NATIONAL GEOGRAPHIC

HORS-SÉRIE

SEPTEMBRE-OCTOBRE 2018

MOUVEMENT
Le cortex moteur est impliqué dans les déplacements

OUÏE
Si vous aimez Brahms,ça se passe ici

SENSATION
La perception du chaud active le lobe pariétal

ÉMOTION
Un chagrin d'amour siège dans l'hypothalamus

ÉQUILIBRE
Des troubles de la stabilité naissent dans le cervelet

Votre cerveau en 100 questions insolites

- BOOSTEZ VOS PERFORMANCES
- ENTRETENEZ LA SANTÉ DE VOTRE CERVEAU
- LES DERNIÈRES DÉCOUVERTES DE LA SCIENCE

NOUVELLE ÉDITION 2018 MISE À JOUR

PM PRISMA MEDIA
M 06672 - 31H - F: 6,90 € - RD

BEL : 7.30 € – CH : 11 CHF - CAN : 12.99 CAD - LUX : 7.30 € – DOM Avion : 9 € ; Bateau : : 7.30 € - Zone CFP Bateau : 1 000 XPF.

Nouvelle Formule

NATIONAL GEOGRAPHIC

TRAVELER

INSPIRER – EXPLORER – PARTAGER

Crédits photos : © Jean Jullien.

Vous aussi mettez en scène les illustrations de Jean Jullien et partagez vos clichés sur instagram #FlatJean en mentionnant le compte @natgeo_france

NATIONAL GEOGRAPHIC

TRAVELER, VOYAGER AUTREMENT

Image en miroir
Des études portant sur de vrais jumeaux ont montré que les capacités mentales sont largement héréditaires.

SOMMAIRE

6 Introduction

20 Le cerveau qui apprend
Votre cerveau traite et emmagasine en permanence les informations les plus récentes. Souvenirs et nouvelles expériences sont les clés de l'apprentissage.

48 Le cerveau qui perçoit
Votre cerveau appréhende le monde extérieur à travers vos sensations, qui ont un impact sur vos pensées, vos émotions et votre personnalité.

70 Le cerveau inconscient
Votre cerveau est toujours en activité, même quand vous êtes endormi. La limite entre les deux états du cerveau que sont l'inconscience et la conscience est ténue.

88 Le cerveau des émotions
Votre cerveau est le siège d'émotions, qui peuvent tout influencer, des expressions de votre visage à vos décisions quotidiennes.

108 Le cerveau vieillissant
Votre cerveau change continuellement à mesure que vous vieillissez, mais l'exercice physique et la gymnastique mentale contribueront à le maintenir en bonne santé.

Le monde n'attend que vous !

Les guides de voyage NATIONAL GEOGRAPHIC

Retrouvez toute l'expertise de National Geographic

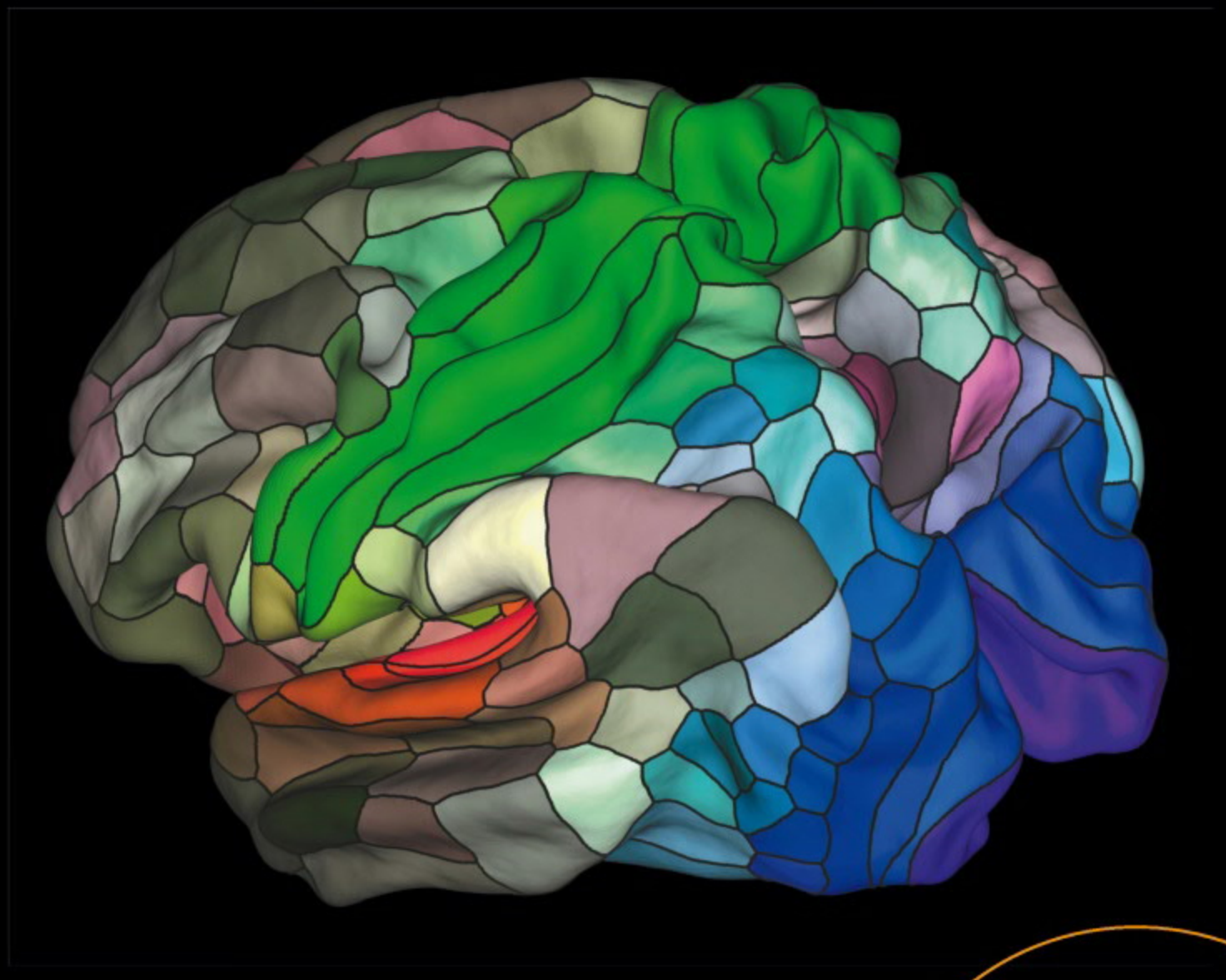
+ visuels ! Nouveau cahier photo

+ pratiques ! Nouveau format plus léger

Et toujours aussi complets !

- Histoire, culture
- Cartes et conseils d'itinéraires
- Nos meilleures adresses pratiques en partenariat avec tripadvisor®

+ de 50 destinations à découvrir - Disponibles en librairie à partir de 11€50



Le cerveau, nouvelle frontière?

ÉDITO

Siège de nos pensées, de nos émotions et de notre conscience, le cerveau demeure pourtant l'une des plus grandes énigmes scientifiques encore en suspens. Dans l'Antiquité, les médecins le croyaient constitué de glaires et Aristote y voyait un réfrigérateur refroidissant les ardeurs du cœur. Au XVII[e] siècle, Thomas Willis, un médecin anglais, reconnut qu'il était le siège de notre monde mental. Mais il fallut attendre encore cent ans pour que l'on comprenne qu'il était un organe électrique.

Depuis, les recherches se poursuivent : grâce à la recherche fondamentale et à l'imagerie cérébrale, la science a permis une connaissance accrue du cerveau et, aujourd'hui, en dépit de son immense complexité, les progrès en nanotechnologie, informatique et mathématiques permettent aux chercheurs de croire qu'ils pourront bientôt en cartographier la totalité, avec toutes ses connexions. Ces dernières années, des projets ont surgi un peu partout dans le monde, financés par les États, des universités et des fondations privées. Avec le Human Connectome Project, les données de 1 200 volontaires ont d'ores et déjà été utilisées pour créer une carte identifiant près de cent nouvelles régions spécialisées du cerveau, ce qui porte leur total à 180.

Le défi : permettre une meilleure compréhension des maladies cérébrales comme l'Alzheimer. Mais aussi relever un enjeu majeur de santé publique : en décembre 2017, on comptait 50 millions de personnes atteintes de démences dans le monde et 10 millions de nouveaux cas surviennent chaque année, selon l'OMS.

Et si le cerveau était la nouvelle « frontière » de la science ?

Catherine Ritchie, ***rédactrice en chef adjointe***

Ci-dessus : la nouvelle carte du cerveau identifiant près de cent régions spécialisées supplémentaires.

Le saviez-vous ?

Estimer une quantité (combien ?) ou un volume (quelle taille ?) fait appel à des parties du cerveau différentes.

2

Le saviez-vous ?

Les personnes atteintes du syndrome de Fregoli prennent les étrangers pour des amis déguisés.

3

Le saviez-vous ?

Les souvenirs sensoriels ne durent qu'une fraction de seconde.

Le saviez-vous ?

Environ un individu sur quatre est un «super-dégustateur», bien plus sensible aux goûts désagréables que les autres.

Lire dans notre esprit
Des électrodes sont placées sur la tête pour faire un électroencéphalogramme. Cette méthode d'exploration cérébrale a permis de montrer que le cerveau déclenche une action avant que nous en prenions conscience.

INTRODUCTION

Votre cerveau et votre esprit

Le cerveau n'a pas besoin d'être présenté. Après tout, il est ce qui fait que vous êtes *vous*. Mais il est paradoxal que l'organe par lequel nous comprenons le monde en sache si peu sur lui-même. Aujourd'hui, grâce aux recherches stupéfiantes qui reposent sur des décennies – en réalité des siècles – d'investigations, la science lève peu à peu le voile sur le cerveau, pour nous expliquer comment environ 1,5 kg de chair crée un univers entier à l'intérieur de votre tête.

Chaque jour, à chaque seconde, une symphonie incroyablement complexe de réactions électrochimiques se joue au sein de cette masse ondulée, dont une bonne part sans l'intervention d'un chef d'orchestre conscient. Le cerveau ordonne aux poumons de se dilater sous l'afflux de l'air, et au cœur de pomper le sang. Il abrite les souvenirs, interprète les sons et les visions, les goûts et les odeurs, et nous permet d'éprouver des sentiments allant du subtil au sublime.

Mais au-delà du travail que cet organe accomplit automatiquement, quelque chose de complètement différent se produit. Du cerveau humain naissent la conscience et l'esprit – une aptitude unique, propre à *Homo sapiens*, l'« homme pensant », conscient d'être conscient.

Qui est aux commandes ?

Voir, c'est croire

Étape 1.
Placez votre index sur l'image du bouton.

Étape 2.
Comptez à rebours de 5 à 0.
Quand vous commencez à dire le mot zéro, pressez sur le bouton.

Étape 3.
Répondez à cette question : à quel moment votre esprit a-t-il commencé à commander à votre doigt de bouger ?

Maintenant, tournez la page.

push

Instantanéité de la pensée
Une balle de base-ball est lancée vers vous à pleine vitesse. Essayez-vous de la frapper ? Une partie de votre cerveau prend la décision de le faire, une autre l'explique – et s'en attribue le mérite.

Que s'est-il passé ?

À l'intérieur de votre cerveau, l'activité électrique associée au mouvement a commencé à croître près d'une seconde avant que votre doigt ne bouge, alors que vous prononciez le mot zéro. Deux chercheurs allemands, Hans Helmut Kornhuber et Lüder Deecke, ont découvert l'existence de cet intervalle de temps grâce à une série d'expériences réalisées au cours des années 1960. Ils ont placé des électrodes sur le cuir chevelu de cobayes pour mesurer leur activité cérébrale au moment où ils exécutaient des mouvements simples des doigts, puis ont comparé leurs résultats avec des enregistrements réalisés grâce à des électromyographes, qui mesurent l'activité musculaire. Ils ont ainsi pu relever un pic électrique précurseur dans le cerveau huit dixièmes de seconde avant chaque mouvement, qu'ils ont appelé « potentiel de préparation motrice ».

Kornhuber et Deecke ont décelé un deuxième pic d'activité électrique, plus modeste, cinq centièmes de seconde avant le mouvement. À la différence du premier, très étendu, ce pic a pour siège la région motrice contrôlant les doigts. Pris ensemble, les deux pics enregistrés tendent à montrer qu'il existe une activation généralisée du cerveau qui se focalise pour déclencher une action spécifique.

Dans les années 1980, un autre scientifique, Benjamin Libet, a mené une expérience similaire, mais en tenant compte d'un élément supplémentaire : des volontaires devaient bouger un doigt à l'instant de leur choix, mais en utilisant une pendule pour déterminer précisément le moment où ils avaient eu conscience de « vouloir » le faire. Étonnamment, celui-ci survenait largement après le pic précurseur, mais avant que les capteurs ne détectent le mouvement du doigt.

Conclusion : une partie inconsciente de votre cerveau « désire » une action avant que vous ayez conscience de votre volonté de la mettre en œuvre.

Le saviez-vous ?

Le lobe temporal droit du cerveau s'active en cas de déclic dans la pensée.

Multitâche
À l'aide de réactions électrochimiques, le cerveau peut traiter une multitude de sensations à différents niveaux de conscience.

INTRODUCTION

Le cerveau

Au cours des deux derniers siècles, les scientifiques ont utilisé des instruments de plus en plus sophistiqués pour localiser dans le cerveau les différents types d'activité. Mais il leur reste encore beaucoup à découvrir.

Un bref examen commence avec les structures protectrices du cerveau, dont la boîte crânienne, formée de vingt-deux os, qui l'abrite. Trois membranes – la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère – constituent également des couches de protection. Entre les deux dernières membranes coule le liquide cérébrospinal (LCS). Des ventricules pleins de liquide forment de profondes indentations à l'intérieur du cerveau et communiquent avec le canal central de la moelle épinière. Le liquide cérébrospinal protège le cerveau et nourrit les tissus.

Les parties du cerveau Selon les estimations des spécialistes de l'évolution, la zone la plus ancienne du cerveau est son tronc, qui débute comme une extension de la moelle épinière. Le tronc cérébral, la première partie du cerveau, commande les actions physiques de base nécessaires à la survie, comme les battements du cœur et la respiration. Il abrite de nombreux nerfs sensoriels et moteurs, la fonction des seconds étant de contrôler les mouvements des tissus musculaires.

Les neurones moteurs sont aussi très nombreux dans la deuxième partie du cerveau, appelée le cervelet. Situé à l'arrière et à la base du crâne, c'est un centre nerveux de la fonction motrice : il coordonne des mouvements volontaires précis, par exemple les actions comme nouer le lacet de sa chaussure ou pratiquer le violon, et joue également un rôle dans les émotions.

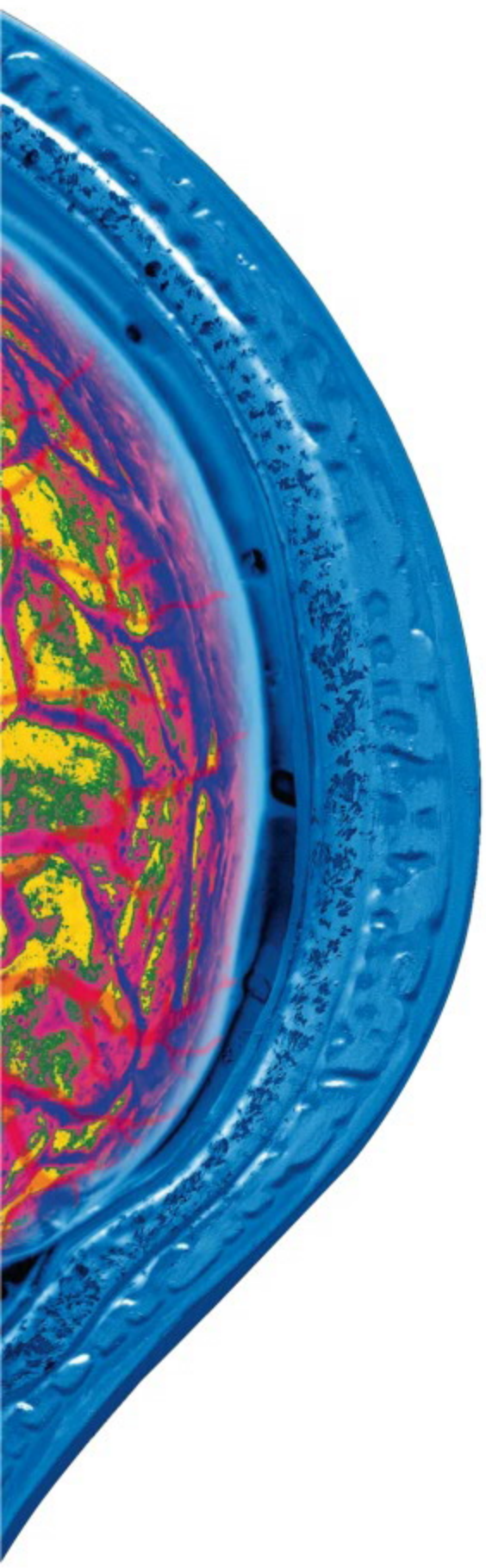
Troisième partie du cerveau – située au centre –, le diencéphale ordonne les rythmes du sommeil et de l'éveil, régule les actions involontaires du système nerveux, comme la digestion, et relaie des stimuli sensoriels vers d'autres régions du cerveau. ▶

6

Le saviez-vous ?

Un cinquième de votre sang sert à irriguer votre cerveau.

Un regard à l'intérieur
Cette image obtenue par IRM (imagerie par résonance magnétique) montre une vue latérale d'un cerveau humain et de ses vaisseaux sanguins.



Le cerveau

Le télencéphale Quatrième partie du cerveau, le télencéphale est ce à quoi les gens pensent quand ils se représentent le cerveau. Il est composé de deux hémisphères, le gauche et le droit, reliés entre eux par une bande de tissu appelée corps calleux. Bien que semblables, les deux moitiés remplissent des fonctions très différentes.

Siège du langage, l'hémisphère gauche a longtemps été considéré comme la moitié dominante. Mais l'hémisphère droit a récemment attiré l'attention de certains scientifiques pour le rôle qu'il joue dans les émotions et le sens de l'orientation, et pour sa fonction intégrative, qui permet de réunir des fragments d'information.

Le cortex cérébral Plissée et ridée, telle une noix rosée et spongieuse, cette couche cérébrale externe est le siège des fonctions supérieures – la raison, la pensée créative, le langage… –, qui différencient le cerveau humain de celui des autres animaux. La puissance de feu neurologique nécessaire pour réaliser de tels exploits est considérable : 76 % de la masse cérébrale humaine se trouve dans cette zone, pourcentage plus élevé que chez n'importe quel autre animal, et le cortex contient environ 75 % des connexions synaptiques.

Cette région traite les informations afin que l'on puisse comprendre suffisamment notre monde pour y survivre. L'évolution et l'expérience ont configuré les connexions synaptiques qui s'y trouvent de façon à favoriser les fonctions sensorielles et cognitives, performantes depuis des millénaires de vie humaine. Tout ce qui pose un défi à votre cerveau, comme les expériences contenues dans ce hors-série, ouvre une fenêtre sur des profondeurs insoupçonnées de la connaissance de soi. ■

7

Le saviez-vous ?

Si on le dépliait et qu'on l'étalait, le cortex cérébral aurait la taille d'une petite nappe de table.

Variables multiples
Capacités cognitives et de mémorisation sont mobilisées dans le processus complexe qu'est l'apprentissage.

CHAPITRE

1

Le cerveau qui apprend

Le cerveau se reconfigure constamment pour devenir un organe physiquement différent de ce qu'il était l'instant d'avant. Jamais au repos, il est confronté chaque jour à de nouvelles expériences, intégrant certaines d'entre elles au réseau d'informations déjà en stock, renonçant à d'autres. La formation de souvenirs fonde l'identité personnelle et sociale d'un individu. Quand la maladie ou des troubles mentaux privent le cerveau de certaines de ses facultés, altérant la mémoire et le langage de l'être humain, ils privent aussi ce dernier de ce qui le rend unique.

Apprentissage et mémoire œuvrent de concert. Certains types d'expériences se transforment en souvenirs durables, d'autres se révéleront éphémères. Eric R. Kandel, prix Nobel pour ses recherches sur les fondements moléculaires de la mémoire, fait cette distinction : « L'apprentissage est la façon dont on acquiert de nouvelles informations sur le monde, et la mémoire, celle dont on emmagasine ces connaissances au fil du temps. » L'apprentissage ne comprend pas uniquement des éléments cognitifs (résoudre une équation du deuxième degré), mais aussi des éléments moteurs (savoir faire un nœud de cravate) et des éléments affectifs (éprouver de la honte après avoir commis un impair en société).

Expérience

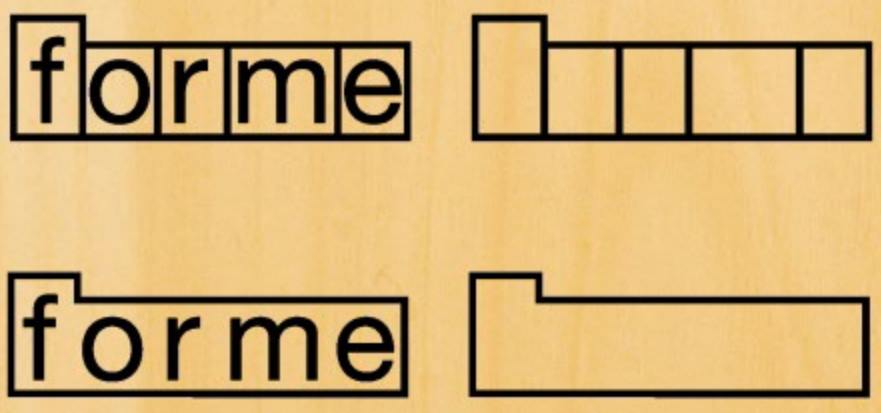
Comment nous lisons

Lettres et mots

En premier lieu
Lisez les mots sur la page ci-contre.

Puis tournez la page.

Sleon une édtue de l'uvinértise de Cmabrigde, l'odrre des ltteers dnas un mot n'a pas d'ipmrotncae, la suele coshe ipmrotnate est que la pmeirère et la drenèire soeint à la bnnoe pclae. Le rsete peut êrte dnas un dsérorde ttoal et vuos puoevz tujorous lrie snas porlbème. C'est prace que le creaveu hmauin ne lit pas chuaqe ltetre elle-mmêe, mias le mot cmome un tuot.



Contours des mots
Votre cerveau apprend à lire en s'exerçant à reconnaître lettres et groupes de lettres, puis en les reliant pour créer du sens. Des lecteurs expérimentés utilisent également le contexte et des indices comme la forme et l'ordre des caractères pour identifier les mots (à gauche).

Que s'est-il passé ?

Le texte énigmatique que vous venez de lire est un canular qui a circulé sur Internet en 2003. Quand ils en ont pris connaissance, des scientifiques de l'université de Cambridge ont dénoncé la supercherie. Puis ils ont expliqué comment, bien qu'il contînt une part de vérité, ce texte allait aussi à l'encontre des résultats de la recherche en linguistique.

