

GEO HORS-SÉRIE SAVOIR

LE FANTASTIQUE POUVOIR DE NOS 5 SENS

er
voir
sentir
goûter
toucher

BEL. 750 C. - CH. 12 CHF. - CAN. 14 CAD. - D. 11 C. - ESP. 8 C. - GR. 8 C. - LUX. 750 C. - ITA. 8 C. - PORT CONT. 8 C. - DOMA VION. TIC. BATEAU 750 C. - MAROC. 65 DH. - TUNISIE. 9 TND. - ZONE C.A. BATEAU. 6000 XAF. - ZONE C.P.F. BATEAU. 100 XPF.

ÉVOLUTION

MÉDECINE

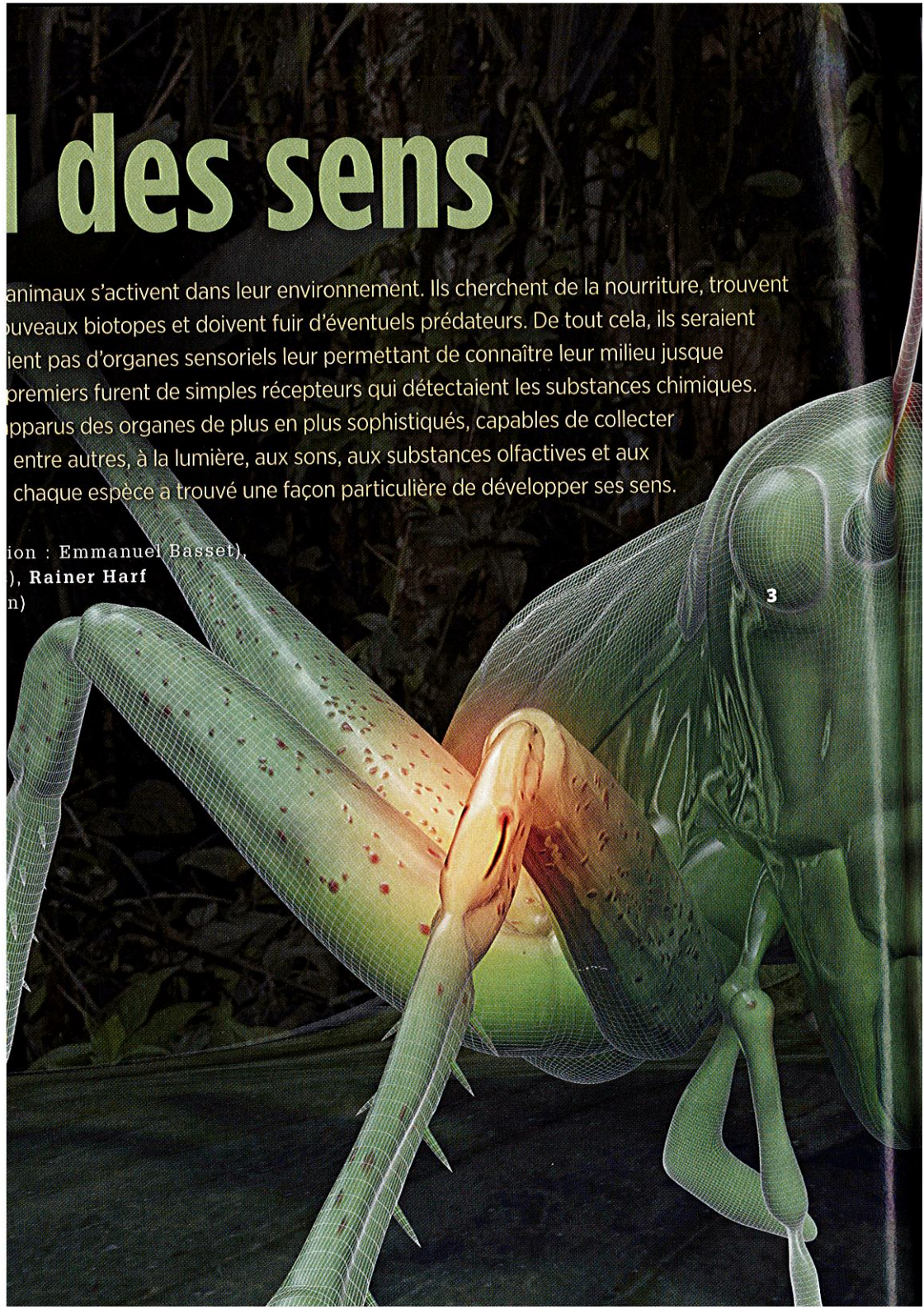
RECHERCHE

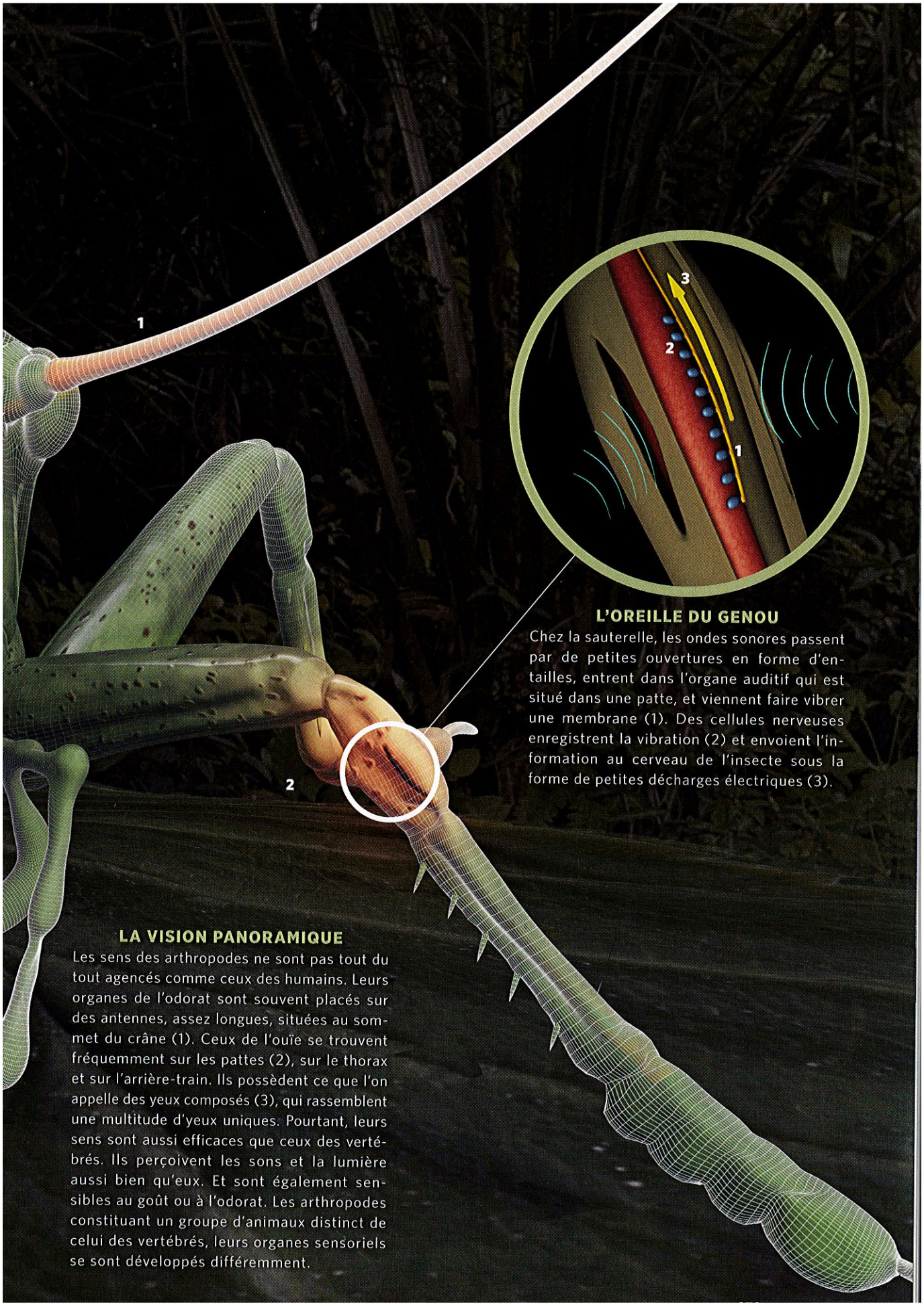
PERCEPTION

des sens

Les animaux s'activent dans leur environnement. Ils cherchent de la nourriture, trouvent de nouveaux biotopes et doivent fuir d'éventuels prédateurs. De tout cela, ils seraient capables grâce à pas d'organes sensoriels leur permettant de connaître leur milieu jusque dans les premiers siècles furent de simples récepteurs qui détectaient les substances chimiques. Par la suite, apparus des organes de plus en plus sophistiqués, capables de collecter l'information, entre autres, à la lumière, aux sons, aux substances olfactives et aux vibrations. Chaque espèce a trouvé une façon particulière de développer ses sens.

