

Paléontologie

Un cœur que l'évolution a simplifié

L'évolution du vivant ne s'effectue pas toujours dans le sens d'une complexité croissante. L'étude de la structure du cœur d'un poisson à nageoires rayonnées, menée par l'équipe de José Xavier-Neto, du laboratoire brésilien de biologie de Campinas, l'illustre.

Ces chercheurs ont étudié une soixantaine de fossiles de *Rhacolepis buccalis*, un poisson datant d'une période chaude du Crétacé, il y a quelque 119 millions d'années. Dans deux d'entre eux, l'équipe brésilienne a découvert un cœur fossilisé.

Pour aller plus loin, les chercheurs ont fait appel au synchrotron européen de Grenoble, l'ESRF, où des physiciens les ont aidés à scanner l'intérieur des cœurs avec des rayons X de très grande énergie. Les images obtenues, d'une résolution de 6 micromètres, sont surtout très contrastées, ce qui est précieux pour distinguer les tissus.

Ces images ont révélé avec netteté un cône artériel (partie



Ce fossile de *Rhacolepis buccalis* provient de la formation géologique de Santana, du bassin de Araripe, au Brésil. Ce site est célèbre pour la très bonne conservation en trois dimensions de ses fossiles.

reliant le ventricule aux artères) comportant cinq rangées de valves, alors que le cœur de la plupart des poissons actuels n'en présente qu'une.

Comment interpréter cette observation ? Comme *Rhacolepis buccalis*, les poissons à nageoires rayonnées – qui représentent plus de 99,8 % des poissons actuels – sont des actinoptérygiens. *Polypterus*, un actinoptérygien basal (situé à la base du groupe des actinoptérygiens), avait neuf rangées de valves dans son cœur. *Rhacolepis*

buccalis n'en a que cinq. Certains actinoptérygiens primitifs, tels que les tarpons, en ont deux. Les autres membres actuels du groupe n'en ont qu'une, tandis que leur cône artériel a pratiquement disparu pour être réduit à la forme d'un bulbe. Ce faisceau d'indices suggère qu'au cours de l'évolution, une simplification du dispositif d'éjection du sang dans les branchies s'est produite en plusieurs étapes, donc de façon graduelle.

F. S.

eLife, vol. 5, e14698, 2016

Dr Fluide and Mr Solide

Le mélange d'eau et de Maizena a des propriétés étonnantes. Il se comporte comme un liquide mais devient très dur lorsqu'une violente « pression » est exercée dessus : on peut marcher sur une piscine remplie de ce mélange. Il appartient ainsi à la famille des fluides dits non newtoniens.

Les physiciens en comprennent le comportement macroscopique, mais n'étaient pas d'accord sur le mécanisme en jeu à l'échelle microscopique. Deux modèles étaient avancés, mais aucun ne s'accordait parfaitement avec les expériences. John Royer, de l'institut américain NIST, et ses collègues ont résolu le conflit.

Avec un colloïde constitué de microbilles de silice baignant dans un mélange d'eau et de glycérol, les chercheurs ont montré que le comportement liquide-solide du système est contrôlé par le frottement entre les billes, mais qu'à faible concentration, l'expulsion du fluide entre les billes joue aussi un rôle important. Ainsi, ces deux processus agissent de concert.

Climatologie

Gaz de schiste : une pollution insidieuse

Bruno Franco, du Groupe infrarouge de physique atmosphérique et solaire (GIRPAS) à Liège, a mesuré l'évolution de la quantité d'éthane dans l'atmosphère depuis le milieu des années 1980. Les résultats mettent en évidence un changement de tendance intrigant. Alors que sa concentration diminuait d'environ 1 % par an, elle réaugmente depuis 2009, à raison de 5 % par an. Avec Emmanuel Mahieu, responsable du GIRPAS, il a cherché à comprendre cette inversion de tendance en contactant leurs collègues du réseau NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change). Ces

derniers font la même constatation, les plus fortes croissances étant observées au Colorado et à Toronto, à proximité de nombreuses zones d'exploitation de gaz de schiste. Les forages américains sont-ils responsables de cette augmentation considérable ?

L'extraction du gaz de schiste par fracturation hydraulique libère des hydrocarbures, dont du méthane et de l'éthane, dans un rapport plus ou moins constant. Afin de quantifier les émissions d'éthane dues à cette activité, les chercheurs ont donc comparé les flux de méthane, détectables depuis l'espace, avec une carte de la répartition des puits d'extraction

aux États-Unis. D'après les résultats, cette industrie aurait conduit à l'augmentation de 75 % des émissions d'éthane en provenance d'Amérique du Nord. Les chercheurs ont aussi pu déduire que l'exploitation du gaz de schiste aux États-Unis représente 10 % des émissions annuelles globales de méthane d'origine humaine.

Cette industrie a certes réduit les émissions de CO₂, mais elle contribue à l'augmentation des émissions de méthane, dont l'effet de serre est environ 25 fois plus puissant que celui du CO₂.

