

DES CAMÉRAS EN COULEUR (MASTCAM) enregistreront des images en haute résolution des paysages et des textures des roches. Ces dernières aideront à reconstituer les processus de formation des roches et du sol, qui impliquent peut-être l'action de l'eau. L'une des caméras (MARDI), située sous le rover, filmera la descente et l'atterrissage.

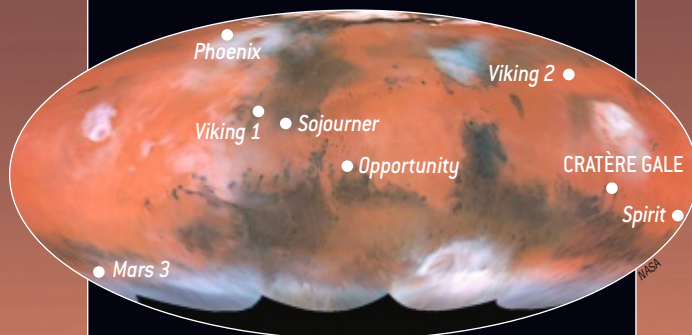
L'INSTRUMENT CHEMIN effectuera l'analyse minéralogique de roches réduites en poudre en envoyant des rayons X pour faire apparaître des motifs de diffraction caractéristiques des minéraux. Contrairement aux missions précédentes, il pourra analyser plusieurs types de minéraux.

LE BRAS ROBOTISÉ, d'une portée allant jusqu'à deux mètres, est équipé de 30 kilogrammes d'outils permettant de percer des trous et de pulvériser des roches. Un ensemble de tamis prépare de la poudre pour les instruments d'analyse.

LE SPECTROMÈTRE PAR ABLATION LASER (CHEMCAM) analysera la composition des roches à distance en les volatilisant en plasma avec un laser et en analysant la lumière qu'elles émettent alors.

LE SPECTROMÈTRE À PARTICULES ALPHA ET RAYONS X (APXS) déterminera *in situ* la composition en éléments lourds des roches par fluorescence induite par rayons X.

LES SITES D'ATTERRISSAGE



Le cratère Gale

Après cinq ans d'études, la NASA a retenu le cratère Gale parmi 50 sites candidats proposés pour faire atterrir *Curiosity*. Dans cet ancien cratère d'impact de 150 kilomètres de diamètre, l'érosion éolienne et des impacts récents ont exposé des matériaux autrefois enterrés, d'anciens dépôts fluviaux qui ont gardé la trace d'écoulements d'eau et des terrains fracturés riches en minéraux, analogues à ceux que l'on trouve sur Terre au-dessus des aquifères.

Le cratère est dominé par un pic central, le mont Sharp, qui culmine à plus de 5 000 mètres au-dessus des plaines environnantes. La majeure partie de ce mont est accessible au rover *Curiosity* par différents chemins. Il en entamera l'ascension 6 à 12 mois après l'atterrissage. Le pic est constitué de strates de roches sédimentaires qui, lues de bas en haut, livreront une chronologie de la jeunesse de la planète. En huit ans, le rover *Opportunity* a examiné 15 à 20 mètres de strate ; trop peu pour retracer l'évolution du climat, mais assez pour donner un aperçu de ce que verra *Curiosity*.

Les roches sédimentaires sont particulièrement intéressantes et pourraient renfermer des signatures éventuelles de vie passée. En se plongeant dans l'histoire martienne, *Curiosity* éclairera de façon indirecte une période de l'histoire terrestre qui a presque disparu des profils géologiques, quand les deux planètes n'étaient peut-être pas si différentes. De quoi mieux comprendre notre propre planète...

Le cerveau STRESSÉ

Amy Arnsten, Carolyn Mazure et Rajita Sinha

Les circuits neuronaux assurant le contrôle de soi sont perturbés par un stress, même modéré. Dès lors, les émotions et les désirs prennent les commandes...

