

Les vraies dents du filtreur

Un ptérosaure utilisait un dispositif à fanons pour retenir les animalcules dont ils se nourrissaient.

Apparentés à la fois aux crocodiles et aux dinosaures, les ptérosaures, ou reptiles volants, furent les premiers vertébrés supérieurs à acquérir la maîtrise du vol aérien. L'un d'entre eux, *Pterodaustro*, avait une mandibule portant de très nombreux fanons, avec lesquels il filtrait les animalcules aquatiques. On croyait que ces fanons étaient des expansions cornées, mais des études histologiques, au microscope électronique à balayage, ont montré que ces fanons étaient des dents allongées.

Pterodaustro fait partie de ce groupe animal qui apparut il y a 220 millions d'années et qui prospéra, avec des tailles et des morphologies variées, pour disparaître avec les dinosaures, il y a 65 millions d'années. *Pterodaustro*, étymologiquement l'«aile du Sud», fut découvert en 1970 dans des terrains datés de 140 millions d'années, en Amérique du Sud. C'était un animal de taille moyenne, d'une envergure de 1,50 mètre environ. Il se nourrissait en filtrant l'eau à l'aide d'un bec fortement courbé vers le haut et portant, sur

toute sa longueur, une extraordinaire quantité de longs «fanons», fines baguettes juxtaposées, très serrées : 25 par centimètre en moyenne, soit plus de 1 000 sur toute la mandibule.

Extrêmement fines, ces baguettes, plus de 100 fois plus hautes que larges, semblaient être des formations cornées plutôt que des dents. De surcroît, chez les vertébrés supérieurs filtreurs (certains reptiles, oiseaux et mammifères), les dents assurent rarement la fonction de filtration. Aujourd'hui, seul le phoque crabier *Lobodon carcinophagus* filtre, dans une certaine mesure, les petits crustacés dont il se nourrit grâce à de vraies dents, mais celles-ci sont larges et découpées. Le plus souvent, la filtration est réalisée par des structures de remplacement cornées, en grand nombre, qui ont l'avantage d'atteindre des tailles considérables tout en conservant une souplesse (les fanons des cétacés mysticètes, les lamelles du bec de certains oiseaux limicoles). La disparition des dents et la présence d'un bec corné étant connues chez certains ptérosaures, on avait imaginé que *Pterodaustro* était muni de fanons cornés flexibles.

Grâce à une étude histologique sur un nouveau spécimen argentin, L. M. Chiappe, du Muséum d'histoire naturelle de New York, et A. Chinsamy, au Cap, ont prouvé que la mandibule de *Pterodaustro* portait de vraies dents : l'observation au microscope de coupes fines a mis en évidence une structure typiquement dentaire, avec une mince couche d'émail entourant la dentine, elle-même creusée d'une cavité pulpaire. La dentine est percée de nombreux canaux qui s'organisent radialement autour de la cavité pulpaire.

Certains poissons filtreurs, tel le requin pèlerin, possèdent également des dents modifiées, très allongées, mais aucun vertébré supérieur n'a des dents aussi fines que *Pterodaustro*, qui détient également le record du nombre des dents. La dentition de *Pterodaustro* est d'autant plus originale et étonnante que les quelque 500 dents portées par la mâchoire supérieure sont nettement différentes des dents inférieures, de forme spatulée, plus classique et de petite taille.

Cette découverte amènera à réinterpréter le fonctionnement de cet appareil filtreur pour expliquer comment ces dents, qui mesurent moins de deux dixièmes de millimètre à la base pour une hauteur de plusieurs centimètres, résistaient aux contraintes mécaniques et assuraient leur fonction de filtre.

Sylvain DUFFAUD, Laboratoire de paléontologie des vertébrés et de paléontologie humaine, Université Paris VI



Fossile de *Pterodaustro* complet. Le quatrième doigt des ptérosaures, allongé, servait à soutenir la membrane ailaire.