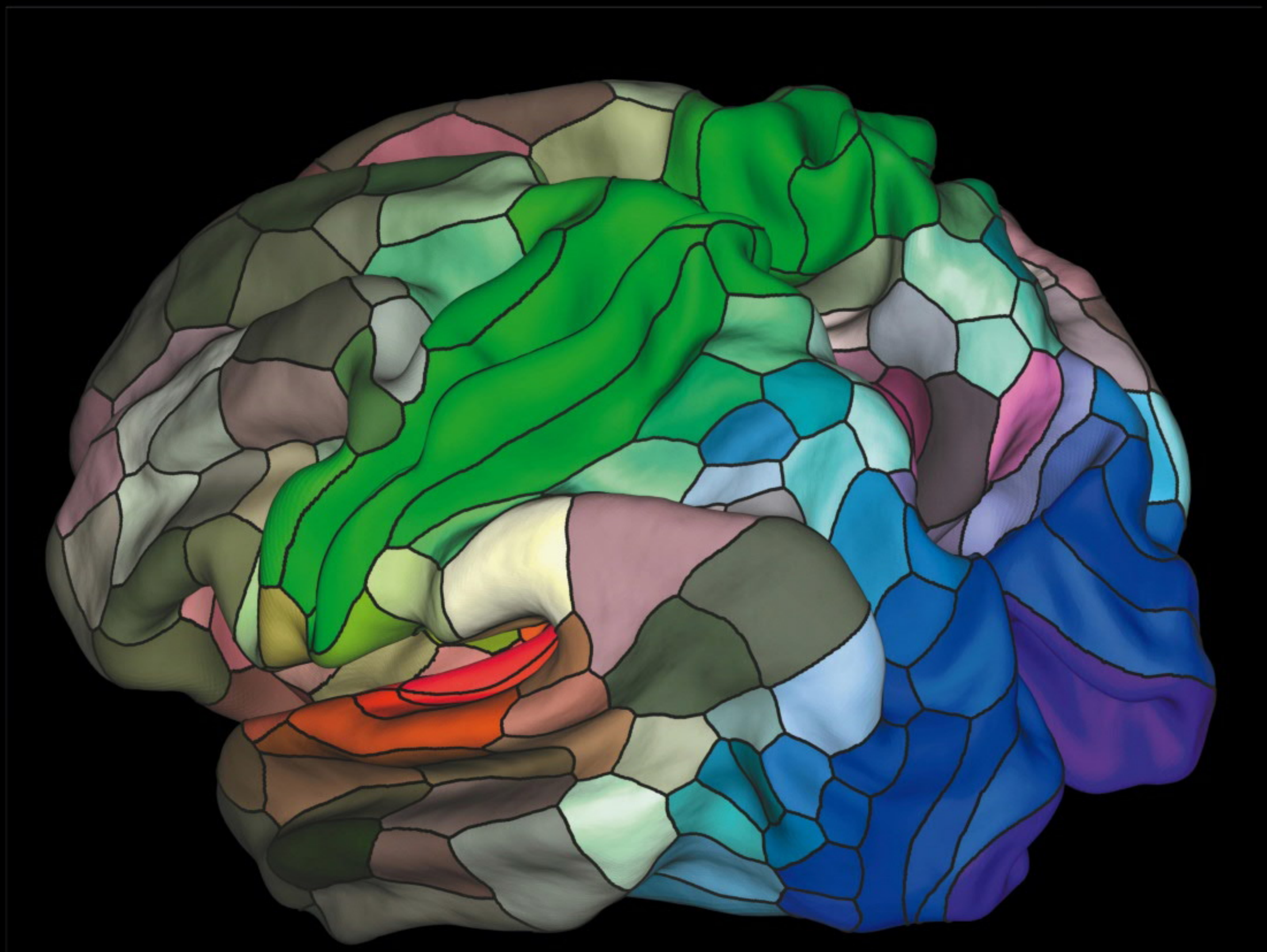
D'abord, la vérité : la forme est l'une des variables, parmi d'autres, que le cerveau utilise pour décoder des mots imprimés. James Cattell, précurseur de la psycholinguistique, a proposé le modèle de lecture fondé sur la forme des mots en 1886. L'espace de quelques fractions de seconde, il montrait des mots et des lettres à des cobayes pour tester leur mémoire. De manière surprenante, ceux-ci reconnaissaient les mots, et les lettres qu'ils contenaient, mieux que les lettres seules. Cattell en conclut que leur cerveau traitait la forme des mots dans leur globalité. Par exemple, il reconnaissait le vocable « chope » au h montant en deuxième position et au p descendant en quatrième. Le cerveau identifie plus rapidement des lettres au milieu d'un mot que prises isolément.

Matt Davis, de la MRC Cognition and Brain Sciences Unit de Cambridge, a fait remarquer que l'affirmation concernant l'importance des première et dernière lettres d'un mot était fausse. Il a proposé cette phrase comme test : « Un micéden a ronnecu l'iichomde d'un alecsnedot srfafnuot d'un cnecar ddéécé aèrps une eerrur de prpesicrtnio mmenctaédisuee hpiilèostare. » Une fois les lettres dans l'ordre, on pouvait lire : « Un médecin a reconnu l'homicide d'un adolescent souffrant d'un cancer décédé après une erreur de prescription médicamenteuse hospitalière. » Le texte canular contient des mots courts sans lettres inversées et de nombreux autres peuvent être devinés d'après le contexte. Pour Davis, l'ordre des lettres, la forme du mot et le contexte jouent tous un rôle dans la lecture.

8

Le saviez-vous ?

La lecture sur les lèvres active à la fois les centres visuel et auditif du cerveau.



Cartographier le cerveau
Une nouvelle carte basée sur des données de scans cérébraux rassemblées par le Human Connectome Project révèle 97 nouvelles régions du cerveau, ce qui porte leur total à 180.

Cellules cérébrales

Pour lire, apprendre, reconnaître les formes, et pour bien d'autres activités, tout commence par l'unité fondamentale du cerveau : la cellule nerveuse, ou neurone. Certaines chaînes de neurones envoient des informations au cerveau à partir des extrémités du corps ; d'autres transmettent des informations au corps depuis le cerveau. Pour autant, d'autres chaînes partagent des données pour élaborer ensemble les pensées subconscientes ou conscientes, et les sensations.
Le cerveau humain contiendrait 90 milliards de neurones, chacun étant relié à de très nombreux autres. Ainsi, la totalité du réseau neuronal établit des billions de connexions, ce qui fait de notre cerveau le système le plus complexe de l'univers.

Le cartographier En dépit de l'immense complexité du cerveau, les progrès en nanotechnologie, informatique et mathématiques permettent aux chercheurs de croire qu'ils pourront bientôt cartographier la totalité du cerveau avec toutes ses connexions. Ces dernières années, des projets ont surgi un peu partout dans le monde, financés par les États-Unis, l'Union européenne, des universités et par des fondations privées. Les chercheurs ont d'ores et déjà utilisé les données de 1 200 volontaires du Human Connectome Project pour créer une carte identifiant près de cent nouvelles régions spécialisées du cerveau.

Histoire vécue

Formidable souris

En 2015, une équipe de chercheurs universitaires a produit la première carte complète d'une région du cerveau. L'organe en question appartenait à une souris, et la partie cartographiée était beaucoup plus petite qu'un grain de sable, mais le résultat a fourni l'image d'un réseau de connexions dense et complexe.

Pour créer cette carte, les scientifiques ont découpé en fines lamelles un minuscule échantillon du néocortex de la souris. Un microscope électronique à balayage a lu chaque lamelle, puis un ordinateur les a toutes reproduites graphiquement. Sur l'image tridimensionnelle finale obtenue – une synthèse de la totalité des scans – figurent chaque neurone et cellule gliale (qui assure le soutien, l'alimentation et la protection du neurone), ainsi que les 1 700 synapses qui les relient.

Le saviez-vous ?

Un neurone peut s'étendre d'un côté à l'autre du cerveau.

LE CERVEAU QUI APPREND

Les neurotransmetteurs

Les neurones (cellules nerveuses) du cerveau communiquent entre eux par le biais des synapses, aires de jonction qu'emprunte le message chimique pour circuler d'un neurone à l'autre. La molécule chimique qui assure la transmission de ce message est appelée neurotransmetteur. Libéré par un neurone, le neurotransmetteur se fixe sur le récepteur d'un autre neurone, provoquant l'altération de sa charge électrique et déclenchant la circulation de l'influx nerveux. Qui se propage à son tour. Et le processus se reproduit...

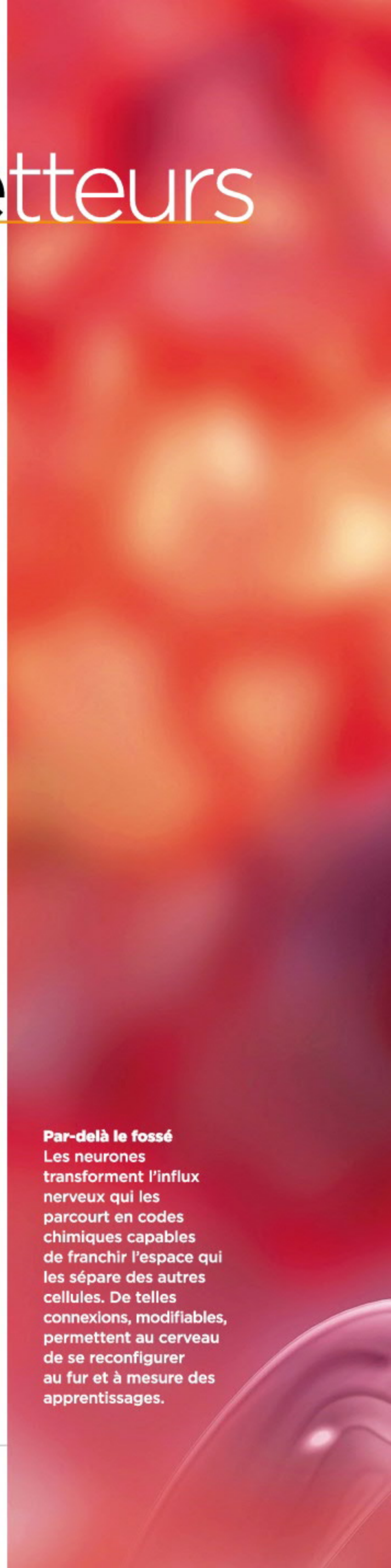
Réseaux électriques Quand elles sont transmises le long des chaînes complexes du système nerveux central, les impulsions électriques forment des réseaux qui se spécialisent dans des fonctions particulières, comme le souvenir d'expériences passées, la compréhension d'un langage ou bien la perception du monde extérieur. Toutes les informations traitées par le cerveau ne sont que de l'électricité qui passe de neurone en neurone et ne s'arrête que pour être convertie en énergie chimique chaque fois qu'elle franchit une synapse.

Plus de 100 neurotransmetteurs ont été découverts à ce jour. Certains contribuent à contracter les muscles, à réguler le sommeil et à bloquer la douleur. Des liens ont été établis entre les dysfonctionnements des neurotransmetteurs et les maladies de Parkinson et d'Alzheimer, la dépression, la schizophrénie et de nombreuses autres maladies.

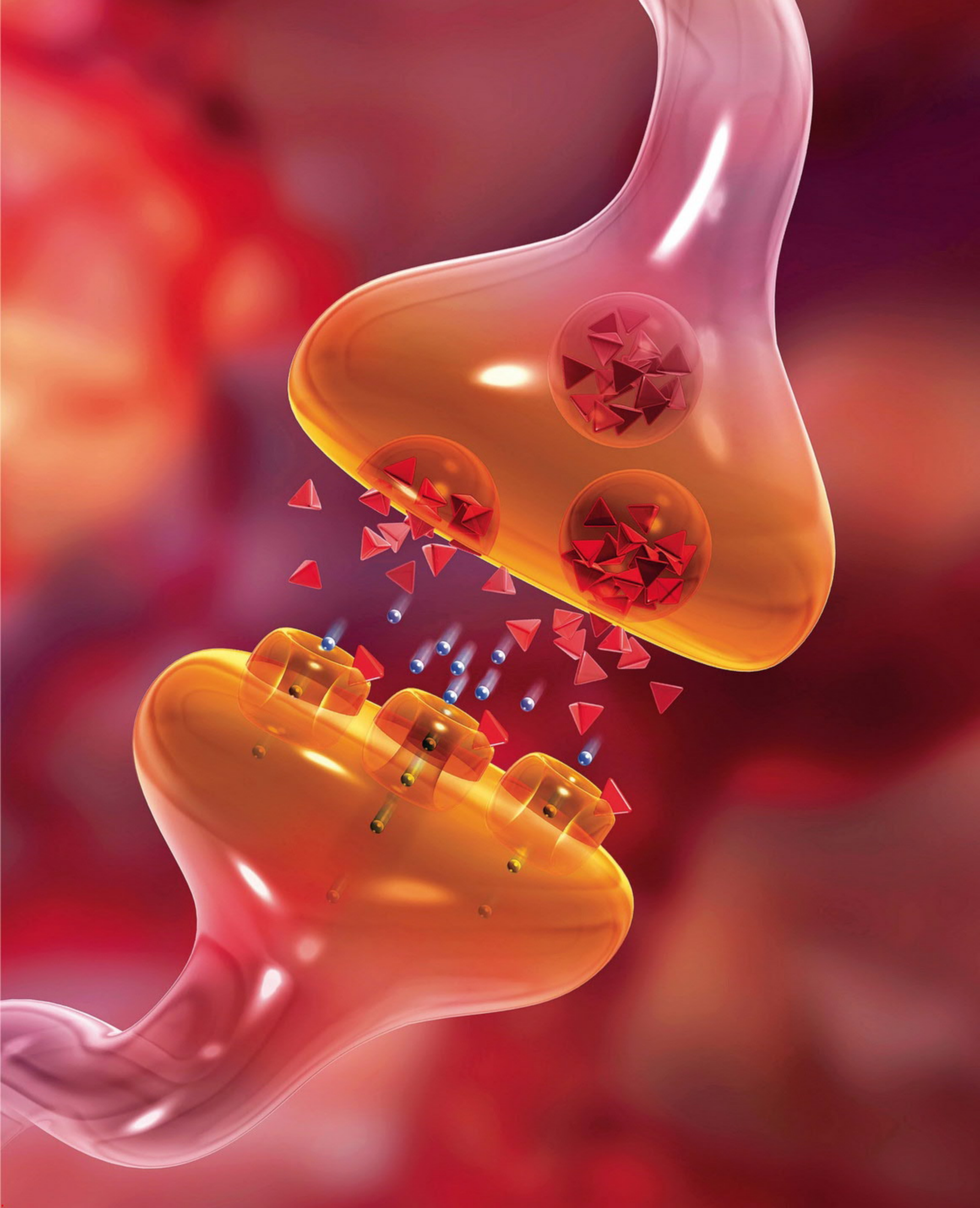
10

Le saviez-vous ?

La vitesse de l'influx nerveux fluctue entre 3 et 120 mètres par seconde.



Par-delà le fossé Les neurones transforment l'influx nerveux qui les parcourt en codes chimiques capables de franchir l'espace qui les sépare des autres cellules. De telles connexions, modifiables, permettent au cerveau de se reconfigurer au fur et à mesure des apprentissages.



Neurones de nouveau-nés
Les naissances prématurées posent des problèmes particuliers au cerveau, l'enfant sortant de l'utérus avant que ses réseaux nerveux n'aient été complètement formés.

Maturation du cerveau

Le cerveau naissant apparaît environ quatre semaines après la conception, quand une fine couche de cellules en forme de cuillère, la plaque neuronale, émerge à l'extrémité de l'embryon où la tête se dessinera. À mesure que le fœtus grandit, la masse grossit et des renflements se forment, qui deviendront les sections principales du cerveau, du cerveau proprement dit, au thalamus, à l'hypothalamus, au cervelet et à la moelle épinière, à l'arrière et à la base de l'organe.

Migration des neurones La maturation la plus dynamique se produit dans le cortex cérébral, la couche externe du cerveau. Au début de la formation du fœtus, quand 250 000 nouvelles cellules nerveuses sont créées à chaque minute, les neurones commencent à assumer des tâches spécialisées.

Peu à peu, quittant l'endroit où ils se sont développés, ils se déplacent vers leurs sites définitifs. La plupart migrent vers le cortex, d'autres vers le cervelet ou ailleurs. Appelé migration, ce processus est remarquable par l'aptitude qu'ont les neurones à trouver leur chemin au milieu des réseaux enchevêtrés du cerveau en développement et par la distance qu'ils ont à parcourir. Des millions d'entre eux effectuent l'équivalent d'un trajet Paris-Téhéran. ▶

Histoire vécue

La plasticité du cerveau

En cas de déficience, le cerveau a la faculté de s'adapter pour continuer de fonctionner. Prenons le cas de Jonathan Keleher, un habitant du Massachusetts. Dans sa petite enfance, il se déplaçait et parlait avec lenteur. À ses 5 ans, on décela enfin l'origine du problème au moyen d'un scanner : l'absence totale de cervelet. Logée à l'arrière du cerveau, cette petite structure contient 50 % des neurones du cerveau. Elle contrôle des fonctions vitales comme l'équilibre, la posture, les aptitudes physiques et certains apprentissages du langage, entre autres. Les adultes atteints d'une détérioration du cervelet peuvent être gravement handicapés et même en mourir. Et cependant, Jonathan Keleher a réussi à marcher, tombant, se relevant et tombant encore. Il a aussi appris à parler ; adulte, il a trouvé un emploi et mené une vie à peu près normale. D'autres parties de son cerveau ont ainsi pris le relais des tâches assumées par le cervelet. Le cas de Keleher, parmi d'autres, démontre aux spécialistes la plasticité du cerveau, en cas de nécessité.

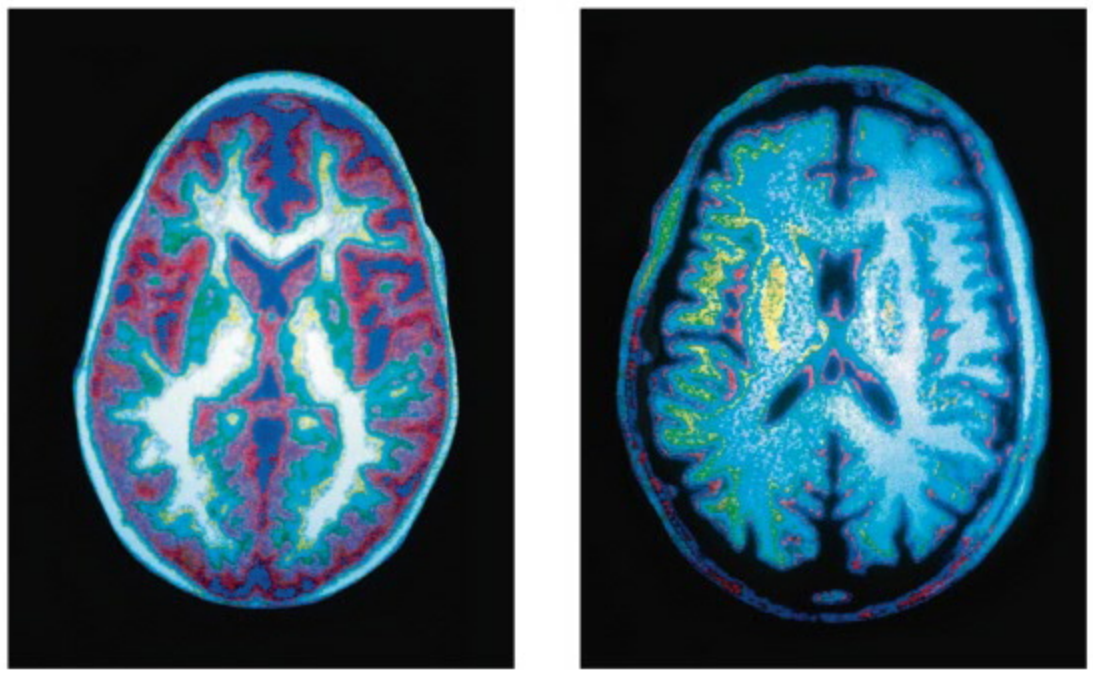
Le saviez-vous ?

Durant toute votre vie, vous n'aurez pas d'autres neurones que ceux que vous aviez à la naissance.

Maturation du cerveau

La loi du plus fort Le cerveau d'un fœtus à environ huit mois après la conception ne pèse que 400 g, trois fois moins que celui d'un adulte, mais il contient deux fois plus de neurones. Le cerveau ne pouvant pas alimenter des réactions biochimiques dans l'ensemble de ses connexions neuronales, les plus faibles d'entre elles périssent. Dans les dernières phases du développement fœtal, près de la moitié des neurones meurent.

À la naissance, la maturation du cerveau continue pour qu'il puisse traiter les réponses à de nouvelles expériences – visions, sons, odeurs, émotions. Les réseaux de neurones rivalisent entre eux pour leur survie : des stimuli environnementaux renforcent certaines connexions, tandis que d'autres dépérissent.



Développements permanents
Pratiquer de l'exercice est important pour la santé tant physique que mentale d'une mère et du bébé qu'elle porte (en haut). Le cerveau d'un enfant de 5 ans (ci-dessus à gauche) a la taille de celui d'un adulte (ci-dessus à droite), mais la formation de ses plis – qui servent à optimiser la surface corticale – n'est pas encore achevée.

Le saviez-vous ?

12 Le cerveau humain comprend environ 50 000 milliards de **cellules gliales** (cellules de soutien des neurones).

Les entendants comme les malentendants utilisent l'hémisphère gauche pour traiter le langage. 13

14 La perte de conscience survient après 8 à 10 secondes d'absence **d'irrigation sanguine** du cerveau.

15 Votre cerveau est composé de 40 % de **matière grise** et de 60 % de **matière blanche**.

16 Il y a un **gaucher** chez 20 % des **jumeaux** – contre 8 % dans la population.

17 Un nouveau-né à qui **l'on ôte un hémisphère cérébral** grandit en général avec des fonctions cérébrales normales.

Le cerveau consomme 20 % de l'**oxygène** et du **glucose** du corps. 18

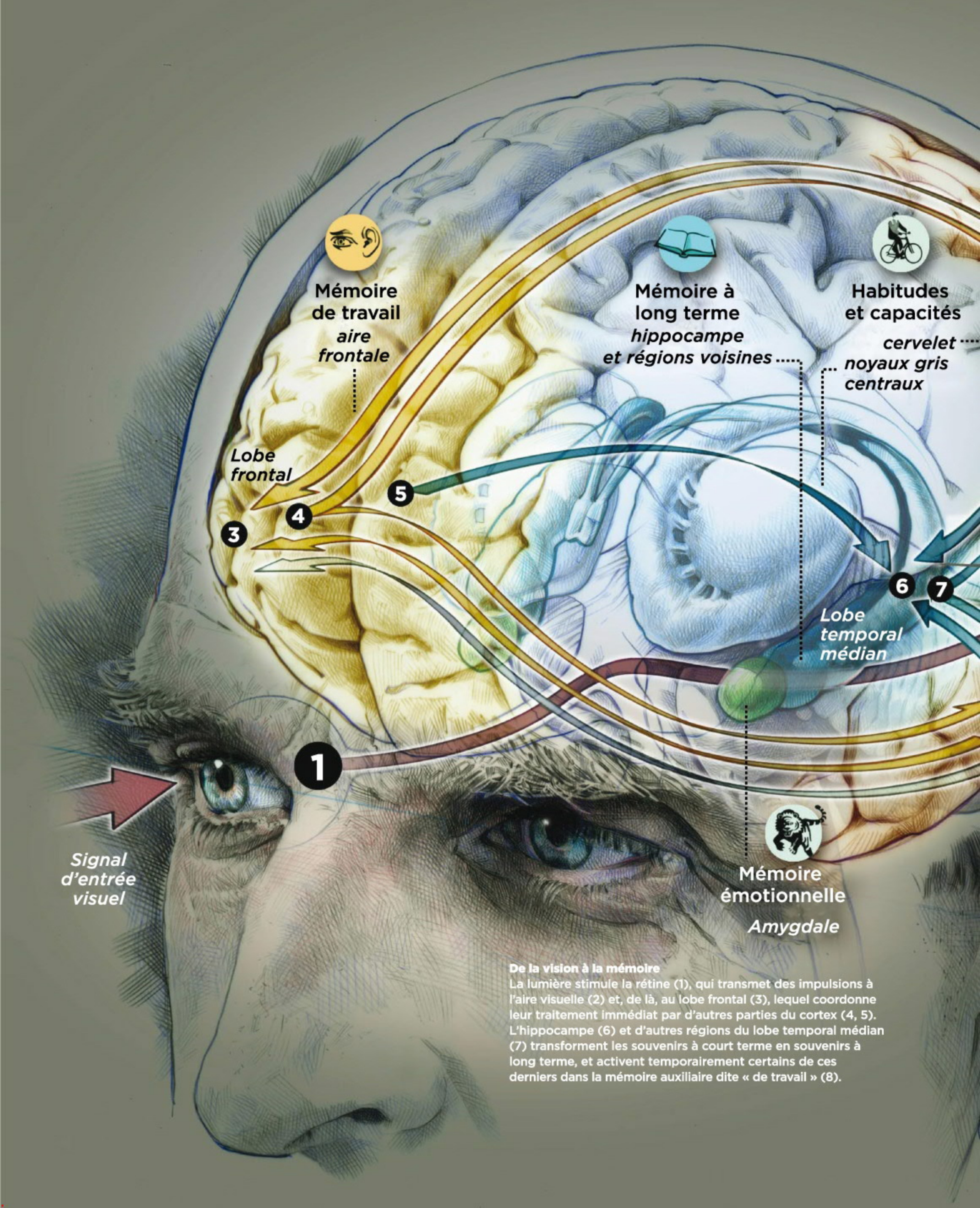
19 L'épaisseur de la matière grise est **maximale** à 11 ans pour les filles, à 12 pour les garçons.

Les **bébés** commencent à **rire** entre 12 et 16 semaines. 20

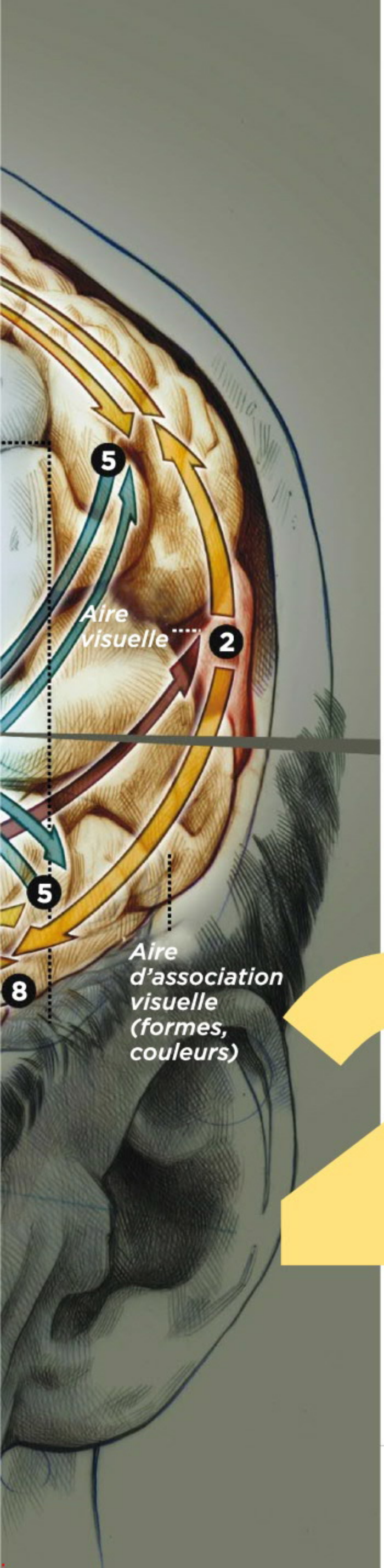
Votre cerveau utilise environ 20 watts de puissance, moins que l'énergie dégagée par une ampoule. 21

22 L'hyperthymésie permet un accès **exceptionnel** à ses souvenirs autobiographiques.

À environ 11 mois, les bébés commencent à **perdre leur faculté** à distinguer les sons d'une langue étrangère. 23



De la vision à la mémoire
La lumière stimule la rétine (1), qui transmet des impulsions à l'aire visuelle (2) et, de là, au lobe frontal (3), lequel coordonne leur traitement immédiat par d'autres parties du cortex (4, 5). L'hippocampe (6) et d'autres régions du lobe temporal médian (7) transforment les souvenirs à court terme en souvenirs à long terme, et activent temporairement certains de ces derniers dans la mémoire auxiliaire dite « de travail » (8).