Chez certains étudiants, la pression des examens perturbe, voire bloque totalement, les capacités de raisonnement. Les expressions imagées ne manquent pas pour décrire ce phénomène : être paralysé, sur les nerfs, mort de peur, au bord de l'évanouissement, etc. De même, certaines personnes sont paralysées à l'idée de parler en public. Les situations de stress sont courantes, et chacun en connaît les effets.

Les neuroscientifiques croyaient comprendre les mécanismes cérébraux du stress, mais les recherches récentes ont remis en cause leurs explications. La réponse au stress n'est pas seulement une réaction primitive, qui ne concerne que les aires cérébrales communes à de nombreuses espèces, de la salamandre à l'homme. En réalité, le stress affecte les facultés cognitives, les zones cérébrales les plus élaborées chez les primates.

Auparavant, on décrivait la manifestation physiologique du stress comme une réaction de l'hypothalamus, une structure apparue très tôt au cours de l'évolution et située à la base du cerveau : l'hypothalamus déclencherait la sécrétion d'hormones par l'hypophyse (localisée à la base du cerveau) et les glandes surrénales (juste au-dessus des

reins), hormones qui accélèrent le rythme cardiaque, augmentent la pression sanguine et diminuent l'appétit. Les recherches récentes ont révélé un rôle inattendu du cortex préfrontal, une structure cérébrale située derrière le front. Il est le siège des capacités cognitives les plus élaborées – la concentration, la planification, la prise de décision, l'intuition, le jugement... C'est la partie du cerveau apparue le plus tard au cours de l'évolution.

Le cortex préfrontal agit comme un centre de commande. Quand tout va bien, il maintient nos émotions et nos pulsions « primaires » sous contrôle. En revanche, un stress aigu déclenche une série d'événements chimiques qui réduisent son influence, tout en renforçant celle d'aires cérébrales plus anciennes. Nous pouvons alors nous retrouver en proie à une anxiété paralysante ou à des pulsions que d'habitude nous réussissons à contrôler : excès de nourriture et de boissons, consommation de drogues, frénésie dépensière... En d'autres termes, nous perdons le contrôle de nous-mêmes.

Depuis qu'ils ont découvert que le stress peut perturber des fonctions exécutives supérieures, les neurobiologistes cherchent



Dan Saelinger

à comprendre les mécanismes sous-jacents. Ils espèrent mettre au point des thérapies comportementales et des médicaments permettant de garder son sang-froid.

Le cortex préfrontal : un chef d'orchestre

La question intrigue les scientifiques depuis des décennies. Après la Seconde Guerre mondiale, ils se sont demandé pourquoi certains pilotes de chasse, virtuoses à l'entraînement, commettaient des erreurs grossières et fatales dans le feu du combat. Ils n'ont pu analyser en détail l'activité du cerveau qu'avec les progrès des techniques de neuro-imagerie dans les années 1990. Ils ont alors remarqué une « explosion » d'activité dans le cortex préfrontal lors des événements stressants.

Si cette zone est si sensible au stress, c'est en raison de son statut hiérarchique particulier au sein des structures cérébrales. Proportionnellement plus gros chez l'homme que chez les autres primates, le cortex préfrontal représente un bon tiers du cortex humain. Sa maturation est plus

L'ESSENTIEL

■ **Le cortex préfrontal maintient nos émotions sous contrôle en régulant l'activité de structures cérébrales ancestrales où elles prennent naissance.**

■ **Il peut être désactivé par les modifications neurochimiques dues au stress, ce qui entraîne des réactions peu rationnelles, voire une paralysie mentale.**

■ **Grâce à une meilleure compréhension des mécanismes du stress, on développe des thérapies comportementales et des médicaments pour mieux y résister.**

lente que celle des autres zones cérébrales et ne s'achève qu'après l'adolescence. Il est responsable de la pensée abstraite. Grâce à lui, nous sommes capables de nous concentrer sur une tâche, tout en stockant des informations dans la mémoire de travail. Cette dernière nous permet de garder à l'esprit des données dont nous avons besoin pendant quelques instants, telle la retenue à reporter dans la colonne suivante lors d'une addition. Cette donnée est ensuite oubliée. Enfin, le cortex préfrontal inhibe les pensées et les actions inappropriées.

