

Un «roi des mers» égaré?

Des coelacanthes ont été récemment pêchés au large de l'Indonésie.

La première capture d'un coelacanth vivant au large de l'embouchure du fleuve Sud-africain Chalumna, en 1938, eut un effet retentissant dans le monde scientifique. Ce gros poisson, *Latimeria chalumnae*, bleu-acier, a des nageoires à base charnue et une queue en demi-cercle prolongée en son milieu. Il fut considéré comme un «fossile vivant», un survivant de la préhistoire. Son nom scientifique rappelle l'origine géographique du premier spécimen, et évoque Courtenay Latimer, la conservatrice du Musée d'histoire naturelle d'East London, en Afrique du Sud, qui en fit le premier croquis. Le groupe des coelacanthes est apparu il y a environ 360 millions d'années. Les derniers coelacanthes connus à l'état de fossiles datent de 80 millions d'années. Les coelacanthes appartiennent à une

lignée, très diversifiée à la fin de l'ère primaire, où l'on a recherché en vain l'ancêtre des tétrapodes (tous les vertébrés, poissons exceptés) : le groupe des dipneustes (des poissons dotés de poumons) est plus proche des amphibiens primitifs que les coelacanthes.

Ces animaux ont des caractères surprenants pour des poissons, par exemple une articulation entre les parties antérieure et postérieure de la boîte crânienne. En outre, les mouvements coordonnés des nageoires en nombre pair diffèrent de ceux des autres poissons, mais sont identiques à ceux des membres des tétrapodes. Les biologistes se perdent en conjectures.

En 1952, un deuxième coelacanth a été capturé près de l'île d'Anjouan, dans l'archipel des Comores. Depuis, de nouveaux spécimens sont capturés chaque année et enrichissent les collections des musées. Deux autres, probablement transportés par un courant, ont été capturés en 1992 et en 1995 au Sud du canal du Mozambique, mais un point semblait établi : l'habitat des coelacanthes était limité géographiquement à l'archipel comorien.

Pourtant, d'autres spécimens ont été signalés en Indonésie. En septembre

1997, l'un d'eux fut photographié sur la carriole d'un poissonnier sur le marché de Manado. Plusieurs pêcheurs ont révélé avoir capturé ce poisson nommé localement *raja laut*, ou le roi de la mer.

Un nouvel individu vient d'être trouvé près de l'île de Manado Tua, en Indonésie, à près de 10 000 kilomètres des Comores. Selon Mark Erdmann et Roy Cadwell, de l'Université de Berkeley, et selon Kasim Moosa, de l'Institut des sciences de Djakarta, il s'agit d'un poisson de 1,2 mètre de longueur, pesant près de 30 kilogrammes ; il a été remonté dans des filets posés à 150 mètres de fond par des pêcheurs. Par ses caractères morphologiques externes, à l'exception de sa teinte brune, il ressemble à *Latimeria chalumnae*, mais seules des études comparatives de leurs génomes indiqueront leur degré de parenté.

Ces spécimens indonésiens ont-ils été transportés, à partir des Comores, par les courants, comme l'ont été ceux qui ont été découverts en 1992 et en 1995, ou appartiennent-ils à une population établie dans la mer des Célèbes? Plusieurs arguments montrent qu'il s'agit bien d'une nouvelle population. Ainsi, le site de la capture – une pente volcanique creusée de grottes et de cavités sous-marines – ressemble au biotope où vivent les coelacanthes des Comores. Or, la probabilité de trouver un environnement identique à celui de départ, en suivant un courant, est très faible. De plus, les courants marins et l'histoire géologique des deux aires géographiques ne justifient pas le transport d'une région vers l'autre.

Latimeria chalumnae est actuellement classé parmi les espèces menacées, mais on dispose de trop peu d'informations pour préconiser des actions de conservation. La surpêche dans les Comores et la faible fécondité de l'espèce menacent la survie de cette population estimée à 500 individus. La découverte d'une nouvelle population de coelacanthes ne remet pas en cause les actions nécessaires à la sauvegarde de l'espèce, mais exige l'élargissement du cadre de leur application. Il est surprenant que la présence en Indonésie de ce poisson de grande taille, pêché par les populations locales, soit passée inaperçue. Découvrira-t-on d'autres populations de coelacanthes? D'autres espèces marines encore inconnues?

Lionel CAVIN
Musée des Dinosaures, Espérasa (Aude)



Mark Erdmann

Un coelacanth brun vient d'être pêché en Indonésie.

L'art du pisteur préservé

Les techniques des chasseurs bochimans sont transmises par un ordinateur de poche.



Le cerveau avec lequel l'homme moderne comprend son passé s'est développé dans des conditions de vie qui ont, pour la plupart, disparu. Une des techniques les plus anciennes de l'*Homo sapiens sapiens* est la chasse à l'arc et la flèche empoisonnée, que seuls quelques chasseurs du désert du Kalahari se souviennent avoir pratiquée ; ces témoins sont âgés et abandonnés par la société et, dans quelques années, ils auraient disparu, emportant dans leur tombe un savoir ancestral, si l'ethnologue Louis Liebenberg ne s'était intéressé à leur sort et à leur art. Il étudie depuis 13 ans comment les pisteurs bochimans identifient la trace de leur proie, l'approchent pour qu'elle soit à portée (une vingtaine de mètres) de leur arc, puis suivent l'animal blessé pendant des jours, distinguant sa trace de celles des autres animaux. L. Liebenberg a appris à lire les moindres déjections et les caractéristiques subtiles des empreintes : il sait, en examinant la profondeur d'une empreinte et son orientation, identifier l'animal, savoir s'il se nourrit ou s'enfuit. «S'il faut peu de temps pour acquérir les techniques de base du pistage, remarque-t-il, il faut des années pour parvenir à un niveau

avancé. Le pistage des animaux requiert des sens très aiguisés, une grande finesse d'observation, de l'endurance physique, de la patience, de la concentration, de la vivacité, une bonne mémoire, un esprit analytique, une connaissance approfondie de la nature, de l'intuition et de la créativité.»

L. Liebenberg pense que le scientifique s'identifie avec l'objet de ses recherches. «Que ferais-je si j'étais cette particule élémentaire, ou ce faisceau d'électrons», s'interroge le physicien ? «Comment réagirais-je si j'étais cette molécule», se demande le chimiste ? Comme ces scientifiques, le pisteur interroge les traces en se mettant dans la peau de l'animal et formule des hypothèses confirmées ou infirmées par le contexte. Un bon pisteur «pense comme l'animal, ou mieux, a l'impression d'être cet animal chassé.» Il se pourrait que l'art et la pratique des chasseurs, qui obligeaient à des raisonnements, soient la première manifestation de l'esprit scientifique.

Les chasseurs bochimans sont pour la plupart analphabètes : ils conservent leurs points de repère en mémoire, sans les noter, et il est difficile de cerner les différents aspects de leur savoir, et la variété des indices qu'ils utilisent. L'ethnologue a mis au point, avec un associé informaticien, un ordinateur de poche, dénommé *CyberTracker*, pour enregistrer les données des pisteurs.