Alice Maestracci

B. Franco et al., Environmental Research Letters, vol. 11(4), 044010, 2016



L'extraction des gaz de schiste se fait grâce à des derricks de forage. Cette activité libère d'importantes quantités de méthane et d'éthane dans l'atmosphère.

Biophysique

Nager efficacement par succion

Les méduses sont les nageurs les plus efficaces des océans. L'étude des effets hydrodynamiques créés par leurs délicates contractions permet de comprendre pourquoi.

L'été revient, la mer se réchauffe et les méduses en profitent... Vingt-quatre heures sur 24, 7 jours sur 7, ces organismes diaphanes nagent à la recherche de nourriture, effectuant parfois des périple de plusieurs kilomètres par jour. Les méduses nagent plus efficacement que tout autre animal : elles consomment moins d'énergie, en proportion de leur taille, que des dauphins ou des requins. « Leur déplacement a un coût en oxygène inférieur de 48 % à celui de n'importe quel autre animal nageur », précise Bradford Gemmell, biologiste marin à l'université de la Floride du Sud. En étudiant l'espèce *Aurelia aurita* (la méduse commune, dont la taille va jusqu'à 40 centimètres), lui et trois autres chercheurs, dont John Dabiri, professeur d'ingénierie à l'université de Stanford, ont récemment montré que la méduse réalise cet exploit en créant autour de son corps des zones de haute et basse pression qui à la fois l'aspirent et la poussent en avant, la succion jouant un rôle crucial.

Dans un récipient d'eau où nageait une méduse, Bradford Gemmell et ses collègues ont ajouté de minuscules billes de verre. En illuminant les billes à l'aide de lasers et en filmant leurs mouvements avec une caméra rapide, ils ont pu visualiser les vitesses et calculer les pressions du fluide autour de la méduse.

On constate que la contraction de la cloche de l'animal crée du côté convexe du dôme un tourbillon annulaire de basse pression. En même temps, une région de haute pression se forme sous l'animal. La méduse est ainsi propulsée à la fois par succion et par poussée.

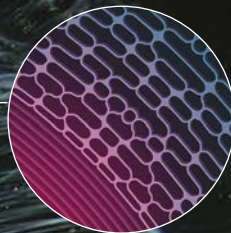
Les chercheurs ont eu la surprise de voir que quand la méduse détend le bord de sa cloche, le tourbillon annulaire descend sous l'animal, ce qui a pour effet de faire remonter de l'eau sous pression à l'intérieur de la cloche. « Cela donne à la méduse une seconde poussée », explique Bradford Gemmell. Le bord de la cloche effectue les mouvements appropriés grâce à des muscles mis en évidence récemment et qui diffèrent des fibres musculaires circulaires dont est muni le reste de la cloche.

Bradford Gemmell et ses collègues ont également mis en évidence ces principes de nage par succion chez un autre bon nageur, la lamproie. Des principes dont l'ingénierie pourrait s'inspirer (voir <http://bit.ly/1Y8uZs3>).

Josh Fischman

B. J. Gemmell et al., *Nature Communications*, vol. 6, article 8790, 2015

Les fibres musculaires de la cloche sont généralement circulaires, sauf au bord.

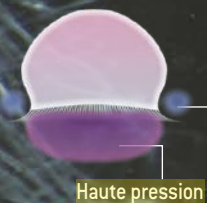


a

La cloche commence à se contracter

Tourbillon de basse pression

Haute pression



b

La méduse est propulsée



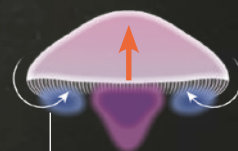
c

Les zones de basse pression se dirigent vers le dessous



d

La cloche se détend complètement



Le tourbillon annulaire pousse de l'eau dans la cloche

La nage de la méduse

Les contractions par ondulations de la méduse créent des zones de basse et haute pression dans l'eau qui l'entoure. Une basse pression a un effet de succion, une haute pression un effet de poussée. Les chercheurs ont constaté qu'un tourbillon annulaire, où la pression est relativement basse, se forme et descend le long de la cloche (vue en section, *a*). La contraction de la méduse augmente aussi la pression sous le dôme. L'animal se déplace ainsi des hautes pressions vers les basses (*b*). Les mouvements du bord de la cloche ont pour effet d'amener le tourbillon sous la cloche, ce qui fait remonter de l'eau (*c, d*), d'où une poussée supplémentaire conférée à l'animal.

Illustrations : Eleanor Luiz

Le trou noir souffle

Certaines galaxies, bien qu'ayant tous les ingrédients nécessaires, ne forment pas de nouvelles étoiles. Edmond Cheung, de l'université de Tokyo, et ses collègues ont résolu ce mystère. Le trou noir supermassif au centre de ces galaxies émet un vent interstellaire intense qui chauffe les nuages moléculaires de la galaxie. Ces derniers, du fait de l'agitation thermique, ne peuvent pas s'effondrer sur eux-mêmes, ce qui empêche la formation de nouvelles étoiles.

