhiber les personnages en noir... gorille compris ! Obsédé par la tâche de comptage, votre espace de travail mental était incapable de prendre conscience de cet incongru quadrumane. L'expérience du gorille est une découverte fondamentale des sciences cognitives, maintes fois répliquée : le simple fait de focaliser son attention sur un objet de pensée rend aveugle à d'autres stimulations. [...]

L'expérience du gorille mérite vraiment d'être connue de tous, et particulièrement des parents et des enseignants. En effet, quand nous enseignons, nous



B. ANSELLEM/DIVERGENCE

Difficulté Selon Henry Roediger, « obliger les étudiants à un surcroît d'engagement [...] cognitif conduit souvent à une meilleure rétention ».

avons tendance à oublier ce que c'est que d'être ignorant. Nous pensons que ce que nous voyons, tout le monde peut le voir. Et nous ne comprenons donc pas qu'un enfant puisse, sans aucune mauvaise volonté, ne pas *voir*, au sens le plus littéral du terme, ce qu'on cherche à lui enseigner. Or l'expérience est claire : s'il ne comprend pas à quoi il doit faire attention, il ne le voit pas, et ce qu'il ne voit pas, il ne peut pas l'apprendre.

L'EFFORT

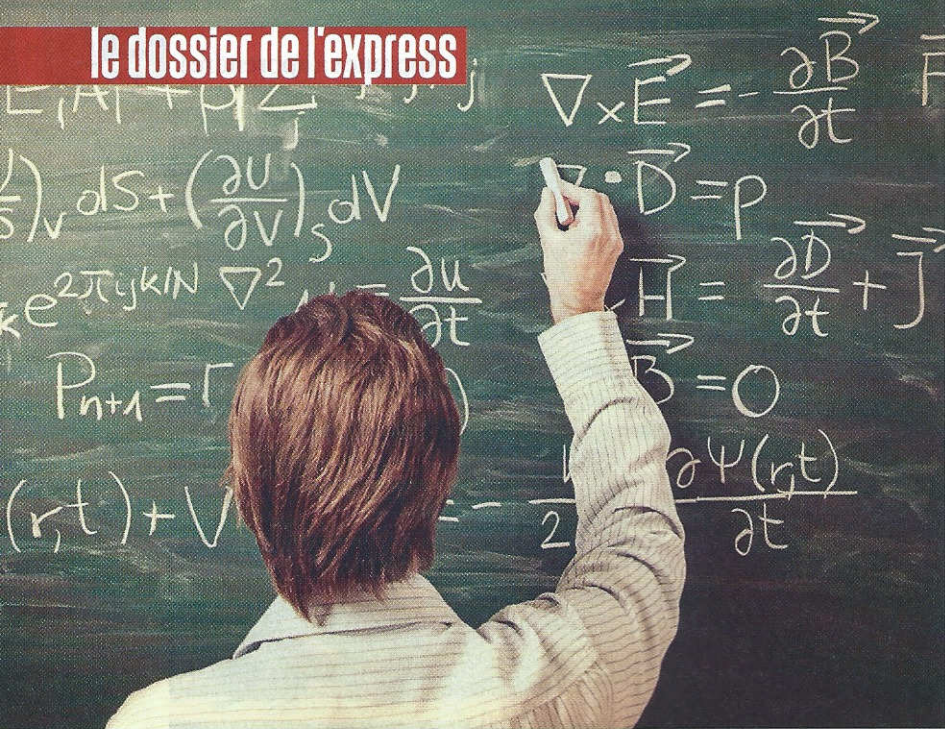
L'engagement actif est le second pilier de l'apprentissage : un organisme passif n'apprend pas[...] Apprendre efficacement, c'est refuser la passivité, s'engager, explorer avec curiosité, générer activement des hypothèses et les mettre à l'épreuve. [...]

