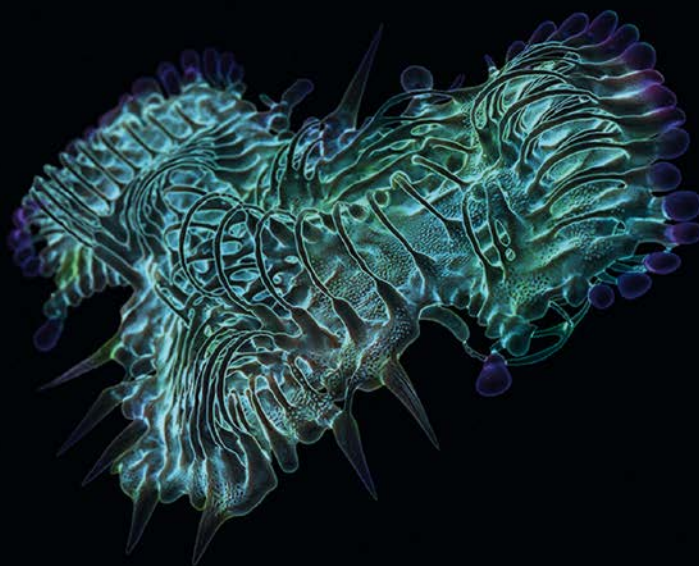




LE PLANCTON (illustré ici) est un mets apprécié du Glapum'tien. L'alimentation est un élément important pour comprendre le mode de vie et les spécificités d'une espèce animale, même imaginaire.

que la masse *a priori* imposante de sa tête l'obligent à utiliser sa puissante queue comme support. On retrouve cette posture « à trois pattes » chez les kangourous. Ralph serait-il alors un marsupial ? Non, car il ne présente pas cette poche caractéristique du groupe, qui permet aux nouveau-nés de terminer leur développement en milieu extra-utérin.

Les Glapum'tiens présentent, au niveau de la gorge, d'étranges replis cutanés longitudinaux qui semblent directement inspirés des sillons gulaires des rorquals et autres baleines. Ces plis cutanés (au nombre de 12 à 100 selon les espèces de cétacés) s'étendent du menton jusqu'au nombril parfois, et permettent à l'animal d'ouvrir grand la gueule afin d'engouffrer des tonnes d'eau qu'ils filtrent pour se nourrir.

Ces caractères communs correspondent-ils à des traits dérivés (des synapomorphies, en terminologie technique) qui témoigneraient d'une étroite parenté, ou s'agit-il plutôt de simples ressemblances (des homoplasies) ? Notons tout de même que les Glapum'tiens ont quatre membres, à la différence des cétacés ou des siréniens (dugongs et lamantins) qui n'en ont que deux. La plupart des mammifères aquatiques ou semi-aquatiques à quatre pattes sont des pinnipèdes (otaries, phoques et morses), des hippopotames, des loutres et des castors. Les deux derniers sont munis d'une queue robuste, mais la comparaison s'arrête là, car le fait d'avoir quatre pattes et une queue n'est pas forcément un caractère dérivé au sein des mammifères.

La physiologie des Glapum'tiens est également intéressante : ils sont capables de plonger longtemps et assez profond en eau froide, et même d'arpenter la surface d'une planète sans atmosphère ! Or comme tous les mammifères, ils sont munis de poumons. Ces extraterrestres sont donc des champions de la plongée en apnée, comme c'est le cas du grand cachalot dont le record enregistré est une plongée de près deux heures jusqu'à 3 000 mètres de fond !

Un savant mélange de cétacé et de monotrème

Les Glapum'tiens sont donc de surprenants extrémophiles : pour lutter contre le froid de l'espace et des océans, ils ont peut-être une épaisse couche de graisse sous la peau. Et pour économiser leur oxygène, ils ralentissent sans doute leur métabolisme grâce à leur hémoglobine de forme particulière (comme chez les manchots). À moins qu'ils n'aient un taux élevé de myoglobine, autre protéine qui stocke l'oxygène dans le sang (comme chez les cétacés). Disposent-ils également d'un filet capillaire (nommé *retia mirabilia*), qui optimise l'apport en oxygène des organes vitaux (cerveau, cœur ou pattes) comme c'est encore une fois le cas chez les cétacés ou les pinnipèdes ?

Cet extraterrestre est décidément une intéressante chimère qui concentre des traits hérités de plusieurs groupes à la fois ! C'est aussi valable pour sa denture et son régime alimentaire : la grande bouche de Ralph cache

des dents très plates, allongées et identiques en haut et en bas de la mâchoire (les spécialistes parlent d'homodontie). Sur leur planète d'origine, ces dents plutôt broyeuses font des Glapum'tiens des durophages voraces, mangeurs de coquillages, un peu comme les raies actuelles ou les placodontes – reptiles qui vivaient le long des côtes il y a 210 millions d'années environ. Sur Terre, les Glapum'tiens deviennent omnivores : ils apprécient aussi bien les plantes coriaces que le zooplancton. Leurs grosses dents plates doivent donc aussi faire office de filtres, un peu à la manière des fanons des baleines.