Illustration : Emmanuel Basset),
(R), Rainer Harf
(m)





1

2

3

2

1

L'OREILLE DU GENOU

Chez la sauterelle, les ondes sonores passent par de petites ouvertures en forme d'entailles, entrent dans l'organe auditif qui est situé dans une patte, et viennent faire vibrer une membrane (1). Des cellules nerveuses enregistrent la vibration (2) et envoient l'information au cerveau de l'insecte sous la forme de petites décharges électriques (3).

LA VISION PANORAMIQUE

Les sens des arthropodes ne sont pas tout du tout agencés comme ceux des humains. Leurs organes de l'odorat sont souvent placés sur des antennes, assez longues, situées au sommet du crâne (1). Ceux de l'ouïe se trouvent fréquemment sur les pattes (2), sur le thorax et sur l'arrière-train. Ils possèdent ce que l'on appelle des yeux composés (3), qui rassemblent une multitude d'yeux uniques. Pourtant, leurs sens sont aussi efficaces que ceux des vertébrés. Ils perçoivent les sons et la lumière aussi bien qu'eux. Et sont également sensibles au goût ou à l'odorat. Les arthropodes constituant un groupe d'animaux distinct de celui des vertébrés, leurs organes sensoriels se sont développés différemment.

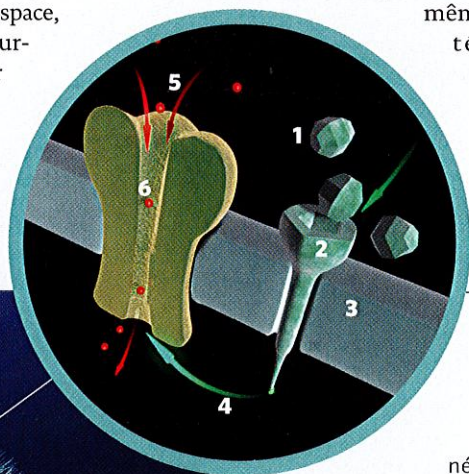
Q

don y pense, c'est tout de même ant. Même lorsque nous restons biles, sans avoir la possibilité d'ex- l'espace alentour, notre cerveau ruit une image précise et détaillée re environnement et de ce qui s'y it. Un exploit accompli chaque se- grâce à l'extraordinaire sensibilité s organes, qui absorbent littérale- toutes les informations qui nous ransmises par le monde extérieur. isi, lorsque nous nous prélassons in fauteuil de jardin au soleil, c'est au toucher que nous sentons le

dossier en bois derrière nous, les accou- doirs sur lesquels reposent nos bras et le sol sous nos pieds. Nous ressentons la chaleur du soleil, notre sens de l'équilibre nous confirme que nous sommes assis bien droits, et notre nez conduit à notre cerveau l'odeur du gazon fraîchement tondu. Nos oreilles perçoivent des ondes sonores à plusieurs centaines de mètres de distance, enregistrant le bavardage d'un groupe d'écoliers qui passe dans la rue, tout comme le vrombissement d'un poids lourd au loin. Les informations que nous transmettent nos yeux sont encore plus détaillées. Nous percevons les traits des enfants, leur corpulence, la couleur de leurs vêtements, ainsi que la forme du camion et le nuage de fumée qui sort de son pot d'échappement. Et si nos sens nous fournissent des informations aussi précises, ce n'est bien entendu pas pour satisfaire notre curiosité. C'est avant tout une question de survie. Car ni les hommes ni les animaux ne pourraient subsister sans une connaissance très précise de leur environnement immédiat. Cette néces- sité est aussi ancienne que la vie elle- même. Seuls les êtres capables de s'orienter dans l'espace, de trouver de la nour- riture et d'éviter leurs ennemis ont réussi à s'impo- ser et à pérenni- ser leur espèce.

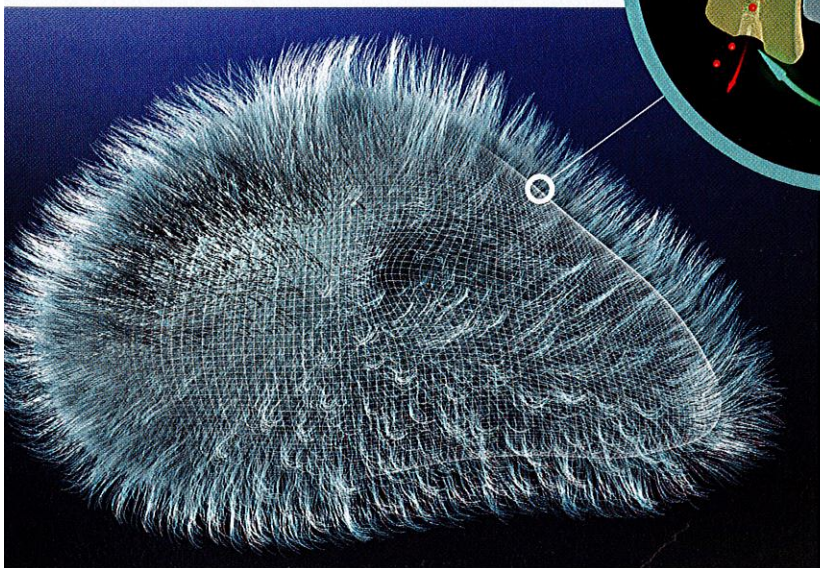
Pour comprendre d'où viennent nos sens, il faut revenir plus de 3,5 milliards d'an- nées en arrière. A cette époque, dans les courants chauds des océans primitifs se produisirent des phénomènes biochi- miques particulièrement complexes. Le monde ressemblait alors à une énorme marmite où les molécules les plus di- verses réagissaient les unes avec les autres, développant des liaisons chimiques de plus en plus sophisti- quées, jusqu'à donner naissance aux premiers êtres vivants. Ces derniers avaient une structure très simple, dont on suppose qu'elle se rapprochait de celle des bactéries actuelles.

ET POURTANT, malgré leur structure des plus sommaires, ces créatures primi- tives étaient capables de se repérer dans leur environnement. Elles parvenaient à détecter la présence de nourriture, à iden- tifier les éléments potentiellement né- fastes et à contourner les obstacles. Mais comment, sans yeux, sans nez, sans oreilles et sans organes capables de tou- cher, parvenaient-elles à réaliser cette prouesse ? Probablement de la même façon que les bac- téries que nous connaissons. Et les facultés qu'elles ont contribué alors à faire ap- paraître sont



L'INITIATION AU GOÛT

Il y a 2 milliards d'an- nées, des êtres unicel- lulaires (ici une paramécie) étaient déjà capables d'enregis- trer la présence de nourriture. Quand des molécules de sucre (1) arrivaient aux ré- cepteurs (2) placés sur leur enveloppe (3), des signaux étaient émis (4), qui faisaient passer des particules de calcium (5) dans la cellule via un système de canaux (6). Les cils de la cellule pagayaient alors vers le point d'où provenait la concentration de sucre détectée par les récepteurs.



toujours utilisées aujourd'hui, des millions d'années plus tard, par des créatures désormais beaucoup plus évoluées.

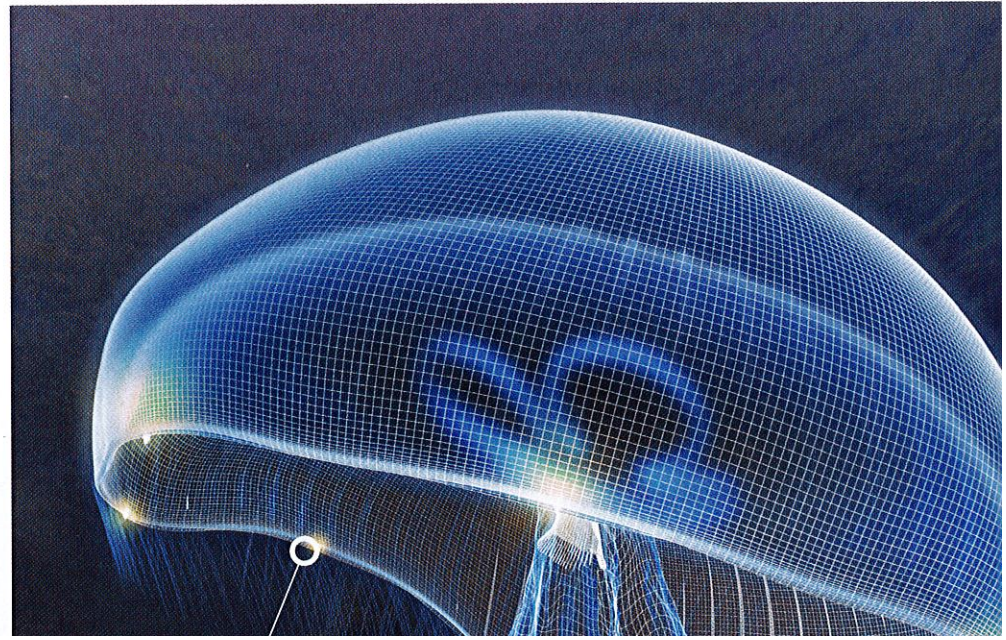
Ces êtres unicellulaires, dits «procarvates», comptaient parmi les êtres vivants les plus petits de la planète et leur organisme était simplissime. Mais ils étaient composés de millions de molécules différentes. Sur l'enveloppe qui les entourait et les séparait du monde extérieur se trouvaient notamment des dizaines de molécules spécifiques capables d'un petit miracle : repérer des substances chimiques. On les appelle les chémorécepteurs. Certains détectaient la nourriture ou les molécules de base, comme le sucre ou les acides aminés. D'autres reconnaissaient les substances toxiques, notamment certains métaux lourds.