Imaginez que je présente 60 mots à trois groupes d'étudiants. Aux uns, je demande de juger si ces mots sont écrits en minuscules ou en majuscules ; aux deuxièmes, s'ils riment avec « chaise » ; et aux troisièmes, s'il s'agit de noms d'animaux ou pas. Ensuite, à l'impromptu, je leur fais passer un test de mémoire. Résultat : la mémoire des mots est

bien meilleure dans le troisième groupe, qui traitait les mots en profondeur, au niveau du sens (75 % de réussite), que dans les deux autres groupes, qui traitaient soit la surface du mot écrit (33 % de réussite), soit celle du mot parlé (52 % de réussite). On trouve certes une faible trace implicite des 60 mots dans tous les groupes – un peu d'apprentissage a laissé son empreinte subliminale dans les systèmes orthographiques et phonologiques. Cependant, seul le travail en profondeur induit une mémoire explicite, détaillée, des mots perçus. Le même phénomène survient au niveau des phrases : faire l'effort de les comprendre soi-même, sans que l'enseignant donne la solution, entraîne une bien meilleure rétention des informations en mémoire.

C'est une règle générale, que le psychologue américain Henry Roediger énonce ainsi : « Rendre les conditions d'apprentissage plus difficiles, ce qui oblige les étudiants

« Et le gorille ? »
« Le gorille ?
Quel gorille ? »



D. PABIS/ISTOCK

Expérimentation Les tests montrent qu'« une interaction active avec les objets physiques » favorise mieux l'apprentissage que des explications verbales.

à un surcroît d'engagement et d'effort cognitif, conduit souvent à une meilleure rétention. » [...]

Prenons un autre exemple : l'apprentissage de la physique. Des étudiants de licence doivent apprendre les concepts abstraits de moment cinétique angulaire et de couple moteur. Séparons-les en deux groupes : aux uns, on donne dix minutes d'expérimentation avec une roue de bicyclette, et aux autres, dix minutes d'explications verbales et d'observations des autres étudiants. Résultat : l'apprentissage est bien meilleur dans le groupe qui bénéficie d'une interaction active avec les objets physiques. Rendre l'enseignement plus profond, plus engageant est un gage de succès.

LE RETOUR SUR ERREUR

Les Shadoks, avec humour, l'érigeaient au rang de principe : « Ce n'est qu'en essayant continuellement que l'on finit par réussir... En d'autres termes, plus ça rate et plus on a de chances que ça marche ! » Sans aller aussi loin, il est vrai qu'il est pratiquement impossible de progresser si l'on ne commence pas par échouer – à condition de recevoir un signal de feed-back, une rétroaction qui nous indique la bonne voie. C'est pourquoi le retour sur erreur est le troisième pilier de l'apprentissage, et l'un des paramètres éducatifs les plus influents : la qualité et la précision du retour que nous recevons déterminent la rapidité avec laquelle nous apprenons. [...]

Prenons l'analogie du jeu vidéo. Lorsque vous découvrez un nouveau jeu, forcément, vous ne savez pas quelle est la manière efficace de progresser. Vous n'avez pas envie qu'on vous rappelle en permanence à quel point vous êtes mauvais ! C'est pourquoi les concepteurs de jeux vidéo

introduisent, au départ, des niveaux extrêmement faciles, où vous vous faites plaisir en gagnant presque à coup sûr. Très progressivement, la difficulté augmente et, avec elle, le risque d'échec et de frustration – mais les programmeurs savent la mitiger en mélangeant le facile et le difficile, et en vous donnant toute latitude de rejouer le même niveau autant que nécessaire. Progressivement, votre score s'améliore... et un jour d'allégresse, vous franchissez ce maudit obstacle qui vous bloquait. Maintenant, comparez cela avec le bulletin de notes d'un mauvais élève : il démarre l'année avec une mauvaise note, et au lieu de le remotiver en lui laissant repasser le même test jusqu'à la réussite, on lui impose, chaque semaine, un exercice nouveau, toujours au-delà de ses capacités. Jour après jour, son « score » reste voisin de zéro. Sur le marché du jeu vidéo, un

design aussi désastreux serait un échec cuisant. [...]

Pourquoi le fait de se tester à intervalles réguliers a-t-il des effets aussi positifs ? Parce qu'il exploite l'une des stratégies les plus efficaces que les sciences de l'apprentissage ont découvertes : l'espacement des apprentissages. C'est la règle d'or : distribuer les périodes d'entraînement plutôt que de les agglomérer. Au lieu de grouper tout l'apprentissage en une seule fois, on alterne les périodes d'étude et de test, et on révise régulièrement à des intervalles de temps de plus en plus espacés.