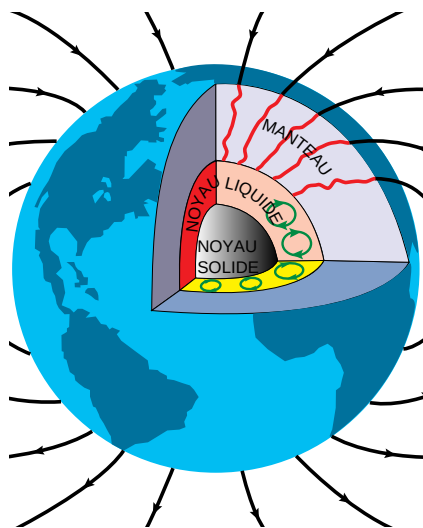
Reconstitution classique, mais désormais caduque, du crâne de *Pterodaustro*, avec ses fanons souples.

«Voir» le noyau

Le manteau terrestre est très transparent au champ magnétique produit dans le noyau.

Le champ magnétique mesuré à la surface de la Terre reflète-t-il le champ créé dans le noyau ? Grâce à l'étude des enregistrements magnétiques obtenus depuis une cinquantaine d'années, nous avons montré que le manteau terrestre est un bon isolant électrique : il est donc très «transparent» aux signaux magnétiques, ce qui confirme le fait que nous sommes en mesure de voir «en direct» ce qu'il se passe à la surface du noyau.

Parce que, jusqu'à aujourd'hui, aucun forage n'a dépassé 15 kilomètres de profondeur, nous n'avons accès qu'à des informations indirectes sur la Terre profonde, fournies par la sismologie, la géodésie ou la géochimie. L'exploitation combinée de ces informations indique qu'à la suite de sa formation la Terre s'est différenciée en un manteau de silicate et un noyau de fer et de nickel liquide. Le refroidissement de cet alliage fait lentement croître une graine solide et engendre des mouvements de convection dans le liquide. Ces mouvements d'un liquide conducteur électrique à travers le champ magnétique



Le champ magnétique de la Terre est engendré à l'intérieur du noyau liquide par les mouvements du fer. L'altération de certains signaux magnétiques par le manteau terrestre permet de mesurer sa conductivité électrique.

terrestre induit un courant électrique qui permet d'entretenir ce champ magnétique, extraordinaire témoin de la dynamique terrestre.

Avant de parvenir à la surface de la Terre, le champ magnétique est altéré par la traversée du manteau, faiblement conducteur. En régime variable, le champ magnétique et le champ électrique sont couplés : une variation du champ magnétique dans le manteau fait donc apparaître un champ électrique. Dans le manteau conducteur, ce champ électrique induit un courant électrique qui crée à son tour un champ magnétique, qui s'ajoute au champ initial. Pour apprécier l'importance de cette altération du champ magnétique, il est essentiel d'estimer la conductivité électrique du manteau.

On mesure, en laboratoire, la conductivité électrique du silicate du manteau à très hautes pression et température (plusieurs dizaines de milliers d'atmosphères, 400 °C). Le comportement semi-conducteur des silicates permet alors d'extrapoler les mesures aux conditions du manteau profond (100 000 atmosphères, 2 000 à 3 000 °C). C'est ainsi qu'une autre équipe de notre Institut avait déjà estimé une conductivité électrique d'environ 10 siemens par mètre pour le manteau profond, 10 000 fois inférieure à celle du fer.

Avec des collègues de l'Université de Rennes, nous avons maintenant estimé cette conductivité en étudiant directement la façon dont le manteau déforme un signal magnétique qui provient du noyau. Nous avons exploité le fait que le champ principal présente à intervalles irréguliers de brusques changements de tendance, les «secousses magnétiques». Reprenant 50 années d'observations magnétiques, nous avons caractérisé la secousse magnétique qui se produisit en 1970 : celle-ci peut être décrite presque parfaitement au moyen de ce que les mathématiciens nomment une singularité (l'apparition d'un pic ou d'une marche dans un signal sont des exemples de singularités, la secousse magnétique étant d'une nature un peu différente). Comme la conductivité du manteau ne pouvait qu'atténuer ces signaux et non les engendrer, la secousse a été créée dans le noyau. Nous avons alors mesuré le champ parasite résultant qui correspond à l'écart, par rapport à une singularité parfaite, de la secousse magnétique observée. Cela nous a permis d'estimer une conductivité moyenne pour le manteau inférieur (15 siemens par mètre), en remarquable accord avec la valeur obtenue en laboratoire.

M. ALEXANDRESCU et G. HULOT,
Institut de Physique du Globe de Paris

Poumon et fluor

Des liquides fluorés pour soigner les poumons.