Il fonctionne grâce à un vaste réseau de connexions reliant certains de ses neurones, nommés cellules pyramidales car leur corps cellulaire a une forme triangulaire. Ces neurones sont aussi connectés à des aires plus éloignées, qui contrôlent les émotions, les désirs et les habitudes. En l'absence de stress intense, ce réseau joue un rôle régulateur. Le cortex préfrontal peut par exemple envoyer un signal à d'autres régions cérébrales pour contrecarrer le désir d'un second verre de vin. Ou encore, si un homme imposant s'approche,



■ LES AUTEURS



Amy ARNSTEN est professeur de neurobiologie à la Faculté de médecine de l'Université Yale, aux États-Unis.



Carolyn MAZURE est professeur de psychiatrie et de psychologie dans la même faculté.



Rajita SINHA est professeur de psychiatrie dans la même faculté.

SOUS L'EFFET D'UN STRESS PROLONGÉ, le cortex préfrontal peut être perturbé durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines.

■ SUR LE WEB

Questionnaire (en anglais)
pour évaluer votre stress :
[www.scientificamerican.com/
article.cfm?id=stress-periodic-
meter](http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=stress-periodic-meter)

le cortex préfrontal transmet un message à l'amygdale, une petite structure cérébrale ancestrale impliquée dans les réactions de peur, pour indiquer que cet homme n'a pas d'intentions agressives.

Le bon fonctionnement de ce réseau est très sensible aux conditions chimiques. Nos recherches visant à préciser l'influence de ces conditions ont commencé il y a une vingtaine d'années. En réponse au stress, notre cerveau est inondé de composés chimiques « stimulants », telles la noradrénaline et la dopamine. Ces composés sont des neurotransmetteurs (les substances chimiques qui assurent la transmission des signaux électriques d'un neurone à l'autre). Ils sont libérés par des neurones du tronc cérébral, dont les prolongements atteignent toutes les régions du cerveau. Quand ils se déversent en grande quantité dans le cortex préfrontal, ils inhibent toute décharge neuronale : d'une part, ils réduisent l'efficacité

de la transmission synaptique entre les neurones et, d'autre part, ils rendent les neurones eux-mêmes temporairement inaptes à transmettre les signaux électriques (voir l'encadré

page ci-contre). L'activité du réseau diminue, tout comme la capacité de régulation du comportement.

Ces effets s'aggravent lorsque les glandes surrénales, contrôlées par l'hypothalamus, libèrent du cortisol – l'hormone du stress – dans le sang. Dans ces conditions, le contrôle de soi devient difficile à assurer.

Tandis que le cortex préfrontal s'éteint, l'emprise d'autres régions cérébrales sur le comportement se renforce – un même neurotransmetteur peut avoir des effets opposés sur les neurones, en fonction des récepteurs présents sur leur membrane. Ainsi, la dopamine accroît l'activité d'une série de structures situées dans les profondeurs du cerveau, nommées ganglions de la base. Ces structures régulent nos envies, nos émotions et nos mouvements. Elles sont actives aussi bien quand nous roulons à bicyclette que lorsque nous cédon à l'attrait d'une cigarette interdite.

En 2001, Benno Roozendaal, aujourd'hui à l'Université de Groningue, aux Pays-Bas, James McGaugh, de l'Université de Californie, à Irvine, et leurs collègues ont découvert un renforcement similaire du rôle de l'amygdale. Sous l'influence de la noradrénaline et du cortisol produits lors

d'un stress, elle transmet un signal d'alerte au reste du système nerveux pour le préparer à fuir ou à combattre le danger. Elle améliore également la mémorisation des souvenirs associés à la peur et au danger.