Une série d'icônes représentent, sur des écrans successifs, les observations possibles : vision d'un animal, identification d'une trace, activité de l'animal, nature de sa nourriture. Grâce au dispositif GPS incorporé, le pisteur enregistre le lieu, la date et l'heure de chaque observation.

BRÈVES

Lampes salvatrices

Au Sri Lanka, la moitié des habitations n'ont pas l'électricité et les Sri Lankais s'éclairent avec des lampes à pétrole n'ont pas l'électricité et les Sri Lankais s'éclairent avec des lampes à pétrole. Instables, ces lampes se renversent facilement : leur contenu en pétrole se répand et s'enflamme, provoquant des incendies qui mutilent ou tuent chaque année des centaines de malchanceux. Le chirurgien Wijaya Godakumbura a mis au point une lampe à pétrole à deux faces planes et munie d'un bouchon qui, lorsqu'elle bascule, ne crée pas d'incendie. Coût : un franc la lampe.



Des africains comme les autres

Notre espèce, *Homo sapiens*, est-elle apparue il y a environ 100 000 ans en Afrique avant de se répandre sur tout le Globe, ou une espèce plus ancienne, *Homo erectus*, a-t-elle évolué de façon convergente en Europe, en Afrique et en Asie depuis un million d'années ? Des paléontologues défendaient cette deuxième hypothèse pour l'Asie, car ils voyaient une continuité des fossiles humains retrouvés en Chine. La génétique vient leur donner tort : l'ADN de 28 populations chinoises a été analysé et révèle leur proximité avec les autres populations du monde.

Alerte

Lorsque nous percevons un son dont l'intensité augmente, nous surestimons cette augmentation : c'est le résultat d'une expérience menée par John Neuhoff à l'Université de Pennsylvanie. Nous anticiperions ainsi l'arrivée d'une éventuelle menace, ce qui était un avantage indéniable pour nos ancêtres confrontés à de redoutables prédateurs.

Une plante en or

Certaines plantes ont la propriété de pomper dans le sol des métaux. Des chercheurs néo-zélandais viennent de montrer qu'une plante, *Brassica juncea*, extrait, dans ses feuilles et ses racines, l'or quand ce métal est dissous dans le thiocyanate d'ammonium, une solution utilisée dans les mines. La plante meurt empoisonnée par le cyanure de la solution, mais l'or y est 30 fois plus concentré dans les cendres obtenues par combustion de la plante que dans le sol.

Suite page 24



Les Bochimans du Kalahari associent l'art du pisteur et des méthodes de chasse ancestrales, utilisant l'arc et les flèches empoisonnées. Les pisteurs reconnaissent l'empreinte de sabot de l'animal qu'ils chassent.

Origine de la caulerpe

L'origine de l'algue *Caulerpa taxifolia* qui envahit progressivement la Méditerranée depuis une dizaine d'années semble élucidée. Cultivée dans plusieurs aquariums publics et privés, cette algue d'origine tropicale a pu être libérée dans la mer lors de la vidange d'un de ces aquariums ou remonter de la mer Rouge par le canal de Suez. Comment trancher? En comparant le génome de l'algue méditerranéenne, celui des caulerpes des aquariums et celui des caulerpes tropicales. Le verdict moléculaire est tombé : le génome de la caulerpe méditerranéenne est quasiment identique à celui des algues cultivées dans les aquariums et nettement différent de celui des algues tropicales.



A. Meinesz

Repas marin

Que mangeaient les plésiosaures, grands reptiles marins de l'ère secondaire? Des mollusques. L'estomac de l'un de ces animaux, conservé au Muséum de l'Université de Tokyo, a livré les restes de quelques dizaines d'ammonites, mollusques céphalopodes abondants dans les mers de cette époque. Les coquilles calcaires ont toutefois disparu : ont-elles été broyées par les dents du prédateur, ou digérées?

Huile d'olive propre

La production d'huile d'olive est une source de déchets végétaux toxiques pour l'environnement. Des chercheurs tunisiens et français viennent de mettre au point un procédé biologique visant à rendre ces résidus propres. Dans un premier temps, en présence d'oxygène, un champignon microscopique dégrade les tanins et les polyphénols contenus dans les résidus, qu'une flore microbienne adaptée fermente ensuite en produisant du méthane. Le rendement (80 pour cent) est encourageant.

Une autre Terre?

Une équipe américaine a découvert deux nouvelles planètes autour d'étoiles semblables au Soleil. Si l'une d'elle gravite très près de son étoile, l'autre est à une distance du même ordre de grandeur que la distance Terre-Soleil. Pour la première fois, une planète où règnent des conditions de température analogues à celle de la Terre a été ainsi repérée.

Suite page 26



Les Bochimans enseignent leur art à des adolescents ; ils sont employés dans les parcs naturels pour surveiller la faune. Louis Liebenberg est à gauche sur la photographie du haut.

Rolex Awards of Enterprise - Piotr Jaxa

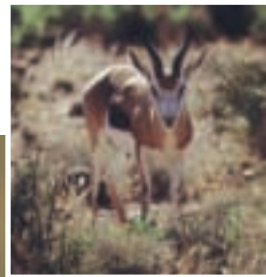
À la fin du parcours, les données recueillies sont transférées du *CyberTracker* à un ordinateur central. Ce suivi enrichit les connaissances sur la vie animale : dans le parc national Kruger, les observations ont montré que l'alimentation des rhinocéros différait en hiver et en été, ce qui permet de pallier, par des apports de fourrage, une végétation insuffisante en temps de sécheresse et de sauvegarder les populations menacées. L'ordinateur de terrain est précis, rapide et très efficace dans la lutte contre le braconnage.

Les pisteurs ont rapidement assimilé l'usage du *CyberTracker* et apprécient leur nouvelle fonction sociale. Malgré la richesse de leurs connaissances, ils

ont été trop longtemps confinés dans des emplois subalternes, sans débouché, à réparer des clôtures ou à creuser des trous. Aussi sont-ils heureux que leur savoir, longtemps déprécié, soit utilisé pour la préservation de l'environnement et l'étude des animaux qui appartiennent à leur culture ancestrale.

Ainsi le raisonnement lié au pistage et à la chasse, qui a façonné pendant des millions d'années le cerveau de l'homme, est-il préservé de l'oubli. Juste à temps.

Louis Liebenberg est l'un des cinq lauréats 1998 du Prix de l'esprit d'entreprise décerné par la Société Rolex.



Grâce au *CyberTracker*, le pisteur bochimane enregistre les observations complexes en sélectionnant des icônes représentant les observations possibles.

Rolex Awards of Enterprise - Piotr Jaxa

La capitale des Mannéens

Une interprétation d'une inscription araméenne indique l'emplacement de la capitale du royaume des Mannéens.

Les archéologues situent le royaume de Manna au Nord-Ouest de l'Iran actuel, au Sud du lac Ourmia. Son existence est avérée du IX^e au VII^e siècle avant notre ère. Il était cerné par trois nations puissantes : l'Ourartou (l'Arménie actuelle), l'Empire assyrien (la Syrie et le Nord de l'Irak) et la Perse (Iran actuel). L'histoire du royaume mannéen n'était reconstruite qu'à partir de textes assyriens écrits en cunéiforme, et les informations sur la religion et la langue restent rares.

