

Nouveaux cousins de l'archéoptéryx

La découverte de divers quasi volatiles à plumes et à poils confirme que les oiseaux descendent des dinosaures... par l'archéoptéryx.

Qu'est-ce qu'un oiseau ? Les paléontologues sont perplexes après la découverte de plusieurs petits dinosaures du Crétacé inférieur (–144 à –66,4 millions d'années) dont le squelette se distingue à peine de celui d'un volatile. Ces fossiles ne remettent pas en cause l'importance de l'archéoptéryx, car le plus ancien oiseau connu vivait au Jurassique supérieur, il y a 150 millions d'années, bien avant les animaux trouvés récemment. Toutefois, la découverte de plusieurs dinosaures à la posture d'oiseau, à plumes ou à poils, intrigue les paléontologues, car elle indique comment le vol et les plumes sont apparus.

La trouvaille la plus récente est celle du *Bambiraptor feinbergi*, un petit prédateur coureur du groupe des théropodes, les dinosaures bipèdes dont le plus fameux est le tyrannosaure. Il y a quelques mois, des amateurs de fossiles du Montana ont découvert le *Bambiraptor feinbergi* dans une couche d'alluvions fluviales datant d'environ 80 millions d'années, c'est-à-dire du Crétacé. Ils ont mis au jour environ 90 pour cent d'un squelette. Cette exceptionnelle complétude permet de reconstituer l'articulation de la tête et celles des membres.



Bambiraptor feinbergi (ci-dessus, une représentation d'artiste et, en haut à droite, le squelette reconstitué) avait des ailes, mais aussi des griffes de chasseur.

Les proportions du squelette, notamment les longueurs des bras et des doigts, rapprochent *Bambiraptor feinbergi* de l'archéoptéryx. De plus, il possède plusieurs caractéristiques aviaires : une sorte de bréchet, une crête osseuse saillante sur le sternum de la plupart des oiseaux, et une articulation de l'épaule orientée vers le côté, qui facilitait les battements d'ailes. Le petit prédateur, qui mesure un mètre environ, est pourtant un membre de la famille des dromaeosaures, un sous-groupe des théropodes auquel appartenait le velociraptor, de sinistre réputation depuis le film *Jurassic Park*. Comme son cousin, *Bambiraptor feinbergi* a une «patte de tueur». Cette extrémité est une caractéristique du sous-groupe des dromaeosaures : elle est constituée de trois doigts griffus, dont le deuxième, très mobile, est armé d'une griffe en forme de faucille, longue et acérée (le poignard). C'est pourquoi, les paléontologues pensent que *Bambiraptor feinbergi* est bien un dinosaure, proche des oiseaux.

Plusieurs fossiles, qui évoquent des oiseaux, ont aussi été trouvés en Chine. Le plus intéressant, parce que le plus ancien, est celui de *Caudipteryx*. Il s'agit d'une espèce du groupe des oviraptorosaures, d'autres dinosaures bipèdes typiques du Crétacé, ainsi nommés parce qu'on les soupçonne d'avoir consommé les œufs des autres espèces. Le *Caudipteryx* gambadait en Chine il y a 124 millions d'années. Les bras et la queue couverts de plumes, doté d'une tête munie d'un bec (denté), il ressemble tellement à un oiseau qu'il pourrait fort bien... en être un ! S'agit-il d'un dinosaure ou d'une forme d'oiseau que son mode de vie terrestre a fini par priver du don de voler, comme c'est le cas, par exemple, des autruches modernes ? Si des oiseaux incapables de voler ont existé seulement 10 à 15 millions d'années après l'archéoptéryx, c'est que l'évolution des volatiles primitifs a été bien plus compliquée et tortueuse qu'on ne le présumait.