LE CERVEAU QUI APPREND

La mémoire

Sans elle, les gens vivraient dans un quotidien qui n'en finit pas. La mémoire des représentations du monde confère aux humains la capacité de penser au passé, au présent et au futur.

Les scientifiques qui étudient la mémoire ont eu affaire à de très nombreux casse-tête. Les circuits neuronaux responsables des souvenirs sont éparpillés dans l'ensemble du cerveau. Des chercheurs ont cependant identifié le rôle crucial joué par certaines régions du cerveau. L'hippocampe, appelé ainsi parce qu'il ressemble à l'animal marin du même nom, remplit une fonction essentielle dans la mémoire et les émotions. Situé au cœur du cerveau antérieur, il reçoit les données transmises par les sens et les intègre dans une expérience unique.

Les mémoires de travail et à long terme Certains souvenirs durent moins d'une minute ; d'autres, toute une vie. La mémoire de travail, sorte de mémoire à court terme, retient les sensations durant quelques secondes. On se rappelle les mots que l'on vient de prononcer ou les derniers ingrédients que l'on a mis dans un ragoût, de manière à pouvoir poursuivre les tâches que l'on a commencées. Puis la mémoire de travail se vide, et on recommence.

La mémoire à long terme fonctionne plutôt comme un classeur à tiroirs. Certains documents figurant sur le « bureau » de votre ordinateur ou bien ouverts sur votre table de travail doivent être classés en vue d'un usage ultérieur. Une information a de bonnes chances d'être transférée de la mémoire de travail à la mémoire à long terme si on lui accorde une attention particulière, si l'on essaie de s'en souvenir de façon répétée, ou encore si on l'associe à de fortes émotions. Ce type de souvenirs sert moins à se repérer dans l'instant présent qu'à faire de bons choix et à réussir dans ce que l'on entreprend.

24

Le saviez-vous ?

Après l'avoir entendue deux fois, Mozart joua de mémoire une œuvre de douze minutes.

LE CERVEAU QUI APPREND

Différentes mémoires

Un observateur avisé dresserait sans aucune difficulté la liste des adjectifs qualifiant une délicieuse pomme rouge, ces attributs étant stockés dans quatre sortes de mémoire : mémoires sensorielle, motrice, visuo-spatiale et verbale.

Mémoire sensorielle Cette faculté implique la vue, l'ouïe, le toucher, le goût et l'odorat, ce dernier étant le plus puissant déclencheur de souvenirs. Notre appréhension du monde dépendant de nos cinq sens, il n'est pas surprenant que de nombreux souvenirs puissent être remémorés grâce à des signaux sensoriels. Telle chanson, par exemple, ranimera les souvenirs d'un mariage ou d'une réunion de famille. Les individus dotés d'une très bonne mémoire créent souvent des signaux visuels dans leur imagination pour renforcer leurs souvenirs et les conserver longtemps.

Mémoire motrice Elle porte sur les innombrables actions exécutées par habitude, qui vont de la maîtrise subtile des cordes vocales pour produire un discours à l'acte complexe consistant à marcher sans perdre son équilibre ou à écrire à l'ordinateur. Les lésions des aires cérébrales associées à une fonction particulière affectent forcément la mémoire motrice.

Des recherches récentes tendent à montrer que l'acquisition de nouvelles capacités à l'aide de la mémoire motrice se déroule en deux temps : la première phase sollicite les réseaux neuronaux qui représentent le mieux les organes ou membres requis pour développer cette aptitude – par exemple, les oreilles, les yeux et les doigts pour jouer du violon. La deuxième phase survient une fois que les mouvements de base ont été maîtrisés et implicitement mémorisés, le cerveau mobilise alors des neurones supplémentaires pour perfectionner les mouvements. C'est la différence entre le jeu d'un musicien du dimanche et celui d'un violoniste qui travaille pour jouer dans un orchestre symphonique. ▶

25

Le saviez-vous ?

Des scientifiques ont induit de faux souvenirs à des souris.

Une pomme sous toutes les coutures
Les attributs d'une pomme – sa couleur, son goût, son nom – sont stockés dans des circuits neuronaux distincts.

Les catégories de la mémoire

Mémoire visuo-spatiale Elle fait appel à la fois aux voies neuronales du cortex visuel et aux lobes temporaux, qui jouent un rôle majeur dans l'orientation spatiale. Alors que l'hémisphère gauche est essentiel pour percevoir les détails, le droit traite plutôt l'information comme un tout. Ce qui nous permet de voir en même temps les arbres et la forêt.

Mémoire verbale Elle permet d'associer des mots à des objets, fondement de la communication. L'acquisition du langage repose sur un câblage intact du cerveau, et de graves conséquences peuvent survenir en cas de troubles de la mémoire verbale. Ils peuvent non seulement perturber la communication, mais aussi fausser la perception de la réalité d'un sujet qui n'arrive pas à faire la différence entre des affirmations ayant leur source dans de vrais souvenirs et celles fondées sur des fantasmes. Incapable de faire la part du vrai et du faux, cette personne peut rencontrer des problèmes avec le concept de vérité.

Le processus de remémoration par la récupération d'informations stockées, puis leur restauration, colore les souvenirs d'ajouts, d'omissions et de substitutions. Plus le temps s'est écoulé depuis un événement, plus il y a de chances que le cerveau ait arrangé le souvenir qu'il en a gardé.

Gym mentale

La chambre romaine

Utilisée dès l'Antiquité, cette technique de mémorisation, connue sous le nom de méthode des loci, ou de la chambre romaine, est fondée sur le principe qui consiste à créer des images mentales correspondant aux choses que l'on veut retenir, puis à les replacer dans des endroits suivant une progression logique. Par exemple, visualisez votre salon ; maintenant, associez aux objets éparpillés dans la pièce des images représentant les informations dont vous voulez vous souvenir.

La technique fonctionne toujours, comme l'a prouvé l'ancien joueur de basket Jerry Lucas, qu'il l'a utilisée pour mémoriser le contenu de toutes sortes de livres et de magazines, dont le Nouveau Testament en entier. Ce qui, dit-il, lui a pris un an.
En 2017, une étude sur des « athlètes » de la mémoire utilisant cette méthode a détecté des changements physiques dans leur cerveau. Ces modifications sont intervenues non seulement à l'intérieur de zones particulières, mais aussi entre celles-ci : les connexions ont été renforcées entre le centre de la vision et les autres régions. Et quand les scientifiques entraînent des sujets « ordinaires » à la méthode des loci, leur cerveau révèle les mêmes changements. Vous aussi, vous pourriez devenir un champion de la mémoire.

Le saviez-vous ?

Les souvenirs ont plus de chances de rester s'ils combinent émotions et informations.

LE CERVEAU QUI APPREND

Mémoire défaillante

Les troubles de la mémoire, qui vont des pertes temporaires consécutives à une commotion cérébrale jusqu'aux ravages de la folie, peuvent exercer de profonds effets sur la conscience que l'on a de son identité et de la réalité.

Amnésie Souvent due à l'abus d'alcool, la psychose de Korsakoff, qui se traduit par un étrange trouble de la mémoire, prive le cerveau de sa capacité de créer et de stocker de nouveaux souvenirs. Si vous rencontrez une personne atteinte de cette affection, bavardez avec elle quelques minutes, puis prenez congé. Elle ne vous reconnaîtra pas quand vous reviendrez. Mais si vous laissez entendre que vous vous êtes déjà croisés, elle inventera une histoire décrivant votre rencontre.

Faux souvenirs Ils sont aussi courants chez les personnes saines. Au cours d'une expérience, Elizabeth Loftus a soumis à des adultes une liste d'événements qui leur étaient arrivés dans leur enfance. À cela, elle a ajouté ce mensonge : les sujets avaient été égarés par leurs parents dans un centre commercial. Environ un quart des participants dirent qu'ils s'en souvenaient, plusieurs donnèrent des détails précis. « Les souvenirs des gens ne sont pas seulement la somme de tout ce qu'ils ont fait, mais aussi (...) celle de ce qu'ils ont pensé, de ce qu'on leur a dit, de ce qu'ils croient », explique E. Loftus.

27

Le saviez-vous ?

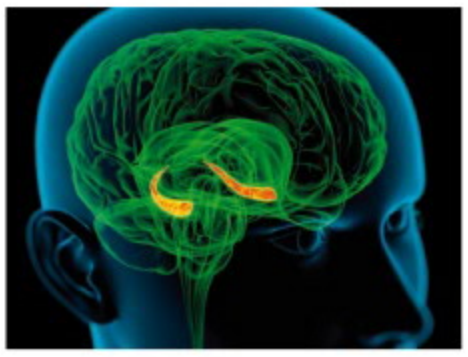
En général, les traitements contre la dépression améliorent la mémoire.

Histoire vécue

Vivre dans l'instant

H. M. vivait dans l'instant. C'était tout ce qui lui restait. Gravement blessé à la tête au cours de son enfance, Henry Gustav Molaison (connu dans la littérature scientifique sous les initiales H. M.) subit une lourde opération du cerveau à l'âge de 27 ans. Sa mémoire en avait été sévèrement altérée ; le chirurgien avait incisé par inadvertance l'hippocampe. Molaison se souvenait de nombreux événements survenus avant l'opération, mais il ne pouvait acquérir de nouveaux souvenirs. Neuropsychologue à Montréal, Brenda Milner commença à lui rendre visite à l'hôpital pour lui faire subir des tests. Chaque visite semblait être la première pour le patient.

Milner apprit deux choses capitales : que les lésions infligées à l'hippocampe pouvaient avoir de très graves conséquences et que Molaison avait conservé une forme de mémoire fondée non pas sur la cognition mais sur des capacités motrices – son « apprentissage moteur » impliquant à l'évidence d'autres régions du cerveau que l'hippocampe.



LE CERVEAU QUI APPREND

Le langage

Le langage, qui inclut la parole et la lecture, est si important pour la survie de l'homme qu'il mobilise une grande partie de l'espace crânien.

Lire et écouter Quand on lit en silence des lettres écrites sur une page, le cortex visuel primaire, à l'arrière du cerveau, tente de reconnaître leurs formes et celles des mots. L'exercice sollicite aussi la mémoire de travail et la mémoire à court terme, l'objectif étant de maintenir les mots suffisamment longtemps dans l'esprit du lecteur pour qu'il puisse comprendre comment ils forment des phrases, ainsi que les fonctions analytiques du cerveau pour identifier ces phrases et en saisir le sens.

Quand un enfant entend des mots prononcés à haute voix, l'aire d'association auditive du cerveau est activée. Comprendre la parole suppose de coder et de décoder le langage dans les aires de réception du langage, qui reçoivent des signaux des aires d'association auditive et, si les mots sont lus sur une page, des aires d'association visuelle.

Un adulte lisant à voix haute n'utilise pas le même circuit qu'un enfant à qui l'on fait la lecture. Lire a généralement pour effet d'activer d'abord le cortex visuel, qui envoie des signaux à l'aire de Wernicke, alors que parler active une zone voisine appelée aire de Broca. Lire à voix haute requiert la coopération des deux aires. ▶

Gym mentale

Les enfants et les langues

Les enfants élevés dans une famille où deux langues sont parlées deviennent parfaitement bilingues et sans accent. Les adultes, en revanche, ont souvent des difficultés à apprendre une deuxième langue, et même quand ils y parviennent, ils ne la parleront jamais aussi aisément que des locuteurs d'origine.

La différence réside dans la plus grande plasticité du cerveau des enfants, qui reconnaissent une variété de sons langagiers plus importante que les adultes. Ils apprennent plus facilement vocabulaire et syntaxe. Et ils assimilent les langues de manière plus efficace, activant des zones plus petites de leur cerveau que ne le font les adultes en phase d'apprentissage.

Bien que le cerveau soit particulièrement enclin à l'étude des langues à un jeune âge, il n'est jamais trop tard pour profiter de la gymnastique mentale qui consiste à s'attaquer à une nouvelle langue. Ce type d'apprentissage permet d'améliorer les capacités cognitives et la mémoire.

Le saviez-vous ?

28

Une zone du cerveau est dévolue à l'audition des consonnes.

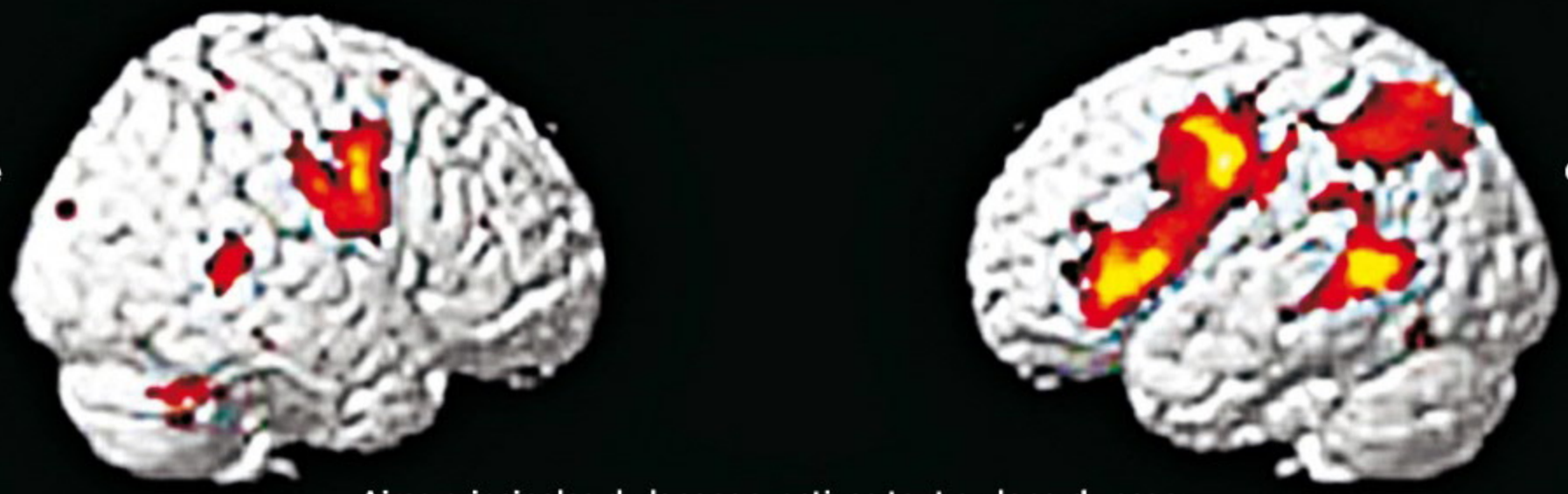
Qu’y a-t-il dans un nom ?

Les scans du cerveau détectent les aires actives impliquées dans l’identification, la catégorisation et la dénomination des objets.

Aires actives pendant la reconnaissance visuelle d’un objet : début de l’accès au lexique.

Droite

Gauche



Aires principales du langage, actives tout au long du scan.

Aires actives pendant l’articulation.

Le legs de Broca
Le chirurgien Paul Broca, qui identifia un centre du langage dans le cerveau, n'hésita pas à préserver un échantillon du cerveau de l'un de ses patients pour des études ultérieures.

Le langage

L'évolution du langage Certains scientifiques pensent que l'esprit peut exister sans le langage, tandis que d'autres estiment que le langage produit l'esprit. « Sans le langage, je n'irais pas jusqu'à dire qu'il ne peut y avoir d'expériences mentales, mais celles-ci ne seraient pas très cohérentes », expose Derek Bickerton, spécialiste des langues créoles.

Selon lui, les pidgins constituent la première étape dans le développement du langage. Ils se forment quand des personnes ne pouvant pas communiquer grâce à une langue commune doivent vivre ensemble, comme ce fut le cas pour les esclaves originaires de diverses tribus d'Afrique transplantés dans le Nouveau Monde. Les pidgins assignent des mots aux objets, mais elles sont dépourvues de grammaire et, du coup, de complexité. « Flèche… cerf » peut être une incitation à tuer un cerf ou le récit d'une chasse qui s'est déjà déroulée. Bickerton pense que la complexité croissante du cerveau d'un enfant et son aptitude à maîtriser la parole pourrait refléter l'histoire de l'évolution du langage humain.

Communication animale Les animaux non humains sont aussi dotés de moyens de communication complexes, qu'ils soient acoustiques, visuels, chimiques ou tactiles. Chaque espèce a sélectionné un mode en fonction de ses récepteurs neuronaux les plus vigoureux et les plus sensibles. Comme les humains, les animaux peuvent aussi combiner des stimuli sensoriels pour une communication plus sophistiquée. Les grands singes, qui sont les êtres vivants les plus proches des humains du point de vue de l'évolution, ont développé un système de communication comprenant gestes, expressions, postures et sons vocalisés. La Gorilla Foundation avait appris à Koko, un gorille femelle des plaines de l'Ouest, décédée le 20 juin 2018 à 46 ans, un millier de mots de la langue des signes américaine. ■

29

Le saviez-vous ?

Koko le gorille utilisait la langue des signes pour former des phrases de trois à six mots.

LE CERVEAU QUI APPREND

Les troubles

De nombreux troubles courants affectent les tâches complexes que sont la parole et la lecture.

Bégaiement Jusqu'à peu, les médecins considéraient le bégaiement comme une affection nerveuse ou liée aux émotions. Aujourd'hui, la maladie, qui affecte environ 1% de la population française, relève du domaine de la neurologie. Le bégaiement apparaît entre 2 et 6 ans, quand l'apprentissage du langage par les enfants s'accélère. Les trois quarts perdent alors spontanément leur bégaiement, dont l'origine exacte n'a pas encore été déterminée, mais on pense qu'il a une composante génétique. Les scans du cerveau de personnes ne bégayant pas montrent que le processus de la parole a le plus souvent pour siège l'hémisphère gauche du cortex ; l'hémisphère droit de bègues présente une activité inhabituelle.

Dyslexie Les différents troubles de l'apprentissage résultent d'une réception, d'une transmission et d'un traitement erronés des informations dans le cerveau. L'un des plus courants, la dyslexie, est un trouble de la formation du langage. Les sujets qui en souffrent peinent à décoder les phonèmes en signifiants et, pour certains d'entre eux, à garder les sons dans leur mémoire à court terme. Plusieurs causes possibles. Des déficiences physiques du gyrus angulaire et de l'arrière de l'hémisphère gauche, actifs durant la lecture, ont fait l'objet d'études. Des IRM de dyslexiques révèlent une activité réduite dans les lobes temporaux, pariétaux et postérieurs. Bien des musiciens et artistes sont dyslexiques. De récentes recherches montrent qu'ils peuvent avoir de plus grandes capacités à entendre les basses et à voir les couleurs vives en vision périphérique.

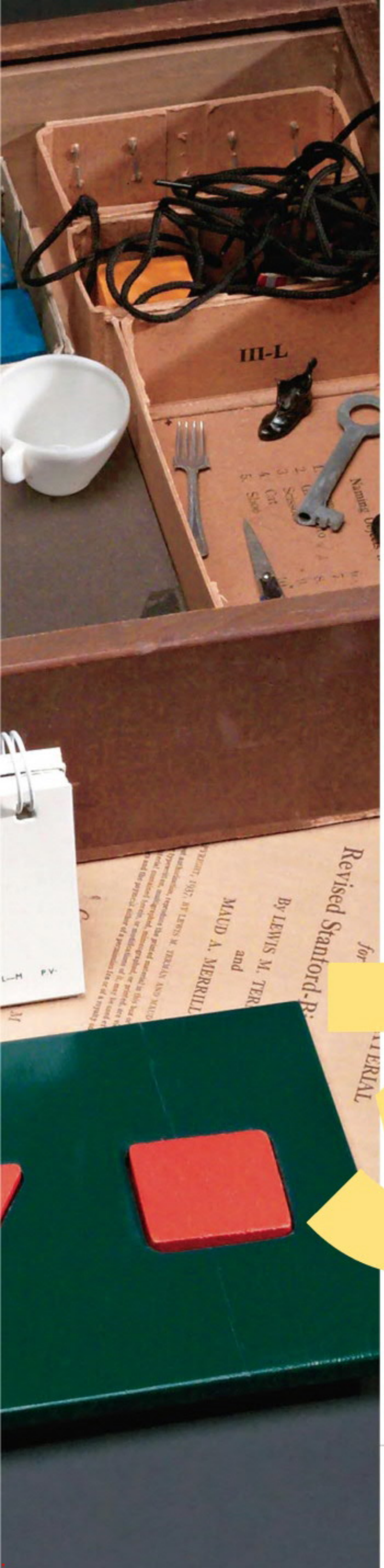
30

Le saviez-vous ?

L'« effet chorale » fait disparaître le bégaiement quand les personnes chantent en groupe.

Du bégaiement à Shakespeare
James Earl Jones a surmonté son bégaiement ; acteur célèbre, il est également connu comme doubleur.

Matériel pour tests de QI
Le test d'intelligence dit de Stanford-Binet de 1937 utilisait des documents imprimés et des jouets miniatures. Ce test a régulièrement été révisé au fil des années.



LE CERVEAU QUI APPREND

L'intelligence

Bien que les tests de QI soient utilisés depuis les années 1900, les neuroscientifiques ne sont pas toujours d'accord entre eux pour définir ce qu'est l'intelligence et dans quelle mesure elle est déterminée génétiquement. Certains des premiers tests mesuraient la connaissance de faits, qui relève plutôt de l'éducation et de la mémoire que de la capacité de raisonnement. En général, cependant, les résultats obtenus par une personne à un test de résolution de problèmes sont un bon indice de ses performances dans une large gamme d'exercices mentaux.

Les scientifiques utilisent le terme « facteur g » quand ils débattent de la façon de mesurer l'intelligence, qui s'évalue par l'aptitude au calcul arithmétique, le raisonnement logique et par la richesse du vocabulaire utilisé. Ils l'associent à un fonctionnement neuronal performant, plutôt qu'à la connaissance en soi. Le cortex préfrontal, situé juste derrière le front, est très vraisemblablement le siège de nombreux processus neuronaux associés au facteur g. Quand il est endommagé, le sujet souffre de diverses déficiences en matière de raisonnement logique, et cette zone est mise en lumière lors de scanographies du cerveau réalisées durant certains tests d'intelligence.

Le rôle de l'hérédité La génétique semble avoir une incidence sur l'intelligence. De vrais jumeaux séparés à la naissance et élevés séparément, mais dans des environnements similaires, présentent une corrélation de 72 % en matière d'intelligence. En 2017, des chercheurs de l'Université libre d'Amsterdam (Pays-Bas) rapportaient, dans la revue Nature Genetics, qu'ils avaient identifié 40 nouveaux gènes associés à l'intelligence, portant ce nombre à 52. L'étude, conduite sur plus de 78 000 sujets, est la plus importante jamais menée sur ce sujet. Mais il faut se méfier du déterminisme génétique, prévient Danielle Posthuma, principal auteur de l'étude. « Les facteurs environnementaux dominent toujours ceux liés à la génétique. »

31

Le saviez-vous ?

Pour les deux tiers d'une population, les scores obtenus aux tests de QI vont de 85 à 115.

Fausse perspective
Aligner une bouteille au tout premier plan avec une personne située loin à l'arrière-plan crée l'illusion de la perspective.

CHAPITRE

2

Le cerveau qui perçoit

Bien à l'abri à l'intérieur du crâne, le cerveau perçoit ce qui l'entoure grâce aux sens. Voir, entendre, goûter, sentir, ressentir : autant de façons pour les êtres humains de collecter des informations sur le monde. Ces données sont retransmises au cerveau, qui les utilise pour formuler idées et opinions, apprécier des situations, générer des réactions, puis stocke ce qu'il a appris sous forme de souvenirs. Les informations qui pénètrent dans le cerveau influent puissamment sur les pensées, les émotions et la personnalité. En d'autres termes, ce que nous voyons et entendons – autant que ce que nous goûtons, sentons, touchons… – entre pour beaucoup dans ce que nous sommes.

Dans le processus sensoriel, ce sont les récepteurs du même nom qui s'activent en premier dans le cerveau. Ces neurones spécialisés réagissent aux changements environnementaux, appelés stimuli quand ils sollicitent le système nerveux. La sensation indique la conscience que nous en avons, comme le fait de savoir que de la musique provient de notre chaîne stéréo. La perception est une interprétation de ce que le stimulus signifie – à savoir que la musique est un peu trop forte, ou qu'il s'agit de l'une de nos chansons préférées.