Une molécule de l'oubli

Près de 10 % d'entre nous souffrons dans notre vie d'un stress post-traumatique, incapables d'oublier la peur associée à un événement traumatisant. Une équipe de l'université du Texas a montré qu'une hormone de la graisse, l'adiponectine, suffit à « éteindre » la peur. Des souris « normales » conditionnées à une situation traumatisante finissent par oublier leur peur en quelques jours, contrairement à celles génétiquement modifiées pour ne plus produire l'adiponectine. Mais une injection de cette hormone suffit à « libérer » ces dernières de la peur. D'où un traitement potentiel, pour lequel un brevet est déjà déposé.

La jonquille face au vent

Exposées au vent, certaines structures allongées, telles des tours ou des antennes, vibrent, ce qui peut les endommager. Woojin Kim, de l'université coréenne de Séoul, et ses collègues ont trouvé l'inspiration dans la nature pour limiter les effets du vent qui, dans le sillage, crée des tourbillons (et donc des vibrations) et une importante traînée. Ils ont remarqué que la jonquille a une tige de section elliptique et torsadée. En optimisant les paramètres de cette structure, ils ont pu réduire de 18 % la traînée et supprimer les vibrations.

Environnement

La fragmentation des plastiques révisée



© Olenalavova/Shutterstock.com

Les modèles prévoyaient plus de microplastiques que l'expédition n'en a collecté. Roulant dans les vagues, ces petits déchets se fragmenteraient plus vite que les gros.

Alexandra ter Halle, de l'université Paul-Sabatier à Toulouse, et ses collègues ont rejoint l'« Expédition 7^e Continent » pour étudier la fragmentation des déchets plastiques dans les océans en prenant en compte leur taille, mais aussi leur masse. Les 1 100 débris prélevés dans le gyre de l'Atlantique Nord montrent une grande disparité. Les plus grands (entre 5 et 55 millimètres) sont peu nombreux, mais constituent 67 % de la masse totale; quant aux microplastiques (moins de 5 millimètres), ils représentent 33 % de la masse totale. Pourtant, un modèle de fragmentation uniforme de l'échantillon prévoit une masse totale 20 fois supérieure à celle observée pour les microplastiques. Comment expliquer ce déficit de particules légères ?

En mer, les plastiques ont des comportements distincts selon leur taille. Les plus gros ont une face exposée à la lumière, craquelée et terne, et une face submergée qui abrite des microorganismes. Ils se fragmentent en petits débris cubiques qui ont tendance à rouler dans les vagues, ce qui empêche les microorganismes de s'y fixer.

Une étude complémentaire dirigée par Julien Gigault, du CNRS, montre que ce roulement favorise leur érosion par les coins et donne naissance à des nanoparticules. Ce nouveau modèle de fragmentation explique le déficit de particules légères: les petits débris se fragmentent plus vite.

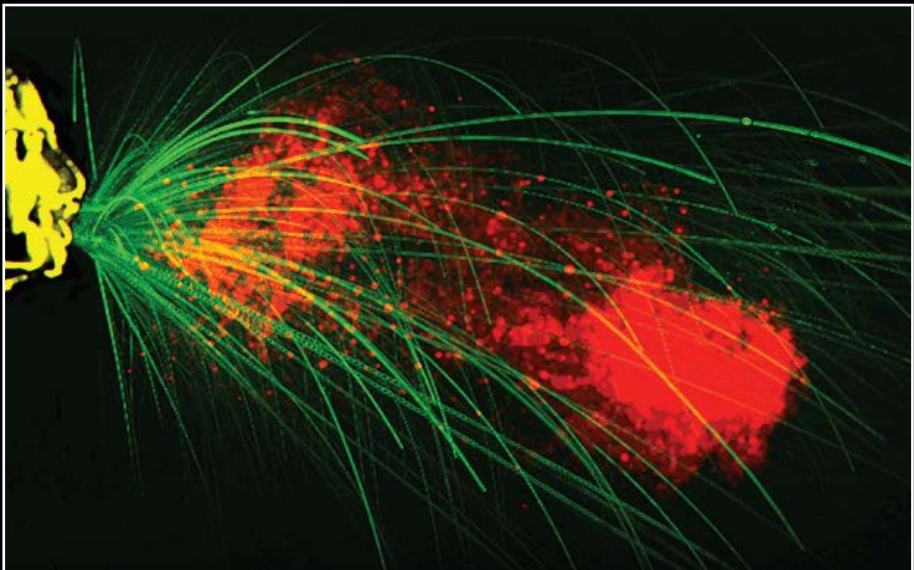
A. M.

Env. Sci. & Techn., vol. 50(11), pp. 5668-5675, 2016; Env. Sci.: Nano, vol. 3, pp. 346-350, 2016

Insolite

Autopsie de l'éternuement

Pour comprendre comment les maladies se propagent, Lydia Bourouiba et ses collègues, du MIT, aux États-Unis, ont filmé avec une caméra à haute vitesse des personnes qui éternuent. Le phénomène est difficile à modéliser, notamment parce qu'il est turbulent et parce qu'il comprend plusieurs phases (un nuage de fines gouttelettes, en rouge, et des gouttes plus importantes transportant les pathogènes, en vert).



© L. Bourouiba/Laboratoire de dynamique des fluides et transmission des maladies/MIT