D'autres fossiles chinois renforcent cette impression. Certains semblent avoir une queue d'oiseau, d'autres des poils qui pourraient avoir été des prémices de plumes. Un autre petit théropode du Crétacé chinois trouvé tout récemment, a un doigt particulièrement long, qui est une adaptation manifeste à l'escalade dans des arbres. Même si ce théropode est postérieur à l'archéoptéryx, il remet au goût du jour une explication séduisante de l'évolution des dinosaures vers l'oiseau : des



Graves Museum

théropodes grimpeurs auraient commencé à se laisser tomber pour accélérer leur descente ; ils auraient écarté les bras afin de freiner leur chute. Avec le temps, ce mode de vie aurait favorisé les plus légers, lesquels seraient progressivement devenus capables de planer.

Aucun de ces fossiles ne supplante en intérêt l'archéoptéryx, car les caractéristiques aviaires sont moins nettes. Plus ancien que tous les quasi volatiles trouvés récemment, «l'antique porteur d'ailes» avait déjà un plumage organisé comme celui des oiseaux contemporains ; la structure de ses plumes était aussi «moderne» que celle que nous connaissons. Il est indubitable que l'archéoptéryx volait, et que ce sont ses ancêtres qui ont accompli la «révolution de la plume». Quand ? Probablement au Jurassique inférieur ou moyen, soit entre 208 et 163 millions d'années avant notre ère. Pour le savoir, il faudrait trouver d'autres restes de quasi oiseaux plus vieux que l'archéoptéryx. C'est malheureusement peu probable, car sur toute la planète, les fossiles datant du début du Jurassique sont rarissimes.

Peter WELLNHOFER



Peter Wellnhofer

Ces poils, présents sur le petit prédateur grimpeur chinois *Sinornithosaurus millenii* étaient-ils des précurseurs de plumes ?

Planètes volantes

Des astrophysiciens ont découvert des objets célestes ressemblant à des planètes ... mais qui n'en sont pas.

A l'instar de notre planète Terre qui tourne autour du Soleil, vous pensiez naïvement qu'une planète est un corps massif en orbite autour d'une étoile. Ce n'est plus tout à fait exact depuis que l'équipe de Maria Rosa Osorio, de l'Institut d'astrophysique de Tenerife, a découvert des corps qui ne sont pas assez gros pour être des étoiles, mais qui ne sont pas non plus en orbite autour d'une étoile.

En pointant les télescopes optiques des îles Canaries vers le nuage d'Orion, à plus de 1 000 années-lumière de la Terre, les astrophysiciens ont exploré les émissions infrarouges de cette zone. Après un temps d'exposition de plusieurs heures, les images ont révélé la présence de 18 corps inhabituels, séparés de quelques années-lumière. De quoi s'agit-il ?



Dans le nuage d'Orion (près de l'étoile brillante, à droite), 18 corps célestes ont été découverts, dont trois (encadrés) ont été analysés. Ces objets ne sont ni des étoiles ni des planètes, car, d'une part, ils ne sont pas assez massifs, d'autre part, ils ne tournent autour d'aucune étoile.

Le télescope Keck, de l'Observatoire d'Hawaï, a enregistré le spectre de trois de ces objets : il révèle que la température de ces corps est d'environ 2 000 degrés. Par ailleurs, l'éclat apparent de ces objets et l'âge de la zone où ils ont été observés montrent qu'ils ont environ cinq millions d'années. À partir de ces deux paramètres – âge et température –, les astrophysiciens disposent de modèles de prédiction de leur masse : elle serait comprise entre cinq et 15 fois la masse de Jupiter (c'est-à-dire entre 950 et 2 850 fois la masse de la Terre).

Les objets observés ne seraient donc pas assez massifs pour être le siège d'une fusion nucléaire telle qu'elle règne au cœur des étoiles. Les naines brunes sont les plus petits objets connus abritant une telle fusion : elles ont une masse environ égale à 75 fois celle de Jupiter. Ainsi, les 18 corps observés ne sont pas des étoiles : seraient-ce des planètes ? Cependant, elles ne gravitent pas autour d'étoiles ! Les astrophysiciens se perdent en conjectures.

Selon une première hypothèse, ces planètes auraient été éjectées d'une ancienne orbite qu'elles suivaient autour d'une étoile. Ce phénomène se produit lorsque deux planètes sur des orbites proches se croisent : l'une d'elles peut être éjectée. Une autre hypothèse stipule que ces objets résulteraient d'une agglomération de matière, dans le nuage d'Orion.