Mais si les Glapum'tiens partagent de nombreux caractères avec les cétacés, leur mode de reproduction clôt définitivement le débat : ces mammifères pondent des œufs ! Déposés en eau peu profonde, ils grossissent en même temps que l'embryon. Une fois mature, l'œuf forme une île qui héberge aussi l'adulte. Sur Terre, il existe des mammifères ovipares (ou monotrèmes) : les échidnés et l'ornithorynque. Les premiers évoquent des hérissons munis d'un long museau et d'une queue courte. Ils ne ressemblent donc pas aux Glapum'tiens. En revanche, l'ornithorynque est bien un mammifère amphibie et ovipare, comme Ralph ! Valérien avait raison : il ne suffit pas d'échantillonner un être vivant pour le comprendre, il est indispensable de l'observer dans son milieu naturel. ■

Jean-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. Roland LEHOUcq est astrophysicien au CEA, à Saclay. Marc BOULAY est sculpteur numérique.

ART & SCIENCE

Les errances du jeune Werner

Au musée de Minéralogie de l'École des mines, à Paris, le portrait d'un géologue rend hommage à ses travaux et à ses idées, notamment par la représentation de deux échantillons de roches. L'un d'eux est bien réel et est exposé dans le musée.

Loïc MANGIN

L'École des mines, à Paris, abrite un musée de minéralogie riche de 100 000 échantillons – 4 000 sont exposés – qui constituent un précieux inventaire de la diversité géologique de notre planète. Dans la grande galerie, si d'aventure vous levez les yeux au-dessus des vitrines, votre regard rencontrera celui d'Abraham Gottlob Werner (1749-1817), doctement installé en son tableau (*voir la page ci-contre*). Dans cette toile, plusieurs histoires se superposent : celle de l'œuvre elle-même, celle du personnage et celle des roches représentées.

Le tableau s'inscrit dans une série de portraits d'éminents géologues sollicitée dans les années 1850, sans doute pour décorer une galerie. Outre Werner, les honorés sont Jean-Baptiste Romé de L'Isle, Déodat Gratet de Dolomieu, Ferdinand de Saussure, Balthazar Georges Sage et un autre acteur de nos histoires, René Just Haüy.

Le portrait de Werner, endommagé, a failli être jeté dans les années 1990. Redécouvert en 2012 par Didier Nectoux, le conservateur du musée, sa restauration fut prise en charge par ABC Mines, l'association des Amis de la bibliothèque et des collections du musée de minéralogie. Werner était sauvé ! Mais qui était-il ?

Géologue et minéralogiste renommé, Werner fut professeur à l'École des mines de Freiberg, à l'ouest de l'Allemagne, en Saxe. Il s'illustra par la description de nombreux minéraux et surtout par la défense du nep-

tunisme. Cette théorie stipulait que dans un océan primordial recouvrant la planète, toutes les espèces minérales se seraient formées à partir des sédiments, par précipitation. Puis les eaux se seraient retirées, laissant émerger les continents. On doit aussi à Werner une classification des roches fondée sur leurs propriétés naturelles, telles la dureté.

Le Français Haüy (1743-1822), premier conservateur des collections à l'École des mines de Paris, où il fut professeur, était son grand rival. Ils s'affrontèrent à travers une correspondance pas toujours marquée par l'amabilité. Haüy était un partisan du

Werner et Haüy se sont opposés à travers une correspondance pas toujours marquée par l'amabilité

plutonisme, théorie opposée au neptunisme et selon laquelle la Terre était à sa naissance un immense magma. En outre, il développa lui aussi une classification fondée, elle, sur l'idée de « molécule intégrante », qui préfigurerait celle de maille cristallographique, et ce bien avant la mise au point des techniques modernes d'analyse, au XX^e siècle.

Revenons au tableau, que l'on doit à Constant Pellenc. Que voit-on ? Werner, à l'instar de ses collègues également portraiturés, est mis en scène avec des éléments signifiants. Un globe terrestre évoque sans doute le neptunisme (les continents sont

peu marqués). Sur un chevalet, un tableau noir orné d'un schéma en blanc illustre l'idée d'enseignement. Sur la table, vraisemblablement en malachite, on distingue le *Traité des caractères des minéraux*, la traduction française d'un des ouvrages de Werner. Et puis, il y a ces deux cailloux...