Expérience

Indices de couleur

Le contexte fait tout

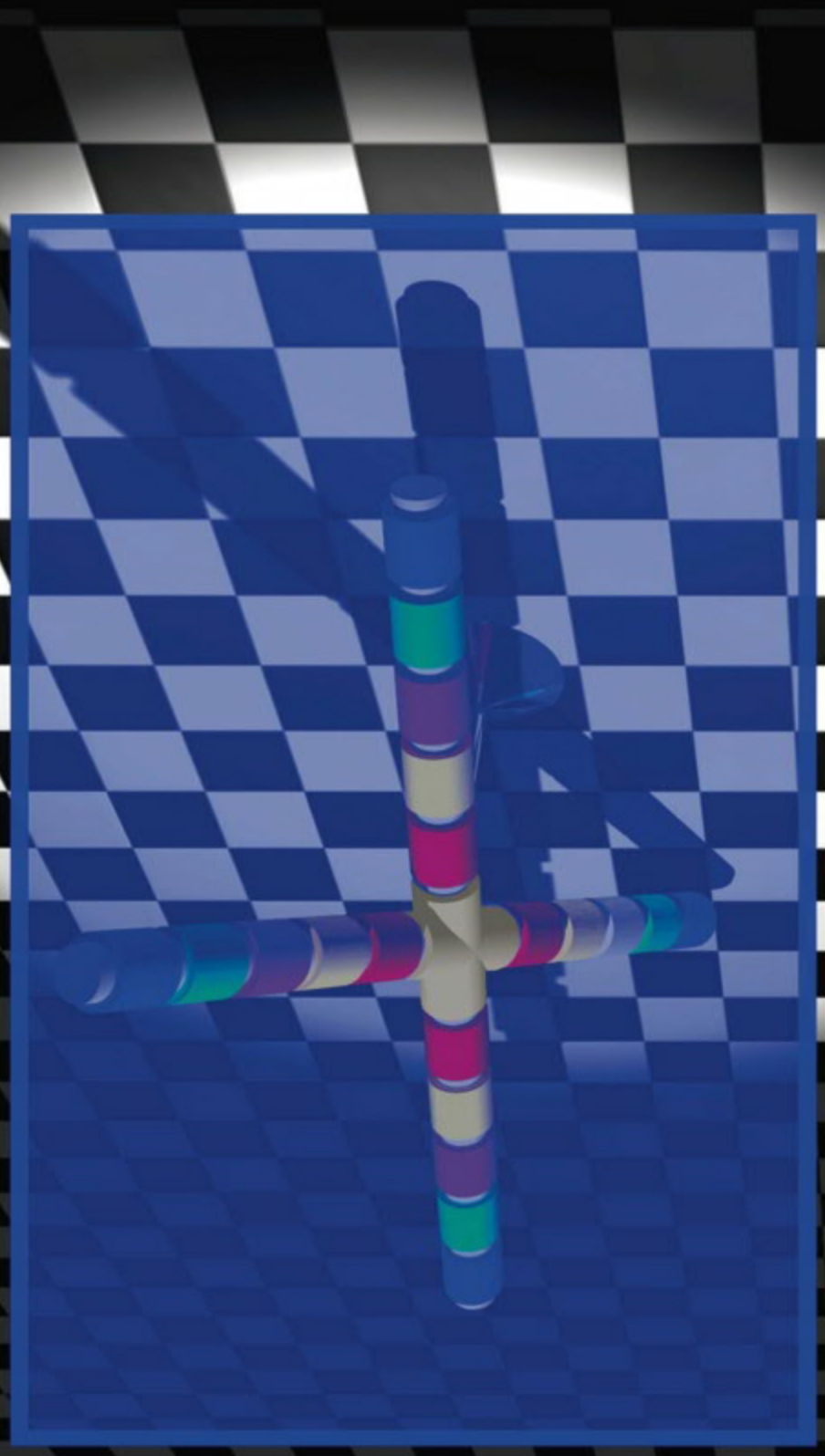
Étape 1.
Regardez attentivement l'œuvre d'art ci-contre.

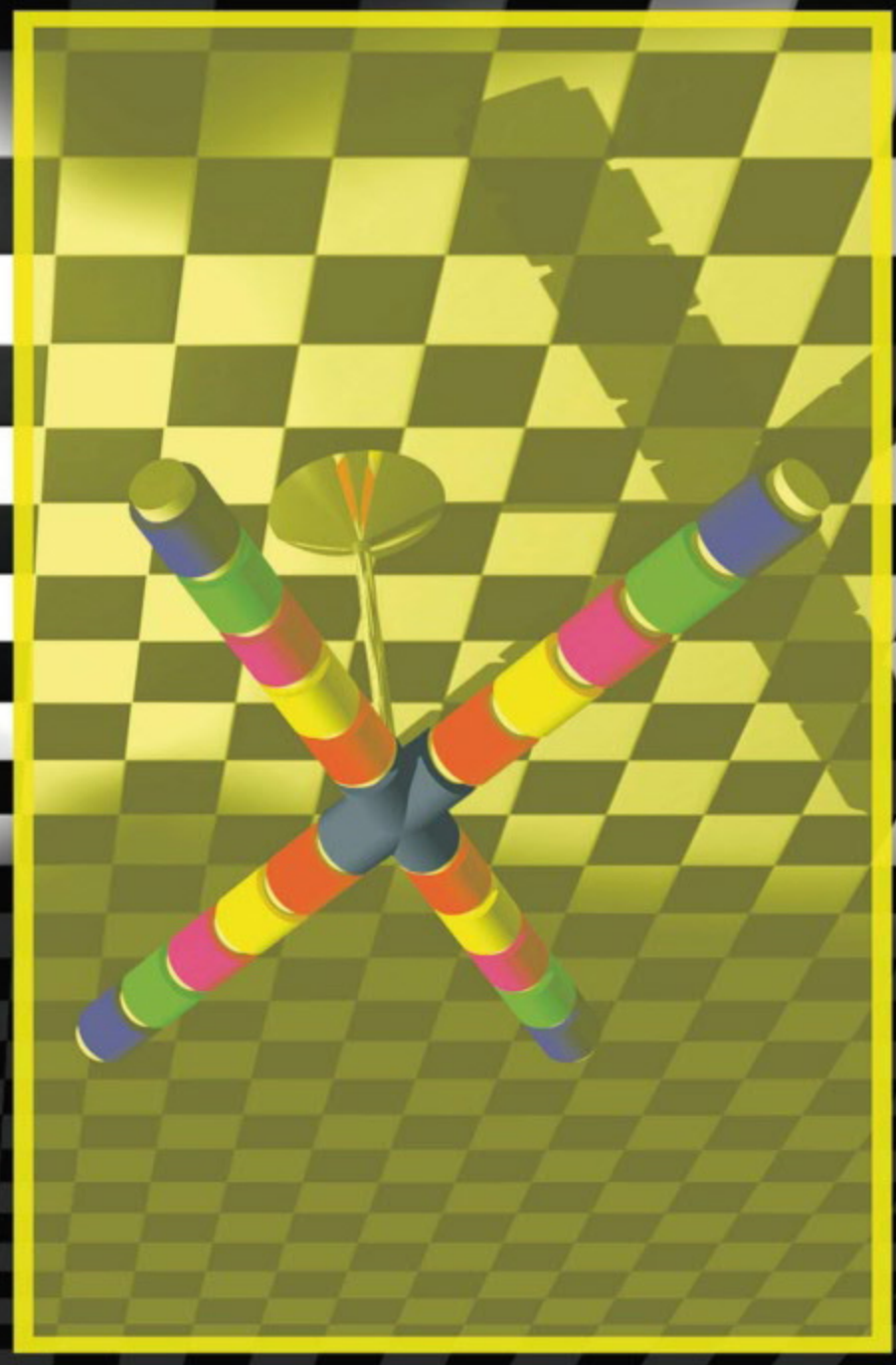
Étape 2.
Nommez la couleur là où les barres se croisent dans l'illustration de gauche, sous le masque jaune.

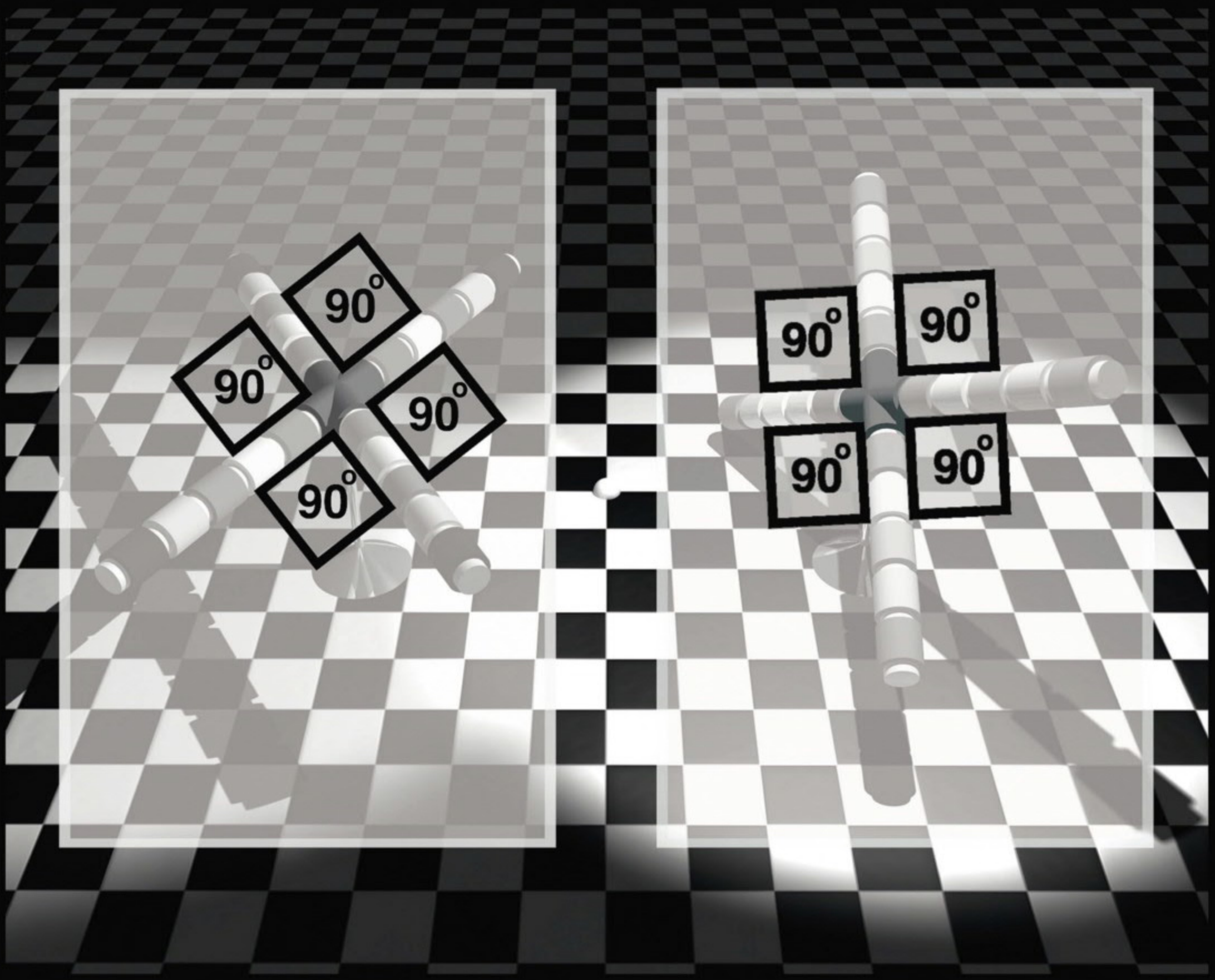
Étape 3.
Nommez la couleur au niveau de l'intersection dans l'illustration de droite.

Étape 4.
Examinez les quatre angles où les barres se croisent. Pour vous, sont-ils obtus, aigus ou droits ?

Puis tournez la page.






90°
90°
90°
90°
90°
90°
90°
90°

Que s'est-il passé ?

Avez-vous considéré que l'intersection de l'illustration de gauche était bleue et celle de droite jaune ? Bravo. Vous interprétez normalement le spectre de la lumière visible. Vos rétines et votre cerveau réagissent de la « bonne » manière : ils attribuent les couleurs le plus couramment choisies à la lumière réfléchie par les deux illustrations. Mais vous avez également tort. Il s'agit en fait, dans les deux cas, de la même nuance de gris. De même, les bâtonnets colorés se croisent à angle droit (90°).

Vous pouvez vous-même en faire la démonstration. Prenez des fiches cartonnées ou des Post-it, et placez-les autour des éléments centraux des deux croix pour les isoler des couleurs environnantes. Le bleu devient gris. Et le jaune aussi. Pour vérifier les angles d'intersection des bandes, utilisez les bords d'une fiche ou d'une feuille de papier. Ce sont des angles droits.

Votre cerveau juge les couleurs à partir de l'expérience qu'il en a. Dans la nature, aucune d'elles n'existe isolément, réalité qui prend toute son importance quand la peinture en pot que vous avez aimée dans un magasin ne s'accorde pas avec les murs de votre chambre. Pour interpréter ce qu'il voit, votre cerveau s'appuie sur des indices comme la qualité de la lumière et le contexte des couleurs voisines. La manipulation du contexte et de la lumière modifie à tel point notre perception qu'une couleur particulière paraîtra radicalement différente, même lorsqu'elle est présentée près de sa jumelle. De la même façon, des indices donnant l'illusion d'une perspective en trois dimensions influencent notre perception des lignes et des angles. Le contexte fait tout.

32

Le saviez-vous ?

Des yeux vieillissants ont des difficultés à faire la différence entre plusieurs nuances de bleu.

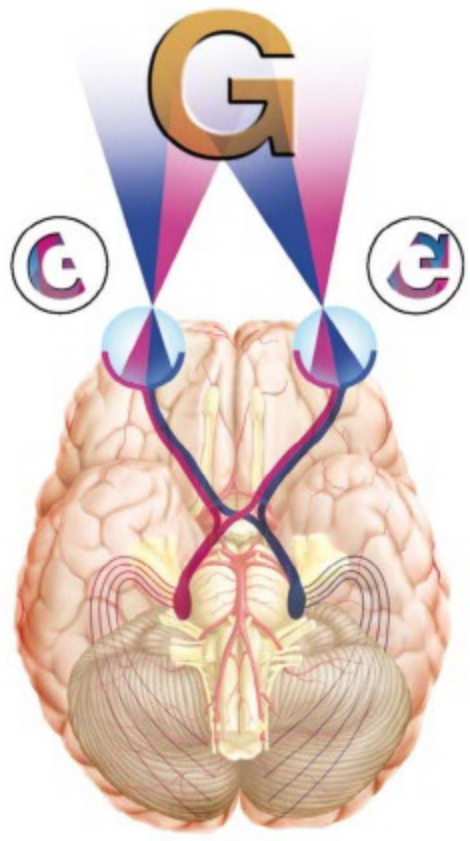
LE CERVEAU QUI PERÇOIT

De l'œil au cerveau

Quand vous lisez une phrase, les circuits neuronaux impliqués dans la vision engrangent plus de 10 millions de bits d'informations. Vos yeux vont d'un endroit à un autre sans jamais s'attarder plus d'une fraction de seconde sur un mot. Vous pensez voir le monde comme un tout sans discontinuité, mais vos rétines classent les informations en plusieurs catégories, processus de sélection qui empêche le cerveau d'être submergé par un trop grand nombre de stimuli visuels.

La vision dans le cerveau Celle-ci n'est possible que lorsque la lumière visible (dont les longueurs d'onde sont comprises entre environ 400 et 700 nanomètres) frappe la rétine. Cette fine membrane qui tapisse le fond du globe oculaire est constituée de différentes cellules, certaines réagissant à la lumière (comme les photorécepteurs), d'autres au mouvement, à la distance ou à la brillance relative. Les neurones visuels adressent des signaux électrochimiques au cortex visuel via le tractus optique, situé dans les lobes occipitaux, à l'arrière du cerveau. À partir de là, les informations sont redistribuées à au moins trente réseaux neuronaux pour le traitement de caractéristiques telles que la couleur, la forme et la texture.

Chaque lobe, dans l'hémisphère gauche ou droit, reçoit la moitié de l'information visuelle. Ces régions fusionnent ensuite les deux images et, pour finir, envoient l'image qui en résulte au cortex frontal, afin qu'elle y soit analysée. Ce n'est qu'à ce moment-là que le cerveau se « rend compte » de ce qu'il regarde.



Une tranche de monde Chaque œil perçoit une partie de l'information visuelle (ci-dessus), qui sera traitée dans l'hémisphère cérébral opposé avant d'être intégrée dans une image unifiée. Le neurologue Richard Restak pense que le fait d'observer de près toutes les facettes d'un objet tel qu'un bonsaï (à droite) peut vous aider à construire vos réseaux neuronaux.

33

Le saviez-vous ?

Seule une minuscule région au centre de l'œil peut voir avec une grande acuité.

Composantes de la couleur
La couleur s'inscrit sur la rétine sous la forme de fragments d'énergie activant des cônes sensibles au rouge, au vert ou au bleu. Ces fragments forment un tout. De la même façon, les points de couleur d'une page imprimée se fondent ensemble quand on les regarde de loin.

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Percevoir la couleur

Notre perception de la couleur dépend de trois variétés de cônes ou cellules photosensibles de la rétine. Les cônes réagissent aux longueurs d'onde de la lumière brillante associées au vert, au rouge et au bleu. Quand l'intensité de la couleur s'amplifie, ces neurones ajustent la puissance des signaux électrochimiques qui se fraieront un chemin jusqu'au centre visuel du cerveau.

Les réseaux neuronaux créent d'autres couleurs en dosant l'intensité des trois couleurs primaires de la lumière (rouge, jaune, bleu). Mais ce mélange ne fonctionne pas comme avec la peinture. Si on combine, par exemple, de la peinture verte et de la peinture rouge, on obtient du marron. En revanche, le panachage des longueurs d'onde des lumières rouge et verte donne du jaune. Quand les cônes ne sont plus capables de distinguer toutes les teintes du spectre visuel, on parle de daltonisme.

Le quatrième type de neurone sensible à la lumière est appelé bâtonnet rétinien. Les bâtonnets enregistrent la lumière de basse intensité, par une nuit sans lune par exemple, mais n'interfèrent pas avec le mélange de couleurs primaires réalisé par les cônes.

Histoire vécue

« Pas-voir »

Tout est de la faute de la tempête de 1775. Cette année-là, le typhon Lengkieki dévasta Pingelap, minuscule atoll de Micronésie. La montée des eaux et la faim tuèrent tous ses habitants, sauf vingt.

L'atoll se releva de la catastrophe, mais la population fut lourdement touchée. Son patrimoine génétique était réduit à une poignée d'adultes à même de procréer. Dans de telles circonstances, n'importe quel caractère génétique rare a le champ libre pour prospérer.

C'est ce qui arriva. Quand les survivants eurent des enfants, le gène récessif du daltonisme total se trouvait plus largement représenté chez eux que dans le reste du monde. L'achromatopsie – la maladie due à l'absence ou au non-fonctionnement des cônes rétiniens, qui fait que l'on ne voit qu'en blanc, noir et gris – existe chez un humain sur 30 000 à 40 000. À Pingelap aujourd'hui, elle frappe un habitant sur douze. Les îliens appellent leur daltonisme *maksun,* ce qui signifie « pas-voir ».

34

Le saviez-vous ?

L'œil contient 91 millions de bâtonnets, mais seulement 4,5 millions de cônes rétiniens.

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Entendre et écouter

L'ouïe est souvent considérée comme le sens le plus important après la vue. Les sons sont des ondes qui entrent dans l'oreille externe et font vibrer le tympan. Ces vibrations passent dans l'oreille interne grâce aux osselets de l'oreille moyenne. Amplifiées durant leur transmission jusqu'au cerveau, qui les analysera, elles sont traduites en signaux électriques. Dans le cortex, l'aire auditive primaire est située dans les lobes temporaux.

Quand les sons atteignent le tronc cérébral, les réseaux neuronaux les trient en fonction de leur intensité et de leur timbre. Le tronc élimine les échos créés en général par les vibrations renvoyées par les murs, les plafonds et les sols. Mais si un son est nouveau ou étrange – une menace potentielle, par exemple –, il le laisse passer. Le tronc commence aussi à interpréter les phonèmes pour entamer la compréhension de la parole.

Son de synthèse Les impulsions sonores sont transmises au colliculus supérieur du mésencéphale. Une fois là, les sensations auditives sont synthétisées avec celles que procurent les autres sens, pour que s'ébauche une perception unifiée du monde – ce qui se passe quand, entendant une explosion, on sent aussi l'odeur de la poudre et on voit une flamme sortir du canon d'un vieux fusil. Ensuite, les sensations auditives montent via le thalamus jusqu'au complexe auditif primaire, où elles interagissent avec d'autres réseaux neuronaux, liant le son à la mémoire, aux autres sens et à la conscience.

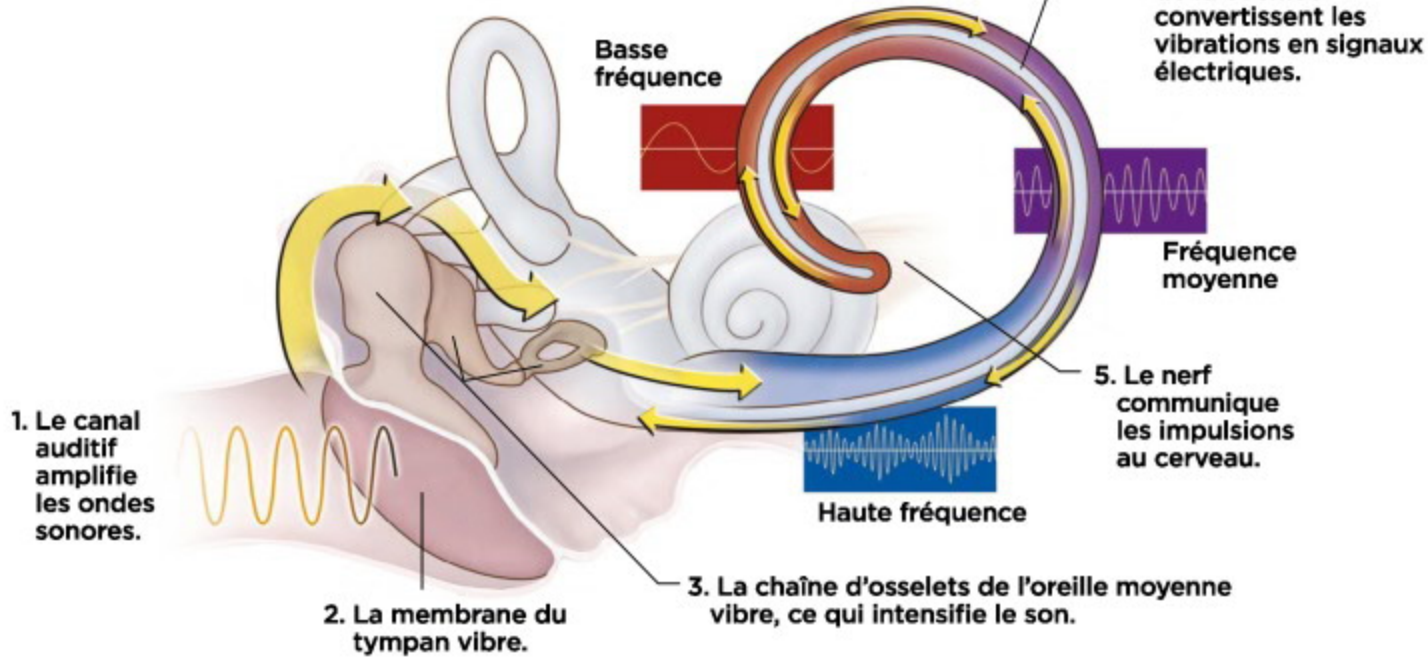
Le son n'est pas traité de la même façon dans les deux hémisphères du cerveau. Ainsi, le gauche décode les rythmes musicaux mieux que l'hémisphère droit qui, lui, est spécialisé dans la qualité, ou le timbre, du son.

35

Le saviez-vous ?

Le cerveau peut commander à l'oreille de réduire sa réaction aux sons forts.

Comment nous entendons



Soufflé
Quand le volume du son augmente (ci-dessus), davantage de réseaux neuronaux deviennent actifs, ce qui donne la sensation d'une plus grande intensité. Après avoir frappé la membrane du tympan (à gauche), les ondes sonores sont converties à l'intérieur de l'oreille en influx nerveux, qui est ensuite transmis au centre auditif du cerveau.

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Sentir et goûter

L'odorat et le goût sont des sens distincts, mais ils ont bien des choses en commun. Ils analysent les molécules entrant dans le corps depuis le monde extérieur, éliminent les menaces et, ensemble, permettent de mieux apprécier ce que l'on ingère.