Les sociétés pharmaceutiques Alliance Pharmaceutical et Hoechst Marion Roussel s'allient pour mettre au point un nouveau traitement des syndromes de détresse respiratoire. Pourquoi cet intérêt ? L'histoire commence en 1966, quand Leland Clark plonge un rat dans un fluorocarbure liquide (dont les molécules sont composées d'atomes de carbone, d'hydrogène et de fluor), saturé d'oxygène : l'animal survit, parce qu'il trouve dans le liquide assez d'oxygène pour respirer : l'acte de respirer, c'est-à-dire de gonfler les poumons, ne sert qu'à y faire entrer de l'air, enrichi en oxygène, puis à faire sortir de l'air chargé de dioxyde de carbone. Les absorptions d'oxygène et les rejets de dioxyde de carbone, au contact des alvéoles pulmonaires, sont des diffusions de molécules sans relation avec l'acte mécanique de la respiration. Or le fluorocarbure utilisé était inerte, bon solvant des gaz respiratoires, et il s'étalait bien sur les alvéoles pulmonaires, ce qui facilitait les échanges des gaz dissous en grande quantité.

Pendant que diverses équipes cherchaient à utiliser les composés fluorés afin d'obtenir du «sang artificiel», quelques équipes cherchaient à utiliser des fluorocarbures pour véhiculer des médicaments jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Comme de nombreux médicaments ne sont pas solubles dans les fluorocarbures, Jean Riess, Marie-Pierre Krafft et Véronique Sadtler, à Nice, ont cherché des émulsions inverses, où l'eau est dispersée dans le fluorocarbure sous la forme de gouttelettes séparées par des molécules tensioactives, avec une extrémité soluble dans l'eau et une extrémité soluble dans le fluorocarbure.

De telles émulsions inverses stables ont été obtenues en mars 1996, grâce à des molécules tensioactives composées d'une longue chaîne constituée seulement d'atomes de carbone et de fluor, liée à une partie rendue très soluble dans l'eau par l'association d'atomes d'oxygène, d'azote et de phosphore. Diverses substances actives (antibiotiques, bronchodilatateurs, corticostéroïdes, agents mucolytiques ou anticancéreux) y ont déjà été incorporées. Les émulsions inverses formées sont aujourd'hui évaluées chez l'animal. □

Sacs gonflables

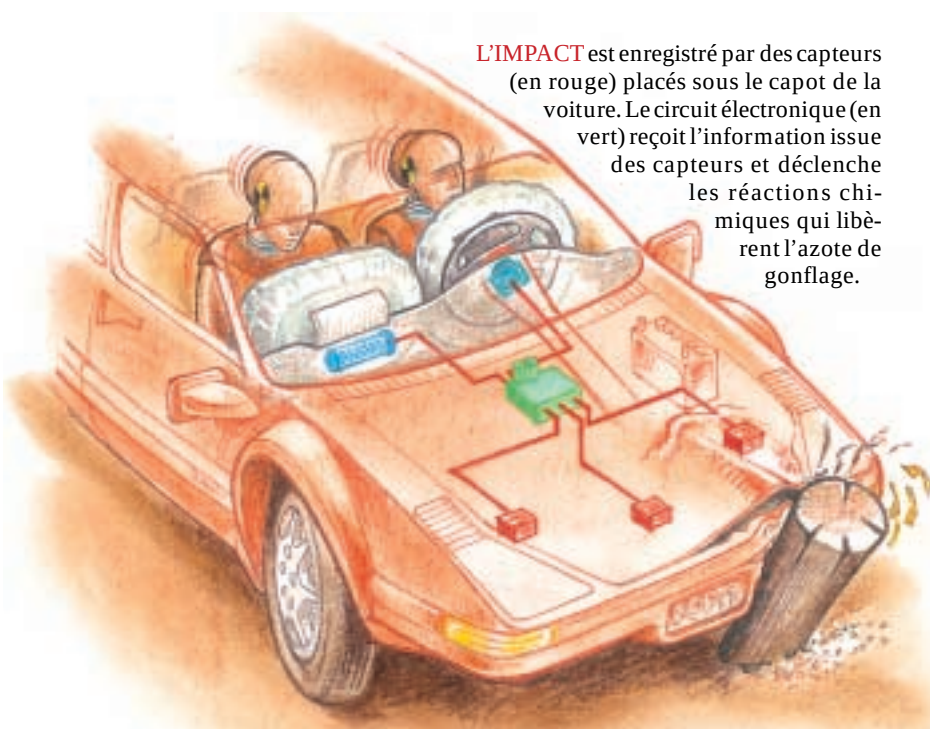
ROBERT RESH

L'idée de protéger les automobilistes des chocs par un coussin gonflable date de la Seconde guerre mondiale. Un premier brevet américain porte sur un «dispositif gonflable pour les atterrissages brutaux».