Les hommes inégaux face au stress

Les recherches sur le stress, qui ont d'abord concerné l'animal, ont été poursuivies chez l'homme. Elles montrent que certaines personnes y sont plus sensibles que d'autres, en raison de prédispositions génétiques ou d'expositions antérieures au stress. Après l'extinction du cortex préfrontal par la dopamine et la noradrénaline, des enzymes détruisent ces neurotransmetteurs. Ainsi, le cerveau recommence à fonctionner normalement quand le stress disparaît. Cependant, ces enzymes sont parfois peu efficaces en raison de facteurs génétiques, ce qui s'accompagne d'une sensibilité accrue au stress et, dans certains cas, aux maladies mentales. Des facteurs environnementaux peuvent avoir un effet similaire ; par exemple, le saturnisme (l'intoxication au plomb) a des conséquences physiologiques voisines de celles du stress et diminue les capacités cognitives.

Sous l'effet d'un stress prolongé (ou d'une répétition régulière d'événements stressants), le cortex préfrontal peut être perturbé durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Des études ont montré que le réseau complexe des connexions entre neurones se développe dans les centres émotionnels primitifs, telle l'amygdale. Simultanément, les aires cérébrales impliquées dans le raisonnement (philosophique, mathématique...) rétrécissent au sein du cortex préfrontal, car des neurones meurent. John Morrison, de la Faculté de médecine du Mont Sinai, à New York, et ses collègues ont découvert que le cerveau peut en partie récupérer après un stress, à condition qu'il n'ait pas été trop intense : la connectivité entre les neurones restants augmente. L'une d'entre nous (Rajita Sinha) l'a mis en évidence chez l'homme, où la diminution de la substance grise (liée au nombre de neurones) dans le cortex préfrontal traduit la durée de l'exposition au stress.

Les transformations du cortex préfrontal nous rendent plus vulnérables face à un stress ultérieur et favorisent probablement la dépression, la dépendance et les troubles de l'anxiété, tel le stress post-traumatique. Les femmes y seraient plus sensibles. Comme

l'une d'entre nous (Carolyn Mazure) et ses collègues l'ont montré, le stress augmente le risque de dépression et de comportement addictif, tel le tabagisme, chez la femme. Chez l'homme, le stress exacerbe les envies et perturbe les comportements régulés par les ganglions de la base, entraînant des tics ou des mouvements stéréotypés (se ronger les ongles, se mordre les joues...).

La façon dont le stress modifie le cortex préfrontal, impliqué dans le contrôle de soi, doit encore être précisée. Pour ce faire, certains scientifiques étudient l'influence de divers composés neurochimiques sur cette aire cérébrale. Ainsi, Trevor Robbins et Angela Roberts, de l'Université de Cambridge, cherchent si la sérotonine, qui joue un rôle clé dans la dépression,

module le stress et l'anxiété en agissant sur le cortex préfrontal.

Les exigences éthiques compliquent ces études, car les sujets ne doivent pas être exposés à des stress psychologiques extrêmes. De fait, on leur précise qu'ils peuvent arrêter l'expérience à tout moment, de sorte qu'ils ne sont pas placés dans des conditions proches de la réalité. Plusieurs

POURQUOI PERD-ON LE CONTRÔLE DE SOI ?