L'odorat Il emprunte un chemin direct vers le cerveau, les sensations qu'il procure allant droit dans l'amygdale et le cortex olfactif, qui font partie du système limbique, sans s'arrêter en chemin dans le thalamus. L'odorat est également connecté aux centres émotionnels du cerveau. Quand on sent quelque chose, la sensation se propage aussitôt, pratiquement sans aucun filtre, aux lobes frontaux. L'amygdale influençant directement le système nerveux sympathique, les battements du cœur peuvent s'accélérer et entraîner une hausse de la tension artérielle, ou provoquer un sentiment de calme et de bien-être, c'est selon. Un branchement direct sur les centres de la mémoire et sur les centres émotionnels du cerveau permet également aux odeurs de faire resurgir des événements du passé.

Le goût Environ les trois quarts de ce que le cerveau perçoit grâce au goût concernent aussi l'odorat. Seule une fraction d'une saveur entre par les papilles gustatives de la langue, donnant également des informations sur la texture et la température de la nourriture.

Quand on boit à petites gorgées un jus d'orange, les substances chimiques qui lui procurent son goût se mélangent avec la salive, entrent en contact avec les fossettes gustatives des papilles et touchent les cellules gustatives de la langue. Les fibres nerveuses transmettent les sensations à la médulla, et de là au thalamus et au cortex gustatif. Les fibres gustatives sont aussi reliées à l'hypothalamus et au système limbique. Là, dans les régions associées aux émotions, le cerveau affine sa perception de la saveur de l'orange. ■

Le saviez-vous ?

Certaines odeurs activent des récepteurs de la douleur situés dans le nez.

Un nez fin
L'odorat et le goût, bien qu'ils ne peuvent se confondre, sont liés, et fonctionnent ensemble pour optimiser le plaisir de manger et de boire.

BEAUJOL

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Toucher

D'après les chercheurs, les contacts physiques entre êtres humains jouent un rôle majeur dans le développement. Lors d'une série d'expériences célèbres menées dans les années 1960, le psychologue Harry Harlow a soumis des rhésus nouveau-nés à des tests. Ces macaques devaient choisir entre deux mères : l'une était vêtue de tissu éponge mais n'avait pas de nourriture ; l'autre avait le corps en fil de fer mais portait un biberon rempli de lait. Les singes préférèrent se serrer contre la mère en tissu éponge, avec qui le contact était rassurant, ce qui semblait plus important pour eux que la nourriture.

Les bébés commencent à ressentir ce sens dans l'utérus, et à la naissance, leur câblage neuronal pour le toucher est sensiblement plus développé que ceux de la vision et de l'ouïe. Quand un nouveau-né tente de toucher ce qui l'entoure, il développe son cortex cérébral.

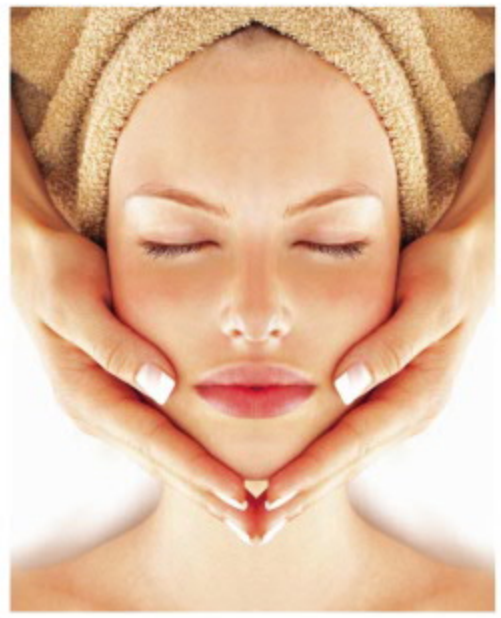
Des récepteurs tactiles Les sensations que procure le toucher activent des récepteurs spécialisés (inégalement répartis) dans la peau et dans les organes. L'espace que le cerveau alloue pour l'analyse des stimuli est proportionnel au nombre de récepteurs que contient la partie concernée. Les neurones dédiés aux sensations du visage, région assez petite, sont ainsi plus nombreux que ceux alloués à plusieurs autres parties du corps réunies.

Gym mentale

Les bienfaits du toucher

Étant donné l'importance du toucher et l'abondance de récepteurs dans la peau, il n'est pas étonnant que ce sens ait une vertu thérapeutique quel que soit l'âge des personnes. Il a été prouvé que le massage de l'ensemble du corps réduit les symptômes du diabète et de l'hyperactivité, et améliore l'immunité chez les patients atteints du sida. Il peut aussi soulager les migraines, les crises d'asthme et augmenter la concentration chez les enfants qui ont des problèmes d'attention. En frottant la peau, les massages stimulent des réseaux neuronaux qui commandent au cerveau de réduire ses taux d'hormones liées au stress : le cortisol et l'adrénaline.

Le toucher permet aussi de communiquer à un niveau élémentaire, plus profondément que les mots. Une douce caresse signifie « je t'aime », parfois bien mieux que des paroles.

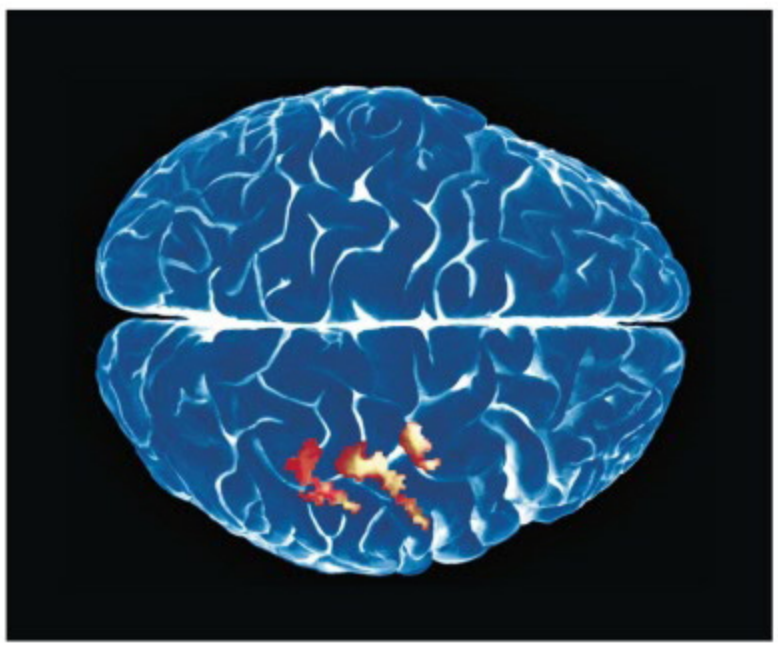


37

Le saviez-vous ?

L'« haptique » désigne la science du toucher.

Contact et développement
Une mère serre contre elle
son bébé endormi. Les nouveau-nés
ont besoin du contact physique
pour se développer correctement.



Croisement de câbles
Les furets (spécimen ci-dessus) dont les neurones ont été reconfigurés à leur naissance (récepteurs auditifs et visuels ayant été intervertis) ont appris à voir avec de nouvelles régions du cerveau. Une image par IRM de cerveau humain (à gauche) montre les régions de l'hémisphère droit qui commandent la main gauche.

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Conjonction des sens

Bien que chaque réseau neuronal exerce une fonction particulière (perception de la lumière, du son…), ils travaillent souvent ensemble. La perception fonctionne bien quand des objets sont appréhendés par plusieurs sens. Le pas d'une personne, par exemple, s'inscrit dans le cerveau sous la forme d'une stimulation visuelle quand on regarde les pieds en mouvement, ou d'une stimulation auditive quand on entend le claquement des talons. Examiner une poignée de pièces de monnaie ne se résume pas à une perception visuelle (regarder chaque face) ; la stimulation tactile (toucher la tranche dentelée ou lisse de chaque pièce) compte aussi.

Retransmission des signaux visuels

Les stimuli sensoriels sont associés à des régions spécifiques du cerveau, mais ces zones ne sont pas prédéterminées génétiquement. Cela a été démontré par une série d'expériences classiques sur la plasticité du cerveau entre 1990 et 2000. Neurophysiologiste au MIT, Mriganka Sur prit des furets nouveau-nés et « recâbla » chirurgicalement leur cerveau, transférant les impulsions visuelles vers les régions normalement associées au traitement des signaux auditifs. Ces furets commencèrent bientôt à voir le monde avec des tissus normalement utilisés pour l'ouïe. Mais le nouveau câblage n'était pas une substitution parfaite, les furets ayant perdu une part de leur acuité visuelle (de 20/60 en moyenne au lieu de 20/20). L'expérience a pourtant donné naissance à l'idée troublante selon laquelle la cécité congénitale pourrait un jour être corrigée par la chirurgie, les signaux visuels étant redirigés vers les réseaux neuronaux sains d'autres régions du cerveau. Créer des dérivations autour de neurones endommagés ouvrirait aussi de larges perspectives pour soigner des attaques cérébrales et autres lésions. ▶

38

Le saviez-vous ?

Les personnes atteintes d'agnosie associative ne reconnaissent pas les objets.

Conjonction des sens

Un cordon bleu en mouvement Une femme qui suit une recette de cuisine exécute une série de fonctions motrices.

Réseaux mis en commun Dans le cerveau, les réseaux neuronaux agissent ensemble pour marier des sensations. Nombre d'entre eux accomplissent en fait un double travail, réagissant avec une réponse primaire à un sens et avec une réponse secondaire à un autre. Chez les chats, les cellules du colliculus supérieur répondent aux signaux visuels et sonores. S'agissant du cerveau humain, la vieille hypothèse de la mise en commun de réseaux entre plusieurs sens gagne de nouveaux partisans. Le psychologue Lawrence Marks, de l'université de Yale, estime que tous les sens dérivent de la fonction tactile de la peau. Ils auraient conservé des liens avec elle, et des stimuli tels que la « brillance » existent dans tous les sens.

Histoire vécue

L'œil de l'esprit

Pensez à un lieu familier – disons la maison où vous avez grandi. Pouvez-vous la visualiser ? Ses couleurs, sa forme, le jardin s'il y a lieu forment-ils une image dans votre esprit ? Pour la majorité des gens, la réponse est : « Bien sûr. » Mais pour quelques rares personnes, aucune image n'apparaît, ni lieu ni gens ni environnement. Cet état, qui n'a été décrit que récemment, est appelé aphantasie.

D'après leurs scans cérébraux, les gens qui ne peuvent pas former d'images mentales montrent une activité normale dans les régions visuelles du cerveau quand ils observent une image. Mais quand on leur demande de faire surgir une image mentale, ces régions demeurent sombres. Certains semblent nés ainsi, d'autres développent cet état après avoir subi des lésions cérébrales. La plupart réussissent à compenser avec le temps.

Le saviez-vous ?

39 Chaque rétine a un point aveugle correspondant à la tête du nerf optique.

En général, les personnes n'ayant qu'un type de cône rétinien ne peuvent distinguer le rouge du vert. 40

41 Les oiseaux ont quatre types de cônes dans les yeux.

42 Les « cellules de grille » dans le cerveau pourraient nous être utiles pour naviguer.

43 La concentration la moins dense de récepteurs tactiles se trouve dans le dos.

44 Environ 60 % des personnes amputées ressentent leur membre fantôme.

Certains récepteurs de l'odorat peuvent détecter quelques molécules parmi des milliards. 45

46 On ne peut pas se chatouiller soi-même, car le cerveau anticipe le toucher.

Certaines odeurs peuvent déclencher une augmentation de la tension artérielle. 47

48 Les humains possèdent environ 10 000 papilles gustatives.

Le cerveau reconnaît certaines odeurs, comme celle de la nourriture en décomposition, dès la naissance. 49

LE CERVEAU QUI PERÇOIT

Le mouvement

L'étude du mouvement semble en apparence aisée : le cerveau envoie le stimulus approprié via son réseau neuronal. Et les muscles bougent. Mais le mouvement se révèle beaucoup plus compliqué que cela. Il peut être volontaire ou involontaire, ou un mélange des deux. Il peut impliquer des muscles du squelette activés par le système nerveux central ou, dans le cas du péristaltisme (les contractions rythmiques permettant à l'appareil digestif d'assurer la propulsion de son contenu), il peut mobiliser automatiquement les muscles lisses des organes internes. Il peut survenir consciemment, avoir lieu à un niveau insconscient, voire, dans le cas d'un réflexe, ne pas impliquer du tout le cerveau. Il peut être exécuté par le biais d'un ensemble d'instructions électrochimiques disponibles dès la naissance, ou apprises et perfectionnées avec la pratique.

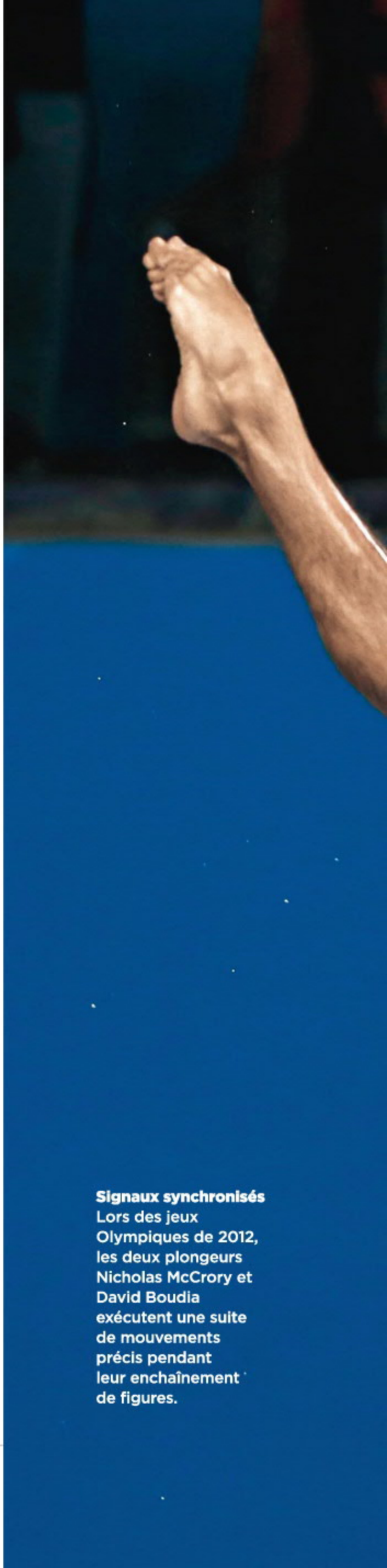
Imaginer le mouvement « Chaque chose en son temps », pourrait-on penser à propos de n'importe quel mouvement. Mais ce qui peut être surprenant c'est que, quand le cerveau se borne à envisager une action, ses modes d'activation neuronaux sont semblables à ceux sollicités pour l'exécution de mouvements réels.

Pensez au plan de votre maison. Dans votre imagination, promenez-vous à travers ses pièces. Quand vous accomplirez cette tâche mentale, vous ne bougerez sans doute aucun muscle hormis ceux de vos yeux qui visualiseront le plan. Mais votre cerveau « bougera ». Le seul fait de penser qu'on se déplace de pièce en pièce mobilise les régions cognitives et motrices du cerveau. Des synapses sont activées dans vos lobes occipitaux, pariétaux et frontaux, et dans le cervelet, de la même façon que si vous vous étiez levé et aviez marché. ■

50

Le saviez-vous ?

Les réactions réflexes, comme le réflexe rotulien, viennent de la moelle épinière, et non du cerveau.



Signaux synchronisés Lors des jeux Olympiques de 2012, les deux plongeurs Nicholas McCrory et David Boudia exécutent une suite de mouvements précis pendant leur enchaînement de figures.

Commandes invisibles
Sans la gestion inconsciente de certaines tâches, comme la régulation des battements du cœur, la commande des muscles ou le contrôle des émotions, notre esprit conscient croulerait sous les exigences de la vie quotidienne.

CHAPITRE

3

Le cerveau inconscient

Endormi ou éveillé, le cerveau est toujours actif. Il l'est quand il traverse des moments de vigilance extrême ou quand il est plongé dans le chaos des rêves ou dans l'infra-conscience. Il travaille même quand le corps sombre dans un coma profond – hors de portée de toute sensation ou pensée –, assurant la circulation du sang, la respiration et la digestion. Par ailleurs, des drogues peuvent le mettre dans des états altérés (hyperactivité ou perception déformée), pour le meilleur ou pour le pire.

Les êtres humains sont les seuls animaux capables de penser au fait qu'ils pensent. Et quand ils le font, ils concentrent la majeure partie de leur attention sur la façon dont le cerveau perçoit le monde et traite les informations pour atteindre l'état de conscience que nous appelons cognition. Pourtant, les recherches montrent que l'esprit prétendument inconscient peut enregistrer des sensations et emmagasiner des souvenirs. Où se situe la frontière entre le cerveau inconscient et le cerveau conscient et vigilant ?

Un esprit actif

L'illusion de l'intention

Étape 1.

Imaginez que vous êtes dans un cours de théâtre. Un professeur vous demande de vous glisser dans la peau d'une personne célèbre et de prononcer un discours enflammé à sa place. Pour vous compliquer la tâche, choisissez un homme politique que vous n'aimez pas (mais qui n'est pas non plus monstrueux). Le grand jour arrive, et vous faites un beau discours.

Étape 2.

Posez-vous la question : avez-vous changé d'opinion sur la personne que vous avez imitée ?

Maintenant, tournez la page.

205
206
206
207
207
208
105
106

Jouer un rôle
Tina Fey (à gauche) et Amy Poehler (à droite) jouent les rôles de Sarah Palin, gouverneur, et d'Hillary Clinton, sénatrice, lors du show télévisé américain « Saturday Night Live ».

Que s'est-il passé ?

Votre opinion sur le personnage célèbre que vous avez choisi de jouer a de fortes chances de s'être améliorée. Les scientifiques, qui ont répété de nombreuses fois cette expérience, ont pu le constater. Mais ce n'est pas tout. Après avoir prononcé votre discours, peut-être justifierez-vous votre choix en modifiant inconsciemment le souvenir qu'il vous reste de votre ancienne appréciation. Comme le renard de la fable d'Ésope, qui voulait des grappes de raisin, mais qui, ne pouvant pas les attraper, affirma qu'elles n'étaient pas mûres, votre cerveau joue avec vos intentions après que vous avez agi.

Dans sa théorie de la dissonance cognitive, le psychologue Leon Festinger a avancé l'hypothèse que les personnes révisent leurs sentiments pour rester cohérentes avec leurs actes. Toute incohérence, comme le fait de prononcer un discours bien reçu quand on se met dans la peau d'un politicien qu'on déteste, provoque un inconfort mental. Le cerveau résout le conflit en faisant correspondre a posteriori les opinions avec les comportements. Si vous achetez une voiture en sachant qu'elle a une mauvaise transmission, vous risquez de finir par l'apprécier surtout pour ce défaut, comme si vous aviez décidé qu'elle devait être formidable malgré le vice de fabrication.

Le circuit neuronal qui accomplit une action est distinct de celui qui est capable de l'expliquer. Les gens agissent souvent de façon inconsciente. Ils éprouvent ensuite le besoin de motiver leurs actes comme s'ils découlaient d'une volonté consciente. Dans le cas de la dissonance cognitive, « la théorie suggère que les actes peuvent "être accomplis involontairement" sans intention suffisante, écrit Daniel M. Wegner, psychologue à Harvard. Mais, une fois accomplis, ils peuvent entrer désagréablement en contradiction avec des intentions préalables contraires et déclencher leur révision, qui créera une nouvelle intention. »

51

Le saviez-vous ?

La publicité utilise souvent des voix célèbres pour influencer inconsciemment le consommateur.

LE CERVEAU
INCONSCIENT

Conscient et inconscient

Bien que le cerveau agisse de façon mécanique, il ne fonctionne pas comme un moteur ou une ampoule, qui s'« allume » ou s'« éteint »... sauf dans les circonstances les plus extrêmes.

Épiés sans le savoir Prenons le cas de l'anesthésie. Jusqu'en 1964, les chirurgiens qui endormaient les patients avant de les opérer pensaient que ces derniers seraient incapables de percevoir quoi que ce soit tant qu'ils seraient inconscients. Et pourtant, cette année-là, D. B. Cheek, un médecin de l'université de Californie, découvrit que, lorsqu'ils se réveillaient, les patients pouvaient parfois se rappeler, sous hypnose, ce que leur médecin avait dit, mot pour mot, pendant qu'ils étaient soi-disant privés de conscience.

De telles études montrent combien il est difficile de faire des distinctions tranchées entre les états cérébraux. Au cours d'une journée-type, chaque personne connaît deux états évidents : l'éveil et le sommeil, mais chacun d'eux comprend des sous-niveaux de conscience fondés sur des processus mentaux contrôlés ou automatiques. Lorsqu'il est conscient, le cerveau porte son attention sur une chose, puis sur une autre, comme un projecteur balayant la nuit. L'esprit inconscient collecte des informations à la limite de la lumière, voire, parfois, dans l'obscurité.

Histoire vécue

Le syndrome de la main étrangère

En 2006, un patient appelé J. C., âgé de 56 ans, subit une attaque cérébrale dans son lobe frontal gauche, qui s'étendit au corps calleux, les fibres qui relient les deux hémisphères du cerveau. Quatre semaines plus tard, sa main semblait être comme « possédée ». Quand il rentrait sa chemise dans son pantalon à l'aide de sa main gauche, la droite l'en extrayait ; quand il ramassait des papiers avec la première, la seconde les déchirait. Chaque fois, J. C. essayait de réfréner sa main droite, mais ne pouvait jamais la dompter.

Sa maladie, appelée syndrome de la main étrangère, est très rare – seuls une cinquantaine de cas ont été répertoriés entre 1909 et 2006. À l'origine : une lésion du lobe frontal médian, celle du corps calleux, ou les deux. Les recherches sur ce syndrome ont montré que ces mouvements non planifiés débutent directement dans le cortex frontal, sans signal issu du lobe frontal. Cette activation apparemment spontanée reste inexpliquée.

52

Le saviez-vous ?

Une personne sur 1000 reste consciente une partie du temps pendant une anesthésie.

Pas si inconscient que cela
L'esprit peut être conscient de son environnement, même lorsqu'il est sous anesthésie.

Consolidation
Tous les humains suivent un cycle régulier de veille/sommeil. Pendant ce dernier, le cerveau travaille à la consolidation des souvenirs.

LE CERVEAU INCONSCIENT

Veille/sommeil

Les neurones communiquent en permanence. Si votre cerveau est en bonne santé, il ne s'assoupit jamais totalement, même si vous dormez.

À l'état de veille, ou parfois durant le sommeil, toutes les régions du cortex cérébral bourdonnent d'une énergie électrique. Comparable à un bruit de fond, cette activité est l'un des nombreux « rythmes cérébraux » émis dans des bandes de fréquences différentes, et composés d'oscillations électriques provenant de diverses régions du cerveau. Celles-ci tendent à être relativement régulières et sont le signe d'états cérébraux sous-jacents. Mesurées par électroencéphalogramme (EEG), les activités électriques cérébrales rythmiques sont classées selon leur fréquence et identifiées par des lettres grecques : delta, thêta, alpha, bêta et gamma. Chaque type d'ondes cérébrales est associé à différents états mentaux et à différentes fonctions. Les ondes delta (de 0,1 à 4 hertz), par exemple, sont observées le plus souvent pendant un sommeil profond et sans rêves, quand on est inconscient, et dans le cerveau des nouveau-nés. Les ondes bêta (de 12 à environ 30 hertz) sont présentes quand le cerveau est activement engagé dans la résolution d'un problème, une prise de décision ou un raisonnement analytique. Les ondes gamma (40 hertz) sont caractéristiques d'une activité intellectuelle très intense.

Rythmes circadiens Nos états mentaux connaissent aussi des cycles. Le cycle veille/sommeil, encore appelé rythme circadien, régit notre vie quotidienne, des moments les plus silencieux de l'activité cérébrale aux expériences les plus intenses – pendant lesquelles les pensées, lucides et créatrices, affluent –, et au sommeil le plus profond et le plus obscur, lorsque les rêves cessent de hanter notre esprit. ■

53

Le saviez-vous ?

Les ondes alpha (de 8 à 12 hertz) prédominent lorsque l'on est calme, les yeux fermés.

LE CERVEAU
INCONSCIENT

Le mystère du sommeil

Qu'y a-t-il de plus précieux qu'une bonne nuit de sommeil ? Sans ce dernier, les humains auraient du mal à se souvenir de ce qu'ils ont appris, seraient émotionnellement instables et prendraient facilement de mauvaises décisions. Ils pourraient également connaître des problèmes de santé et courir des risques accrus de diabète et d'obésité.

Même si l'importance du sommeil a déjà été prouvée, la science commence seulement à comprendre pourquoi les êtres vivants ont besoin de dormir, et comment le cerveau régule l'alternance veille/sommeil.

Évolution du sommeil Certains animaux comme la grenouille-taureau et la salamandre ne dorment jamais vraiment. Chez ces êtres vivants, qui figurent parmi les premières créatures terrestres, longues périodes de repos et courtes périodes d'agitation se succèdent. Chez les reptiles et autres vertébrés inférieurs, le sommeil se traduit par un tracé rythmique des ondes cérébrales ralenti, semblable aux électroencéphalogrammes à ondes lentes enregistrés quand les êtres humains sont en phase de sommeil profond. À mesure que l'évolution a complexifié le cerveau, l'activité cérébrale à certains stades du sommeil montre des phénomènes similaires à ceux de l'éveil.