Ces minuscules êtres vivants savaient donc discerner différentes substances chimiques : ils étaient, en quelque sorte, déjà dotés du goût. Leurs compétences sensibles ne s'arrêtaient pas là. Ils arrivaient plus ou moins à ressentir des contacts car leur membrane abritait des mécanorécepteurs qui les prévenaient lorsqu'ils se heurtaient à un obstacle. Ils avaient donc également développé la forme la plus élémentaire du toucher.

Mais à quoi servaient toutes les informations que ces êtres unicellulaires recevaient ainsi du monde extérieur ? Elles ne pouvaient leur être utiles que si, en même temps, ils étaient capables d'agir

LES PREMIÈRES BACTÉRIES, DÉJÀ, IDENTIFIAIENT DOUZE SUBSTANCES DIFFÉRENTES

en fonction de ces signaux. Et c'était justement le cas. Certains d'entre eux arrivaient à se déplacer grâce à une sorte de micromoteur interne. Ils possédaient probablement plusieurs petits flagelles, proches de ceux que l'on observe aujourd'hui sur de nombreuses bactéries. Ces minuscules fils de protéines accrochés à la membrane cellulaire tournoyaient sur eux-mêmes à la manière d'une hélice de bateau. Des flagelles dont la caractéristique était de tourner de deux façons. Dans le sens des aiguilles d'une montre, chaque flagelle se mouvait alors indépendamment des autres ●●●



avec pour effet de faire s'agiter la cellule d'une manière erratique. Mais dans l'autre sens inverse, les flagelles étaient alors plus simples et organisés, permettant à la cellule d'avancer en ligne droite.

Cet outil très simple leur donnait à ces êtres rudimentaires de meilleures chances de survie. Quand des récepteurs signalaient, par exemple, la présence de molécules de sucre, ils pouvaient avancer légèrement. Puis ils se dirigeaient et mesuraient à nouveau la teneur en sucre de l'environnement. Si la teneur avait augmenté, ils comprenaient qu'ils se dirigeaient vers la nourriture et continuaient dans la même direction. Si, au contraire, la teneur en sucre avait diminué, c'est qu'ils s'étaient trompés. Ils faisaient donc, faisaient tourner les flagelles en sens contraire et se laissaient dériver quelques secondes. Et puis, à partir de l'endroit où ils avaient atterri, ils repartaient dans une nouvelle direction. Alors, ils réenclenchaient

CERTAINS ÊTRES NE SE CONTENTÈRENT PAS DU GOÛT

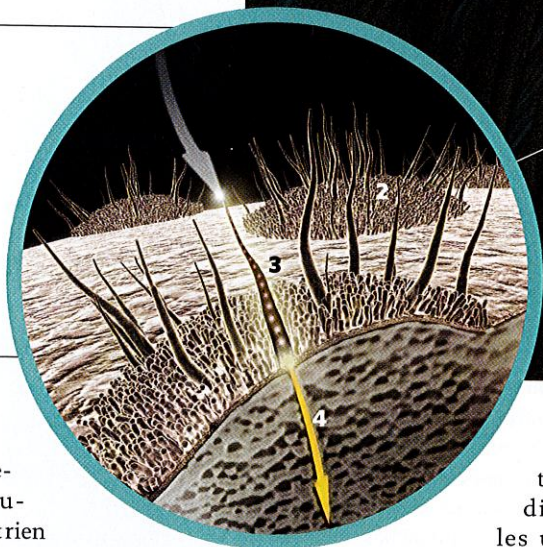
Ces premières formes de vie se contentèrent, pour partie, de ce sens chimique et d'une forme élémentaire du toucher. D'autres développèrent quelque chose de plus, qui détermina ensuite tout un

pan de l'évolution : des pigments capables de réagir à la lumière. On ne saura probablement jamais si, au départ, elles ont eu besoin de ces pigments pour se protéger de la

lumière trop forte du soleil – et notamment des rayons ultraviolets particulièrement nocifs. On sait, en revanche, que certaines ont réussi, grâce à ce système photosensible, à distinguer les endroits lumineux des endroits sombres. Et ce fut la naissance d'un sens nouveau : la vue (lire p. 78). Mais il s'est passé encore beaucoup de temps avant la formation du premier œil : les êtres unicellulaires rudimentaires ont continué à régner dans les océans pendant plusieurs centaines de millions d'années. Puis, bien plus tard, il y a environ 2 milliards d'années, sont apparus des

PREMIER PAS VERS UN TOUCHER SOPHISTIQUÉ

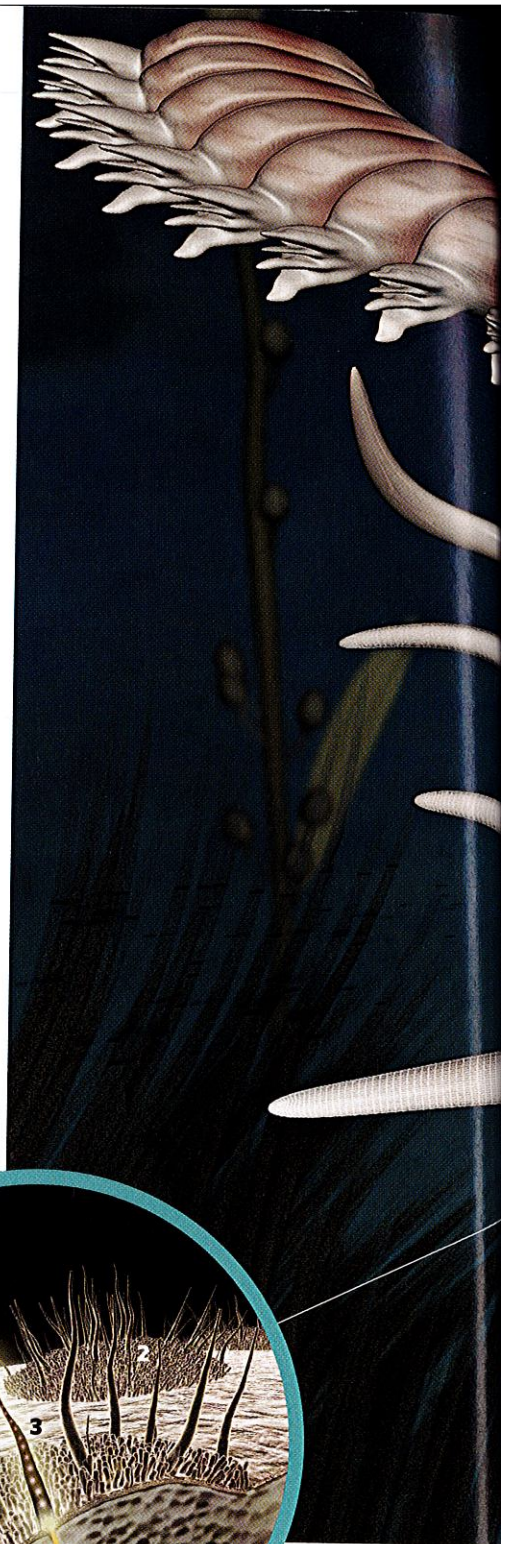
La gravette, un ver dont les ancêtres sont apparus il y a 540 millions d'années, trouve sa nourriture en creusant la vase. Pour cela, elle utilise deux organes tactiles en forme de massue (1). Ceux-ci sont reliés à des minuscules excroissances (2) surmontées de touffes de poils (3) qui envoient des signaux au moindre contact (4). Grâce à ces organes sensoriels situés sur sa tête, la gravette peut détecter des substances chimiques.