Les sacs gonflables (*air-bags*) des automobiles incorporent de multiples composants mis au point pendant les vingt dernières années. Toutefois les premiers dispositifs étaient peu fiables et coûteux. La principale difficulté portait sur le stockage et la libération du gaz comprimé. Y avait-il assez de place pour une capsule de gaz comprimé? Pouvait-on maintenir le gaz sous pression pendant toute la durée de vie de la voiture? Comment faire pour qu'il se dilate très vite? Comment assurer une grande fiabilité à toutes températures? Et surtout comment éviter que le bruit de la détonation n'assourdisse les passagers?

La solution est apparue dans les années 1970 : les dispositifs de gonflage à propulseurs solides. Une réaction chimique libère de l'azote chaud dans le sac. Ces dispositifs ont été commercialisés dans les années 1980 sur les voitures de sport américaines.

Aux États-Unis, on évalue à 600 le nombre de vies préservées grâce à ces sacs gonflables, et ce nombre augmentera à mesure qu'un plus grand nombre d'automobiles seront équipées. Les ingénieurs poursuivent les recherches sur des appareils réutilisables, plus petits et assurant une meilleure protection.



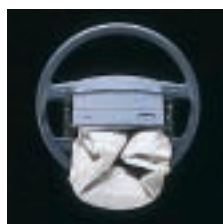
L'IMPACT est enregistré par des capteurs (en rouge) placés sous le capot de la voiture. Le circuit électronique (en vert) reçoit l'information issue des capteurs et déclenche les réactions chimiques qui libèrent l'azote de gonflage.

LES CAPTEURS utilisent soit un interrupteur mécanique qui se ferme quand le déplacement d'une masse établit un contact ou un interrupteur électronique déclenché par un petit accéléromètre disposé sur une puce.

MÉCANIQUE



ÉLECTRONIQUE



25 MILLISECONDES



30 MILLISECONDES



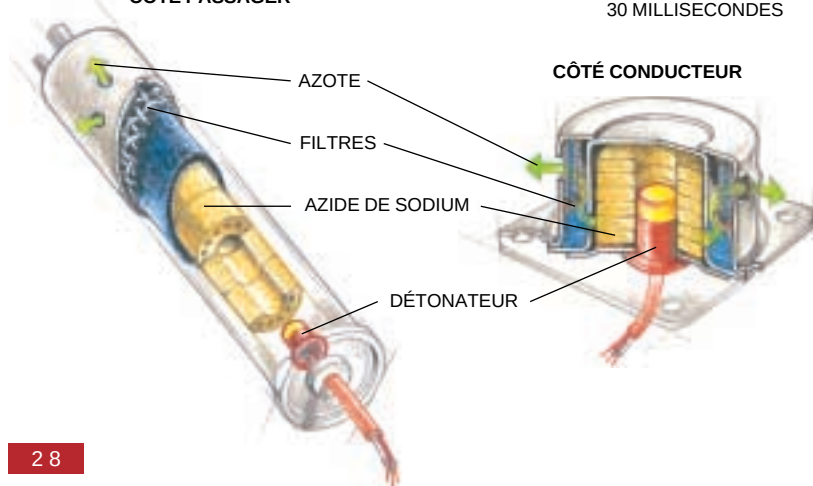
40 MILLISECONDES



55 MILLISECONDES

CÔTÉ PASSAGER

CÔTÉ CONDUCTEUR



LES GONFLEURS sont constitués d'un détonateur qui enflamme des grains d'azide de sodium et d'oxydant. Ces éléments brûlent dans la boîte métallique produisant une bouffée d'azote chaud. Les particules d'oxyde de sodium sont arrêtées par un filtre. Les dispositifs sont cylindriques du côté passager et en forme de disque du côté conducteur pour tenir au centre du volant.