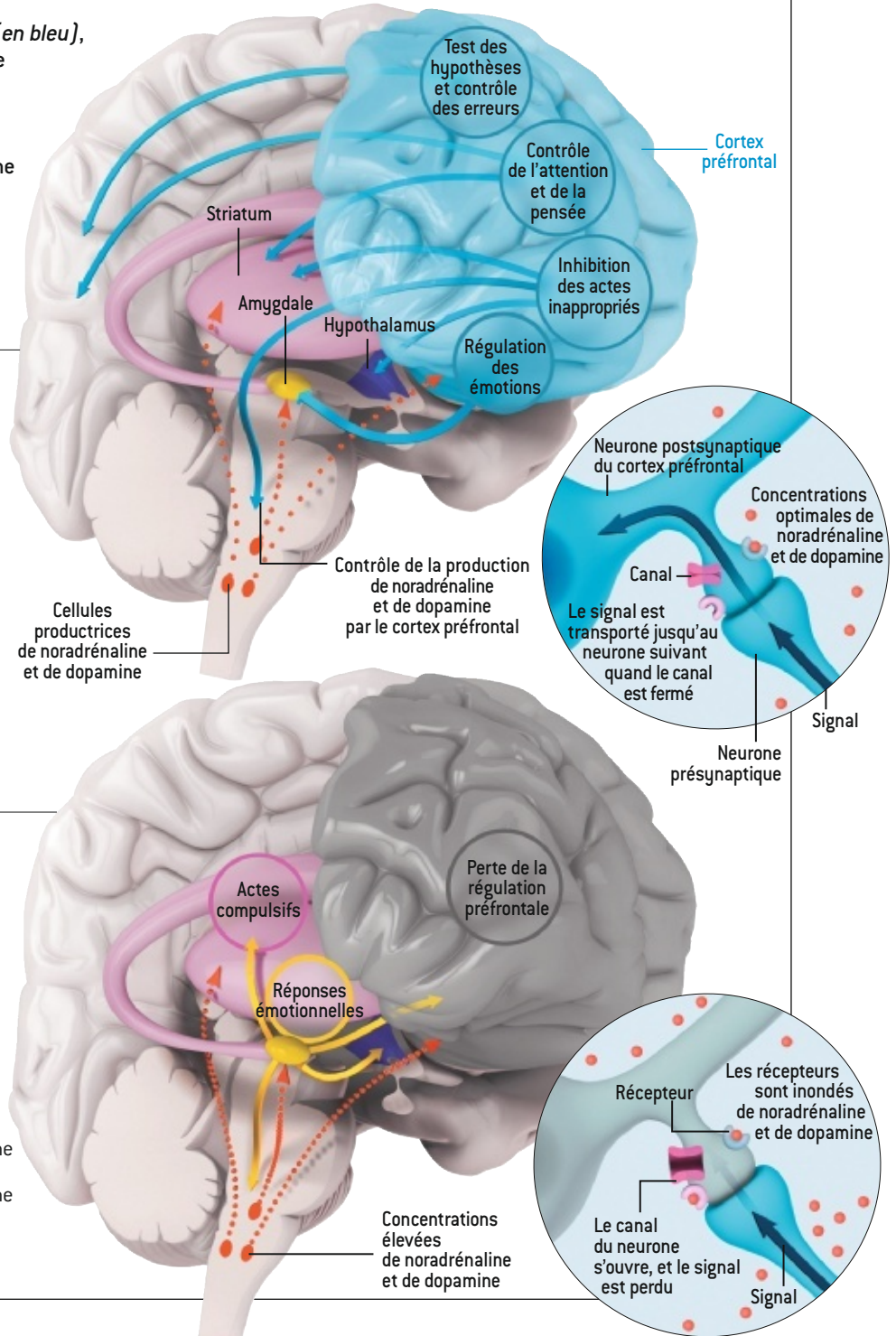
La région située juste derrière le front (*en bleu*), nommée cortex préfrontal, est le centre de commande du cerveau. C'est elle qui inhibe les pulsions inappropriées. Cependant, des stress aigus quotidiens affaiblissent cette zone du contrôle de soi. Les émotions et l'impulsivité peuvent alors prendre le dessus.