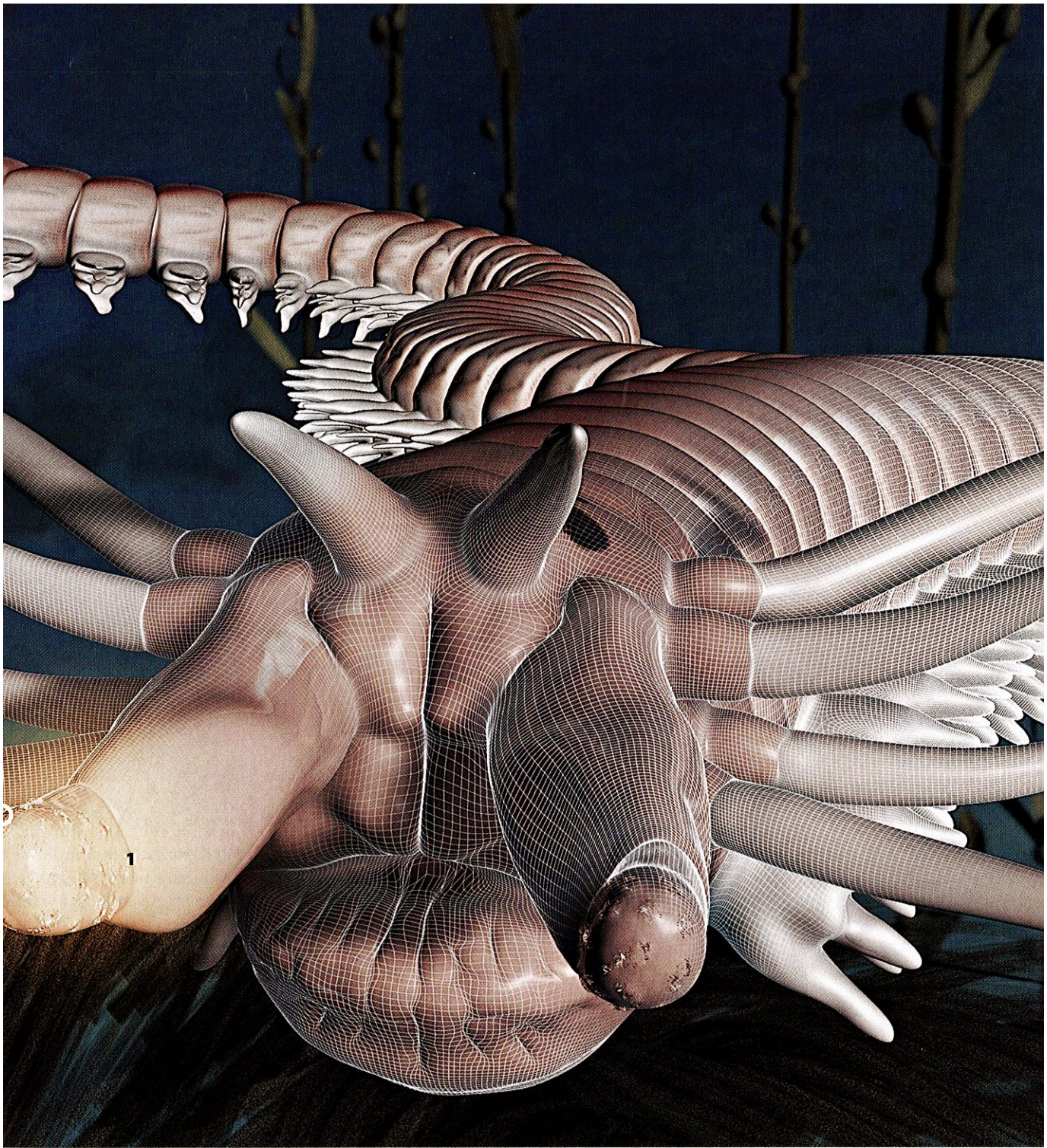


avant pour chercher à savoir s'ils étaient ou non rapprochés de la nourriture. S'ils détectaient une substance nocive ou se heurtaient à un obstacle, ils s'arrêtaient, puis partaient dans une autre direction afin d'échapper à la danger. On pense que c'est grâce à ces capacités que ces créatures proches de la vie sont parvenus, lors de cette phase précoce du vivant, à s'orienter à l'intérieur des océans.

Les êtres vivants complètement différents. Aujourd'hui, ils n'auraient rien d'extraordinaire, car eux aussi n'étaient constitués que d'une seule cellule. Mais ils étaient au moins cent fois plus gros que leurs ancêtres et possédaient une structure beaucoup plus complexe. Leur patrimoine génétique était contenu dans un noyau, et leur activité interne se décomposait en plusieurs unités fonc-

tionnelles distinctes. Les unes des autres, un peu comme dans une grande usine où coexistent des départements spécifiques qui respectivement conçoivent, fabriquent et emballent les produits. Ce processus de spécialisation a considérablement amélioré la perception sensible de ces cellules.





eucaryotes. Parce qu'elles possèdent beaucoup plus de chémorécepteurs répartis sur un corps relativement étendu, elles pouvaient, par exemple, détecter la concentration en nutriments plus forte autour d'eux. Elles étaient donc capables d'en déduire la direction de ces sensations gustatives, et se déplacer en conséquence. Pour ce faire, certains de ces organismes étaient équipés de structures leur permettant de se

déplacer. De fines protubérances, semblables à de petits cils, recouvraient leur corps allongé et ondulait pour initier le mouvement. Ils pouvaient reculer en manœuvrant ces petites rames pour éviter un obstacle, un ennemi ou une substance toxique. Et pour changer de direction, ils donnaient un mouvement opposé aux cils placés de chaque côté de leur corps. Cette étonnante capacité à se servir de leurs sens et à agir en fonction de ce que

ces derniers transmettaient permettait aux êtres unicellulaires de s'orienter dans leur milieu, de trouver de la nourriture et de se protéger des menaces.

PLUS SURPRENANT ENCORE : c'est dans cette première phase de l'histoire de l'évolution qu'est apparu le mécanisme fondamental qui gère nos sens, celui qui détermine encore aujourd'hui le fonctionnement de la perception ●●●

sitive chez des êtres plus com-
que les unicellulaires primitifs :
n capteur situé sur une membrane
ire enregistre un stimulus venant
érieur – par exemple une substance
ve, un contact ou encore l'arrivée
ayon de lumière. Ce stimulus dé-
e une transformation au niveau du
r, produisant un signal électrique.
e signal électrique, suite à une réac-
ochimique complexe, se propage
de la membrane cellulaire.
e signal produit une réaction qui
outir à une modification du com-
ent. Par exemple, les cils cellulaires
llule eucaryote vont se mettre à
r en sens inverse.

PROCESSUS AINSI ÉTABLI depuis
ption d'un stimulus sensible
à l'impact sur le comportement
isif pour la survie d'une gigan-
catégorie d'être vivants : les ani-
Les tout premiers spécimens ap-
nt il y a environ 750 millions
es. Mais avant cela, un autre pro-
ait accéléré l'histoire de l'évolu-
taient apparus des organismes
llulaires (catégorie à laquelle ap-
nent aujourd'hui, en plus des ani-
les plantes et les champignons).
ules de ces organismes n'avaient
tes la même nature et elles étaient
t destinées à réaliser des tâches
écifiques. Ce principe structurel
is, dès lors, le développement
ombre infini de formes et par
uent d'êtres différents.

t ainsi qu'il y a environ 700 mil-
années sont apparus les cnidaires,
à laquelle appartiennent notam-
s méduses. Quand elles cherchent
ourriture, ces créatures en forme
ne parcourent les profondeurs de
grâce aux lents mouvements de
mbrelle. Il est vital pour elles de sa-
ns quelle position se trouve leur
où est la surface de l'eau et si ce
ont trouvé est comestible ou non.
t donc dire qu'elles sont aptes à
ûtre des goûts, à discerner certains
ts et à repérer où se trouvent la
et le fond de l'océan.

bservant tout ce que parviennent
s méduses aujourd'hui, on se rend
e de l'avantage dont ont, tout à
isposé les organismes pluricellu-

laire il y a des millions d'années. En se
consacrant spécifiquement à certaines
tâches, les cellules ont pu les accomplir
de mieux en mieux. Par ailleurs, elles se
sont mises à fusionner et, de cette façon,
ont augmenté leurs capacités. C'est ainsi
que se sont peu à peu développés les pre-
miers organes sensoriels. Un formidable
événement dans l'histoire du vivant !

L'organe de l'équilibre, ou système ves-
tibulaire, de certaines méduses est sans
doute parmi ceux qui sont apparus en
premier. Il se présente en général comme
une bulle remplie de liquide qui renferme
une particule minérale – souvent calcaire.
La paroi de cette bulle se compose de cel-
lules sensorielles dont les cils réagissent
mécaniquement à la pression. La parti-
cule étant attirée par la force de gravité,
elle touche forcément la paroi à un en-
droit précis. Les cellules sur lesquelles
s'exerce la pression enregistrent alors le
contact et envoient un signal : la méduse

LES SENS LES PLUS IMPORTANTES SE SONT CONCENTRÉS À L'AVANT DU CORPS, SUR LA TÊTE

sait où se trouve la particule et, par consé-
quent, où se situent le bas et donc le haut.
Grâce à cette information, elle se dirige
avec beaucoup plus de précision.