L'identification de celui qu'il tient à la main est délicate, faute d'information. Il s'agit probablement d'une fluorine. En revanche, aucun doute n'est permis pour celui posé sur la table, car le vrai échantillon est dans les collections du musée de minéralogie ! C'est une granodiorite (de la famille des granites) traversée de deux filons orthogonaux de feldspaths. Or il s'agit d'une roche plutonique, c'est-à-dire d'origine magmatique. Au départ, un fluide magmatique homogène cristallise et refroidit. Ce faisant, des fissures se forment et se remplissent de fluides résiduels qui cristallisent à leur tour. Ici, le filon le plus étroit est antérieur, car il a été traversé par le plus large, comme en attestent les liserés sombres (*flèches rouges dans la photo*).

Pourquoi ces deux roches ? On peut émettre une hypothèse. L'aspect stratifié de la fluorine, que Werner privilégie en la tenant, symboliserait la sédimentation au cœur du neptunisme, tandis que la roche plutonique est à l'écart. Lors de votre prochaine visite au musée de minéralogie, amusez-vous à analyser les portraits des autres géologues ! ■

Musée de Minéralogie de l'École des mines de Paris : www.musee.mines-paristech.fr/



Abraham Gottlob Werner, distingué géologue allemand, est représenté avec deux morceaux de roche. Ces échantillons illustrent deux théories géologiques qui se sont opposées jusqu'à la fin du XIX^e siècle : le plutonisme, symbolisé par une roche magmatique présentant deux filons de feldspaths croisés, (à droite) et le neptunisme, symbolisé par une roche évoquant la sédimentation (dans sa main).

Complétez votre collection !



Retrouvez tous les numéros depuis 1996 !

Commandez vos numéros sur
www.pourlascience.fr

POUR LA
SCIENCE | **ARCHIVES**



IDÉES DE PHYSIQUE

Le point de rupture des spaghettis

*Tiges, poutres, tours de cheminées d'usines, spaghettis...
Quand la dynamique s'en mêle, ces divers objets peuvent se casser
de façons assez différentes.*

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Un bâton plié lentement se rompt en deux en son milieu, mais un spaghetti se casse en trois morceaux ou plus. Imaginez maintenant une tour de cheminée d'usine ou une tour en Lego assez haute qui bascule : abandonnée à elle-même dans sa chute, la tour se brisera au tiers environ de sa hauteur. Pourquoi de telles différences ?

Saisissons une barre ou une tige assez rigide : si elle apparaît bien droite quelle que soit son orientation, c'est que son propre poids n'est pas suffisant pour la déformer. On pourra donc négliger ce poids dans la suite. Maintenant, essayons de la plier sur notre cuisse en la plaçant dessus de façon symétrique et en appuyant lentement avec nos mains sur ses extrémités, vers le bas. La barre ploie, se courbe et éventuellement se brise en deux morceaux, bien souvent en son milieu.

Casser en extension ou en compression

Pourquoi au milieu ? Pour des raisons géométriques, il est clair qu'avant la rupture, la partie supérieure de la barre courbée est en extension, tandis que sa partie inférieure est en compression (voir la figure ci-contre). Au sein de l'objet apparaissent donc des contraintes, qui atteignent leur maximum en surface. Au niveau de chaque section de la barre, ces forces de compression et de tension s'annulent. Mais elles créent un couple, le « moment fléchissant », intimement lié à la courbure locale de la barre.

Comment varie ce couple le long de la barre ? Pour le comprendre, il faut faire un bilan de forces. Isolons par la pensée un tronçon de longueur x à partir de son extrémité gauche (voir le schéma ci-dessous) et considérons d'abord la force exercée sur ce tronçon par la main, vers le bas. Le tronçon étant à l'équilibre, la partie restante de la barre doit exercer sur le tronçon une force opposée, vers le haut. Celle-ci ne dépend pas de la longueur x du tronçon, mais on voit alors que le couple formé par les deux forces a un moment proportionnel à x (la distance entre les points d'application de ces forces).

Or ce couple de cisaillement doit être compensé par un couple opposé, le moment fléchissant, exercé sur l'extrémité droite du tronçon par la partie restante de la barre.

On en déduit que le moment fléchissant croît linéairement depuis l'extrémité, jusqu'au point milieu de la barre.

Ce bilan conduit à deux conclusions. La première, c'est que plus une barre est longue, plus elle se courbe, à force appliquée constante. La seconde est que, comme le moment fléchissant est maximal à mi-longueur de la barre, les forces d'étirement-compression sont également maximales à cet endroit (et elles sont très supérieures aux forces de cisaillement, d'un facteur à peu près égal au rapport de la longueur de la barre sur son épaisseur). C'est donc à mi-longueur que le risque de rupture est le plus important.

Ce risque de rupture est intimement lié à la résistance du matériau à la traction ou



QUAND ON COURBE UNE TIGE ou une barre en la tenant par ses extrémités, les contraintes sont maximales à mi-longueur et en surface. Selon la nature du matériau, la rupture aura lieu du côté de l'étirement ou du côté de la compression. Le schéma montre aussi le couple de cisaillement et le moment fléchissant qui s'exercent sur un tronçon de la tige.