Chez l'homme, le sommeil est organisé en cycles composés de cinq stades. Le stade 1 correspond à un sommeil léger ; au stade 2 (qui équivaut à environ la moitié du cycle chez l'adulte), l'intensité des ondes cérébrales décroît et les mouvements oculaires cessent. Les stades 3 et 4 constituent des stades de sommeil très profond, au cours duquel il est difficile de réveiller le dormeur. Le stade 5, ou sommeil paradoxal, est le dernier ; il est caractérisé par des mouvements oculaires rapides et des rêves intenses. Une fois ces stades écoulés, le cycle recommence. ▶

54

Le saviez-vous ?

Durant le sommeil nocturne, un pic énergétique se produit à 4 heures du matin.

Chambre sans vue
Les hôtels capsules japonais accueillent des hommes d'affaires en voyage dans des cabines en plastique ou en fibre de verre fabriquées en série.

Le mystère du sommeil

Toute une science
Jacques Touchon, spécialiste du sommeil, étudie l'effet du vieillissement sur le sommeil. À l'arrière-plan, un électroencéphalographe mesure l'activité cérébrale.

Finalité du sommeil On considère que le sommeil aide le cerveau à consolider les souvenirs et à approfondir l'apprentissage. En 2014, le neuroscientifique Wen-Biao Gan a pu observer ce processus dans le cerveau de souris qui apprenaient une nouvelle tâche (se balancer sur une baguette en rotation). Leurs neurones avaient été rendus fluorescents. Les souris autorisées à dormir après l'action – un sommeil sans rêve – manifestaient une activité dans la même région motrice que celle activée au cours de l'exercice. Leurs neurones développaient de nouvelles branches. Les souris privées de sommeil montraient quant à elles beaucoup moins de croissance cellulaire. Donc, pour retenir quelque chose, s'endormir en y pensant.

Étude de cas

La narcolepsie

Les personnes touchées par la narcolepsie souffrent d'un trouble du sommeil caractérisé par un besoin soudain et irrésistible de dormir, et ce, dans n'importe quelles circonstances, même en phase d'éveil. Lors de crises diurnes, les malades peuvent connaître des faiblesses musculaires, des vertiges, des hallucinations. Fait surprenant, lorsqu'ils s'endorment, ils plongent dans un sommeil paradoxal, lequel, normalement, ne survient qu'en fin de cycle. En 1999, alors qu'ils travaillaient sur des chiens, des chercheurs de l'université de Stanford, William Dement (ci-dessous) et Emmanuel Mignot, directeur du projet, ont découvert le gène associé à la narcolepsie. Ce gène provoque une grave carence ou une absence d'hypocrétine, le neurotransmetteur responsable de l'éveil. Mignot étudie les neurones sécrétant l'hypocrétine, qui disparaît chez les sujets souffrant de narcolepsie ou de la maladie de Parkinson en phase terminale.

Le saviez-vous ?

55 L'idée du personnage de Frankenstein est venue à Marie Shelley pendant un rêve.

56 Les équipes sportives de la côte est des États-Unis sont moins performantes sur la côte ouest.

57 Le lait, le fromage et la cacahouète peuvent favoriser le sommeil.

Les conducteurs privés de sommeil ont le même temps de réaction que les chauffards ivres. 58

59 Environ 20 % des enfants auront au moins un épisode de somnambulisme.

Des personnes affamées ou assoiffées rêvent rarement de manger ou de boire. 60

61 Les gens qui prennent des somnifères gagnent seulement 11 minutes de sommeil.

Le plus long accès d'insomnie enregistré a duré 18 jours. 62

63 Entre 10 et 15 % des adultes souffrent d'insomnie chronique.

Les crises cardiaques augmentent de 5 % au moment où l'on commence à appliquer l'heure d'été. 64

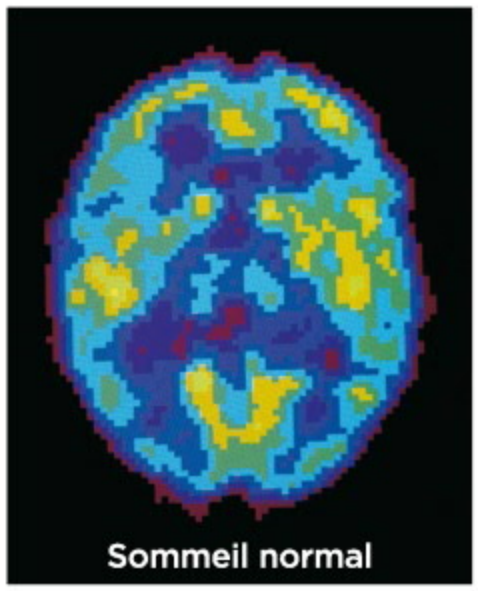
LE CERVEAU
INCONSCIENT

Le cerveau qui rêve

Comme la mécanique du sommeil, la science des rêves est un vaste domaine que les scientifiques ont à peine commencé à explorer. Bien que les rêves et leur interprétation occupent une place considérable dans les religions, la littérature et l'histoire, les chercheurs d'aujourd'hui pensent qu'ils résultent de fonctions cérébrales élémentaires. En 1977, J. Allan Hobson et Robert McCarley, de l'université Harvard, ont avancé, la théorie de l'« activation-synthèse ». Selon cette dernière, les rêves ne seraient pas des histoires revêtant des significations symboliques, mais des tentatives du cerveau de mettre de l'ordre dans le bruit créé par l'activation aléatoire de réseaux neuronaux reliant le pont (partie centrale du tronc cérébal) au cortex cérébral. Certains scientifiques pensent que les rêves recyclent des fragments de la vie diurne dans le processus dit d'incorporation. Au cours d'une expérience en 1978, des sujets munis de lunettes rouges pendant plusieurs jours commencèrent à rêver de plus en plus d'objets teintés en rouge.

Des rêves pas si beaux Cependant, s'ils incorporent des fragments de la vie de tous les jours, les rêves brassent stress et angoisse dans des quantités disproportionnées. Dans les années 1940, Calvin S. Hall, de l'université Case Western Reserve, catalogua le contenu des rêves de plus de 1 000 sujets. L'angoisse semblait y être l'émotion la plus répandue et les contenus négatifs excédaient en nombre les contenus positifs.

De tous les rêves que nous faisons, beaucoup sont rapidement oubliés. Et on ne retient, semble-t-il, que ceux qui sont conformes à la réalité. ■



Un message dans la nuit ? Ces scanners montrent l'activité du cerveau pendant une phase de sommeil normal (en haut), et au cours d'une phase de sommeil paradoxal (en bas). La plupart des rêves surviennent dans ce dernier stade du cycle du sommeil (à droite), mais leur fonction est inconnue. Peut-être recyclent-ils des fragments de la vie diurne. À moins qu'ils ne soient le résultat de signaux neuronaux aléatoires.

65

Le saviez-vous ?

80 % des êtres humains rêvent un jour qu'ils sont pourchassés.

LE CERVEAU INCONSCIENT

États altérés

La dégradation de la conscience résulte de facteurs qui placent le cerveau dans un état différent de celui de veille normal. Elle est susceptible d'entraîner de graves perturbations. Des difficultés pour traiter les informations peuvent s'expliquer par des problèmes internes – comme la schizophrénie – ou par l'influence de stimuli externes – notamment la prise de médicaments, d'alcool, de tabac et autres drogues.

Le cerveau sous emprise La plupart des substances altérant le psychisme modifient le fonctionnement des neurotransmetteurs ; d'autres les empêchent de remplir leur fonction. Des déséquilibres dans la classe des neurotransmetteurs, appelés les monoamines (dopamine, sérotonine, adrénaline...), jouent un rôle clé dans certaines pathologies (dépression, maladie de Parkinson, schizophrénie, troubles du sommeil...). L'épidémie actuelle de dépendances aux opioïdes est due en partie à la ressemblance de la drogue avec les substances produites par le cerveau lui-même. Des opioïdes de synthèse, comme ceux présents dans l'héroïne, l'oxycodone ou l'hydrocodone, imitent les neuromédiateurs naturels et s'y substituent en s'attachant aux mêmes récepteurs cérébraux. Les opioïdes naturels stoppent la douleur ; les produits de synthèse non seulement bloquent la douleur mais procurent aussi une sensation d'euphorie. Ces drogues créent facilement une accoutumance en exerçant une influence considérable sur le circuit de la récompense. La similitude de la réponse du système de récompense aux drogues et aux stimuli naturels complexifie le traitement de ces dépendances. À l'avenir, la recherche devrait permettre d'identifier les sujets les plus sensibles à l'addiction et trouver les moyens de modifier les gênes ou de bloquer ce comportement. ■

Le saviez-vous ?

66

La nicotine active aussi les systèmes dopaminergiques du cerveau.

Messages brouillés Les états altérés de la conscience entraînent souvent une déformation des perceptions. Ils peuvent être provoqués par des troubles mentaux comme la schizophrénie ou par des substances telles que l'alcool et les drogues.

Des hauts et des bas
Nos réactions physiques et émotionnelles s'entremêlent, comme lorsqu'on fait un tour de grand huit.

CHAPITRE

4

Le cerveau des émotions

Ce n'est pas un hasard si le mot « émotion » contient le vocable « motion » (de l'ancien français, qui signifie mouvement). Car non seulement les émotions nous font vivre des hauts et des bas, mais elles s'expriment par le biais de gestes et d'attitudes. Manifestations physiques qui, justement, permettent de les différencier des autres comportements. Extérieurement, elles se traduisent par des modifications corporelles visibles – comme des contractions musculaires, la dilatation des vaisseaux sanguins ou des mimiques. De fortes émotions contribuent à graver profondément certains événements dans la mémoire d'une personne, influencer sa conduite et peser sur sa santé physique ; elles peuvent nous conduire à prendre de bonnes ou de mauvaises décisions, et nous faire – littéralement – mourir de peur. Les scientifiques commencent tout juste à mesurer leur importance.

Le philosophe Aristote en avait répertorié plus d'une douzaine, dont l'envie et la pitié. Aujourd'hui, la plupart des spécialistes considèrent que la peur, la colère, la tristesse et la joie sont bien des émotions ; certains complètent avec la surprise et le dégoût, et appellent « primaires » ou « universelles » ces six émotions. Nombre de simples observateurs y ajouteraient bien l'amour, mais les chercheurs sont divisés sur la façon de le classifier : s'agit-il d'une émotion ou d'une pulsion ?

Expressions faciales

Tout est dans le regard

Lisez ceci :
On dit que les yeux sont les fenêtres de l'âme. Pouvez-vous identifier les émotions d'une personne en regardant seulement ses yeux ? Observez les photos ci-dessous et choisissez la réponse (a) ou (b).

1. (a) surprise
   (b) inquiétude
2. (a) colère
   (b) frustration
3. (a) joie
   (b) douleur
4. (a) anxiété
   (b) gravité
5. (a) tristesse
   (b) surprise
6. (a) concentration
   (b) ennui

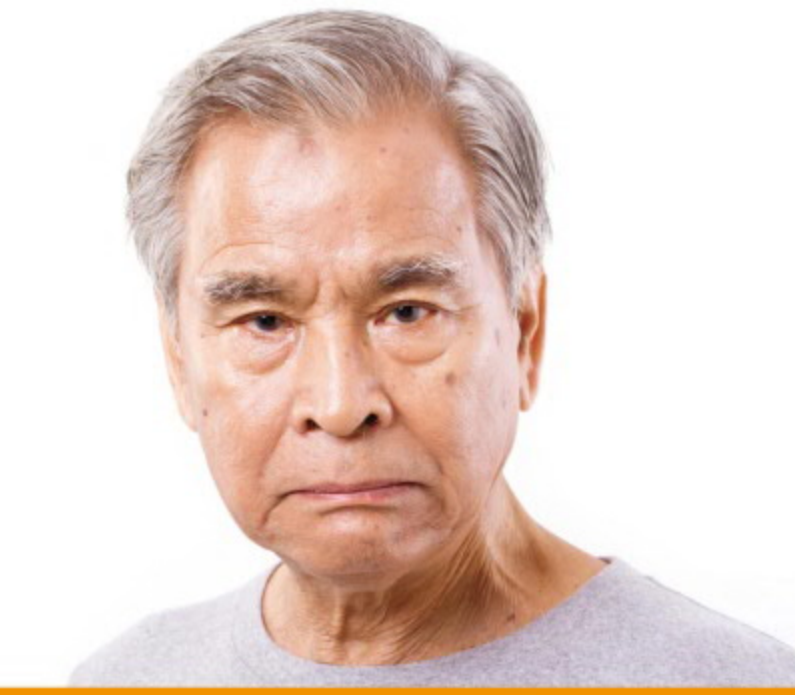
Et maintenant tournez la page.

La star de Kansas City
La gymnaste Gabrielle Douglas étreint son coach, Liang Chow, après sa victoire aux jeux Olympiques d'été à Londres en 2012.

INQUIÉTUDE

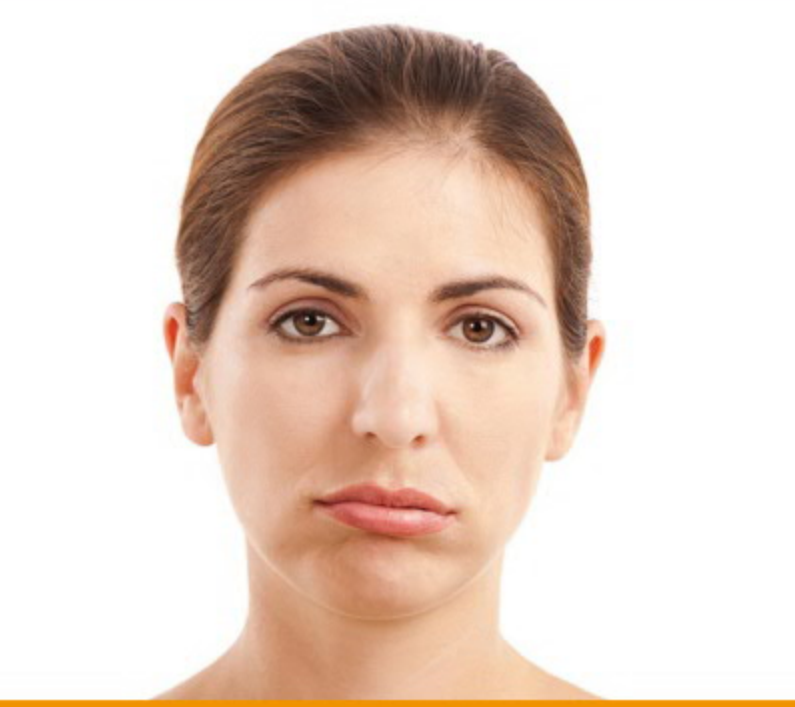
COLÈRE

JOIE



GRAVITÉ

TRISTESSE



ENNUI

Que s'est-il passé ?

Réponses :
1 (b) inquiétude
2 (a) colère
3 (a) joie
4 (b) gravité
5 (a) tristesse
6 (b) ennui

Si vous avez réussi à identifier au moins quatre expressions, vous êtes dans la norme. La plupart d'entre nous reconnaissent en effet une émotion en se basant sur les seuls yeux au moins 60 à 80 % du temps. Pourquoi les humains sont-ils aussi sensibles aux expressions faciales ? Les biologistes invoquent l'évolution. Nous sommes des animaux sociaux, et l'avons toujours été. Comprendre l'état émotionnel d'un autre humain, en particulier la colère ou la peur, était vital – et l'est toujours, par exemple quand nous croisons un inconnu dans un lieu désert. Ainsi, le cerveau est formidablement réceptif à la reconnaissance des visages et de leurs émotions. Les yeux, avec leur infinie mobilité, transmettent de nombreuses informations. Les scientifiques ont découvert que s'ils intervertissent les yeux entre deux photos, les spectateurs lisent l'émotion dans le regard, pas sur le reste du visage. Des bébés de 7 mois à peine répondent correctement aux yeux qui les observent – en particulier à leurs mouvements et aux changements de direction du regard.

67

Le saviez-vous ?

Une étude a montré que lorsqu'on joue avec un chien le taux des hormones qui induisent la joie augmente.

LE CERVEAU DES ÉMOTIONS

Cartographie des émotions

La formation des émotions semble obéir à des modalités complexes. On ne peut pas parler d'un circuit émotionnel en soi, unique. Les émotions naissent dans différentes régions cérébrales, avant d'être traitées par des réseaux neuronaux. Étant donné leur longue évolution, il n'est pas étonnant que la plupart des centres émotionnels importants soient situés en dessous du cortex cérébral, qui différencie les êtres humains des autres animaux. Ces régions dites subcorticales comprennent le tronc cérébral, l'hypothalamus et le cerveau antérieur basal. La tomographie par émission de positrons (TEP) montre que le cerveau « fabrique » de la tristesse, par exemple, surtout dans le tronc cérébral et l'hypothalamus, ainsi que dans la région corticale appelée cortex préfrontal ventromédian.

Droite et gauche Bien que les émotions ne soient pas codées dans des neurones spécifiques, des scanners cérébraux ont conduit les scientifiques à attribuer les émotions négatives – la tristesse, par exemple – à l'hémisphère droit, et les émotions positives – comme la joie – à l'hémisphère gauche.

Il y a plus d'un siècle, les neuroscientifiques ont remarqué qu'il existait un lien entre des lésions causées à l'hémisphère gauche du cerveau et les humeurs négatives, comme les crises de larmes incontrôlables ou bien la dépression. Les lésions qui touchent l'hémisphère droit sont, quant à elles, liées à un large spectre d'émotions positives.

Au cours des vingt dernières années, Richard Davidson, chercheur à l'université du Wisconsin, a aussi constaté que les patients présentant davantage d'activité dans l'hémisphère gauche sont généralement plus heureux que ceux dont l'hémisphère droit est le plus actif.

68

Le saviez-vous ?

Les émotions facilitent la formation des souvenirs et leur conservation.

Larmes de joie
Les émotions de l'actrice Halle Berry jaillissent tandis qu'elle reçoit son oscar de la meilleure actrice, en 2002.

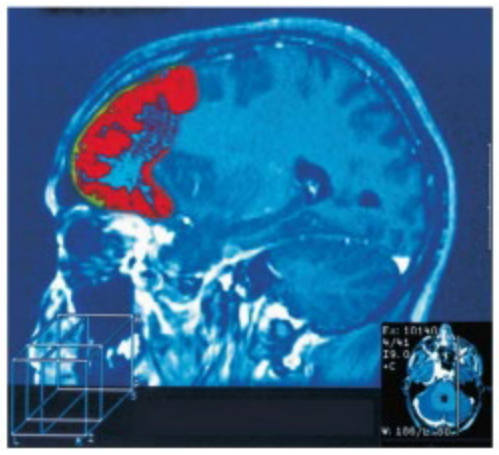
LE CERVEAU DES ÉMOTIONS

Voir les émotions

Les êtres humains communiquent souvent leurs émotions par le biais de mimiques. Les centres de contrôle de ces expressions faciales se trouvent dans le tronc cérébral et l'amygdale. Cette conclusion vient de l'observation de patients atteints de paralysie pseudo-bulbaire, une pathologie qui perturbe le contrôle des mouvements volontaires dans le cortex moteur. Incapables de commander les muscles de leur visage, ces patients peuvent pourtant rire et pleurer, et montrent des signes de vraies émotions quand ils sont touchés ou émus.

Imiter l'émotion Nous commençons très tôt à reconnaître les émotions chez autrui et à reproduire ce que nous voyons. Au cours des premiers mois de la vie, l'imitation aide à façonner le lien parent-enfant. Ce besoin de copier le comportement émotionnel des autres, appelé contagion émotionnelle, perdure toute la vie. Lorsqu'on observe l'expression d'une autre personne, on en reprend souvent certains aspects. Le cerveau perçoit une émotion sur un visage et avertit automatiquement ses circuits émotionnels.

La plupart des autistes éprouvent des difficultés à décoder le contenu émotionnel des visages, des corps et des sons. Ce qui explique qu'il leur est difficile de déceler chez les autres le sarcasme ou la tromperie, par exemple. Des autopsies ont révélé qu'il existe des corrélations entre l'autisme et des anomalies cellulaires dans le cervelet, l'hippocampe et l'amygdale, ainsi qu'un rétrécissement du vermis (la zone médiane) du cervelet. D'autres résultats indiquent par ailleurs que l'autisme peut provenir de troubles touchant les parties du cerveau spécialisées dans l'imitation. Les « neurones miroirs » sont moins actifs chez les enfants autistes que dans les groupes témoins de sujets qui ne le sont pas, à qui l'on a demandé d'imiter ou d'observer simplement des expressions faciales. ■



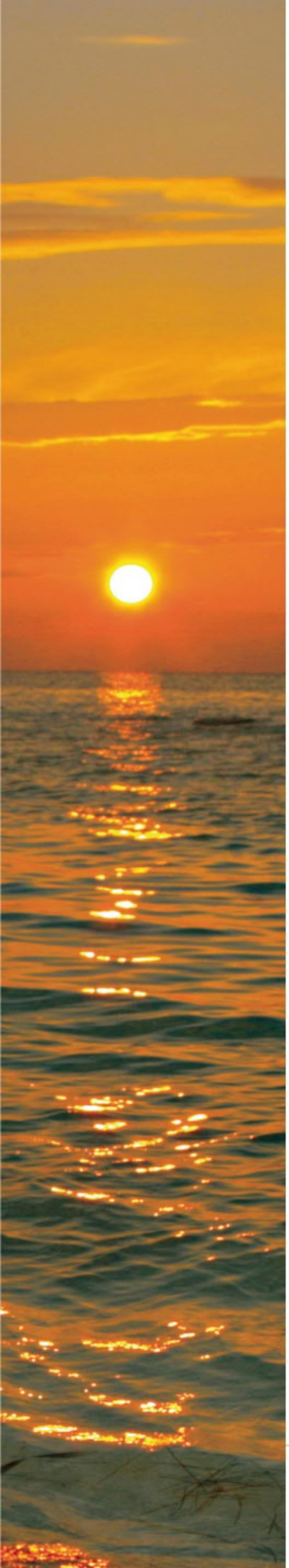
Partager le même point de vue L'image ci-dessus, obtenue grâce à l'IRM, prouve que l'activité émotionnelle se situe dans le lobe frontal. Quand les nouveau-nés et leurs parents (à droite) s'imitent l'un l'autre, leurs liens affectifs s'en trouvent renforcés.

69

Le saviez-vous ?

Lorsqu'on voit une personne en détresse, les « neurones miroirs » présents dans le cerveau induisent des sentiments similaires.

Philtre d'amour
Sans romantisme aucun, les scientifiques commencent à lier l'état amoureux, si agréable, aux neurotransmetteurs et aux phéromones.



LE CERVEAU DES ÉMOTIONS

Côté rose

Parmi tous les états positifs et agréables, l'amour est celui qui a le plus retenu l'attention des scientifiques. Une anthropologue de l'université Rutgers, Helen Fisher, décrit trois types d'amour – le désir, l'attirance et l'attachement –, apparus au cours de l'évolution afin d'assurer la continuité de l'espèce, et tous trois sous-tendus par une finalité et une alchimie spécifiques. Ainsi, le désir, lié aux hormones sexuelles (œstrogènes et androgènes), pousse les individus à chercher un partenaire. L'attirance fixe cette énergie physique généralement sur un seul individu. L'envie de créer des liens affectifs est lié à la sérotonine. L'attachement fait que deux adultes restent ensemble en raison de l'avantage d'être deux parents. On connaît mal les neurotransmetteurs expliquant ce fait, mais des expériences sur des animaux ont montré que certaines substances neurochimiques favorisent la constitution du couple.

Romance chimique L'amour maternel pourrait partager une partie du même circuit neuronal que la passion amoureuse. Ainsi, le cerveau libère de l'ocytocine (hormone de l'amour) durant l'accouchement pour favoriser le lien entre la mère et l'enfant. Les chercheurs ont découvert que lorsque des souriceaux tombent du nid les mères les secourent, tandis que les souris vierges sont indifférentes. Mais quand celles-ci reçoivent de l'ocytocine, elles se précipitent pour aider les petits. Peut-être parce que cette hormone met leur cerveau davantage à l'écoute des informations sociales. ▶

70

Le saviez-vous ?

L'exposition à l'ocytocine augmente le degré de confiance mutuelle entre individus.

Côté rose

Naturellement heureuse
La capacité d'une personne à ressentir le bonheur est en grande partie déterminée par son patrimoine génétique.

La joie Le bonheur – ou la joie –, l'une des émotions universellement reconnues, semble davantage relever de l'inné que de l'acquis. Des neuroscientifiques ont établi que la tendance d'un individu à avoir un caractère dominé par des émotions positives vient à plus de 60 % de son patrimoine génétique. Le reste s'acquiert au fil des pensées, émotions et expériences vécues.

Les recherches ont mis en lumière certaines des régions liées à la joie, dont l'hypothalamus, le septum et le noyau accumbens. Chacune d'elles libère des neurotransmetteurs, comme les endorphines et la dopamine. Cette dernière est, parmi les substances chimiques, celle qui a attiré le plus l'attention.

Étude de cas

Signes extérieurs de gentillesse

En 1959, le généticien russe Dimitri Beliaev entreprit d'élever des renards argentés russes, avec, pour critère de reproduction, la tolérance à la proximité humaine. Cette expérience a donné des renardeaux qui, dès les années 1980, affichaient de la docilité, mais aussi un pelage tacheté de blanc, des oreilles tombantes et une queue recourbée frétillant à l'approche de l'homme. Alors que leurs géniteurs sauvages ont un pelage uni, une queue tombante et des oreilles dressées. La domestication s'est donc accompagnée d'un changement de traits et de comportement. À l'inverse, les chiens sauvages de Moscou se comportent de plus en plus comme des loups : ils courent en meute et ne remuent plus la queue.