À Tapeh Qalaychi, site mannéen près de Bukan, des archéologues ont mis au jour en 1985 un morceau d'une stèle en pierre (80 centimètres de largeur et 150 de longueur) où est gravée une inscription en araméen. Un autre morceau de cette stèle a été découvert cinq ans plus tard sur un marché des antiquités, en Iran. Le site des fouilles serait un ancien temple dont les murs étaient en briques émaillées à motifs floraux et animaux. Il fait partie d'un complexe religieux, dans une place fortifiée qui, ainsi que nous le verrons par la traduction des inscriptions, était dans la capitale du royaume de Manna.

L'araméen ne s'écrit qu'avec des consonnes, les voyelles sont intercalées au moment de la lecture. L'inscription de la stèle comporte 13 lignes. Le texte est une série de malédictions que l'on retrouve sur d'autres stèles comme celles découvertes en Syrie, à Sfiré ou à Tell Fekherye. On lit par exemple «*Que sept vaches allaitent un seul veau et qu'il ne soit pas rassasié*» ou «*que disparaissent de son pays la fumée du feu et le bruit des deux meules*». Ces malédictions menaçaient des pires maux (famine et foudre divine), les profanateurs de la stèle et ceux qui ne suivraient pas ses préceptes. André Lemaire, directeur d'études à l'École pratique des hautes études, en réinterprétant cette inscription, apporte des informations nouvelles sur le culte mannéen et précise une nouvelle localisation de la capitale de ce royaume. D'après la forme de certaines lettres, la stèle daterait de l'époque du roi mannéen Ullusunu (-716 à au moins -713).

À cette époque, l'Empire assyrien est le plus puissant du Proche-Orient. Il a,



La stèle araméenne a été trouvée à Tapeh Qalaychi sur le territoire de l'ancien royaume des Mannéens (en rouge). Il est cerné par l'Assyrie, l'Ourartou et la Perse. Le fragment principal a été trouvé en 1985, le petit morceau à gauche, cinq ans plus tard.

depuis 200 ans, soumis les petits royaumes araméens qui n'ont jamais réussi à s'unir, mais il a adopté la langue des peuples conquis, la langue araméenne. L'écriture cunéiforme de l'assyrien, fondée sur un système d'environ 450 idéogrammes, régresse au profit de l'alphabet de l'araméen qui devient la langue littéraire, religieuse et politique, la langue qui sera 700 ans plus tard celle du Christ.

Dans la seconde moitié du VI^e siècle avant notre ère, l'Empire perse qui a supplanté l'Empire assyrien, s'étend de l'Égypte à la vallée de l'Indus. Des vestiges archéologiques découverts dans plusieurs régions témoignent que l'araméen y est toujours utilisé en tant que langue administrative et culturelle. Cette langue est d'origine sémitique comme le phénicien, l'hébreu ou l'arabe, tandis que le perse se rattache à l'indo-européen, comme l'arménien.

La relative simplicité de l'araméen ne justifie pas son usage étendu : la diffusion de l'araméen chez les Perses s'explique par les relations que les Mannéens entretiennent avec leurs voisins. Leurs alliances sont changeantes, et ils se tournent vers la nation temporairement la plus forte. Ainsi, entre -716 et -712, des chefs mannéens aident le roi assyrien Sargon II, maître de la région, dans ses guerres contre les Ourartéens et les Mèdes, immigrants aryens originaires de la région située au Nord de la mer Caspienne. Par la multiplicité de leurs alliances, les Mannéens sont en contact avec toutes les cultures des royaumes voisins.

La facture et les motifs des briques émaillées retrouvées sur le site de Tapeh Qalaychi rappellent ceux d'autres vestiges trouvés sur des sites ourartéens. Elles démontrent, selon Ali Mousavi,

archéologue à l'Université Louis Lumière de Lyon, l'influence de l'art ourartéen sur celui des Mannéens. Ces similitudes traduisaient-elles une soumission des Mannéens aux Ourartéens, une imitation artistique, ou l'ouverture du peuple mannéen aux échanges culturels ?

La versatilité diplomatique des Mannéens expliquerait la transmission de l'araméen. La découverte de cette stèle écrite en araméen sur un site mannéen prouve qu'ils parlaient l'araméen. Ils l'ont appris au contact de l'Assyrie, puis l'ont transmis aux Perses quand ceux-ci ont commencé leurs conquêtes au VI^e siècle avant notre ère.

Revenons à l'inscription araméenne de la tablette. Elle mentionne la divinité principale araméo-assyrienne Hadad aux côtés de Haldi, le principal dieu ourartéen. Haldi et Hadad appartiendraient au même panthéon mannéen. Cette juxtaposition renforce l'idée d'un peuple ouvert aux cultures voisines.

L'expression «*Hadad qui demeure à Sikan*» est visible sur une stèle déterrée sur le site de Sikan à Tell Fekherye. On retrouve dans le texte de la stèle de Tapeh Qalaychi une tournure semblable : «*Haldi qui est dans [Izirtu]*». Des similitudes de contexte et de style des deux inscriptions, on déduit que la stèle de Tapeh Qalaychi est située sur l'emplacement de Izirtu, l'ancienne capitale mannéenne. Le site serait alors sur l'emplacement du temple dédié au culte de Haldi, dans la capitale du royaume des Mannéens.

Le peuple des Araméens et sa langue ont connu des destins différents. Alors que le premier disparaît après cinq siècles d'existence, l'araméen survit de peuple en peuple. Aujourd'hui même, il est encore parlé dans quelques villages syriens.

Un puissant sonar

Les chauves-souris repèrent leurs proies grâce à un sonar : elles émettent des ultrasons et l'écho, analysé par le cerveau, sert à les localiser. Des expériences

ont montré que les chauves-souris perçoivent des échos séparés de deux microsecondes. Ces animaux distinguent ainsi les échos émis par deux points distants de

trois dixièmes de millimètres (l'épaisseur d'un trait manuscrit). Cette résolution est supérieure à celle des sonars construits par l'homme.



Des micro-aimants

Des physiciens israéliens ont créé de nouveaux aimants en forme de cages aux parois constituées de molécules inorganiques magnétiques. Certaines de ces molécules ont une forme de ballon de football et d'autres sont des nanotubes. Pour fabriquer ces aimants, les physiciens placent des atomes, qui s'assemblent en une couche sphérique d'une molécule d'épaisseur. Cette méthode de fabrication permet un contrôle précis de la taille et de la structure de l'aimant.

Virus variable

Chez certaines personnes contaminées par le virus du SIDA, les particules virales présentes dans le sang et dans le sperme diffèrent. De plus, l'équipe suisse qui a découvert ce phénomène a montré que la souche sanguine peut être résistante, *in vitro*, aux substances qui inhibent la protéase virale (une molécule indispensable à la production de nouvelles particules virales), tandis que la souche du sperme y est sensible. Ces deux «compartiments» sont séparés et, pour être efficace, un traitement devrait éliminer les deux types de virus.