Dans un futur proche, les astronomes chercheront dans divers amas suffisamment jeunes pour y détecter d'autres corps du même type que ceux du nuage d'Orion. Ils explorent également le voisinage du Système solaire où de tels corps, trop âgés pour émettre encore dans l'infrarouge, devront être détectés dans le domaine des ondes millimétriques, domaine pour lequel est construit, au Chili, le grand interféromètre ALMA (Atacama Large Millimeter Array, soit Grand Interféromètre millimétrique d'Atacama).

Ces projets de recherche de planètes extra-solaires seront complétés en 2004 par le satellite *Corot* dont le Centre national d'études spatiales a récemment décidé le lancement.

En attendant, Planète ? Non-planète ? le vocabulaire des astrophysiciens s'enrichira peut-être d'un nouveau mot.

BRÈVES

Ivre... de fatigue

Comment évaluer la baisse de vigilance après une journée longue et d'intense activité ? Une vingtaine de personnes ont consommé régulièrement de petites quantités d'alcool et subi des tests visant à quantifier leurs réactions. De même, 20 personnes ont été soumises à des privations de sommeil et ont subi les mêmes tests. Au bout de 19 heures de veille, la baisse de vigilance est identique à celle d'une personne ayant une alcoolémie de 0,5 gramme par litre, la limite au-delà de laquelle on ne doit plus conduire. Plus la veille se prolonge, plus les résultats se dégradent, comme si l'«alcoolémie» continuait à augmenter. Pourra-t-on faire des expériences pour évaluer la validité de l'expression ivre de colère ?

Des Romains... très américains

Les archéologues ont précisé les habitudes alimentaires des habitants de Magontiacum (Mayence). Ils ont fouillé une aire de culte domestique de la ville antique. Un lieu grouillant de vie, où les citoyens venaient faire des vœux et des offrandes. Les archéologues ont retrouvé des noyaux de dattes, des pépins de figues et des restes de pignons, dans les cendres des foyers. La découverte de restes de fruits méditerranéens confirme que les militaires romains importaient une bonne partie de ce qu'ils consommaient. Comme les Français, les Américains et tous les occupants successifs de cette cité qui, depuis 2 000 ans, est une ville de garnison.



Les femmes et la recherche

Selon une enquête ministérielle, les femmes sont deux fois moins nombreuses dans le secteur de la recherche et du développement privé que dans le même secteur public, contrairement aux hommes qui sont quasiment aussi nombreux dans le public et dans le privé. Dans la recherche publique, les femmes représentaient 38 pour cent en 1997 (30 pour cent au CNRS), tandis que dans la recherche en entreprise, leur proportion ne dépassait guère 17 pour cent en 1997. Comme dans la recherche publique, elles sont davantage présentes dans certains secteurs, tels que la pharmacie et les industries agroalimentaires ou textiles. Et pourtant, les femmes chercheurs sont mieux représentées, dans les entreprises, que les femmes ingénieurs !

Le mystère du méthane

Pourquoi ne détecte-t-on pas de méthane à proximité des immenses réservoirs de méthane qui dorment au fond des océans? Deux solutions : ou bien il ne s'en échappe pas, ou bien il est dégradé. Quel est le coupable? On sait que des archéobactéries méthanogènes, présentes dans des réservoirs dépourvus d'oxygène produisent du méthane et que d'autres bactéries se nourrissent de ce gaz, mais, jusqu'à présent, on ne connaissait aucun micro-organisme capable de vivre en oxydant le méthane en absence d'oxygène. Une équipe allemande vient d'identifier des bactéries anaérobies qui oxydent le méthane en l'absence d'oxygène ; elles vivent en symbiose avec d'autres bactéries qui réduisent les sulfates, fournissant ainsi l'oxygène nécessaire à la transformation du méthane en dioxyde de carbone et en hydrogène.

