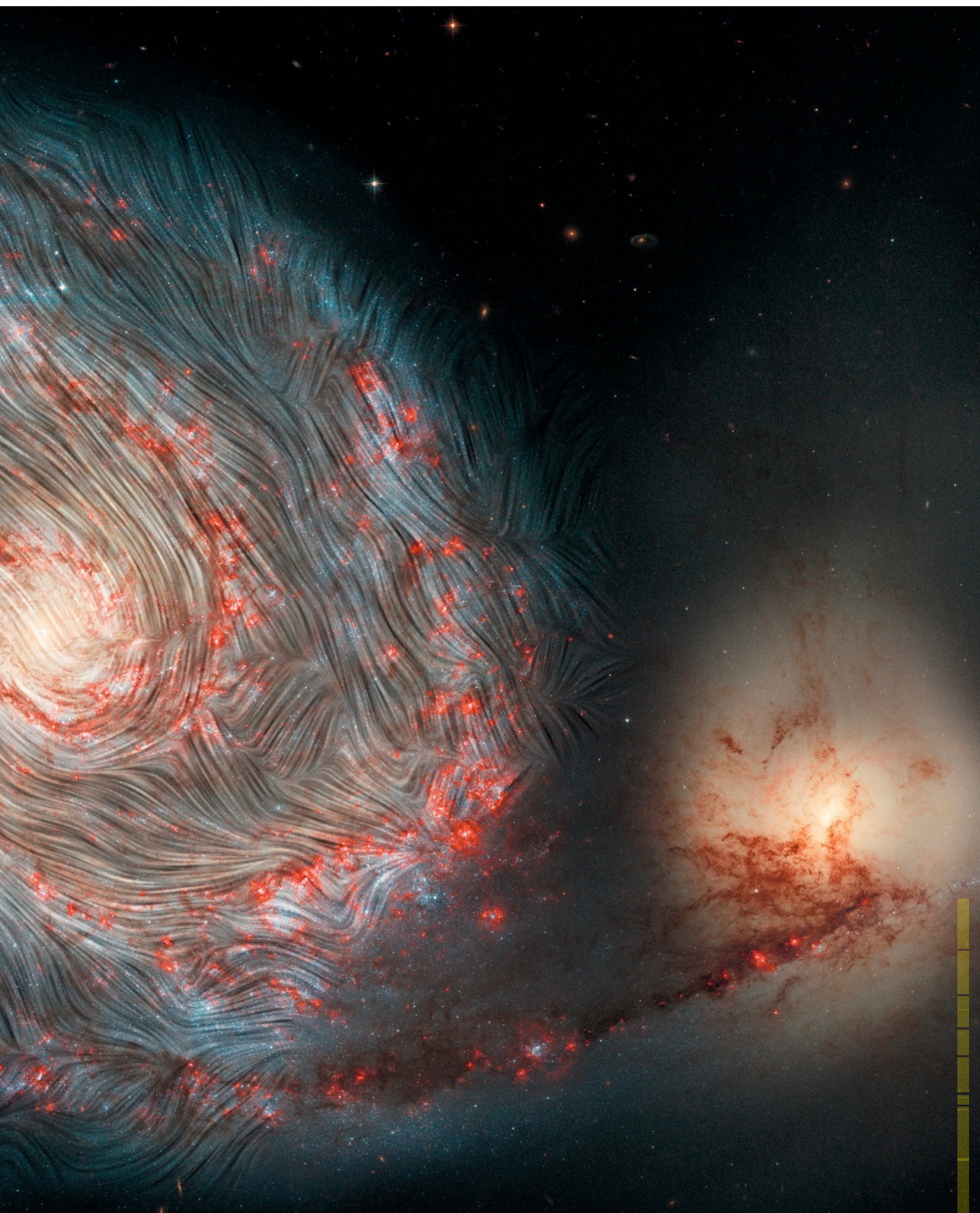




© Nasa, the Sofia science team, A. Borlaff; Nasa, ESA, S. Beckwith (STScI) and the Hubble Heritage Team (STScI/Aura)