Modèle d'autisme

L'autisme résulte en partie d'anomalies (génétiques ou virales) qui perturbent le développement de certaines zones du cerveau. Or des cobayes ont des malformations localisées dans les mêmes aires du cerveau. L'étude de ces rongeurs, comparés à des témoins, a montré des comportements caractéristiques des enfants autistes (phobie de la nouveauté, faible exploration de l'environnement...). Ce modèle animal permettra de comprendre les causes de cette maladie, et de tester des traitements.

Régénération du foie

La greffe de cellules de foie pourrait remplacer celle de l'organe entier.

Prométhée déroba aux dieux le feu qu'il apporta aux hommes, caché dans un bâton creux. Cette action lui valut d'être enchaîné au sommet du Caucase et de subir les assauts d'un aigle qui lui dévorait le foie : cet organe se régénérant, Prométhée était condamné à un châtement éternel. Il fut délivré par Héraclès.

Normalement les cellules du foie – les hépatocytes – sont quiescentes, c'est-à-dire qu'elles ne se multiplient pas, sauf pour remplacer celles qui meurent. En revanche, lorsqu'une partie du foie est détruite par une maladie ou lors d'une ablation chirurgicale, la vitesse de multiplication de cellules hépatiques augmente notablement. Toutefois, dans certaines maladies graves, la partie de foie qui reste fonctionnelle est insuffisante pour assurer la régénération. Pour sauver le malade, on doit lui transplanter l'organe d'un donneur. Hélas, en France,

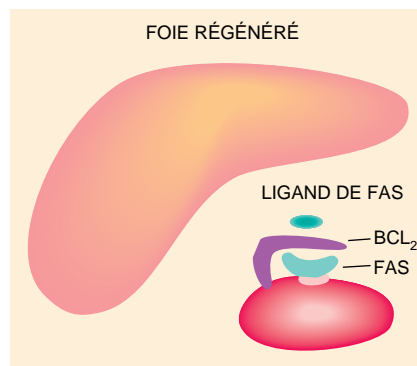
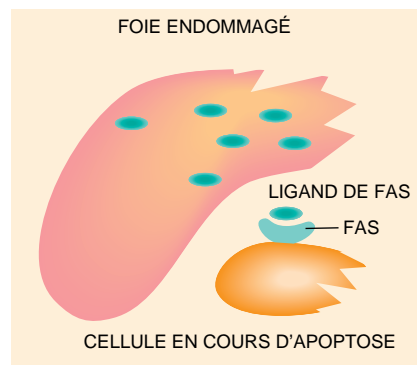
près de 800 personnes sont en attente d'une greffe de foie. Cherchant à remédier à cette dramatique pénurie d'organes, Alexandre Mignon et ses collègues de l'unité INSERM U129, dirigée par Axel Kahn, à l'Hôpital Cochin, ont montré que des cellules hépatiques génétiquement modifiées, greffées sur des souris, se multiplient.

Le foie est un organe vital : il participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines ; il assure des fonctions essentielles de purification, ou détoxification ; il intervient dans la synthèse des protéines plasmatiques, tel le fibrinogène, et constitue un lieu de stockage des vitamines, A et D notamment. Que faire lorsqu'une hépatite fulminante détruit une partie du foie si grosse que la vie du malade est menacée ? Il semble que, dans ces conditions, les cellules hépatiques meurent parce qu'elles subissent un phénomène trop intense d'apoptose, ou suicide cellulaire.

Pourrait-on envisager, si l'on ne dispose pas de foie entier, de greffer des cellules hépatiques résistant à l'apoptose ? C'est ce qu'a étudié l'équipe de l'Hôpital Cochin : des hépatocytes qui expriment le gène *Bcl₂* ont été prélevés sur des souris génétiquement modifiées (dans les hépatocytes normaux, le gène *Bcl₂* ne s'exprime pas). Ce gène protège les cellules où il s'exprime contre l'apoptose, laquelle est notamment déclenchée par une molécule nommée ligand de Fas : toutes les cellules de l'organisme expriment la molécule Fas et, lorsque son ligand spécifique s'y fixe, la chaîne de réactions qui aboutissent à l'autodestruction des cellules se déclenche. Or, les cellules génétiquement modifiées, si elles portent la molécule Fas, produisent la protéine *Bcl₂*, qui est un bouclier contre l'apoptose (voir la figure).

Pour étudier si les cellules génétiquement modifiées greffées sur une souris se multiplient, l'équipe de l'Institut de génétique a déclenché l'autodestruction des hépatocytes d'origine par un anticorps qui imite le ligand de Fas (le nombre total d'hépatocytes étant fixé, on doit détruire des hépatocytes pour «laisser la place» aux hépatocytes génétiquement modifiés dont on étudie la prolifération). Les hépatocytes d'origine sont détruits, et seuls subsistent les hépatocytes modifiés qui résistent à l'apoptose. Dans les expériences réalisées à l'Hôpital Cochin, le foie des animaux greffés contenait 16 pour cent d'hépatocytes modifiés fonctionnels, dans le meilleur des cas.

Cette méthode expérimentée sur l'animal sera-t-elle un jour applicable à l'homme ? On ne peut imaginer admi-



Lors d'une hépatite fulminante, la molécule, nommée ligand de Fas, est synthétisée en excès. Elle se lie à son récepteur, Fas, déclenchant l'autodestruction (apoptose) des cellules hépatiques. Quand on greffe des cellules génétiquement modifiées produisant la molécule *Bcl₂*, bouclier contre l'apoptose, elles résistent au ligand de Fas et se multiplient.

nistrer le ligand de Fas, au risque de déclencher l'apoptose de cellules saines dans tout l'organisme. Toutefois, le ligand de Fas est produit en grande quantité dans le foie des malades atteints d'hépatite fulminante : lors d'une infection touchant les hépatocytes, les lymphocytes T, qui affluent dans le foie pour détruire les cellules infectées, libèrent beaucoup de ligand de Fas. Cette molécule se fixe sur tous les hépatocytes, sains et infectés, qui portent tous la molécule Fas, et qui sont, alors, indistinctement engagés sur la voie de l'autodestruction. L'hépatite fulminante résulterait d'un dérèglement de l'apoptose.

Ainsi, dans les cas d'hépatites fulminantes, si l'on greffait des hépatocytes génétiquement modifiés exprimant la protéine Bcl₂, ils résisteraient à l'apoptose, se multiplieraient et restaureraient la fonction hépatique. Il reste à montrer que l'introduction de ce gène dans les cellules hépatiques n'aurait pas de conséquences néfastes à long terme. De surcroît, plusieurs malades pourraient bénéficier d'une greffe d'hépatocytes prélevés sur le foie d'un seul donneur. On pourrait également prélever quelques cellules hépatiques du malade lui-même, les modifier *in vitro*, avant de les réimplanter, ce qui supprimerait les risques de rejet et les traitements immunosuppresseurs à long terme.

On pourrait aussi introduire d'autres gènes dans ces hépatocytes modifiés. Si les hépatites fulminantes, généralement fatales sans greffe, sont rares, les hépatites chroniques sont beaucoup plus communes. En France, les hépatites B devraient être maîtrisées, si les campagnes de vaccination reprennent rapidement, mais l'on ne dispose pas de vaccin contre l'hépatite C (500 000 personnes sont contaminées par le virus de l'hépatite C, en France). Or ces hépatites évoluent parfois vers une cirrhose, puis vers un cancer du foie. On pourrait introduire dans des hépatocytes génétiquement modifiés le gène d'une molécule (un ribozyme) qui découpe spécifiquement les ARN messagers, ici ce serait le ribozyme qui découpe les ARN messagers du virus de l'hépatite C, bloquant ainsi la synthèse de nouvelles particules virales.