Le saviez-vous ?

71 Entretenir des liens étroits avec des amis et la famille permet d'avoir plus de bonheur.

72 À long terme, les gagnants à la loterie ne sont pas plus heureux que les autres.

73 Les actions altruistes accroissent le niveau de bonheur.

74 Les expériences rendent les individus plus heureux que les biens.

75 Chez certaines souris, les larmes du mâle transmettent les phéromones.

76 Les personnes âgées sont plus satisfaites de leur vie que les plus jeunes.

77 La souffrance d'un chagrin d'amour et la douleur physique activent les mêmes régions cérébrales.

78 Le psychologue Martin Seligman recense trois composantes du bonheur : le plaisir, l'engagement et le sens [donné à la vie].

79 En règle générale, les hommes dissimulent plus que les femmes les symptômes de la dépression.

80 Les anthropologues ont trouvé des récits d'amour romantique dans 147 sociétés sur 166.

81 Quand ils sont exposés à une neurohormone appelée vasopressine, des campagnols volages deviennent monogames.

LE CERVEAU DES ÉMOTIONS

Côté noir

Le cerveau présente ce que les psychologues appellent un biais de négativité. On se souvient plus longtemps des mauvaises nouvelles que des bonnes, et les rencontres désagréables imprègnent davantage le cerveau que celles qui sont agréables. L'hypersensibilité du cerveau aux émotions négatives est apparue dès le début de l'espèce humaine. Peur, anxiété et colère ont préparé le corps à la lutte ou à la fuite.

Peur et colère Les manifestations physiques liées à la peur sont bien connues. Celle-ci active le système nerveux autonome et libère des hormones du stress, notamment l'adrénaline. L'amygdale et le thalamus mobilisent le corps en accroissant le rythme cardiaque et la pression artérielle, ainsi qu'en aiguisant les sens. Simultanément, des signaux sensoriels plus lents se déplacent du thalamus au cortex frontal pour identifier et réexaminer la source du signal de la peur. La réaction rapide de l'amygdale a l'avantage, sur le plan de l'évolution, de préparer le corps au pire, tandis que la réaction lente du cortex empêche le corps de fuir devant la moindre ombre.

Comme la peur, la colère emprunte une grande diversité de voies : par exemple, le système limbique ; libérant du cortisol dans le cerveau, elle entraîne des sentiments de stress et de frustration. Les individus régulièrement en proie à la colère semblent avoir une activité neuronale réduite dans les lobes frontaux, qui communiquent avec l'amygdale tandis que l'esprit cherche l'équilibre entre la raison et l'émotion. Des taux élevés ou faibles de sérotonine, et des taux élevés de testostérone jouent également un rôle dans le comportement agressif, à travers des mécanismes que l'on ne saisit pas encore complètement. ▶

82

Le saviez-vous ?

La douleur n'est pas une émotion, même si elle déclenche parfois des réactions affectives.

L'angoisse contre l'extase Les sentiments négatifs tels que la tristesse, la peur et l'anxiété influent davantage sur le cerveau que les sentiments positifs.

POURQUOI ?

Un point de vue déséquilibré
La dépression survient quand les neurotransmetteurs sont déséquilibrés dans nombre de régions cérébrales.

Côté noir

Le blues La tristesse et le chagrin ont une fonction. Ces émotions ont pu se transformer au fil de l'évolution pour permettre au cerveau de reconnaître les conséquences de la perte et des comportements négatifs.

Les scanners du cerveau lient la tristesse à une activité accrue dans l'hémisphère gauche de l'amygdale et dans l'hémisphère droit du cortex frontal, ainsi qu'à une activité réduite dans l'hémisphère droit de l'amygdale et dans l'hémisphère gauche du cortex frontal. Une longue période de tristesse peut inhiber les neurotransmetteurs du lobe frontal et de l'amygdale, entraînant une forme de dépression (apathie, sentiment de vide...).

La dépression Les symptômes de la dépression se traduisent surtout par un sentiment de vide, une humeur triste, une baisse d'énergie chronique, un manque de plaisir dans des activités habituellement appréciées, de la culpabilité et de l'impuissance, et l'impression générale de ne pas être soi-même. D'après les scientifiques, la dépression viendrait d'un déséquilibre des neurotransmetteurs.

Cela implique de nombreuses régions cérébrales, dont le cortex cérébral, l'amygdale, l'hypothalamus et d'autres zones. L'hippocampe, qui régule le stress, est plus petit chez les individus dépressifs. Les antidépresseurs peuvent rééquilibrer tout cela.

Histoire vécue

Junior Seau

Pendant ses vingt années à la NFL, Ligue nationale du football américain, le défenseur Junior Seau était connu pour son énergie et son exubérance. Aussi son suicide à l'arme à feu, à 43 ans, fut-il un choc pour ses proches. Cependant, l'autopsie de son cerveau a révélé ce que certains soupçonnaient déjà : le footballeur souffrait d'une encéphalopathie traumatique chronique (ETC). Identifiée pour la première fois en 1949, cette maladie dégénérative du cerveau résulte de chocs répétés à la tête. Les symptômes de l'ETC ressemblent à ceux de la maladie mentale, y compris la dépression, le comportement imprévisible, le mauvais jugement et les pensées suicidaires. En 2017, à la demande de leurs familles, une autopsie a été pratiquée sur le cerveau de joueurs de football américain décédés. Résultat : une ETC a été décelée chez 99 % d'entre eux. La maladie a également été détectée chez des joueurs de hockey et des lutteurs professionnels.

87

Le saviez-vous ?

Les individus atteints de dépression souffrent davantage au petit matin.

LE CERVEAU DES ÉMOTIONS

Émotions et décisions

L'esprit fait appel à la fois à l'intuition inconsciente et au jugement raisonné. L'intuition permet de décider si une chose est bonne ou mauvaise. C'est un mode de décision facile et rapide. Souvent les décisions intuitives sont judicieuses sur le plan de la logique, parce que le cerveau accède aux souvenirs émotionnels liés à des situations que l'on a déjà rencontrées par le passé, puis il les « applique » au contexte présent. Cependant, nombre d'individus pensent que leurs décisions viennent d'un processus conscient et logique, alors qu'elles découlent de réponses immédiates du cerveau profond.

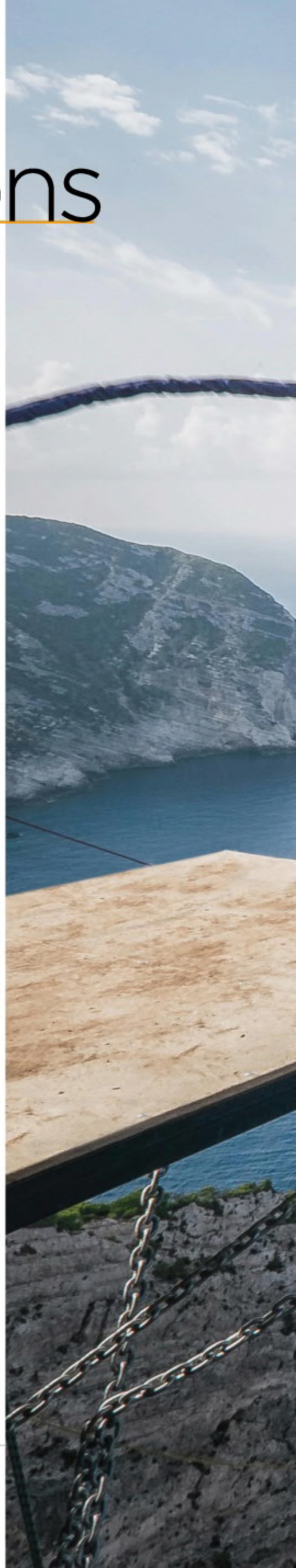
Eux contre nous Par exemple, quand nous rencontrons une nouvelle personne, notre cerveau réagit à son apparence bien avant que nous en soyons conscients. Les expériences montrent que le cerveau reconnaît le statut social d'un individu sur une photo en moins de 40 millisecondes (bien en deçà du seuil de perception consciente). Nous enregistrons l'appartenance à un groupe ethnique en moins de 100 millisecondes, et le sexe en moins de 150 millisecondes. Ajoutons que les réactions émotionnelles surviennent instantanément et n'expriment pas fidèlement notre psychisme : confronté à un visage d'un groupe ethnique différent, l'amygdale, le centre de la peur dans le cerveau, s'active instantanément.

Ces réactions ultra-rapides alimentent un instinct commun à de nombreux animaux : le besoin de départager les groupes entre « nous » et « eux ». Les chercheurs ont découvert, lors d'une expérience, que quand on les rassemble de façon arbitraire dans des groupes, les membres appartenant au même ensemble traitent automatiquement le leur mieux que les autres.

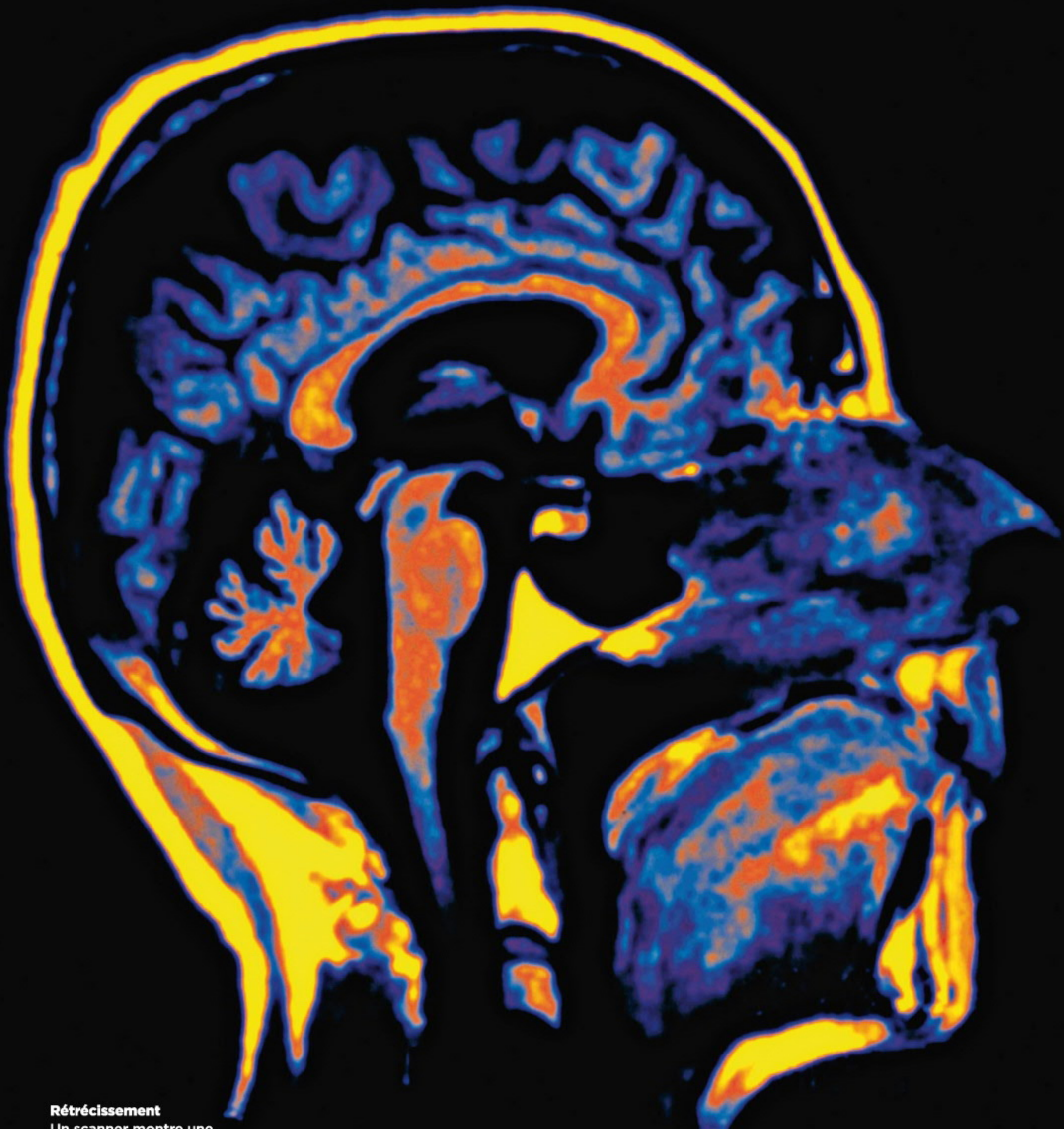
84

Le saviez-vous ?

Les études montrent que les hommes ont tendance davantage que les femmes à se polariser sur une identité de groupe.



Prise de risque
Pour prendre une décision, l'esprit fait appel à la fois à l'intuition et au jugement conscient. Notre inconscient peut ainsi avoir le vertige tandis que notre esprit conscient nous soutient que notre équipement assurera notre sécurité.



Rétrécissement
Un scanner montre une atrophie du tissu cérébral, qui peut se produire lorsqu'on vieillit.

CHAPITRE

5

Le cerveau vieillissant

Hormis dans le cas d'un accident vasculaire cérébral (AVC) foudroyant, le cerveau qui vieillit subit une modification progressive de ses capacités à percevoir les sensations, à traiter l'information, à créer et emmagasiner les souvenirs, à apprendre. Certains neurones meurent des suites du vieillissement, normal, d'une maladie ou d'une blessure. Toutefois, à part un ralentissement du traitement des données, un cerveau mature en bonne santé exécute pratiquement aussi bien qu'un jeune les tâches nécessitant planification, analyse et organisation de l'information. Certaines capacités mentales augmentent même avec le temps. Ainsi, en l'absence de maladie, un cerveau âgé a stocké plus de vocabulaire et possède de meilleures compétences linguistiques qu'un jeune.

Le cerveau vieillissant peut être atteint de dysfonctionnements allant des troubles de l'audition à la démence. Cependant, la gymnastique mentale, l'exercice physique et un traitement médical approprié si nécessaire contribuent à maintenir le cerveau en bonne santé et à améliorer ainsi les dernières années de la vie d'un individu. L'organe le plus important de notre corps peut être stimulé par l'éducation, des défis sensoriels, des jeux cognitifs et des exercices qui améliorent la circulation sanguine, l'équilibre et la masse musculaire.

Expérience

Calcul

Le pouvoir du chiffre 7

Étape 1.
Commencez par le nombre situé en haut de la liste. Regardez-le, essayez de le mémoriser, puis cachez-le avec votre main.

Étape 2.
Dites aussitôt le nombre à voix haute, chiffre par chiffre, sans vous arrêter. Par exemple, pour le premier vous direz : « 4-9-2-6 ».

Étape 3.
Faites de même avec les suivants. Notez l'endroit où votre mémoire commence à défaillir, c'est-à-dire le moment où vous serez obligé de faire l'effort de vous souvenir du nombre entier.

Et maintenant, tournez la page.

4926

57843

02685

953456

684712

1537923

7430673

89314289

85371067

639818531

9278369708

Les significations du chiffre 7

Des psychologues pensent que ce chiffre a une signification spéciale dans la mythologie parce qu'il correspond au plus grand nombre d'items que l'on peut retenir.

Que s'est-il passé ?

Le nombre qui a vous a fait perdre commence-t-il par un 8 ? Il se trouve que les séries de chiffres qui commencent par un 8 comportent aussi huit chiffres. Et il y a fort à parier que ce sont ces suites, ainsi que les suivantes, plus longues, qui vous ont donné du mal.

On a depuis longtemps observé que l'esprit humain ne peut pas traiter plus d'un certain nombre d'informations à la fois. Vous avez sans doute constaté que, si un ami vous donne un numéro de téléphone et qu'il vous pose une question pendant que vous le notez, vous avez toutes les chances du monde de l'oublier. Le cerveau ne peut pas faire face à cette surcharge. Mais à quel moment bloque-t-il ?

L'un des pionniers de la psychologie cognitive, George Miller, a mené une série d'expériences et proposé une réponse à cette question, en 1956, dans la *Psychological Review*. Le chiffre mystérieux est clairement énoncé dans le titre de son article : « Le nombre magique 7, plus ou moins 2. »

Miller a découvert que la plupart des individus pouvaient mémoriser environ sept éléments nouveaux, que ce soit sous forme de chiffres, de lettres, de mots ou autre. Des expériences ultérieures ont permis de mieux comprendre le nombre de Miller et les répercussions de différents types d'informations sur les limites de la mémoire. Certains chercheurs ont aussi remis en cause cette thèse.

La fin de l'article de Miller pose une question intrigante : n'est-ce que pure coïncidence s'il y a sept mers, Sept Merveilles du monde et sept péchés capitaux ?

85

Le saviez-vous ?

La mémoire de travail siège dans les lobes préfrontaux.

Le brouillard de l'âge
La vue se dégrade avec l'âge, car les muscles qui commandent la dilatation et la contraction des pupilles perdent de leur efficacité.

Sens diminués

Lorsque nous vieillissons, nos sens perdent de leur acuité. Les organes correspondants sont touchés, mais le cerveau l'est aussi. Un niveau minimal de stimulation, ou seuil, doit être atteint pour qu'il perçoive une sensation. Avec l'âge, ce seuil augmente, et il faut davantage de stimulation.

En outre, le cerveau vieillissant voit sa mémoire de travail décliner, ce qui le rend davantage sujet aux distractions. C'est pourquoi la conduite automobile devient plus difficile avec l'âge.

La vue et l'ouïe Ce sont les yeux et les oreilles qui subissent les dégâts les plus grands. Presque tous les individus âgés de plus de 55 ans ont besoin de verres correcteurs. Des études ont montré que déficience visuelle et déclin mental chez les seniors sont liés. Les causes en sont inconnues, mais il peut paraître logique que l'absence de vision nette pour lire et effectuer la coordination entre l'œil et la main limite la capacité de faire des exercices pour fortifier le cerveau.

L'ouïe aussi se détériore avec le temps ; la perception des sons aigus est la première fonction à disparaître. La perte d'audition dans les fréquences aiguës, auparavant considérée comme une maladie de la vieillesse, apparaît aujourd'hui chez des patients plus jeunes – un phénomène dû à l'excès de bruit du monde d'aujourd'hui.

Gym mentale

Jeux vidéo

En 2008, des chercheurs de l'université de l'Illinois ont démontré que, en jouant à des jeux vidéo, les personnes âgées améliorent leurs facultés cognitives, effets qui se prolongent pendant des semaines. Mieux, ces progrès se répercutent sur des tâches du quotidien. Durant l'étude, vingt adultes de plus de 60 ans jouaient à un jeu, tandis que vingt autres formaient un groupe témoin. Les premiers ont obtenu de meilleurs résultats que les seconds sur la vigilance, la mémoire de travail et la capacité à passer d'une tâche à l'autre.

Les jeux de stratégie pourraient permettre aux personnes âgées de conserver, voire d'améliorer, certaines capacités cognitives, qui normalement diminuent avec l'âge, selon Art Kramer, auteur de l'étude. Les jeux vidéo peuvent aider les seniors à s'amuser et à utiliser les réseaux sociaux, tandis que les jeux qui font intervenir des mouvements du corps favorisent l'exercice physique et la coordination œil-main.

86

Le saviez-vous ?

Les lésions de l'oreille interne peuvent entraîner des vertiges et des chutes chez les personnes âgées.

LE CERVEAU VIEILLISSANT

Mémoire et vieillissement

Les spécialistes savent depuis des siècles que les êtres humains traitent l'information plus lentement au fur et à mesure qu'ils vieillissent. Mais, en contrepartie, les personnes âgées ont tendance à analyser les problèmes avec plus d'attention et à y apporter des réponses plus réfléchies.

La mémoire est particulièrement touchée par le vieillissement. Ainsi, le souvenir de faits et de données autobiographiques peut être brouillé par l'anxiété, la dépression et d'autres états négatifs, plus courants chez les seniors que chez les jeunes.

Cependant, lorsqu'on écarte l'effet de ces variables, il ressort clairement que l'âge affaiblit la mémoire. La dégradation normale des souvenirs concerne les événements du passé récent comme les faits lointains. De plus, les seniors perdent une partie de la mémoire de travail, le « bureau mental », qui nous permet de retenir et de traiter l'information durant quelques secondes.

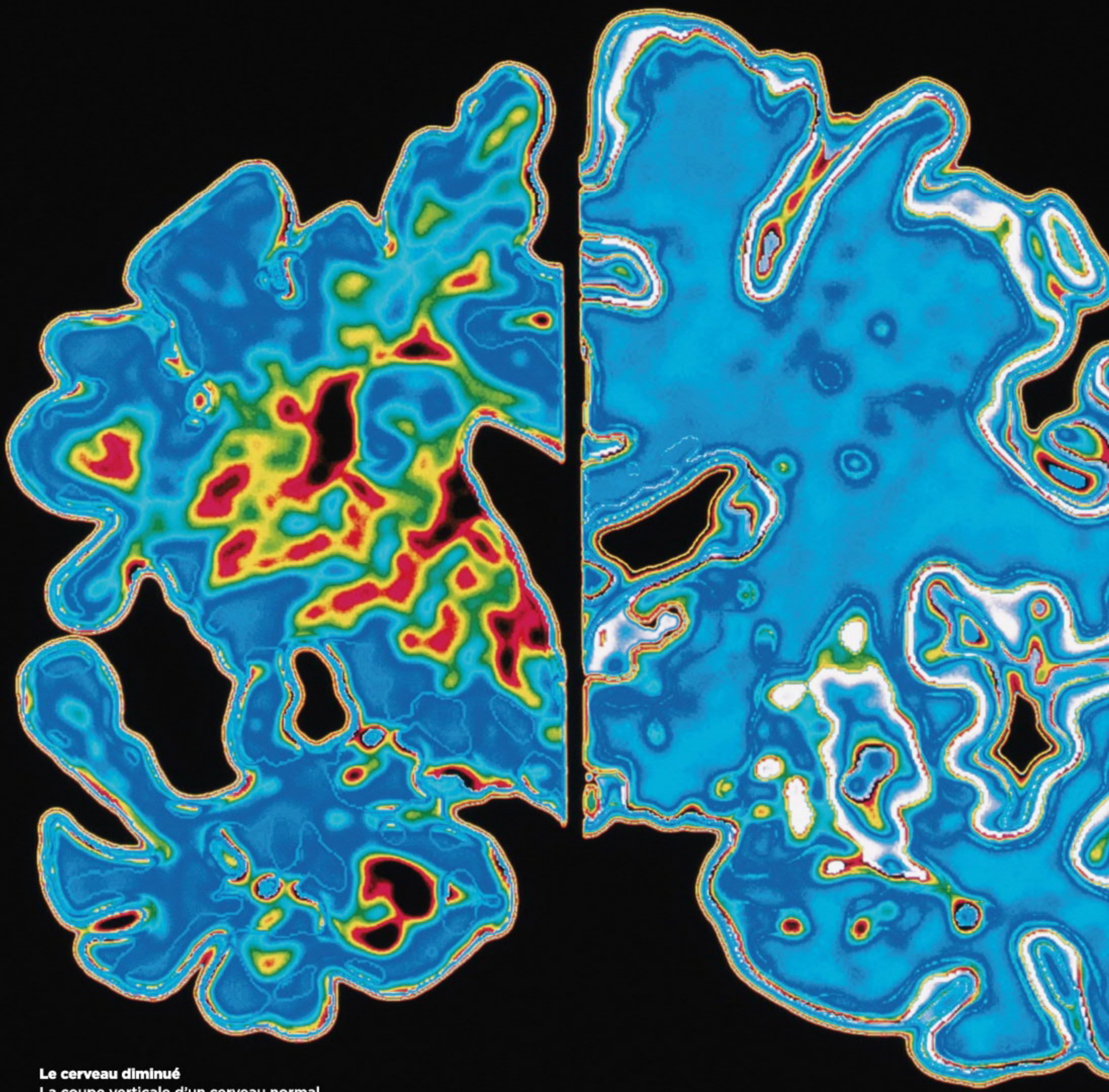
Stimuler les souvenirs Pour tenter de se remémorer un vague souvenir, un cerveau âgé peut tenter de faire appel aux lobes frontaux. Mais les PET scans révèlent que les vieilles personnes ont du mal à activer ces lobes. Il existe toutefois des moyens pratiques de combattre les troubles mnésiques. Les chercheurs ont découvert que la pratique d'une activité physique augmentait les souvenirs chez des femmes âgées souffrant de troubles cognitifs légers. Étonnamment, l'aérobic favoriserait légèrement la mémoire verbale, tandis que l'entraînement avec poids favoriserait un peu la mémoire associative – la faculté de se rappeler des choses dans leur contexte. L'un des facteurs pourrait être la cathepsine B libérée par les muscles pendant l'exercice. Cette protéine, chez les souris du moins, construit des cellules dans l'hippocampe, une zone du cerveau essentielle pour la mémoire.

87

Le saviez-vous ?