Des décennies de recherches en psychologie expérimentale montrent que l'espacement est une stratégie bien plus efficace que l'enseignement en une seule fois. Si l'on dispose d'un temps fixe pour apprendre, mieux vaut répartir les leçons dans le temps que tout apprendre d'un bloc. La distribution de l'apprentissage sur plusieurs jours a des effets massifs : l'expérience montre que l'on peut multiplier sa mémoire d'un facteur 3 lorsqu'on révise à intervalles réguliers plutôt que de tenter d'apprendre en une seule fois. La règle est simple, et tous les musiciens la connaissent : mieux vaut quinze minutes de travail tous les jours de la semaine que deux heures concentrées sur une seule journée.

Pourquoi la stratégie d'espacement fonctionne-t-elle si bien ? L'imagerie cérébrale montre que le regroupement

Les Shadocks : « Plus ça rate et plus on a de chances que ça marche »

des problèmes en une seule session diminue l'activité cérébrale, peut être parce que l'information répétée perd progressivement de sa nouveauté. La répétition semble également créer une illusion de savoir, un excès de confiance dû à la présence de l'information en mémoire de travail – elle paraît disponible, on l'a en tête, on ne voit pas l'intérêt de travailler plus. Au contraire, l'espacement des apprentissages augmente l'activité cérébrale. Il semble créer un effet de « difficulté désirable » en interdisant le simple stockage en mémoire de travail, et en forçant ainsi les circuits sollicités à travailler plus.

Quel est l'intervalle de temps le plus efficace entre deux répétitions de la même leçon ? Une forte amélioration est observée lorsque l'intervalle est de vingt-quatre heures – probablement parce que le sommeil, comme nous le verrons dans un instant, joue un rôle central dans la consolidation des apprentissages. Mais le psychologue américain Hal Pashler et ses collègues montrent que l'intervalle optimal dépend de la durée de rétention en mémoire que l'on souhaite obtenir. Si l'on a besoin de se souvenir d'une information pendant quelques jours ou quelques semaines, alors il est idéal de la réviser tous les jours. Si, par contre, on souhaite que les connaissances soient préservées pendant plusieurs mois ou plusieurs années, il faut allonger l'intervalle de révision en proportion. L'effet est massif : une seule répétition d'une leçon, quelques semaines après la première, multiplie par



F. GROUË/CITIMAGES

Optimisation « L'intervalle de temps le plus efficace entre deux répétitions de la même leçon dépend de la durée de rétention en mémoire que l'on souhaite obtenir. »

trois les nombres d'items qu'on parvient à rappeler quelques mois plus tard ! Pour garder l'information en mémoire le plus longtemps possible, le mieux est d'augmenter progressivement l'espacement temporel : on commence par des leçons tous les jours, puis une révision au bout d'une semaine, d'un mois, d'un an... Cette stratégie garantit une mémoire optimale à chaque instant.

LA CONSOLIDATION

Prenez un bon élève en fin de CP. Sa première année d'école s'est bien passée. Soutenu par les trois premiers piliers de l'apprentissage, il a vite appris à lire. Il s'est engagé activement dans la lecture, avec curiosité et enthousiasme. Il a appris à prêter attention à chaque mot, à chaque lettre, de la gauche vers la droite. Et, au fil des mois, il est parvenu à corriger ses erreurs pour décrypter fidèlement les correspondances entre les lettres et les sons, et reconnaître les mots irréguliers. Pourtant, ce n'est pas encore un lecteur fluide. Il lit lentement et avec effort. Que lui manque-t-il ? Il lui reste encore à déployer le quatrième pilier de tout apprentissage : la consolidation. Celle-ci doit encore rendre automatique et inconsciente l'activité de lecture qui, pour l'instant, mobilise toute son attention.

L'analyse de ses temps de réponse est révélatrice. Elle montre que plus les mots sont longs, plus il lui faut de temps pour les déchiffrer. La courbe est linéaire, ce qui est caractéristique d'une opération sérielle, pas à pas : chaque lettre supplémentaire ajoute un cinquième de seconde au total. C'est tout à fait normal : à son âge, lire, c'est encore déchiffrer les lettres et les syllabes une par une. Mais ce n'est pas définitif : avec

Fluidité L'élève devient un lecteur rapide grâce à des mécanismes de routinisation.