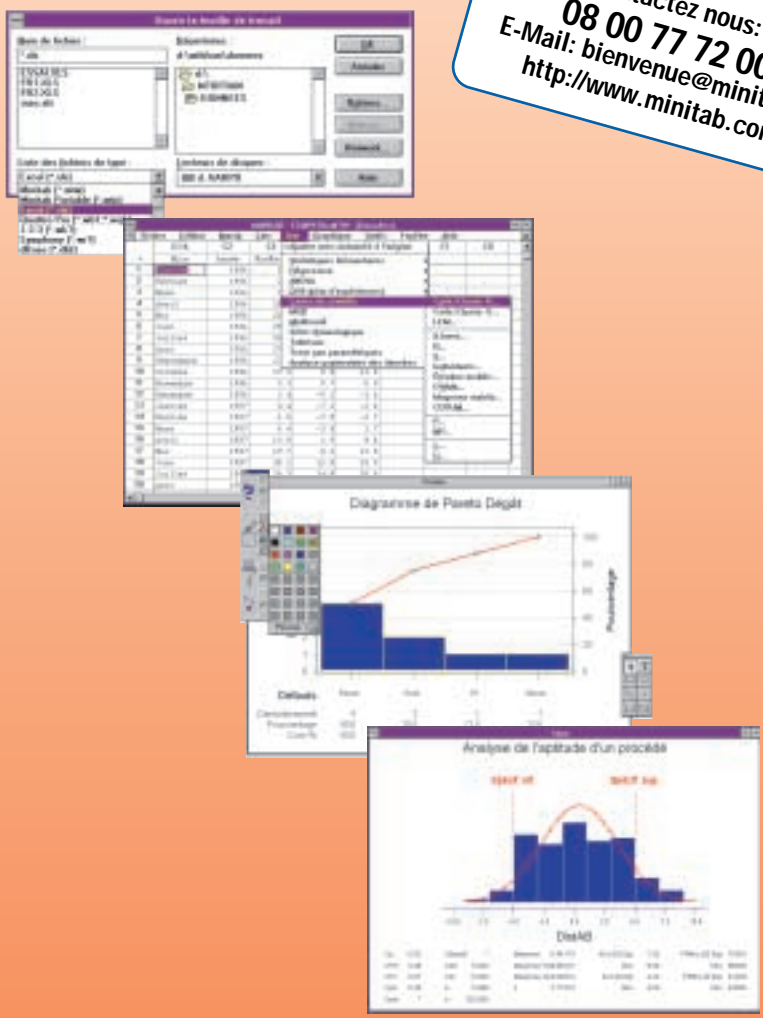
Les produits d'autres gènes introduits dans des hépatocytes modifiés pourraient compenser un déficit génétique : des études sont en cours avec le gène du facteur VIII, dont l'absence est responsable de l'hémophilie, et avec le gène codant les récepteurs du cholestérol, dont l'absence entraîne une hypercholestérolémie.

MINITAB®

Logiciel de Statistiques

Analysez facilement vos données.

Contactez nous:
08 00 77 72 00
 E-Mail: bienvenue@minitab.fr
<http://www.minitab.com>



MINITAB SARL

L'analyse des données simplifiée

Minitab SARL, 1 Cité Paradis, 75010 Paris
 Tél: 01 55 33 12 36 Fax: 01 55 33 12 39
 Toutes les noms produits et les marques déposées sont de leurs compagnies respectives
 © Minitab Inc., 1996 MINITAB est une marque déposée de Minitab Inc.

Parasites et environnement

Certains parasites modifient le comportement des mollusques qu'ils colonisent, mais aussi celui d'autres organismes marins.

Les grandes bandes sablonneuses du littoral de Nouvelle-Zélande abritent une variété de coques quelquefois parasitées par un ver, le trématode *Curtuteria australis*. En l'absence de rochers, les coquilles de coques constituent l'unique substrat solide sur lequel s'ancrent deux espèces d'invertébrés : les anémones de mer et les patelles (mollusques à coquille conique) qui se disputent ce support vivant.

François Renaud et son équipe du Laboratoire de parasitologie comparée, à Montpellier, ont étudié l'influence de ce parasite sur les coques et ses conséquences sur l'écologie des anémones et des patelles associées. Sur des parcelles du littoral, ils ont observé des populations de coques retenues par des fils à des petits piquets plantés dans le sol. À marée basse, les coques s'enfoncent de quelques millimètres sous le sable.

Les larves du ver ressemblent à de petits têtards microscopiques : ce sont des « cercaires », qui se multiplient dans un escargot marin avant d'être aspirées par les siphons inhalants des coques où elles perdent leurs flagelles et se métamorphosent. Sous une autre forme larvaire, la métacercare, elles se regroupent en petits kystes et entravent le fonctionnement du muscle du pied de la coque. Elles empêchent les coques de s'enfouir, et les courants les entraînent à la surface. À marée basse, lorsque la mer se retire, les mollusques infectés restent à la surface où le prédateur des coques, l'hôte final du parasite, un huître-pie, les consomme sans difficulté. Ces oiseaux sont friands de coquillages, qu'ils casent de leur bec. Le parasite se reproduit à l'état adulte dans le tube digestif de l'oiseau qui rejette les œufs dans la mer par ses déjections ; un nouveau cycle recommence.

Un parasite que l'on trouve en Camargue suit un cycle similaire. *Meiogympnophallus fossarum* infecte et perturbe le comportement des palourdes. Par un mécanisme encore inconnu, le coquillage colonisé tourne de 90 degrés, de sorte que son pied n'est plus en contact avec le sédiment. Le mollusque ne s'enfouit presque plus et reste béant, vulnérable à l'huître-pie local. La convergence évolutive entre le trématode néo-zélandais et son homologue camarguais est remarquable ; par des moyens différents, les deux parasites

obtiennent le même résultat. Ces parasites ne sont pas pathogènes pour l'hôte final, ils n'occasionnent aucune gêne chez l'huître-pie pour qui le bénéfice alimentaire est supérieur au coût de l'infection.

Curtuteria australis agit directement sur la population de coques néo-zélandaises, mais influe-t-il sur les populations d'anémones et de patelles ? En l'absence du parasite, l'anémone est avantagée car, carnivore, elle se nourrit des patelles ancrées sur la même coque. En présence du parasite, il existe en revanche deux catégories de coques. Les chercheurs ont déterminé si les coques parasitées à la surface étaient utilisées de la même manière par les deux types d'invertébrés associés.

Les patelles, dépourvues d'organes fouisseurs, ont plus de chance de rencontrer une coque infectée qu'une coque saine régulièrement enfouie : les patelles sont plus nombreuses sur les coques parasitées, que les anémones soient présentes ou non.