Des nouvelles d'Ötzi

Ötzi, l'homme de 5 300 ans, découvert en 1991 dans un glacier alpin, n'est peut-être pas mort de froid et d'épuisement comme on l'a d'abord pensé. D'après de récentes analyses, il aurait souffert d'arthrite et de troubles coronaires, et aurait eu une quarantaine d'années, âge quasi canonique pour l'époque. Difficile, dans ces conditions, de gravir les montagnes. Un paléopathologiste britannique pense qu'il ne serait pas mort seul à cet endroit, mais qu'il y aurait été enterré par des compagnons. De nouveaux échantillons d'ADN et de tissus vont être analysés ; on devrait bientôt mieux comprendre comment il est mort et d'où il venait.

Manteaux identiques

D'après les informations transmises par le télescope spatial Hubble, Io, l'un des quatre principaux satellites de Jupiter, aurait un manteau identique à celui de la Terre. Io a une intense activité volcanique et Hubble a enregistré des spectres des éruptions volcaniques du volcan le plus actif ; on en a déduit la température et la pression à l'intérieur de cette cheminée volcanique. Les calculs ont montré que le manteau d'Io est dépourvu de fer. On suppose qu'au début de la vie d'Io, de l'eau, disparue aujourd'hui, aurait réagi avec le fer, de l'hydrogène aurait été libéré et le fer oxydé. Au cours d'un tel mécanisme, le manteau se serait appauvri en fer tandis que le cœur se serait enrichi, comme sur Terre.

La perception saunore

De l'influence de l'orthographe sur la perception auditive.

Lorsque vous entendez la phrase «Le blond a fait un stage de billes en plomb dans une ville», seule l'absence de sens profond vous apparaîtrait, alors que le temps de reconnaissance de chaque mot vous importe peu. Il en va autrement pour les psycholinguistes qui étudient la perception de la parole. L'équipe de Ludovic Ferrand, du Laboratoire de psychologie expérimentale du CNRS, a montré que l'orthographe influe sur la perception auditive et sur le temps de reconnaissance d'un mot parlé.

Dans les années 1970, les premiers travaux sur la lecture silencieuse ont révélé que pendant celle-ci, on code non seulement l'information visuelle – la forme des lignes –, et orthographique – les lettres –, mais aussi l'information phonologique, c'est-à-dire une information du même type que celle d'un mot entendu, dans une sorte de vocalisation interne perçue par le lecteur. Comme une petite voix piégée dans le cerveau.

Depuis 1975, on a tout d'abord étudié le rôle du codage de l'information sonore dans la lecture silencieuse. Par exemple, les mots *ville* et *bille* ont la même terminaison, mais le groupe de lettres communes se prononce différemment. L'une des deux prononciations est dite régulière (*ville*), car elle est plus fréquente dans la langue, l'autre (*bille*) est irrégulière. Des volontaires, à qui l'on a présenté sur un écran d'ordinateur des groupes de lettres, devaient distinguer parmi ceux-ci les mots et les non-mots (des groupes de lettres qui n'ont aucun sens, tel *tohle*). Les résultats ont montré que temps de reconnaissance d'un mot régulier écrit, tel *ville*, est plus court que celui d'un mot irrégulier, tel *bille*. Sans un codage de l'information de type sonore, le temps de reconnaissance de tous les mots serait identique.

Un tel codage dans une lecture silencieuse s'explique par l'existence d'un dictionnaire mental, un stockage sous forme sonore des mots entendus avant que l'on n'ait appris à lire et à écrire. Ce codage phonologique renforce l'efficacité du codage visuel et du codage orthographique dans la lecture : nous lisons environ cinq mots par seconde avec très peu d'erreurs.

Puisque l'information sonore aide à la lecture silencieuse, L. Ferrand et ses collègues ont voulu savoir si la visualisation des mots et, par conséquent, l'orthographe, améliore la perception audi-

tive. Ils ont répondu par l'affirmative. Avec une méthode similaire aux expériences des années 1970, des volontaires entendaient des groupes de lettres dans un casque, et identifiaient s'il s'agissait d'un mot ou d'un non-mot, tandis que les expérimentateurs mesuraient le temps de la décision (laquelle s'effectue par comparaison des sons entendus avec le dictionnaire mental).