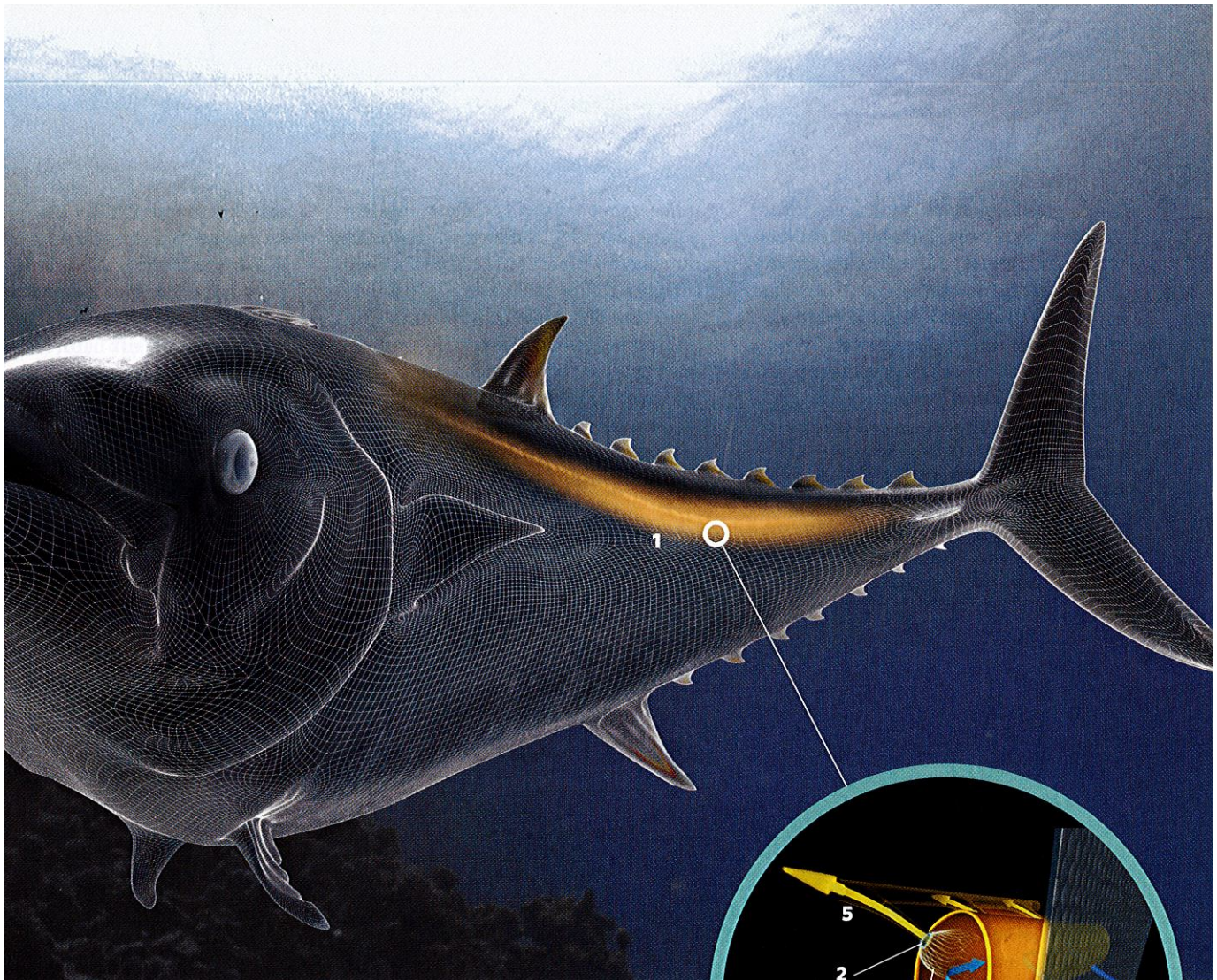
L'équilibre n'est pas le seul sens dont
disposent les cnidaires. On pense que ce
sont les premiers animaux à avoir pos-
sédé une vue élaborée, grâce à leurs yeux.
En effet, les fameuses surfaces pigmen-
tées élémentaires capables d'enregistrer
la lumière sont devenues, chez les mé-
duses, des organes visuels complexes,
des sortes de renforcements semblables
à de petits puits. Ceux-ci ne pouvant re-
cevoir les rayons lumineux que s'ils pro-
viennent d'un point précis, ces animaux
marins savent d'où vient la lumière.

Quel que soit le degré de sophistication
des organes visuels des méduses, ils ne
serviraient à rien s'ils étaient isolés. Les
données provenant du monde extérieur
doivent être assimilées et analysées. Et,
cela, seules les cellules nerveuses, ou
« neurones », autre mécanisme génial du
règne animal, le permettent. Les neurones
reçoivent des informations de la part des
cellules sensorielles, puis les réexpédient
au corps sous la forme d'impulsions élec-
triques. Dans la configuration la plus
simple, les signaux arrivent directement
aux cellules musculaires qui se contractent
et permettent au corps de s'animer. Par
exemple, une méduse sait qu'elle est pen-
chée grâce à son système vestibulaire. Im-
médiatement, elle peut alors modifier les
contractions de son ombrelle pour que
son axe corporel retrouve une position
qui lui convienne davantage.

Avec les cnidaires est donc né un sys-
tème nerveux très simple, à l'origine du
développement chez des animaux plus
évolués – et finalement aussi chez
l'homme –, de l'organe le plus complexe
que l'évolution ait produit : le cerveau.

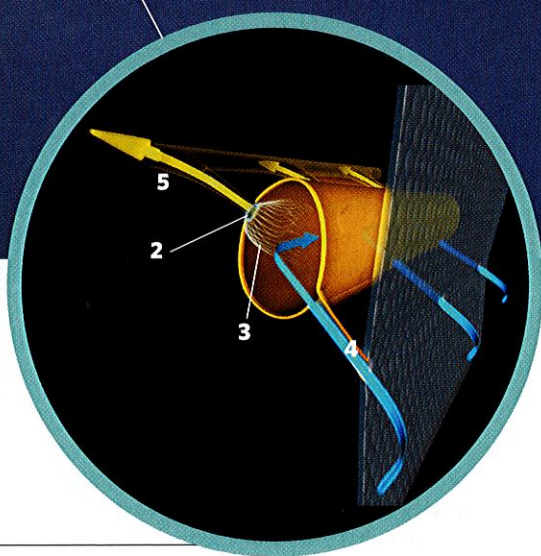
LORS DES 100 MILLIONS D'ANNÉES
qui suivirent l'apparition des méduses,
soit il y a 700 à 600 millions d'années,
survint une nouvelle étape dans le long
processus qui aboutira plus tard à la nais-
sance du cerveau. Dans l'océan, naquirent
des êtres dont la structure corporelle rap-
pelait celle des vers de terre actuels. Leur
forme n'avait rien à voir avec celle de nos
rondes méduses. Ils avaient un début
(qu'on pourrait appeler la tête) et une fin
(qu'on pourrait appeler la queue), une face
supérieure et une face inférieure. Et leur
corps était organisé symétriquement. Si
on l'avait coupé en deux, que ce soit à la
verticale, ou bien suivant un axe longitu-
dinal, on aurait obtenu des parties parfai-
tement similaires.

Bien que cette anatomie n'ait, à pre-
mière vue, rien de révolutionnaire, elle
eut par la suite des conséquences extrê-
mement importantes. Ces animaux se
déplaçaient la « tête » en avant. C'est donc
sur cette tête que s'est formée la bouche,
qui ingurgite la nourriture. Et pour repé-
rer cette nourriture et s'en approcher, il
fallait aussi que les sens les plus impor-
tants soient situés à l'avant du corps. C'est
pourquoi, aujourd'hui, les yeux les



LA PERCEPTION DES VIBRATIONS

de 500 millions d'années, chez les poissons, s'est formé un système qui leur permet de percevoir la moindre vibration de l'eau. Un faisceau de canaux (1) longe de la tête et du tronc, et renferme des milliers de minuscules organes (2). Ceux-ci possèdent des cils enveloppés de gélatine (3), connectés à des nerfs nerveux. L'eau (4), quand elle pénètre dans les canaux via les pores des écailles, fait courber les cils. Et des signaux sont immédiatement émis vers le cerveau (5).



le l'odorat et du goût se trouvent souvent sur le visage. Et que, logiquement, l'organe en charge des opérations sensorielles, le cerveau, est placé à proximité. La nouvelle structuration du corps présente également d'avantages, qu'ensuite les principales caractéristiques se sont développées chez tous les animaux.

Il y a 540 millions d'années, les différences d'organes sensoriels se sont développées à vive allure. On ne sait pas exactement ce qui a déclenché ce phénomène, mais il est possible que l'importante émigration de minéraux présente dans la suite d'éruptions volcaniques

et de fortes tempêtes, ait permis aux animaux de se constituer des carapaces ou des squelettes rigides. La modification des courants marins et la formation de plateaux le long des côtes ont peut-être aussi rendu habitables de nouvelles zones.