Au contraire, les anémones sont beaucoup plus sensibles à la déshydratation que les patelles lors de la marée basse. Selon un test effectué par l'équipe de Montpellier, après une exposition d'une heure au soleil, 50 pour cent des anémones meurent contre 10 pour cent seulement des patelles. Ces dernières plaquent hermétiquement leurs coquilles contre le substrat, résistant à la dessiccation grâce à l'eau emprisonnée. Ainsi, une majorité d'anémones survit sur les coques non infectées, celles qui s'enfouissent à chaque marée basse et restent en milieu humide.

La modification du comportement d'une partie des coques par la présence de *Curtuteria australis* bouleverse les populations des deux invertébrés. La compétition pour les coquilles substrats est supprimée : selon qu'elles sont infectées ou non, les coques favoriseront la fixation des patelles ou des anémones.

Les travaux de l'équipe de Montpellier indiquent pour la première fois que la relation parasite-hôte n'est plus séparable de son environnement naturel, et que l'influence d'un parasite dépasse dans certains cas le cadre restreint de son hôte.

Le qualificatif d'ingénieur de l'écosystème était jusqu'à présent réservé à des espèces animales macroscopiques comme les termites ou les castors, dont l'action sur l'environnement est patente. Elle concerne désormais les organismes microscopiques qui par leur seule présence, longtemps négligée par les écologistes, modifient les caractéristiques d'un environnement.



Frédéric Renaud

En l'absence de rochers, les anémones de mer *Anthopleura aureoradiata* (à gauche) et les patelles *Notoacmea helmsi* (à droite) se partagent les coquilles de coques.

Dracula, un enragé ?

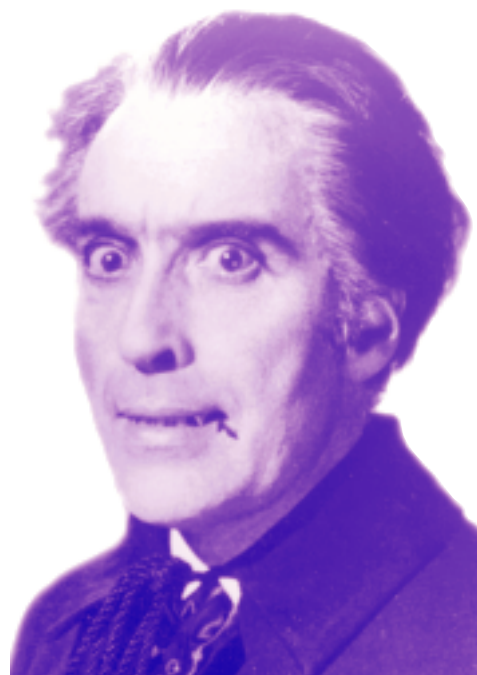
Les vampires seraient nés de l'observation de personnes infectées par le virus de la rage.

Selon Voltaire, les vampires étaient le seul sujet de conversation entre 1730 et 1735. En 1693, une gazette révèle l'existence de cadavres étranges dont le sang restait fluide. En peu de temps, la croyance selon laquelle ces cadavres étranges quittent leur tombe se propage dans les Balkans. Au cours de l'hiver 1731-1732, dans le village serbe de Medvedja, on rapporte que des paysans ont été tués par des vampires, et que plusieurs cadavres présentent les signes du vampirisme. Après plusieurs profanations de tombes, les autorités autrichiennes doivent intervenir, et l'événement fit grand bruit dans toute l'Europe.

Les vampires se nourrissent du sang des hommes, sont noctambules et grands séducteurs, ont une aversion pour l'ail, et les miroirs ne renvoient pas leur image ; ils sont souvent associés aux chauves-souris et aux loups. Le vampirisme se transmet par morsures. Or, d'après ces caractéristiques, le neurologue espagnol Juan Gomez-Alonso de l'Hôpital Xeral, à Vigo, a émis l'hypothèse, publiée dans la revue *Neurology*, que vampires et personnes atteintes de la rage ont de nombreux points communs. Les vampires ne seraient-ils que des enragés ?

La rage est une infection virale qui attaque le système nerveux central et peut entraîner la mort. Elle se transmet par la salive, lors d'une morsure par un animal infecté (la transmission d'homme à homme reste contestée). Le traitement doit commencer dès la morsure, avant l'apparition des premiers symptômes qui surviennent d'autant plus vite que la morsure a été proche du cerveau (au cou par exemple). Le virus de la rage s'attaque surtout au système limbique, qui contrôle les émotions et le comportement.

J. Gomez-Alonso a recensé les nombreuses similarités entre les caractéristiques des vampires et les symptômes des personnes enragées. Ainsi, les personnes enragées ont souvent des insomnies, pendant lesquelles elles errent. Les hommes enragés (car ils sont plus fréquemment atteints que les femmes) sont agités et excessivement sensibles, à l'eau, à la lumière et aux odeurs, peut-être celle de l'ail. Certains ont des spasmes, des contractions de la face, du larynx et du pharynx, qui provoquent l'émission de sons rauques, voire l'apparition d'une écume sanguinolente à la commissure des lèvres, car la salive ne peut plus être avalée. Les spasmes sont déclenchés par l'eau, la lumière ou les miroirs (une personne n'était pas considérée comme enragée si elle pouvait se regarder dans un miroir). Au cours de crises, les enragés ont un comportement agressif et tentent de mordre leurs proches. Leurs appétits sexuels sont parfois décuplés. Enfin, les personnes mortes de la rage ont parfois du sang qui s'échappe de leur bouche.



Christopher Lee, dans le rôle du comte Dracula.

Outre ces indices physiologiques, d'autres coïncidences étayent l'hypothèse du médecin espagnol. Ainsi, la chauve-souris et le loup, associés aux vampires, sont deux animaux qui transmettent la rage. Les légendes sur les vampires semblent être nées lors d'une épidémie particulièrement meurtrière de rage qui toucha surtout les chiens et les loups, en Hongrie, entre 1721 et 1728. L'observation du comportement étrange et violent des victimes de la rage a peut-être conduit quelque conteur à l'imagination fertile à inventer les vampires.

Accélération anormale

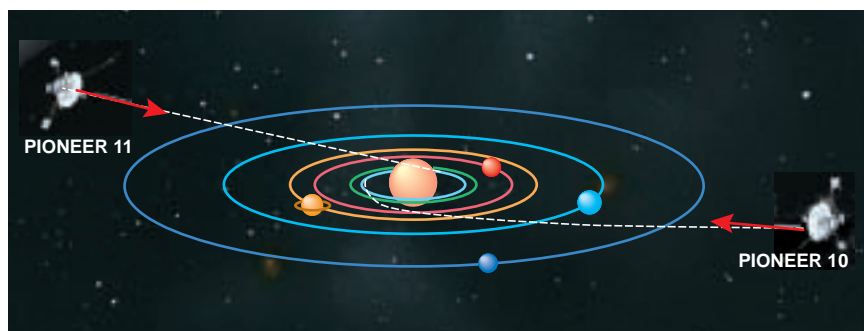
L'émission en provenance de sondes spatiales révèle une accélération inexpliquée.