Ici, les rimes n'étaient plus orthographiques, mais phonologiques. Par exemple, le son *on* s'écrit *omb*, *on*, *ont*, *ong*, *ond*... parmi ces différentes formes, *ond* est une écriture dominante, nommée régulière, tandis que *omb*, est la forme la plus rare, nommée irrégulière. Par ailleurs, certains mots, tel *stage*, sont complètement réguliers, car le son *age* ne s'écrit que d'une seule façon. Les résultats montrent que l'on reconnaît plus rapidement les mots réguliers, tel *blond* que les mots irréguliers, tel *plomb*. Les mots complètement réguliers sont reconnus encore plus rapidement.

Ainsi, l'orthographe influe sur la perception de la parole. L'imagerie médicale a validé cette hypothèse en mettant en évidence l'interaction des aires auditives et visuelles du cerveau. Ce résultat a été confirmé par une étude de José Morais, de l'Université libre de Bruxelles. Des personnes ne sachant ni lire ni écrire et des volontaires sachant lire et écrire devaient détecter, dans des mots parlés, des sons tel *b* dans *table* ; seuls les seconds en sont capables. Selon J. Morais, dès que vous apprenez à lire et à écrire, l'alphabet s'insinue dans votre système de perception de la parole.

Ainsi, l'écriture et la lecture, systèmes culturels par excellence, ont une influence sur un système naturel, la parole. La prochaine fois que vous entendez «Le blond a fait un stage de billes en plomb dans une ville», ne haussez plus les épaules dédaigneusement, cette phrase est riche d'enseignements.



Un an après... tempête d'insectes ravageurs

Après la tempête qui a ravagé la France en décembre 1999, une nouvelle menace plane sur les forêts : les insectes.

Aujourd'hui, les insectes dévoreurs de bois, les xylophages règnent en maîtres dans les forêts françaises depuis les tempêtes de décembre 1999 ; ils ne cessent d'accroître leur territoire et leur appétit : après avoir pullulé dans les arbres morts et couchés, certains de ces insectes vont attaquer les arbres vivants. Après les catastrophes forestières, dont on observe directement les conséquences, un deuxième danger, invisible celui-là, menace : la pullulation de ces insectes ravageurs.

Selon Jean-François Abgrall, ingénieur de recherche au Cemagref, à Grenoble, l'importance des dernières tempêtes, avec 140 millions de mètres cubes de bois abattus, laisse présager un risque phytosanitaire, une catastrophe aussi étendue et dommageable que la tempête elle-même. La pullulation des xylophages augmenterait de 30 à 50 pour cent, le volume de résineux détruits par la tempête. D'après de précédentes études réalisées lors de tempêtes dans d'autres régions, aussi bien en France qu'en Europe, la pullulation culmine entre deux et quatre ans après la tempête ; il faut près de dix ans, lorsque les conditions climatiques sont favorables au développement des insectes, pour que la situation se normalise.

Les données collectées sont d'excellents outils pour l'estimation des risques et l'établissement des stratégies de gestion à mettre en œuvre. Après la tempête de 1982, qui avait mis au sol plus de 10 millions de mètres cubes de bois (principalement des épicéas), dans le Massif Central et dans les Alpes du Nord, 200 millions de typographes, les insectes ravageurs les plus dangereux, ont été éliminés dans les pessières (les forêts d'épicéas) des Alpes du Nord. Pour ce faire, on a utilisé des pièges contenant des phéromones, des substances volatiles qui attirent les partenaires sexuels. Néanmoins, c'est plus de 260 000 mètres cubes d'épicéas dans cette région qui ont été détruits par ces insectes durant les six années qui suivirent la tempête de 1982.