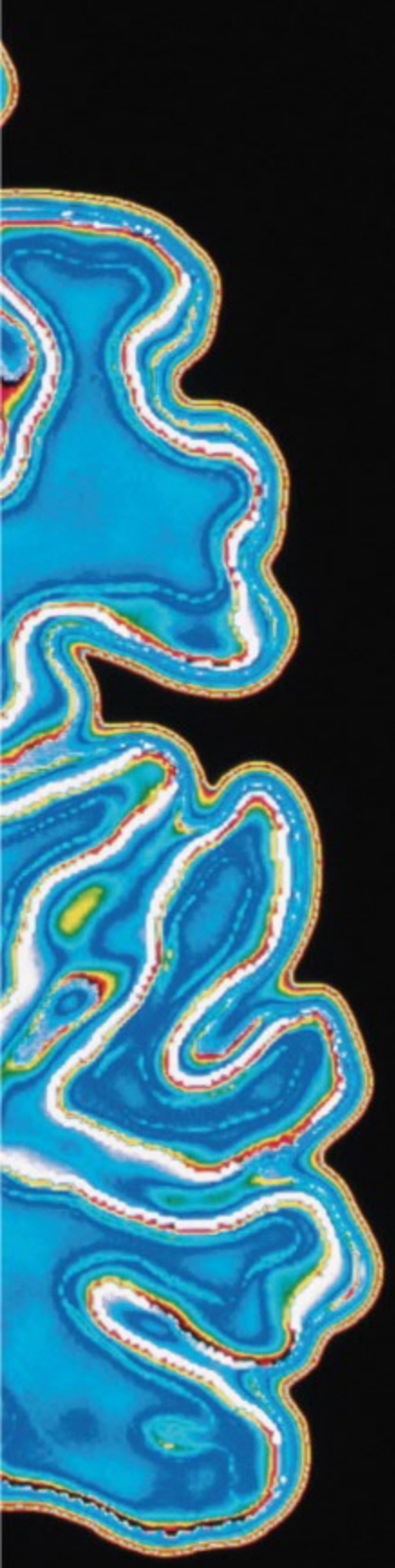
Les connexions à l'intérieur de l'hippocampe se dégradent au cours d'une vieillesse normale.

La représentation du passé
La mémoire, y compris la capacité à se souvenir d'événements autobiographiques, est touchée par le vieillissement.



Le cerveau diminué
La coupe verticale d'un cerveau normal (à droite) et celle d'un cerveau atteint par la maladie d'Alzheimer (à gauche), ce dernier présentant un rétrécissement cortical important.

Faire face aux déficiences



Les scientifiques savent aujourd'hui que la démence et les attaques cérébrales ne font pas partie du vieillissement normal. La démence – du latin *dementia,* de *de* (privatif) et *mens* (esprit) – décrit une diversité de symptômes issus d'une cinquantaine de troubles du cerveau, qui tous comportent la destruction de neurones. Les médecins diagnostiquent la démence si au moins deux fonctions cérébrales, dont, en général la mémoire et le langage, sont fortement endommagées.

Foudroyé Contrairement à la démence, une attaque cérébrale est instantanée. Célèbre médecin de la Grèce antique, Hippocrate la fit connaître sous le nom de *plesso*, qui signifie « être foudroyé ». Elle se produit dès qu'un caillot sanguin ou une artère sectionnée interrompt la circulation sanguine vers le cerveau. Privées de sang riche en oxygène, les cellules cérébrales meurent, rendant du même coup impossibles certaines fonctions cognitives et motrices.

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) L'attaque thrombotique se produit quand une artère desservant le cerveau se bouche à cause de l'accumulation de dépôts graisseux sur les parois internes. L'embolie cérébrale, elle, survient quand un caillot graisseux se forme dans une autre partie du corps, par exemple les parois du cœur, et circule dans les artères jusqu'à ce qu'il se dépose dans un vaisseau sanguin du cerveau. Ces deux types d'AVC représentent 80 % des attaques cérébrales. L'attaque hémorragique se produit quand une artère se rompt dans le cerveau, généralement à cause de l'hypertension artérielle.

Bien que les AVC surviennent dans le cerveau, ils affectent tout le corps. L'attaque cérébrale est l'une des principales causes de mortalité et de handicap chez les seniors, mais le cerveau peut récupérer de façon remarquable, même en cas de lésion. S'ils sont traités dans les trois heures suivant l'attaque, la plupart des patients retrouvent certaines voire toutes leurs fonctions physiques. ▶

Le saviez-vous ?

Le déclin de l'aptitude verbale peut être un signe précoce de la maladie d'Alzheimer.

Faire face aux déficiences

Art-thérapie
Cette méthode peut enrichir la vie et améliorer l'humeur des personnes atteintes d'Alzheimer et autres démences.

La maladie d'Alzheimer Caractérisée par une accumulation de plaques et d'enchevêtrements neurofibrillaires dans le cerveau, cette pathologie, qui s'attaque à des parties essentielles pour le raisonnement, le souvenir et la pensée, aurait deux origines principales : à l'intérieur des neurones, des agrégats de fibres se forment à partir de la protéine Tau (d'où l'apparition d'enchevêtrements), tandis qu'à l'extérieur des plaques dites séniles se développent entre les neurones et les compriment. Enchevêtrements et plaques entraînent le rétrécissement des neurones et leur disparition. Des médicaments traitent aujourd'hui les démences progressives, y compris celle d'Alzheimer. Mais ils ne font que soulager les malades.

Histoire vécue

Aloïs Alzheimer

« Elle est assise sur le lit, l'air totalement désemparé. – Comment vous appelez-vous ? – Auguste. – Votre nom de famille ? – Auguste. – Comment s'appelle votre mari ? – Auguste, je crois. – Votre mari ? – Ah, mon mari ! Elle semble ne pas avoir compris la question. » Voici ce que l'on peut lire dans un dossier perdu depuis longtemps, celui d'une femme identifiée sous le nom d'« Auguste D. ». L'entretien se déroula le 26 novembre 1901, et le médecin était Aloïs Alzheimer. Le neuropsychiatre décrivit ainsi les symptômes d'Auguste : déficience cognitive progressive, hallucinations, délires et incompétence psychosociale. Il observa sa patiente jusqu'à sa mort, en 1906. Après avoir autopsié son cerveau, il fit part de ce qu'il découvrit : des enchevêtrements neurofibrillaires, un rétrécissement cortical et une accumulation de plaques entre les neurones. Ce fut la première description de la maladie d'Alzheimer.

Le saviez-vous ?

89 Le risque de développer une démence **diminue** chez les octogénaires.

Les souvenirs musicaux durent **souvent** plus longtemps que les souvenirs verbaux chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer. 90

91 Les personnes âgées **optimistes** vivent plus **longtemps** que les pessimistes.

L'alcool agit **davantage** 92 sur le cerveau âgé, dont le métabolisme est plus lent.

93 Le nombre de **mots reconnus** reste **stable** avec l'âge.

Le nombre de mots **remémorés diminue** avec l'âge. 94

95 Un trait commun aux plus de 100 ans est la capacité à **gérer le stress.**

Le tai-chi 96 **peut soulager** la dépression.

97 Les jeux de stratégie **aident** les cerveaux âgés à rester **alertes.**

La stimulation électrique du cerveau peut aider une **mémoire défaillante.** 98

99

Le saviez-vous ?

La partie du cerveau qui repère un objet est différente de la partie qui l'identifie.

Nouvelles directions

Dans le cerveau du fœtus, des cellules souches non spécialisées se développent en des centaines de types particuliers de neurones, chacun adapté à sa localisation et à sa fonction. Jusqu'en 1998, les scientifiques estimaient que le cerveau adulte n'abritait aucune cellule souche et qu'aucun neurone ne se formait après la petite enfance. Toutefois, la découverte de cellules souches dans l'hippocampe et l'identification ultérieure de cellules souches dans le bulbe olfactif et le noyau caudé cette année-là ont déclenché une frénésie de spéculations sur les moyens d'inciter les cellules souches à fabriquer des neurones de remplacement pour des parties détériorées du cerveau. D'ores et déjà, les scientifiques réussissent à « reprogrammer » des cellules souches en laboratoire pour qu'elles produisent des millions de copies.

Le corps électrique Les chercheurs poursuivent leurs avancées dans l'interface neuronale. Grâce à l'informatique, ils réussissent à connecter le cerveau à un corps handicapé et à restaurer ses mouvements. Récemment, des scientifiques de Houston ont équipé un amputé d'une calotte électronique et de jambes prothétiques, et l'ont regardé monter un escalier. En 2016, une équipe de l'université de Pittsburgh a implanté des électrodes chez un paralysé qui a alors ressenti les sensations envoyées par une main robotique à son cerveau.

100

Le saviez-vous ?

Les troubles obsessionnels compulsifs (TOC) pourraient être atténués par des impulsions magnétiques visant les lobes frontaux.

Histoire vécue

Esprits en réseau

En 2013, des chercheurs ont implanté des électrodes dans le cerveau de deux rats, l'un étant au Brésil, l'autre dans un laboratoire aux États-Unis. Le premier a pu transmettre au second des signaux cérébraux via internet. Pour ne pas être en reste, deux scientifiques de l'université de Washington portant des casquettes munies d'électrodes sont convenus de s'envoyer des messages mentaux sur internet en jouant à un jeu vidéo. Le premier a pensé « feu » et le second, de l'autre côté du campus, a appuyé sur une touche de son clavier.

Votre cerveau

NATIONAL GEOGRAPHIC

«NOUS CROYONS AU POUVOIR DE LA SCIENCE, DE L'EXPLORATION ET DU STORYTELLING POUR CHANGER LE MONDE.»

Gabriel Joseph-Dezaize, RÉDACTEUR EN CHEF
Catherine Ritchie, RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Elsa Bonhomme, DIRECTRICE ARTISTIQUE
Hélène Verger, MAQUETTISTE
Véronique Cheneau, SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Emanuela Ascoli, ICONOGRAPHE
Nadège Lucas, ASSISTANTE DE LA RÉDACTION

TRADUCTEURS **Philippe Babo, Béatrice Bocard, Jean-François Chaix**

CONSEILLER SCIENTIFIQUE **Dr Karim Jerbi,** chercheur Inserm, centre de recherche en neurosciences de Lyon (CRNL)

DIRECTRICE EXÉCUTIVE ÉDITORIALE
Gwendoline Michaelis

DIRECTRICE MARKETING ET BUSINESS DÉVELOPPEMENT
Dorothée Fluckiger

DIRECTRICE ÉVÉNEMENTS ET LICENCES
Julie Le Floch

CHEF DE GROUPE Hélène Coin

DIFFUSION
Directrice de la fabrication et de la vente au numéro
Sylvaine Cortada (01 73 05 64 71)
Directeur des ventes Bruno Recurt (01 73 05 56 76)
Directeur marketing client
Laurent Grolée (01 73 05 60 25)
Directeur marketing études et communication
Charles Jouvin (01 73 05 53 28)

FABRICATION
Stéphane Roussiès, Mélanie Moitié

Imprimé en Pologne
LSC Communications Europe,
ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Kraków, Poland

Provenance du papier : Finlande
Taux de fibres recyclées : 0 %
Eutrophisation : Ptot 0 Kg/To de papier

Date de création : octobre 1999
Dépôt légal : août 2018
Diffusion : Presstalis. ISSN 1297-1715.
Commission paritaire : 1219 K 79161

PUBLICITÉ
Directeur exécutif PMS
Philipp Schmidt (01 73 05 51 88)
Directrice exécutive adjointe PMS
Anouk Kool (01 73 05 49 49)
Directeur délégué PMS Premium
Thierry Dauré (01 73 05 64 49)
Directrice déléguée Creative Room
Viviane Rouvier (01 73 05 51 10)
Brand Solutions Director
Arnaud Maillard (01 73 05 49 81)
Automobile et luxe Brand Solutions Director
Dominique Bellanger (01 73 05 45 28)
Senior Account Managers
Evelyne Allain Tholy (01 73 05 64 24)
Amandine Lemaignen (01 73 05 56 94)
Florence Pirault (01 73 05 64 63)
Trading Managers
Tom Mesnil (01 73 05 48 81)
Virginie Viot (01 73 05 45 29)
Planning Manager
Julie Vanweydeveldt (01 73 05 64 94)
Assistante commerciale
Catherine Pintus (01 73 05 64 61)
Directeur délégué Insight Room
Charles Jouvin (01 73 05 53 28)

National Geographic
Pour vous abonner, c'est simple et facile sur ngmag.club

Pour tout renseignement sur votre abonnement ou pour l'achat d'anciens numéros

SERVICE ABONNEMENTS
62066 Arras Cedex 09

Par téléphone depuis la France
0 808 809 063 Service gratuit + prix appel

Abonnement au magazine France :
1 an - 12 numéros : 66 €
1 an - 12 numéros + hors-séries : 87 €

Licence de NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS

Magazine mensuel édité par :
NG France

Siège social
13, rue Henri-Barbusse,
92624 Gennevilliers CEDEX
Société en Nom Collectif au capital de 5 892 154,52 €
Ses principaux associés sont PRISMA MEDIA et VIVIA

ROLF HEINZ
Directeur de la publication, Gérant

13, rue Henri-Barbusse,
92624 Gennevilliers Cedex
Tél. : 01 73 05 60 96
Fax : 01 73 05 65 51

PEFC™
PEFC/29-31-337
PEFC Certified
www.pefc.org

La rédaction du magazine n'est pas responsable de la perte ou détérioration des textes ou photographies qui lui sont adressés pour appréciation.
La reproduction, même partielle, de tout matériel publié dans le magazine est interdite. Tous les prix indiqués dans les pages sont donnés à titre indicatif.

YOUR BRAIN
Patricia S. Daniels

PRODUCED BY THE NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS, LLC. 1145 17th Street N.W. Washington, D.C. 20036-4688 U.S.A.

Copyright © 2017 National Geographic Partners, LLC.
All rights reserved.

NATIONAL GEOGRAPHIC and Yellow Border Design are trademarks of the National Geographic Society, used under license.

Material in this book is drawn from the folowing National Geographic Society books:
Brainworks, 2011
Brain, 2009

ABONNEZ-VOUS À L'OFFRE PASSION !

+

6€25 par mois seulement !

12 NUMÉROS PAR AN

Chaque mois, avec National Geographic, vivez une aventure humaine unique !

6 HORS-SÉRIES PAR AN

Retrouvez les **qualités journalistiques et photographiques** de National Geographic à travers des **reportages exclusifs** et explorez une **thématique différente** à chaque numéro.

BON D'ABONNEMENT

Bulletin à compléter et à retourner sans affranchir à :
National Geographic - Libre réponse 91149 - Service Abonnements - 62069 Arras Cedex 09.

HNG46P

1 - JE CHOISIS MON OFFRE D'ABONNEMENT

☐ **OFFRE LIBERTÉ National Geographic + Hors-Séries**

18 numéros par an
6€25 /mois au lieu de ~~8€95*~~
Je recevrai l'autorisation de prélèvement à remplir par courrier.

MEILLEURE OFFRE

- N'AVANCEZ PAS D'ARGENT
- PAYEZ EN PETITES MENSUALITÉS
- ARRÊTEZ VOTRE ABONNEMENT QUAND VOUS VOULEZ

☐ **OFFRE COMPTANT**
National Geographic + Hors-Séries
1 an (18 numéros)
pour **79€** au lieu de ~~107€10*~~.
Je règle mon abonnement ci-dessous.

☐ **Je préfère m'abonner à National Geographic seul** (1 an / 12 n°s) pour **49€90** au lieu de ~~66€~~.
Je règle mon abonnement ci-dessous.

2 - JE M'ABONNE

EN LIGNE SUR PRISMASHOP.FR + SIMPLE + RAPIDE ET + SÉCURISÉ

1. Rendez-vous directement sur le site www.prismashop.fr
2. Cliquez sur «Mon offre magazine» — Mon offre magazine
3. Saisissez le code offre magazine indiqué ci-dessous — **HNG46P**

Paiement sécurisé en ligne VISA PayPal

PAR TÉLÉPHONE 0 826 963 964 Service 0,20 € / min + prix appel

PAR SMS en envoyant HNG 46P au 32321 (sms non surtaxé) SMS+

PAR COURRIER EN COMPLÉTANT LES INFORMATIONS CI-DESSOUS :

☐ **Mme** ☐ **M** (Civilité obligatoire)

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

_____

Code Postal : _____ Ville : _____

3 - JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

Je règle mon abonnement par :

☐ Chèque bancaire à l'ordre de NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE

☐ Carte bancaire : (Visa ou Mastercard)

N° : _____

Date de validité : M M A A

Cryptogramme : _____

Signature obligatoire :

Merci de m'informer de la date de début et de fin de mon abonnement :

Tél. : _____

E-mail : _____

☐ **Je souhaite être informé(e) des offres commerciales du groupe Prisma Media.**

☐ **Je souhaite être informé(e) des offres commerciales des partenaires du groupe Prisma Media.**

*Prix de vente au numéro. Pour l'option liberté, pour une durée minimum de 12 prélèvements. **A défaut, votre abonnement ne pourra être mis en place. Offre réservée aux nouveaux abonnés de France Métropolitaine. Délai de livraison du premier numéro: 4 semaines. Les informations recueillies font l'objet d'un traitement informatique à des fins d'abonnement à nos services de presse, de fidélisation et de prospection commerciales. Conformément à la loi informatique et Libertés du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification, de suppression et d'opposition au traitement des informations vous concernant. Pour exercer ces droits, il vous suffit de nous écrire en envoyant un e-mail ou un courrier à cl4@prismamedia.com ou PRISMA MEDIA, Le Correspondant Informatique et Libertés, 13, rue Henri Barbusse - 92230 Gennevilliers. Si vous acceptez que ces informations soient transmises à des partenaires du Groupe Prisma Media, cocher ici pour être situés hors de l'Union Européenne.

Crédits

Couverture, Mehau Kulyk/Science Source ; **3,** Martin Schoeller ; **5,** Courtesy of Matthew F. Glasser and David C. Van Essen ; **6-7,** Andrew Ostrovsky/iStockphoto ; **8-9,** flashgun/Shutterstock ; **10,** Maggie Steber/National Geographic Creative ; **12,** Luis Carlos Torres/iStockphoto ; **13,** enviromantic/iStockphoto ; **14,** Stephen Mcsweeny/Shutterstock ; **16-17,** image composite réalisée à partir de photos Shutterstock: Nikita Tiunov/Shutterstock (Silhouette de randonneur), Mehau Kulyk/Science Source (Cerveau), Yuliyan Velchev/Shutterstock (Visage), Ilya Akinshin/Shutterstock (Écouteurs), Vector/Shutterstock (Œil), Tribalium/Shutterstock (Main) ; **18-19,** Don Farrall/Getty Images ; **20,** Dusit/ Shutterstock ; **22,** Ingrid Prats/Shutterstock ; **24** (Arrière-plan bois), Paul Maguire/ Shutterstock ; **24** (H pieces de puzzle), Audrey Savin/Shutterstock ; **24** (B), Noelle Weber ; **26,** Courtesy of Matthew F. Glasser and David C. Van Essen ; **27,** alptraum/Getty Images ; **28-29,** Gary Carlson/Science Source ; **30,** Sarah Leen/National Geographic Creative ; **31,** Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock ; **32** (H), Peter Cade/Getty Images ; **32** (BG & BD), Guigoz/Steiner/Science Source ; **34-35,** Art by Bruce Morser ; **36-37,** Maks Narodenko/Shutterstock ; **38,** Pgiam/iStock-photo, Noelle Weber, and Susan Blair, NG ; **39,** Roger Harris/Science Source ; **40,** Diomedia/ISM/Sovereign ; **41,** Allen R. Braun, M.D., NIDCD/NIH ; **42-43,** APIC/Hulton Archive/Getty Images ; **44-45,** Carlos Osorio/Toronto Star via Getty Images ; **46-47,** SSPL/Getty Images ; **48,** Mike Theiss/National Geographic Creative ; **51,** Mike Theiss/National Geographic Creative ; **52,** Image de R. Beau Lotto of www.lottolab.org ; **54,** Image de R. Beau Lotto of www.lottolab.org ; **54,** Illustration © Scientific Publishing Ltd., Elk Grove Village, IL, É.-U. ; **55,** Aleksandar Kamasi/Shutterstock ; **56** (LES DEUX), James P. Blair/National Geographic Creative ; **57,** alfredolon/Shutterstock ; **58-59,** Lisa A. Walker ; **59,** Illustration©Scientific Publishing Ltd., Elk Grove Village, IL, É.-U. ; **60-61,** Brian Lanker ; **62,** Yuri Arcurs/Shutterstock ; **63,** Dann Tardif/Getty Images ; **64,** Diomedia/ISM/Sovereign ; **64-65,** Vitalij Geraskin/iStockphoto ; **66** (H), Tim Robberts/Getty Images ; **66** (B), Dean Drobot/Shutterstock ; **68-69,** Barbara Walton/Newscom ; **70,** Bruno Mallart ; **72,** Aspect3D/ Shutterstock ; **73,** Composite image created using Shutterstock images: Nagel Photography (Arrière-plan foule), hxdbzxy (Podium), razihusin (G & D Micro), razihusin (M Micro) ; **74,** Dana Edelson/NBC/NBCU Photo Bank via Getty Images ; **76,** El Greco/Shutterstock ; **77,** Zero Creatives/Getty Images ; **78-79,** Joel Sartore/National Geographic Creative ; **80-81,** Paul Chesley/National Geographic Creative ; **82** (H), Philippe Psaila/Science Source ; **82** (B), Peter Menzel/Science Source ; **84** (LES DEUX), Hank Morgan/Science Source ; **85,** image composite réalisée à partir de photos Shutterstock: Atelier Sommerland (Fée), Carlos Caetano (Jeune fille endormie avec nuage) ; **86-87,** Patrick Byrd/Science Faction/SuperStock ; **88,** Miguel Villagran/Getty Images ; **90** (HG & HD), drbimages/Getty Images ; **90** (MG), PIKSEL/Getty Images ; **90** (MD), 9nong/Shutterstock ; **90** (BG), drbimages/Getty Images ; **90** (BD), iko/ Shutterstock ; **91,** David Eulitt/Kansas City Star/MCT via Getty Images ; **92** (HG & HD), drbimages/Getty Images ; **92** (MG), PIKSEL/Getty Images ; **92** (MD), 9nong/Shutterstock ; **92** (BG), drbimages/Getty Images ; **92** (BD), iko/Shutterstock ; **94-95,** Timothy A. Clary/ AFP/Getty Images ; **96,** James Cavallini/Science Source ; **97,** Ariel Skelley/Getty Images ; **98-99,** sjharmon/iStockphoto ; **100** (H), iko/Shutterstock ; **100** (B), David H. Seymour/Shutterstock ; **102-103,** McMillan Digital Art/Getty Images ; **104,** Yummyphotos/Shutterstock ; **105,** image composite : martan/Shutterstock (Cerveau), ostill/Shutterstock (Joueurs de football), Danler/Getty Images (arrière-plan) ; **106-107,** Fred Marie/Barcroft Images/Barcroft Media via Getty Images ; **108,** Scott Camazine/Getty Images ; **110,** javarman3/iStockphoto ; **112,** image composite réalisée à partir de photos iStockphoto sauf mention contraire: (De G à D, Rang 1) Steve Mann/Dreamstime.com, Jason Cheever, Timothy Large, Tony Lyons, (Rang 2) Raf Croonen, stuartbur, Mary Catherine Brinkworth, Lance Bellers, (Rang 3) Žiga Četrtič, Tobias Ott, Lisa-Blue, Andreas Nilsson, (Rang 4) Nathan Watkins, Daniel Baumgartner, javarman3, Celso Pupo Rodrigues, (Rang 5) Stuart Blackwell, Walter Harvey, Karl Martini, Taweesak Boonwirut ; **114,** image composite réalisée à partir de photos Shutterstock: Stuart Monk (Scène de rue à New York), rangizzz (Mains tenant des lunettes) ; **115,** Images Getty pour Nintendo DS ; **116-117,** Vasiliki Varvaki/iStockphoto ; **118-119,** Alfred Pasieka/Science Source ; **120** (H), BSIP/UIG via Getty Images ; **120** (B), Corbis Historical/Getty Images ; **122,** inside back cover, 3D artwork by Joseph Hill, photo d'Elizabeth Sisson/NBC/NBCU Photo Bank via Getty Images ; **123,** Lightspring/Shutterstock ; **126,** Don Farrall/Getty Images.

Ça M'INTÉRESSE

A chaque curieux son magazine

Le mensuel de la connaissance

4 fois par an, une thématique décryptée pour toute la famille

Pour tous ceux qui ont décidé de prendre leur santé en main

Explorer le passé pour comprendre le présent

Toute la presse est sur prismashop.fr

Se poser des questions, Ça fait avancer.

OU sur L72, un médicament homéopathique aux 10 substances actives qui agit sur les troubles mineurs du sommeil.

Difficultés d'endormissement, sommeil agité, réveils nocturnes ou précoces...
L72 de Lehning est un médicament homéopathique traditionnellement utilisé dans le traitement des troubles mineurs du sommeil.

- Nouvelle composition
- À partir de 30 mois
- Chez l'enfant, un trouble du sommeil nécessite une consultation médicale
- Contient de l'alcool
- Sans accoutumance
- Disponible sans ordonnance en pharmacie

FABRIQUÉ EN FRANCE

LEHNING LABORATOIRES

Lire attentivement la notice. Si les symptômes persistent, consultez votre médecin. Demandez conseil à votre pharmacien.
Laboratoires Lehning 3, rue du Petit Marais 57640 Sainte-Barbe. VISA N° 18/03/6 020 203 1/GP/002 - Ref.2018-PI-077.