Une chose est sûre : c'est pendant les vingt millions d'années de ce qui est appelé aujourd'hui «l'explosion cambrienne», que l'on vit apparaître le plus grand nombre d'espèces animales. A cette époque se sont constitués presque tous les grands groupes du règne animal existant encore aujourd'hui, que l'on nomme «embranchements» dans la classification des

espèces vivantes. C'est le cas notamment des mollusques (comme les moules ou les escargots), des annélides (auxquels appartiennent les sangsues et les vers de terre), des échinodermes (comprenant les étoiles de mer et les oursins), des arthropodes et enfin des chordés, embranchement auquel appartiennent les vertébrés. Pour survivre, chacun de ces groupes a eu besoin d'informations sur son environnement et a développé des organes sensoriels en conséquence. Leur mode de fonctionnement et la partie de l'organisme où ils se sont développés diffèrent énormément d'un embranchement à l'autre. ●●●

●●● Lors de la période cambrienne, deux groupes d'animaux ont été particulièrement importants pour le développement futur des organes sensoriels :

- Les arthropodes, qui ont généré le plus grand nombre d'espèces.

- Les vertébrés, auxquels appartiennent des animaux de tailles aussi variées que les dinosaures, les baleines, les mulots ou encore l'homme.

Il n'y a guère d'embranchements plus dissimilaires. Il est donc logique que leurs organes sensoriels respectifs se soient développés suivant des voies radicalement

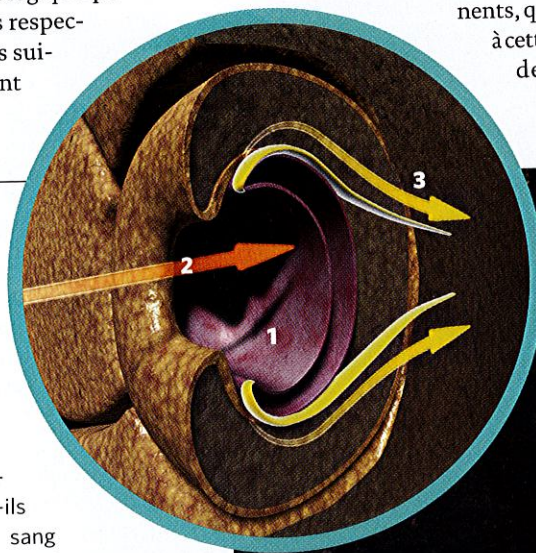
milieux sous-marins. Leurs antennes leur permettaient probablement de capter les nutriments dilués dans l'eau. Malgré leur carapace rigide, ils pouvaient éprouver des sensations grâce à de petites soies. Enfin, ils étaient très probablement sensibles aux vibrations et possédaient également le sens de l'équilibre.

Dans les océans, hormis les trilobites, se trouvaient d'autres arthropodes, notamment des crabes et des arachnides. Les continents, qui étaient à cette époque des terres

arides et hostiles, n'étaient, quant à eux, habités par aucune espèce. La donne changea il y a environ 430 millions d'années, au moment où les arthropodes commencèrent à conquérir la terre ferme et pénétrèrent des milieux naturels jusqu'alors inconnus. Les arachnides et quelques autres, probablement des crabes, furent les premiers à se risquer sur la terre ferme. Dans leur nouvel environnement, ils se muèrent peu à peu en insectes, une classe animale particulièrement prolifique : c'est l'une de celles qui ont produit le plus d'espèces différentes. Les insectes ont une enveloppe rigide dont les différentes

L'ŒIL-THERMOMÈTRE

Grâce à un système à infrarouges, certains reptiles (ici un serpent à sonnette) peuvent percevoir d'infimes variations de température. Ainsi peuvent-ils repérer des proies à sang chaud, même la nuit. Leurs deux fossettes thermosensibles se composent d'une membrane irriguée de sang (1) que quadrille un réseau de fines terminaisons nerveuses. Chaque radiation thermique émanant de la proie (2) fait légèrement monter la température ambiante, ce



reliées par des tissus flexibles. L'armure d'un chevalier, peuvent être comparées par rapport aux autres. La carapace protège le corps, où se trouve le système sanguin, les nerfs, les muscles et l'appareil digestif. Les sensilles, présentes sur tout le corps, sont le moyen de perception des insectes. Ce sont de fins poils qu'ils prennent parfois d'autres sensilles qui sortent de la carapace par de petits trous et émettent un signal quand ils sentent un contact. Ils permettent aux arthropodes de savoir quand ils sont touchés, de toucher eux-mêmes et de détecter les courants d'air.

LES VERTÉBRÉS

TERRESTRES

CRÉÈRENT

DE NOUVEAUX

ORGANES

Sur les antennes parfois gigantesques que les insectes ont sur la tête se trouvent des cellules sensorielles qui détectent les substances présentes dans l'air, les odeurs notamment. Ces capteurs leur servent à rechercher de la nourriture, à identifier les territoires chimiquement marqués et à trouver un partenaire sexuel. Les organes du goût – des récepteurs faits pour repérer les substances diluées dans l'eau – sont généralement répartis sur tout le corps. De toutes petites sensilles, qui ont souvent l'aspect de poils, détectent les nutriments potentiels. Elles sont en général situées sur la bouche, mais il n'est pas rare qu'on en observe à l'extrémité des pattes. Ainsi, une mouche distingue les goûts autant avec sa trompe qu'avec ses pattes.

LA POSITION DES ORGANES auditifs de certains insectes peut également surprendre. Chez les grillons et les sauterelles par exemple, ils sont placés sur les pattes avant. Chez les papillons, ils sont souvent situés sur le thorax ou à la base des ailes. Enfin, chez les criquets et les cigales, ils se trouvent sur l'abdomen. C'est à partir de morceaux extrêmement fins de carapace que ces organes se sont formés. Leurs membranes auditives vibrent lorsqu'elles sont percutées par des ondes sonores. Ensuite, les cellules nerveuses enregistrent les oscillations et transmettent au cerveau les informations correspondantes. Comme les trilobites et les crabes avant eux, les insectes possèdent également des organes visuels assez complexes qui rassemblent plusieurs yeux et qui, chez certaines espèces, recouvrent la majeure partie de la tête.

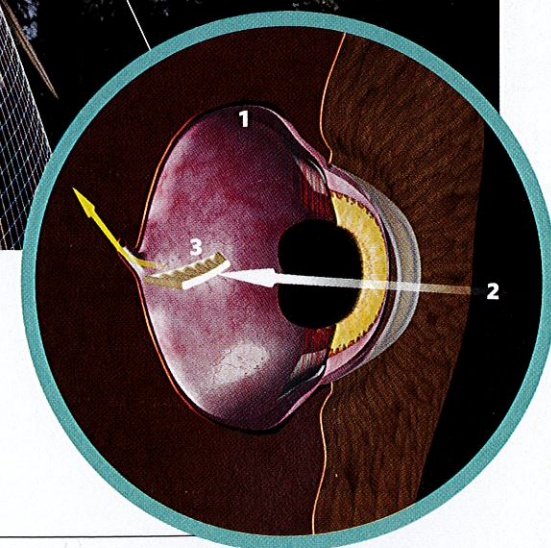
Au moment où les arthropodes partaient à la conquête des continents et où les premiers insectes apparaissaient, c'est-à-dire il y a 430 millions d'années, leurs concurrents, les vertébrés, n'étaient pas encore sortis de l'eau. Ils avaient développé la morphologie «poissons» : un corps, construit le plus souvent dans le sens de la longueur, avec une tête, un tronc et une queue, propulsé par des nageoires, stabilisé, à l'intérieur, par une lamelle flexible (la notochorde), qui sera peu à peu remplacée par la colonne vertébrale. Grâce à leurs yeux à lentille (à cristallin), les poissons jouissaient d'une bonne vue. Des bourgeons gustatifs situés dans leur





DES COULEURS EN PLUS

Les oiseaux (ici un aigle), apparus il y a au moins 150 millions d'années, se servent surtout de leur vue. Leur rétine (1) contient quatre types de cellules sensibles aux couleurs qui assimilent les rayons (2) visibles par l'œil humain, mais aussi les ultraviolets. Sur chaque millimètre de rétine se trouvent un million de cellules visuelles. Deux fois plus que chez l'homme ! Le pecten (3), qui est constitué de tissus rétinien, permet aux oiseaux de bien mieux percevoir les mouvements que nous.



Ces sens qui n'appartiennent qu'aux animaux

Certains voient dans le noir, repèrent leurs proies grâce à des impulsions électriques ou ressentent les champs magnétiques.