La tempête de décembre 1999 a mis à terre 14 fois plus d'arbres que celle de 1982, détruisant une plus grande diversité d'espèces sur des régions plus

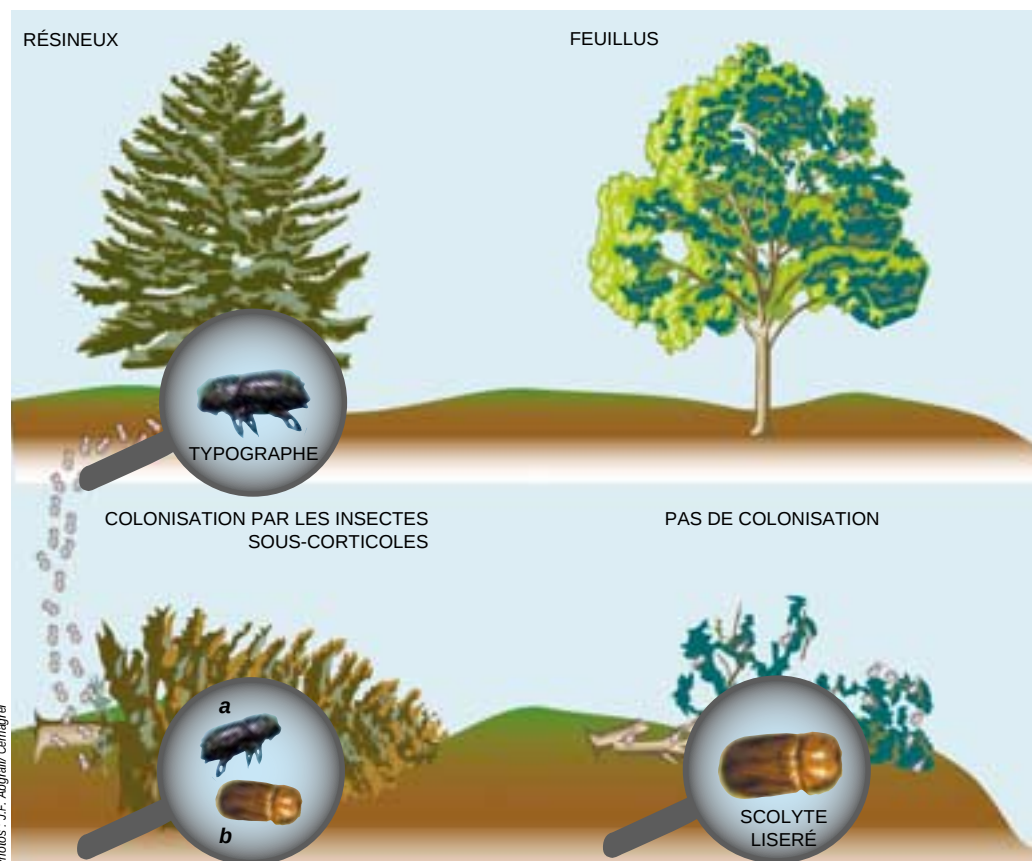
variées. Indépendamment des conditions climatiques qui jouent un rôle important dans la prolifération, on imagine les dégâts qu'ils pourraient commettre au cours des dix prochaines années. Les participants à ce «festin» sont, d'une part, les insectes ravageurs de bois de cœur qui creusent de profondes galeries dans les feuillus et dans les résineux allant jusqu'au cœur de l'arbre, et, d'autre part, les sous-corticoles qui pullulent dans les résineux et qui creusent des galeries de ponte entre l'écorce et le bois ; ils provoquent ainsi la mort par destruction des tissus conducteurs de sève.

Les arbres eux-mêmes luttent contre ces prédateurs : ils produisent une résine qui imprègne leurs tissus et ils créent des zones de tissus nécrosés autour des galeries de ponte des insectes. Malheureusement, ces mécanismes consomment beaucoup d'énergie et contribuent à l'affaiblissement de l'arbre, conduisant à sa mort lorsque les mécanismes de défense sont débordés par l'afflux d'insectes. Les sous-corticoles colonisent les arbres restés sur pied de façon massive : ils émettent des phéromones spécifiques qui attirent les renforts. Au cours de l'année 2000, deux vagues d'attaque sur

les arbres gisants ont été observées, l'une fin mars par les agents de piqûre, l'autre en avril par les sous-corticoles. Ces attaques ont rendu les arbres gisants inutilisables en menuiserie.