Non stressé

Le cortex préfrontal régule l'activité de zones situées dans les profondeurs du cerveau : le striatum, impliqué dans les habitudes, l'hypothalamus, siège des besoins fondamentaux telles la faim ou l'activité sexuelle, et l'amygdale, où naissent les émotions, par exemple la peur. Le cortex préfrontal régule aussi la réponse au stress, notamment la production de deux neurotransmetteurs (la noradrénaline et la dopamine) par les neurones du tronc cérébral. En quantité modérée, ces deux neurotransmetteurs renforcent les connexions avec le cortex préfrontal (*voir le cartouche*).

Stressé

Dans des conditions stressantes, l'amygdale renforce la production de noradrénaline et de dopamine, ce qui affaiblit le cortex préfrontal, mais augmente l'activité du striatum et de l'amygdale. L'excès de ces substances entraîne l'ouverture de canaux ioniques dans les neurones du cortex préfrontal. Or un influx nerveux se caractérise par la propagation d'un potentiel membranaire, résultant de déséquilibres de charges entre l'intérieur et l'extérieur du neurone. En rééquilibrant les concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane neuronale, l'ouverture des canaux portés par les neurones postsynaptiques entraîne la perte du signal. Dès lors, le cortex préfrontal ne contrôle plus les émotions et les pulsions (*voir le cartouche*).



Comment décider en cas de stress ?

Le cortex préfrontal joue un rôle central dans la prise de décision. Quelles sont les conséquences de son « extinction » par un stress aigu ou chronique ?

Certains modèles montrent que nos décisions résultent de l'activation conjointe de processus stratégiques ou rationnels et de processus intuitifs ou émotionnels. L'imagerie fonctionnelle a révélé qu'un vaste réseau neuronal, essentiellement situé dans le cortex préfrontal, sous-tend les premiers, tandis que les seconds ont pour support un réseau cérébral plus profond. Ce dernier comprend des régions du système limbique (amygdale, hypothalamus...) et des ganglions de la base.

Quand l'activité du cortex préfrontal diminue sous l'effet du stress, nos décisions deviennent principalement dictées par nos émotions. Elles risquent alors d'être inadéquates, se fon-

dant sur des routines, une vision simpliste ou manichéenne des enjeux, un comportement de groupe et des réponses stéréotypées. Ce fonctionnement est qualifié de mode mental automatique.

L'absence de réponse efficace accentue le ressenti de stress, créant des tensions psychologiques et physiques, ainsi que des troubles somatiques (tachycardie, essoufflement, diarrhée...). Afin de gérer son stress, on doit basculer du mode mental automatique vers un « mode mental adaptatif » supporté principalement par le cortex préfrontal : c'est le but des exercices de gestion des modes mentaux développés par l'Institut de médecine environnementale (IME), à Paris.

Inspirés à la fois de la neuropsychologie et des thérapies cognitives et comportementales, ces exercices permettent de s'affranchir des pensées irration-

nelles et des biais cognitifs dus au stress, en mobilisant des facultés régies par le cortex préfrontal : curiosité, flexibilité, prise de recul, réflexion... On demande par exemple au sujet de répertorier les avantages et les inconvénients d'une situation donnée, de changer de point de vue, de confronter ses exigences avec les moyens dont il dispose, etc.

La mobilisation volontaire des facultés cognitives élevées « ralume » le cortex préfrontal, et réactive ainsi la régulation des émotions et l'inhibition des actions inappropriées. En conséquence, le stress ressenti devient moins intense. Le sujet peut pratiquer ces exercices « au repos », afin de développer sa résistance, ou lors d'une situation stressante, par exemple avant un discours ou un entretien d'embauche.

Riadh Lebib

Institut de médecine environnementale (IME)

« réflexe » pourrait conduire à de meilleurs traitements des troubles liés au stress.