Connaissant les forces qui s'exercent sur un objet, tout lycéen apprend à en déduire son accélération et sa vitesse. Inversement, en suivant la position d'un objet au cours du temps, on en déduit sa vitesse et son accélération. C'est en faisant ce travail qu'une équipe d'astronomes californiens a découvert une accélération des sondes *Pioneer 10*, *Pioneer 11* et *Ulysses*, dont l'origine demeure mystérieuse. Nouvelle force ou artefact ?

En 1972, la sonde *Pioneer 10* est lancée, suivie l'année suivante par *Pioneer 11*. Leur but : explorer les planètes géantes, aux confins du Système solaire.

Ces sondes sont aussi d'excellents instruments pour l'étude de la mécanique céleste. Depuis une quinzaine d'années, les astronomes mesurent en permanence la vitesse de ces sondes à l'aide de l'effet Doppler : ils émettent des

signaux radio vers la sonde qui les renvoie vers la Terre. La fréquence reçue est d'autant plus décalée vers les grandes longueurs d'onde que la sonde s'éloigne vite. Ils en déduisent l'accélération des sondes.



En 1972 et en 1973, les sondes *Pioneer 10* et *Pioneer 11* quittent la Terre et, depuis, elles explorent les planètes. Les mesures des signaux provenant de ces sondes ont révélé une accélération dont la cause échappe à l'interprétation (flèches rouges). Cette accélération pourrait être due à l'effet gravitationnel de la matière noire ou à des effets physiques inconnus.

Les astronomes ont aussi modélisé l'accélération en prenant en compte la gravitation des planètes, la pression de radiation solaire, le frottement dû au gaz milieu interstellaire et la relativité générale. La comparaison des accélérations mesurées et modélisées donna un résultat inattendu : les sondes sont soumises à une accélération résiduelle, dirigée vers le Soleil, d'une intensité voisine de 10^{-9} mètre par seconde au carré (dix milliards de fois inférieure à l'accélération de la pesanteur terrestre).

Le coupable de cette perturbation a d'abord été recherché dans des effets qui n'avaient pas été pris en compte, telles la gravitation des objets de la ceinture de Kuiper (des petits objets situés au-delà de l'orbite de Pluton), la gravitation de la Galaxie, des erreurs dans les éphémérides des planètes, des fuites de gaz sur les sondes. Tous ces effets étaient trois ordres de grandeur trop faibles. Ensuite, les effets «non gravitationnels» ont été examinés, comme des incertitudes sur la pression de radiation ou l'émission anisotrope de radiation thermique en provenance du générateur nucléaire, présent à bord des sondes. Comme le plutonium 238 qui se trouve à bord est radioactif, il émet un rayonnement dans l'espace. Cependant, si ce rayonnement avait une influence sur la vitesse de la sonde, on observerait une diminution de l'accélération résiduelle au cours du temps, à mesure que le plutonium se désintègre. Or, depuis 1980, aucune diminution de l'accélération résiduelle n'a été observée.

Restent deux explications plus «exotiques» : d'une part, l'influence gravitationnelle de la matière noire (de la matière «invisible» dont la présence est attestée par ses effets gravitationnels), et, d'autre part, une modification des lois physiques. Malheureusement, ces deux explications sont difficiles à concilier avec les autres observations. Les astronomes supposent que la matière noire est répartie de manière sphérique autour du Soleil et que sa densité décroît proportionnellement à la distance au Soleil. Il est alors difficile de comprendre comment cette matière peut produire une accélération constante dirigée vers le centre du Système solaire.

Si la gravité était modifiée, cette accélération résiduelle affecterait les planètes. Or, les mouvements de la Terre et de Mars ne montrent d'accélération résiduelle d'aucune sorte. Ainsi, si l'origine de cette accélération résiduelle est gravitationnelle, elle n'est pas universelle.

Quinze années de moissons de données ont convaincu les astronomes que l'effet observé est réel. Il constitue un défi : toute la physique est fondée sur le postulat que les forces observables sur Terre s'appliquent dans tout l'Univers.

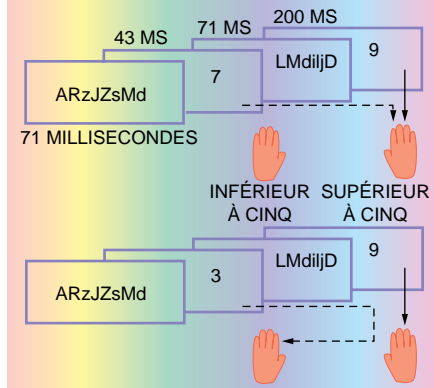
Images subliminales

Le cerveau est activé par des images qu'il ne «voit» pas.

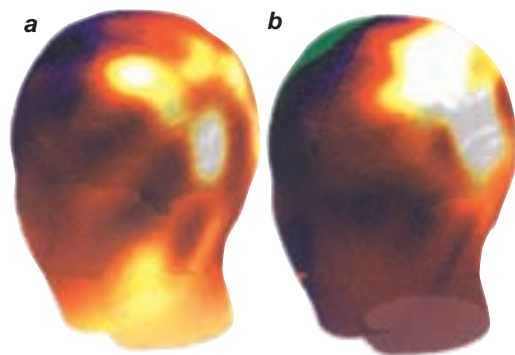
L'utilisation d'images projetées trop vite pour que l'on puisse en prendre conscience, c'est-à-dire les voir, a été controversée. Si l'on n'a pas conscience de voir ces images, dites subliminales, le cerveau les enregistre-t-il ? Est-on doué d'une perception inconsciente ? À ces questions, Stanislas Dehaene et ses collègues de l'unité INSERM 334, de l'École des hautes études en sciences sociales et de l'Hôpital F. Joliot, à Orsay, répondent par l'affirmative : les images subliminales sont perçues.

Ces neurobiologistes présentent à des volontaires des chiffres sur un écran d'ordinateur. Les chiffres sont compris entre un et neuf : la personne doit appuyer de la main gauche sur un bouton quand le chiffre est inférieur à cinq, de la main droite sur un autre bouton quand le chiffre est supérieur à cinq. Le chiffre est affiché sur l'écran d'ordinateur durant 200 millisecondes. À l'insu des personnes testées, on projette un autre chiffre pendant 43 millisecondes, c'est-à-dire trop rapidement pour que le sujet le voie. De plus, ce chiffre est brouillé par deux séries de lettres dépourvues de sens projetées avant et après le chiffre subliminal.