Depuis le début de l'année, les sous-corticoles se sont multipliés dans les troncs gisants, constituant ainsi un «stock» d'adultes hivernants. Le risque de pullulation vient des insectes sous-corticoles qui essaieront au cours du printemps prochain : quittant le bois mort, ils se déplaceront en masse pour attaquer les arbres restés sur pied. Les premiers problèmes phytosanitaires apparaîtront au printemps 2001.

L'extraction des arbres gisants hors de la forêt est le moyen de lutte le plus efficace contre la propagation des insectes. Cependant, deux générations de typographes se sont déjà développées dans les bois gisants. Comment gagnera-t-on cette course de vitesse sur les xylophages ? En organisant dès le printemps 2001 un abattage rapide, coordonné et efficace des bois sur pied «contaminés» ? En utilisant des phéromones qui attirent les insectes pour les piéger ? La solution se fait attendre, et pourtant la survie de la forêt épargnée par la tempête en dépend.



Les insectes sous-corticoles (a, le typographe) qui se sont développés tout au long de l'année sur les résineux gisants attaquent les résineux sur pied. Les ravageurs de bois de cœur (b, le scolyte liséré) ne colonisent pas les feuillus restés sur pied, ils creusent des galeries dans les feuillus et dans les résineux gisants, entraînant ainsi une grande dévalorisation de leur valeur marchande.

Paysages perceptifs

Des observations tomographiques du cerveau révèlent que les aires cérébrales stimulées changent selon l'émotion ressentie. On a demandé à des personnes dont on enregistrait une image cérébrale par tomographie par émission de positons de se remémorer des épisodes tristes, heureux ou angoissants qu'ils avaient vécus. Chaque émotion aurait son propre «paysage perceptif», ce qui expliquerait la multitude des émotions ressenties. Simultanément, on enregistrerait aussi le rythme cardiaque des personnes qui subissaient la tomographie. On a constaté que la modification du rythme cardiaque précède l'activation de l'aire cérébrale concernée par l'émotion : la manifestation biologique de l'émotion précède sa manifestation affective.

Balles neuves!

Les joueurs de tennis servent leur première balle avec une telle puissance que les services gagnants sont de plus en plus nombreux et nuisent au suspense de certains matchs. Afin d'y remédier, la Fédération internationale de tennis propose l'utilisation de balles... plus grosses. D'après les différents tests et simulations, de telles balles de même masse que les balles classiques, mais dont le volume est augmenté de six pour cent, laissent 16 millisecondes de plus au joueur pour se préparer à recevoir la balle! Les scores sont les mêmes, mais les échanges sont un peu plus longs.

La douleur du nouveau-né

Contrairement à une croyance populaire, les nouveau-nés ressentent la douleur. Qui plus est, des sensations douloureuses qui résultent, par exemple, de soins intensifs ou d'explorations fonctionnelles diverses après un accouchement prématuré influent sur le comportement face à la douleur, plusieurs années après la

naissance. Des études sur l'animal ont montré que les réactions physiologiques et comportementales sont perturbées par une exposition à une douleur répétée ou pro-

longée. Des enfants de 18 mois, nés avant terme, semblent moins sensibles à la douleur que des enfants du même âge nés à terme. Plus ces enfants ont subi de gestes traumatiques, moins ils semblent sensibles à la douleur. Des douleurs répétées influeraient sur le comportement de l'enfant, voire même de l'adulte.

Un macaque géomètre

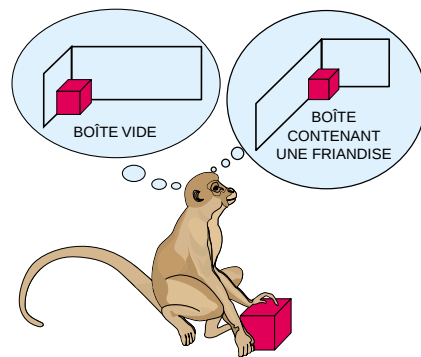
Les singes recourent à un codage de la géométrie de leur environnement pour s'orienter.