Si un homme pouvait voir des fleurs avec les yeux d'une abeille, il en serait ébahi. Leurs pétales et leurs cœurs, que l'œil humain voit monochromes, disparaîtraient derrière une myriade de couleurs, de lignes et de taches. Les pétales blancs d'une fleur d'ail sauvage seraient, par exemple, traversés en leur milieu par une ligne foncée. Et le cœur de certaines fleurs, que l'œil humain voit comme étant d'un jaune uniforme, serait en fait contrasté. Ces caractéristiques que l'homme ne peut voir, les abeilles (et de nombreux autres insectes) les perçoivent parce qu'elles possèdent d'une faculté sensorielle particulière : elles discernent les rayons ultraviolets, pan du spectre chromatique pour lequel l'œil humain ne possède pas de capteurs. Les motifs ultraviolets présents sur les fleurs, apparus à la suite d'un complexe processus d'évolution, permettent aux insectes d'identifier les sources les plus riches en nectar et donc de se nourrir plus facilement. De plus, grâce aux ultraviolets qui quadrillent le ciel en lignes pour nous invisibles, ils arrivent à déterminer la position du soleil même quand il est caché par les nuages. Beaucoup d'autres êtres vivants ont développé des sens particuliers. Certains serpents sont, par exemple, capables de percevoir des radiations thermiques que nous ne pouvons pas sentir. Les serpents à sonnette repèrent leur proie même la nuit. Leur tête est percée de deux renforcements, les fossettes loreales sensibles. Celles-ci renferment une membrane irriguée de sang et équipée de nombreuses cellules sensorielles qui leur permettent de saisir le moindre écart de température (à 0,003 °C près). Ainsi, ce reptile détecte sa proie, une souris par exemple, car le corps de celle-ci émet des rayons infrarouges, donc de la chaleur. Comme le serpent possède une fossette à droite et une à gauche de la tête, il peut déterminer la position de sa victime.

D'autres animaux peuvent aussi s'orienter sans lumière ni ultraviolets ni rayons infrarouges, grâce à un organe dont les humains n'ont pas l'équivalent. De nombreux oiseaux, tortues et poissons arrivent, en effet, à détecter le champ magnétique de la terre. Et s'en servent comme instrument de navigation. Ils perçoivent les champs de force magnétique qui émanent de notre planète comme s'ils disposaient d'une boussole interne et les utilisent pour s'orienter. Les scientifiques n'ont pas encore complètement compris comment fonctionne ce sens. Certains cristaux riches en fer présents dans l'organisme de ces animaux pourraient jouer un rôle important.

Emettre un champ électrique est un système adopté par d'autres espèces pour mieux percevoir leur environnement. Les mormyridés, des poissons vivant dans le Nil, n'ont par exemple aucun mal à naviguer dans ses eaux boueuses, où leurs yeux ne leur servent à rien. Pour s'orienter, ils produisent de l'électricité autour d'eux, grâce à des cellules musculaires spéciales. Tout objet présent à proximité altère ce champ électrique invisible pour l'homme. Ces poissons enregistrent les moindres variations du champ grâce à leurs cellules sensorielles et obtiennent ainsi une image détaillée de ce qui les entoure.

Les requins et les raies se servent aussi de l'électricité. Grâce à des capteurs sensibles présents sous leur peau, ces prédateurs perçoivent les champs électriques, même très faibles, produits par les mouvements des poissons lorsque ceux-ci s'enfuient.

Bien entendu, afin d'appréhender le monde avec autant de précision et de percevoir autant de choses qui demeurent inconnues pour nous humains, les animaux ne se sont pas seulement équipés d'organes sensoriels étonnants, mais aussi d'un cerveau performant.

Maria Kirady

chimique de ce qu'ils man-
Leur tête comportait de fines
onnant des informations sur les
es olfactives à faible concentra-
enfin, grâce à ce qu'on appelle la
« l'échelle » – une ligne parsemée de
les poils s'infléchissant au
de l'eau – ils pouvaient détecter
le mouvement dans la mer.
environ 375 millions d'années,
poissons commencèrent à ram-
le sol grâce à leurs nageoires puis-
qui se rapprochaient déjà des
leur permettaient d'évoluer dans
eau milieu, au moins sur de
périodes. Chez leurs descendants,

LES PAUPIÈRES
ET LES GLANDES
LACRYMALES
PROTÈGENT
LES YEUX

transformées en pattes, terminées par un
squelette de main avec métacarpes et pha-
langes : ceux-là pouvaient maintenir leur
corps au-dessus du sol. Dès lors, certains
animaux, même sans être très à l'aise au
début, se sont mis à explorer la terre ferme.
Comme tous les vertébrés, ils avaient un
squelette interne rigide, tandis qu'une
couche de peau flexible, renforcée de corne
à certains endroits, enveloppait leur corps.
A la surface de la peau, de nombreuses ter-
minaisons nerveuses enregistraient les
stimuli. C'est ce qui rendait cette enve-
loppe externe si sensible aux contacts.
L'environnement sur terre offrant plus
de possibilités que dans l'eau, les autres

isé. Par exemple, l'air était substances odorantes qui, grâce e répandaient beaucoup plus dans l'océan. Un animal dont st développé était donc très ur les autres. Les organes olfactaires que l'on trouvait aupa- z les poissons se sont transfor- à peu, en détecteurs d'odeurs ent sensibles, reliés, qui plus stème respiratoire. Ainsi est ap- ez, organe performant muni res spécifiques, grâce auquel les vertébrés inspirent. Lors de son usqu'au poumon, l'air passe le ie muqueuse humide, peuplée ns de cellules olfactives capables aître des milliers de parfums. rre, les organes de la vue sont . Devenus essentiels, dans la me- 'air, plus clair que l'eau, permet- nimaux de voir plus loin. Ainsi, à lentille, qui était déjà à un développement avancé dans les s'agrandirent et s'améliorèrent ablement. Une autre innovation téger leur surface très fragile et her de se dessécher dans ce nou- ronnement gazeux : les glandes les. Les paupières, qui existaient z les poissons, servirent alors à les larmes sur toute la face ex- globe oculaire. C'est à partir de

milieu aquatique. Puis, il y a 235 millions d'années environ, ils ont engendré les dinosaures, eux-mêmes ancêtres des oiseaux, apparus il y a 150 millions d'années. Tous ces animaux avaient une caractéristique commune : ils utilisaient leur vue pour s'orienter. Mais un autre groupe de vertébrés, apparus il y a plus de 200 millions d'années, a, lui, privilégié d'autres sens. Il s'agit des mammifères, animaux à fourrure obligés de vivre dans l'ombre des puissants dinosaures.

COMME CES SAURIENS dominaient la planète, les mammifères se cachaient dans les sous-bois et vivaient plutôt la nuit. Craintifs, ils attendaient la tombée du jour pour aller chercher de la nourriture. C'est à ce moment-là que leurs sens se transformèrent radicalement. Cela n'était pas dû au hasard, c'était la conséquence même d'une impérieuse nécessité. Dans l'obscurité, reconnaître les couleurs ne leur servait à rien. Ils ont donc partiellement perdu cette faculté. En revanche, dans un environnement pareil, l'odorat et l'ouïe étaient primordiaux.

Grâce à leur nez plus évolué, les mammifères pouvaient flairer leur nourriture, éviter d'éventuels prédateurs et identifier des congénères en fonction de leur odeur. C'est pourquoi leur cavité nasale était – et elle est encore – beaucoup plus

développée à partir du système vestibulaire, l'organe qui gère le sens de l'équilibre. Les poils fins qui s'y trouvaient pouvaient se courber sous l'effet des ondes sonores, ce qui permettait à l'animal de percevoir certains bruits. Le passage à la vie terrestre obligea cette ébauche d'ouïe à s'adapter, les ondes sonores circulant dans l'air étant assez faibles.

Certains amphibiens se sont donc fabriqués une membrane, le tympan, qui vibre lorsque les ondes l'atteignent. Un tout petit os absorbe ces vibrations et les renvoie, via une seconde membrane, vers l'oreille interne. Celle-ci, qui s'est développée à partir du système vestibulaire, est remplie de liquide. C'est ici que des récepteurs enregistrent enfin les vibrations. Pourquoi une structure aussi complexe ? Pour renforcer l'impact des vibrations relativement faibles portées par l'air. Elles gagnent en énergie lors de leur passage du tympan à la seconde membrane, qui, elle, est beaucoup plus petite, et sont alors en mesure de faire vibrer le liquide de l'oreille interne.

Pourtant, ni les amphibiens ni les reptiles n'entendent très bien. Il a fallu attendre les mammifères pour constater une réelle évolution. Car chez eux, la qualité de l'organe auditif a été améliorée grâce à une invention particulièrement raffinée. L'oreille s'est transformée de façon spectaculaire et elle est devenue beaucoup plus sensible. Au fil de l'évolution, certaines parties de la mâchoire se sont détachées et se sont ajoutées au petit os déjà existant. Est alors apparu un ensemble complexe fait de trois composants qui tirent leur nom de leur forme : le marteau, l'enclume et l'étrier (voir illustration p. 31). Comparé à l'osselet basique des amphibiens, ce système fait passer les sons en provenance du tympan de façon bien plus efficace vers le liquide de l'oreille interne. Cette dernière est le véritable organe sensoriel. Elle est considérablement allongée et présente maintenant la forme d'un escargot. Grâce à ce système, l'oreille des mammifères arrive à percevoir des sons à la fois plus aigus et plus graves que ne le fait celle de n'importe quel autre vertébré (exception faite de la chouette).