Lorsque le «chiffre-amorce» (présenté sans que le sujet n'en ait conscience) est, du même côté de cinq que le chiffre-cible (le chiffre que lit le sujet), le temps de réaction est inférieur au temps que met



Au cours d'une expérience, une personne doit dire si un chiffre présenté assez longtemps pour être vu (200 millisecondes) est inférieur ou supérieur à cinq (il appuie sur un bouton avec sa main gauche si le chiffre est inférieur à cinq et avec la droite dans l'autre cas). De plus on projette un chiffre (*en haut*, 7) que le sujet n'a pas le temps de voir consciemment (ce chiffre est présenté entre deux suites de lettres dépourvues de sens). Ce chiffre subliminal est traité inconsciemment : le cortex est activé (*zone blanche sur l'image a*). Quand le deuxième chiffre présenté (*en haut*, 9) est du même côté de cinq que le premier, la réaction motrice du sujet est rapide : le chiffre subliminal a préparé la réaction motrice correcte (*la zone blanche sur la figure b indique l'activation du cortex moteur*). Au contraire, quand le deuxième chiffre n'est pas du même côté de cinq que le chiffre subliminal, le sujet prépare inconsciemment une réaction erronée (*en bas il s'apprête à appuyer sur la touche de gauche*), alors que la bonne réponse est à droite : la réaction motrice est retardée.



le sujet à répondre quand les deux chiffres sont de part et d'autre de cinq. Tout se passe comme si le chiffre-amorce invisible préparait le sujet à répondre (inférieur ou supérieur à cinq) avant que le chiffre-cible ne soit visible : quand la réponse amorcée est correcte, le temps de réponse est raccourci. Au contraire, quand le chiffre-amorce invisible est d'un côté de cinq et que le chiffre-cible est de l'autre côté, le sujet prépare inconsciemment une réponse d'un côté, mais doit la corriger quand il prend conscience du chiffre-cible : les deux réponses sont en contradiction, et le sujet met plus de temps à répondre. Ainsi un chiffre, même invisible, prépare le sujet à répondre. Lorsque les chiffres sont écrits en toutes lettres, les réactions des personnes testées sont plus lentes, mais on retrouve le même effet d'amor-

çage par les chiffres subliminaux. Ces résultats ont été confirmés par l'enregistrement de l'activité électrique du cerveau par électro-encéphalographie (la méthode indique l'activation des circuits moteurs) et celui du débit sanguin par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle.

On observe une activation du cortex moteur du côté où se prépare la réaction motrice déclenchée par le traitement inconscient du chiffre-amorce. L'imagerie par résonance magnétique indique la localisation de l'effet d'amorçage (dans le cortex moteur) et l'enregistrement de l'activité électrique indique le moment où se produit cet effet (avant l'activation déclenchée par le chiffre-cible).

Toute expérience qui éclaire le traitement inconscient des informations précise les bases cérébrales de la conscience.

Carrés hypermagiques

On sait enfin construire des carrés hypermagiques aussi grands que l'on veut.

Un carré est dit magique lorsque la somme des nombres de chaque ligne, celle de chaque colonne et celle des diagonales sont égales. On nomme cette somme la constante magique. En décomposant de toutes les différentes façons possibles la constante magique 15 en somme de trois chiffres (de 1 à 9), vous trouverez un carré magique de trois nombres de côté ; il est unique, aux symétries près. Peut-on ajouter des propriétés ?

Outre les propriétés magiques déjà mentionnées, ajoutons la condition que

la somme des nombres sur les diagonales brisées soit aussi égale à la constante magique. Par exemple, pour le carré de quatre nombres de côté (d'ordre quatre) de la figure 1, les diagonales brisées sont au nombre de six : ce sont toutes les séries de quatre nombres en diagonales que l'on peut former lorsque l'on duplique le carré initial et qu'on l'accôle à celui-ci (*en bleu sur la figure*). Ces carrés sont nommés pandiagonaux.

Restreignons encore les propriétés : cherchons les carrés magiques pandiagonaux dont la somme des quatre nombres de n'importe quel sous-carré de deux cases de côté (d'ordre deux) est constante (pour les carrés d'ordre quatre, cette constante est la constante magique). Ces nouveaux carrés sont hypermagiques. Si les carrés magiques d'ordre quatre sont nombreux – on en

dénombre 880 – seuls 48 d'entre eux ont toutes ces propriétés. Les 48 carrés hypermagiques d'ordre quatre sont connus depuis plus de trois siècles, mais aucune méthode n'existait pour construire des carrés hypermagiques d'ordre supérieur, ni même pour les dénombrer. Avoir trouvé cette méthode est l'exploit de Kathleen Ollerenshaw, une Britannique de 85 ans, férue de jeux mathématiques, en collaboration avec son compatriote David Brée.

En 1878, A. Frost, un pasteur britannique montra que l'ordre des carrés pandiagonaux pairs était un multiple de quatre. En utilisant ce résultat, nos mathématiciens britanniques ont montré que l'ordre d'un carré hypermagique était aussi un multiple de quatre. K. Ollerenshaw a alors établi une transformation univoque entre les carrés hypermagiques et des carrés «réversibles», des carrés dont les


0	14	3	13	0	14	3	13	0	14	3	13
7	9	4	10	7	9	4	10	7	9	4	10
12	2	15	1	12	2	15	1	12	2	15	1
11	5	8	6	11	5	8	6	11	5	8	6
0	14	3	13	0	14	3	13	0	14	3	13
7	9	4	10	7	9	4	10	7	9	4	10
12	2	15	1	12	2	15	1	12	2	15	1
11	5	8	6	11	5	8	6	11	5	8	6
0	14	3	13	0	14	3	13	0	14	3	13
7	9	4	10	7	9	4	10	7	9	4	10
12	2	15	1	12	2	15	1	12	2	15	1
11	5	8	6	11	5	8	6	11	5	8	6
0	14	3	13	0	14	3	13	0	14	3	13
7	9	4	10	7	9	4	10	7	9	4	10
12	2	15	1	12	2	15	1	12	2	15	1
11	5	8	6	11	5	8	6	11	5	8	6

1. Le carré de quatre cases de côté situé au centre (*en vert*) est hypermagique : non seulement les sommes de lignes, des colonnes et des diagonales sont égales à 30, mais également les sommes des diagonales brisées. Ces dernières sont les diagonales différentes de quatre nombres obtenues lorsque l'on reporte le carré central dans toutes les directions (*diagonales bleutées*). De surcroît, la somme des nombres de chaque sous-carré de deux cases de côté est également égal à 30 (*par exemple, les carrés jaunâtres, en bas à gauche*).

nombres sont dans l'ordre naturel. Autrement dit, il y a une correspondance unique entre les carrés réversibles et les carrés hypermagiques (*voir la figure 2*). Or, il est aisé de construire un carré réversible duquel on déduit le carré hypermagique correspondant par l'opération inverse. Pour construire tous les carrés hypermagiques d'ordre quatre, on construit tous les carrés réversibles, d'ordre quatre (ce qui est possible, car ils forment un ensemble de carrés connus) que l'on transforme en leurs carrés hypermagiques correspondants.

Par cette méthode, on retrouve les 48 carrés hypermagiques d'ordre quatre déjà connus, mais on peut construire les 368 000 carrés hypermagiques d'ordre huit ou les 6×10^{37} carrés hypermagiques d'ordre 32, ce dont même l'ordinateur le plus puissant était incapable. À 85 ans, K. Ollerenshaw est une vivante et dynamique illustration que : «Les joies de la découverte ne sont pas un privilège réservé aux jeunes».

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15



0	14	3	13
7	9	4	10
12	2	15	1
11	5	8	6

2. Pour passer du carré réversible (*à gauche*) au carré hypermagique équivalent (*à droite*), on inverse l'ordre des deux dernières lignes, puis l'ordre des deux dernières colonnes ; enfin, on déplace l'entier de la position (i, j) à la position $(i + 2j, 2i + 3j)$, ces derniers étant pris modulo 4 (i et j désignent respectivement le numéro de la ligne et celui de la colonne, pris entre 0 et 3).