Beaucoup de nos actions quotidiennes, banales, requièrent des représentations mentales de l'environnement proche ou lointain, grâce auxquelles nous localisons précisément un objet ou un lieu à atteindre, même dissimulés à la vue, ou trop éloignés. La première étape de la construction d'une représentation spatiale, lorsque nous sommes confrontés à un environnement nouveau, consiste à sélectionner des informations, puis à les organiser. Des études récentes ont mis en évidence que l'un des modes d'organisation de l'espace repose sur le codage de la géométrie de certains de ses éléments. Intuitivement, la géométrie évoque un univers de formes, les mathématiques, et un ensemble de notions abstraites dont on peut penser qu'elles ne sont accessibles qu'aux êtres humains, et en particulier à ceux qui les ont acquises à l'école.

Toutefois, dans notre laboratoire du Centre de recherche en neurosciences cognitives du CNRS, à Marseille, nous avons montré que les singes codent également la géométrie de l'espace, et, de plus, qu'ils sont meilleurs que des enfants âgés de six ans, car ils déjouent les pièges de ce type de codage! Dans notre expérience, un singe macaque est enfermé dans une cage transparente en plexiglas, placée dans une pièce rectangulaire, totalement vide à l'exception de quatre boîtes identiques posées aux quatre coins.

Dans sa cage, au milieu de la pièce, le singe observe un expérimentateur qui dissimule une friandise dans l'une de ces boîtes. Puis on recouvre la cage d'un tissu noir et on la tourne plusieurs fois sur elle-même afin de désorienter le macaque par rapport à l'emplacement de la cible. Le tissu est ensuite retiré à distance, puis la cage est ouverte également à distance, et l'animal cherche alors la friandise. Les seules informations dont il dispose sont celles fournies par la géométrie de la pièce.

Le coin où est cachée la récompense a le grand côté du rectangle à gauche et le petit à droite. Cependant, dans un rectangle, deux angles sont de ce type, géométriquement équivalents. Avec ces seules informations, le singe



Un macaque se repère dans l'espace : il sait retrouver la boîte, placée au coin d'une pièce rectangulaire où l'on a caché une friandise.

recherche la friandise dans l'une ou l'autre des deux boîtes placées dans ces deux coins, et néglige les deux autres. Il utilise la géométrie, mais n'a aucun moyen de différencier le coin où se trouve la récompense. Ainsi le singe, à l'instar du rat ou des êtres humains, utilise la forme de l'environnement pour s'orienter.

Dans une seconde expérience, nous avons ajouté sur l'une des largeurs de la pièce un grand panneau de couleur. Après avoir à nouveau repéré la boîte qui contient la friandise, puis avoir été désorienté, le macaque se dirige sans hésitation vers la friandise cachée. Banal, direz-vous... Oui! Toutefois, selon les travaux de Linda Hermer et Elisabeth Spelke, de l'Institut de technologie du Massachusetts, l'enfant jusqu'à six ans, lui, ignore totalement cette précieuse indication : de même que le rat, il continue à rechercher la récompense dans les deux angles géométriquement équivalents. L'adulte utilise facilement les deux types d'informations, géométriques et locales (le panneau coloré).

Ainsi l'adulte et le macaque codent simultanément et sans ambiguïté la géométrie de l'environnement et les informations locales. Les psychologues américaines avaient avancé que le langage joue un rôle fondamental dans le codage des informations locales, mais nos travaux sur le singe montrent que leur théorie n'est pas la seule hypothèse possible, puisque les singes ne disposent pas du langage. Ils ont peut-être développé une autre façon de prendre en compte les caractéristiques locales de leur environnement en raison de nécessités vitales. Par exemple, il est important pour eux de reconnaître, par sa couleur, un fruit qui est mûr. Pour autant, les macaques connaissent-ils le théorème de Pythagore?

Catherine THINUS-BLANC et Stéphane GOUTEUX, Centre de recherche en neurosciences cognitives, Marseille