KERKEZ/ISTOCKPHOTO



S. KAWASE/ISTOCK

Espacement « Tous les musiciens connaissent la règle : mieux vaut quinze minutes de travail tous les jours que deux heures concentrées sur une seule journée. »

la pratique, dans les deux années qui suivent, sa lecture va s'accélérer et devenir plus fluide. Après deux ou trois années de pratique intensive, l'effet de la longueur des mots aura disparu. Devenu un lecteur efficace, il mettra le même temps pour lire un mot de trois lettres ou de huit lettres. Sa reconnaissance visuelle sera passée d'un traitement séquentiel à une opération parallèle : l'identification simultanée de toutes les lettres du mot.

La consolidation, c'est cela : passer d'un traitement lent, conscient, avec effort, à un fonctionnement rapide, inconscient, automatique. Notre cerveau ne s'arrête jamais d'apprendre. Même lorsqu'une compétence est maîtrisée, il continue de la surapprendre. Il dispose de mécanismes de routinisation qui « compilent » les opérations que nous utilisons régulièrement sous la forme de routines plus efficaces. Il les transfère dans d'autres régions du cerveau où elles pourront se dérouler inconsciemment, en toute autonomie, sans perturber les autres opérations en cours. [...]

Ce qui est vrai pour la lecture vaut aussi pour tous les autres domaines de l'apprentissage. Lorsque nous pratiquons un instrument de musique, que nous apprenons à conduire une voiture ou à taper à la machine, nos gestes

« Ce qui est vrai pour la lecture vaut aussi pour tous les autres domaines de l'apprentissage »

sont initialement sous le contrôle du cortex préfrontal : nous les produisons lentement, consciemment, un par un. Au bout de quelques séances, tout effort a disparu, et nous pouvons parler ou penser à autre chose : l'activité motrice s'est transférée dans le cortex moteur et surtout dans les noyaux gris centraux, un groupe de circuits sous corticaux qui enregistrent nos comportements automatiques et routiniers (y compris les prières et les jurons!). Même chose dans le domaine de l'arithmétique : pour un enfant débutant, chaque calcul est une montagne qui demande de gros efforts d'attention et mobilise les circuits du cortex préfrontal. A ce stade, le calcul est séquentiel : pour résoudre $6 + 3$, l'enfant va typiquement compter les étapes une par une « 7, 8... 9! ». Au fil de la consolidation l'activité préfrontale s'évanouit, au profit des circuits spécialisés du cortex pariétal et temporal ventral.

Pourquoi la routinisation est-elle si importante? Parce qu'elle libère les ressources du cortex. Souvenez-vous que les réseaux de contrôle exécutif du cortex pariétal et préfrontal imposent un goulot d'étranglement cognitif : ils ne peuvent pas faire deux choses à la fois. Pendant qu'ils se concentrent sur l'exécution d'une tâche donnée, toutes les autres décisions conscientes sont ralenties ou abolies. Ainsi, tant qu'un apprentissage n'est pas automatisé, il absorbe les précieuses ressources de l'attention exécutive et empêche l'enfant de se concentrer sur toute autre chose. Consolider un apprentissage, c'est rendre les ressources du cerveau disponibles pour d'autres objectifs.

Prenons un exemple concret. Imaginez que vous deviez, simultanément, vous concentrer sur la lecture d'un texte et résoudre un problème de maths, comme un lecteur débutant : « Hin hotomobilist kit Nanth pour Pari à katorzeure. La distensse ai de troa sans quilomaitre. Ile harive à dicesetteure. Kaile été sa vitaisse moi hyène? »

La difficulté est claire : il est pratiquement impossible de faire les deux choses en même temps. La difficulté de lecture abolit toute capacité de réflexion arithmétique. Pour progresser, il est indispensable que les outils mentaux qui nous sont les plus utiles, tels que la lecture ou l'arithmétique, deviennent comme une seconde nature, qu'ils opèrent inconsciemment et sans effort. Nous ne pourrions pas construire les plus hauts niveaux de la pyramide éducative sans en avoir d'abord consolidé les fondations.

Apprendre! Les talents du cerveau, le défi des machines, par Stanislas Dehaene, Odile Jacob, 384 p., 22,90 €. En librairie le 5 septembre.