Les résultats théoriques obtenus précisent ce que l'on savait déjà. L'entraînement des infirmiers urgentistes ou des militaires inscrit des réactions de survie dans les ganglions de la base et d'autres structures cérébrales, de sorte qu'elles s'exécutent de façon automatique en cas de stress. L'utilité d'un entraînement est confirmé par les études sur des animaux : ceux-ci gèrent mieux le stress s'ils y ont été confrontés à de multiples occasions quand ils étaient jeunes et s'ils ont bien réagi. De même, chez l'homme, une bonne gestion de situations stressantes rend de plus en plus résistant. En revanche, si des enfants sont soumis à des situations stressantes et qu'ils en sont affectés, ils risquent de devenir plus vulnérables au stress et à la dépression en grandissant.

Des médicaments et des thérapies comportementales

De nouveaux traitements sont en cours d'élaboration. La prazosine, un médicament qui bloque certains effets néfastes de la noradrénaline, est actuellement testée chez des anciens combattants et des civils souffrant de stress post-traumatique. La prazosine semble aussi réduire la dépendance à l'alcool. Fin 2011, Sherry McKee, de l'Université Yale, et ses collègues ont publié une étude sur les effets d'un autre médicament, nommé guanfacine et utilisé aujourd'hui pour faire baisser la pression artérielle : il inhibe certaines réactions au stress et renforce les réseaux du cortex préfrontal, ce qui diminue l'envie de fumer lors d'une exposition au stress. En outre, de nombreuses équipes ont montré que des stratégies comportementales telles que la relaxation, la respiration profonde et la méditation réduisent le stress.

Apprendre les mécanismes et le rôle du stress vous aidera peut-être à le maîtriser. Ainsi, la prochaine fois que vous perdrez vos moyens en passant un examen ou en parlant en public, vous pourrez vous dire : « Ce n'est que mon cerveau qui essaie de me sauver d'un prédateur. » À défaut de vous apporter la réponse ou le mot juste, cela vous fera sans doute sourire, ce qui aura un effet positif sur vous, mais aussi sur l'examineur et le public... ■

■ BIBLIOGRAPHIE

Vaincre son anxiété, *L'Essentiel Cerveau & Psycho*, mai-juillet 2012.

A. Arnsten, *Prefrontal cortical network connections : key site of vulnerability in stress and schizophrenia*, *International Journal of Developmental Neuroscience*, vol. 29, pp. 215-223, 2011.

A. Arnsten, *Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function*, *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 10, pp. 410-422, 2009.

S. Halpern, *Can't Remember What I Forgot : Your Memory, Your Mind, Your Future*, Three Rivers Press, 2009.

équipes ont tout de même réussi à simuler les effets d'un stress non contrôlé en projetant des films perturbants aux sujets, ou en leur demandant d'imaginer brièvement des situations stressantes.

Une autre question intrigue les chercheurs : pourquoi le cerveau est-il doté de mécanismes affaiblissant ses fonctions cognitives les plus élevées ? C'est que ces mécanismes, qui déclenchent des réactions ancestrales, seraient salvateurs face à un prédateur. Il est alors bien plus utile de se figer pour ne pas se faire remarquer ou de se préparer à fuir à toute vitesse que de se souvenir d'un poème de Victor Hugo !

Une telle réaction est parfois également utile dans le monde moderne – par exemple quand un chauffard vous coupe la route et que vous devez freiner brutalement. Toutefois, si l'état de stress persiste, les fonctions du cortex préfrontal s'affaiblissent durablement. Ce sera handicapant, par exemple pour prendre une décision compliquée ou organiser rapidement un projet important.

Une meilleure compréhension du stress permet de concevoir des stratégies de défense. La connaissance des événements moléculaires qui provoquent le passage du cerveau d'un état « réfléchi » à un état

Maux d'artistes

par Sebastian Dieguez

Ce livre est un recueil d'articles que l'auteur a publiés dans la rubrique Art et pathologies du magazine *Cerveau & Psycho*.

Dans cet ouvrage, l'auteur s'interroge sur les liens cachés entre une œuvre d'art – une peinture, une sculpture, une composition musicale ou une œuvre littéraire – et une maladie de l'esprit que présentait son auteur.