Une nouvelle évolution a encore énormément amélioré les performances de l'ouïe, c'est l'apparition du pavillon auriculaire, qui permet une meilleure ré-

L'ÉVOLUTION DES SENS

PREMIÈRES BACTÉRIES pouvaient déjà reconnaître des substances chimiques ; ont donc dotées d'un embryon de sens, d'un goût sommaire.

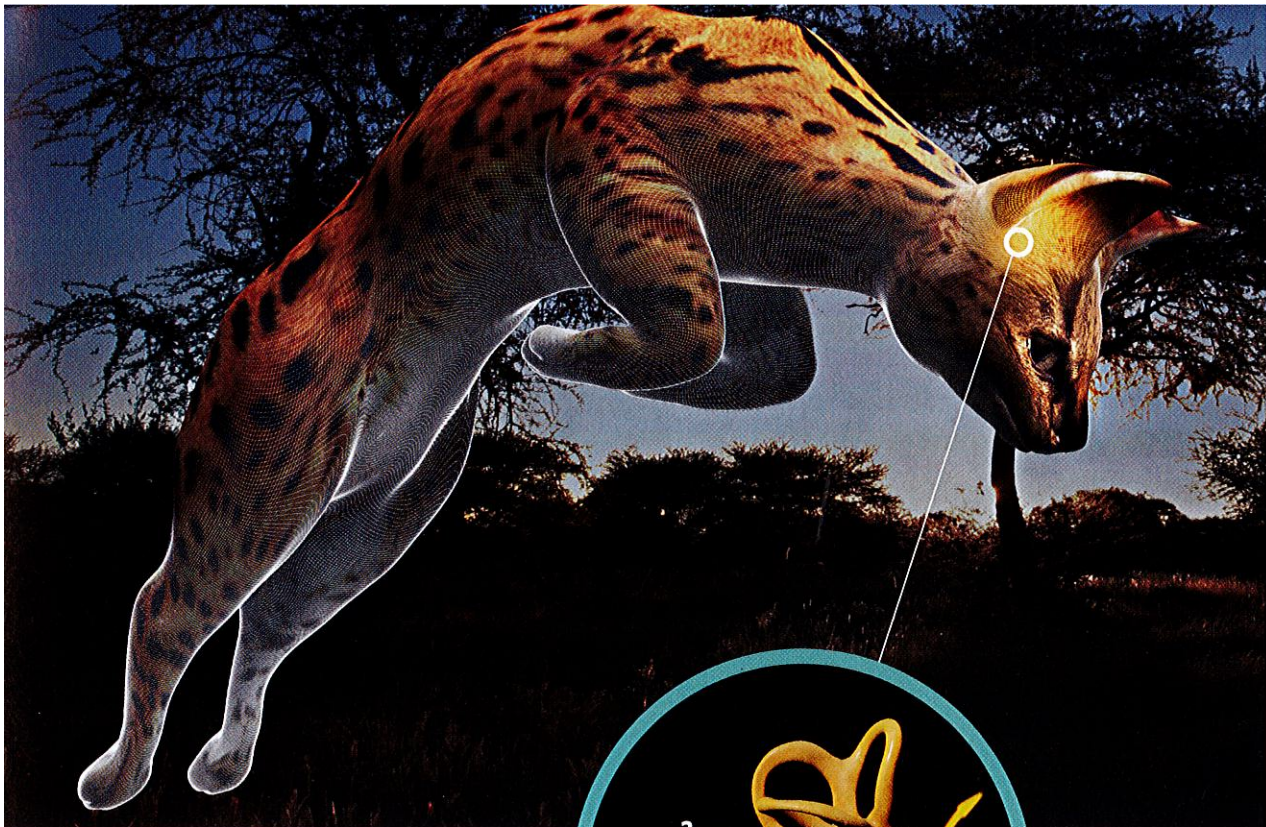
LES ORGANISMES MULTICELLULAIRES se formèrent les premiers organes ls, composés de cellules spécialisées qui percevaient mieux la lumière ou les sons.

PRINCIPE DES SENS est toujours le même : des récepteurs reçoivent des informations rieur, les transforment en signaux électriques et les transmettent au système nerveux.

NOMBREUX ORGANES sensoriels se sont développés dans le règne animal, indé- ment les uns des autres, dans différentes parties du corps.

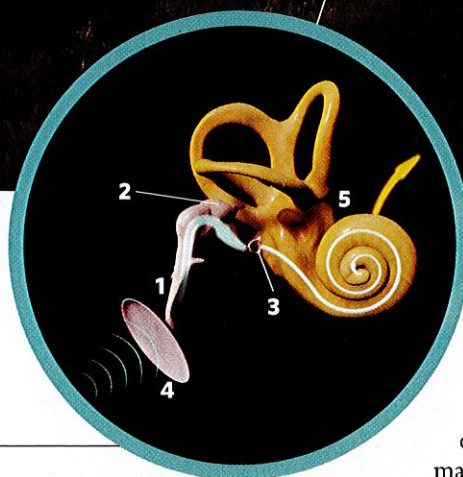
ment-là qu'une grande partie des rés terriens a commencé à miser en té sur la vue. Durant les millions es qui suivirent, sont apparus les ibiens, qui retournaient dans l'eau e reproduire. Plus tard, les reptiles érivé de ces espèces. Ceux-ci se r à pondre des œufs à coque dure et

développée que chez les autres vertébrés. En parallèle, la partie du cerveau qui analysait les données olfactives s'est aussi agrandie. Très utile aussi pour survivre dans l'obscurité : une meilleure perception des sons, puisque les ondes sonores pouvaient trahir un danger ou une proie potentiels. Les premiers poissons possé-



AMPLIFICATEUR DE SONS DANS L'OREILLE

Chez les mammifères, ce sont les osselets de l'oreille, à savoir le marteau (1), l'enclume (2) et l'étrier (3) qui font circuler les sons, du tympan (4) à l'oreille interne (5), rendant l'animal très sensible. Chez le serval, un félin sauvage, elle est si fine qu'elle lui suffit pour connaître la position de ses proies.



seulement nous bénéficions d'un très bon sens de l'équilibre et sommes capables d'appréhender parfaitement l'espace, mais nous pouvons aussi, à la différence de nombreux

mammifères, reconnaître beaucoup de couleurs. Même si nous ne faisons pas aussi bien dans ce domaine que les poissons, les oiseaux et les reptiles, nous savons apprécier la beauté d'un bouquet de tulipes jaunes, nous aimons mordre dans une pomme bien rouge et nous sommes émerveillés par la richesse chromatique d'un coucher de soleil.

Et ce faisant, nous ne nous contentons pas de regarder au loin. Notre cerveau et notre faculté d'abstraction nous permettent aussi de regarder en arrière, de remonter le fil de notre évolution. Et de comprendre que c'est un simple organisme unicellulaire, il y a plus de 3,5 milliards d'années, qui fut le point de départ du développement de nos organes sensoriels, auxquels nous devons des plaisirs tels que le délicieux fumet d'une tarte sortant du four, la subtilité d'une sonate, ou le contact d'une main sur notre peau. □

Henning Engeln, 59 ans, est journaliste au sein de la rédaction de GEOkompakt.

des sons et les redirige vers le système auditif. Une exclusivité anatomique réservée aux mammifères.

Leurs facultés sensorielles sont particulièrement développées, ceux-ci ont dû vivre cachés. Il leur a fallu attendre la disparition des dinosaures, il y a 65 millions d'années (probablement à la suite de la chute d'un astéroïde), pour pouvoir enfin vivre librement. Ils ont pu occuper les espaces laissés libres par les sauropodes et les sauriens, mais aussi les arbres et les savanes pour paître. Les primates se transformèrent en chasseurs-reptiles, les cétacés dominèrent les océans, les chauves-souris (chiroptères) sont devenus maîtres en acrobaties aériennes. En somme, chaque groupe a profondément adapté ses organes sensoriels à cette nouvelle vie. Une de ces adaptations chez les mammifères, les primates,

a été de finir par choisir la forêt comme milieu naturel. Les singes ont commencé à appréhender parfaitement l'espace grâce à leur vue et à se déplacer sans difficulté dans les branchages touffus. Dans le même temps, ils ont perfectionné leur sens de l'équilibre et leur cerveau est devenu de plus en plus volumineux. Comme ils se nourrissaient de fruits, ils avaient besoin de pouvoir distinguer ceux qui étaient mûrs, bien rouges et brillants, de ceux qui ne l'étaient pas encore. Et c'est ainsi que, suite à une nouvelle évolution génétique, ils ont retrouvé la faculté de percevoir un large spectre de couleurs.

Il y a environ 7 millions d'années, certains de ces primates se mirent à marcher debout. Leurs descendants s'aventurèrent dans la savane, jusqu'à ce qu'apparaisse, il y a 2,5 millions d'années, l'espèce *Homo*, la nôtre. Mais les caractéristiques principales de nos organes sensoriels remontent essentiellement à la première période, celle passée à l'ombre des forêts. Car non