Examinant divers chefs-d'œuvre avec un regard de psychologue, neurologue, voire psychiatre, Sebastian Dieguez analyse plus d'une vingtaine d'œuvres dont celles de Dostoïevski, Maupassant, Monet, Ravel, De Chirico, Proust, Van Gogh, etc.



176 pages • 25 euros • ISBN 978-2-8424-5101-1



Disponible en librairie et sur www.cerveauetpsycho.fr

La sélection de livres

■ POUR LA SCIENCE

Cet été prenez le temps.
Notamment le temps de lire.
Ces ouvrages vous feront
voyager... dans le temps,
et découvrir des époques,
des histoires,
des personnages,
des jeux mathématiques
et des questions
de logique qui vous
raviront.

En partenariat
avec les éditeurs

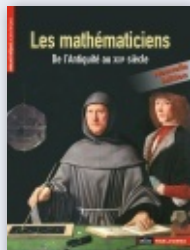


Tous ces livres sont
également disponibles
en librairie.

Les mathématiciens Collectif, nouvelle édition

«Nul ne peut être mathématicien
s'il n'a une âme de poète», disait
Sophie Kowalevskaia. D'Archimède
à Jacques Hadamard, cet ouvrage
dresse les portraits d'une vingtaine
de mathématiciens, autant artistes
que scientifiques.

Éditions Belin/Pour la Science 2010
280 pages – 24,35 euros – ISBN 978-2-8424-5109-7



Réf. 075109

La logique Un aiguillon pour la pensée

Jean-Paul Delahaye

La logique a connu d'incroyables progrès depuis deux siècles : l'infinie variété des infinis, les étranges hyperensembles, l'indécidabilité de Turing, les déconcertants paradoxes probabilistes... Cet ouvrage sur la logique moderne des sciences intéressera autant mathématiciens que philosophes et curieux, intrigués par le monde abstrait des raisonnements !

Éditions Belin/Pour la Science 2012
200 pages – 27 euros – ISBN 978-2-8424-5115-8



Réf. 075115

Les carrés magiques Du Lo Shu au Sudoku

Arno Van den Essen

Si les carrés magiques ont conquis la planète sous la forme moderne du sudoku, leur histoire commence il y a plus de 5000 ans, avec le premier carré 3×3 ou Lo Shu ! Accessible sans connaissances mathématiques particulières, cet ouvrage illustre la richesse et la modernité des carrés magiques.

Éditions Belin/Pour la Science 2011
224 pages – 19,30 euros – ISBN 978-2-7011-5554-8



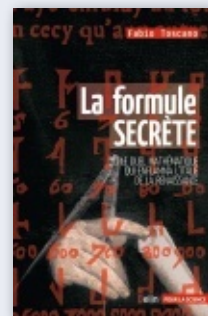
Réf. 005554

La formule secrète Ou le duel mathématique qui enflamma l'Italie de la Renaissance

Fabio Toscano

Au XVI^e siècle, les mathématiciens italiens s'affrontent en duels publics pour résoudre des problèmes difficiles. Suivant cette tradition, Tartaglia et Cardan sont les acteurs d'une polémique féroce qui aboutit à l'une des découvertes les plus importantes de l'algèbre.

Éditions Belin/Pour la Science 2011
184 pages – 19,30 euros – ISBN 978-2-7011-5694-1

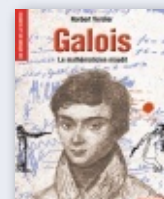


Réf. 005694

Galois, le mathématicien maudit Norbert Verdier

La vie et l'œuvre d'un mathématicien hors norme. La nuit précédant le duel engagé pour sa belle et où il sera tué, il rédige son grand mémoire aux idées encore fécondes aujourd'hui. Le lecteur suivra ce génie tourmenté dans les méandres de l'histoire.

Éditions Belin/Pour la Science 2011
144 pages – 18,25 euros – ISBN 978-2-8424-5112-7



Réf. 075112