MATHÉMATIQUES

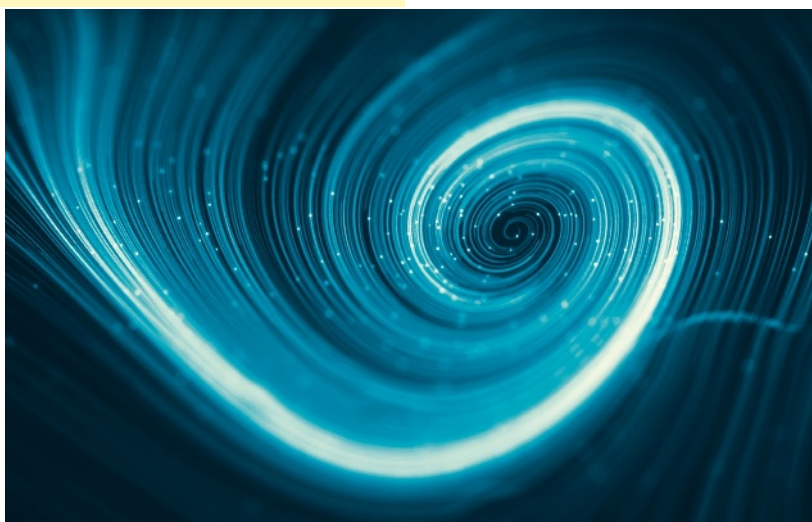
UN PAS VERS LA RÉOLUTION DU PROBLÈME DE NAVIER-STOKES

L'équation fondamentale de la mécanique des fluides peut-elle décrire des comportements turbulents avec des grandeurs tendant vers l'infini ? Un nouvel indice tend à montrer que non.

L'institut de mathématiques Clay est surtout célèbre pour ses sept « problèmes du millénaire ». L'un d'eux est une question que les hydrodynamiciens se posent depuis des décennies : l'équation de Navier-Stokes, qui décrit le mouvement général d'un fluide – liquide ou gaz –, est-elle bien posée mathématiquement ? En d'autres termes, une fois fixées des conditions initiales sur le mouvement d'un fluide, peut-on garantir que son évolution, si elle était exactement régie par cette équation, ne s'emballerait jamais au point de donner des valeurs infinies ? Dhawal Buaria, de l'institut Max-Planck à Göttingen, en Allemagne, et deux collègues ont, grâce à des simulations, découvert un nouveau mécanisme d'atténuation intrinsèque des comportements extrêmes du fluide : un indice qui tendrait à montrer que l'équation de Navier-Stokes est en effet bien posée.

L'équation de Navier-Stokes s'applique dans de nombreux domaines : les prévisions météorologiques, l'étude des courants marins, l'optimisation des fuselages d'avions, etc. Elle traite notamment les phénomènes turbulents comme les tourbillons, qui intéressent beaucoup les hydrodynamiciens. Pour rendre compte du « tourbillonnement » d'un fluide, ces derniers utilisent une grandeur physique appropriée : la vorticité. Cette grandeur est définie en chaque point, et mesure le degré de rotation du fluide à cet endroit.

La difficulté de l'équation de Navier-Stokes est qu'elle comporte des termes dits « non linéaires ». Ils font potentiellement apparaître des comportements « explosifs » ou « divergents », où certaines quantités tendent vers l'infini. En l'occurrence, la forme de l'équation de Navier-Stokes laisse craindre que des tourbillons puissent apparaître, s'auto-entretenir en raison de la non-linéarité de l'équation, et éventuellement s'amplifier sans limite. Cela signifierait que certaines solutions à l'équation développeraient des comportements pathologiques, qui ne décrivent plus correctement l'évolution du fluide. Existe-t-il de telles solutions qui dégénèrent ? C'est l'objet du problème du millénaire lié à l'équation de Navier-Stokes.



L'équation de Navier-Stokes décrit l'évolution d'un fluide. Dans le cas de turbulences, cette équation reste-t-elle bien définie ou les variables qu'elle contient acquièrent-elles des valeurs infinies ?

Grâce à des simulations numériques, Dhawal Buaria et ses collègues ont montré que la non-linéarité de l'équation modère elle-même cet effet potentiellement « explosif ». Ils ont analysé la vorticité en chaque point d'un fluide. Pour ce faire, ils ont procédé à une décomposition de l'espace avec une boule de rayon R autour de chaque point. Quitte à supposer que le reste du fluide ne comporte pas d'autre tourbillon, on sait que la partie extérieure à la boule a une influence positive sur la vorticité sans pour autant provoquer une divergence. Reste alors à étudier le terme « local ». Les chercheurs ont montré, dans ce cas, que si le rayon R était choisi assez petit, la réaction due à cette portion de fluide sur la vorticité était négative. Autrement dit, on obtient en fin de compte un terme modérateur et un terme incapable de déclencher une explosion : la vorticité ne s'emballe jamais. C'est un indice fort pour ce problème du millénaire, mais sa résolution exacte n'est sans doute pas encore à portée de main ! ■

LUCAS GIERCZAK

D. Buaria et al., *Nature Communications*, vol. 11, article 5852, 2020

EN BREF

LE MAGNÉTISME D'UNE EXOPLANÈTE

Grâce à Lofar, un réseau d'antennes européen, Philippe Zarka, du Lesia, à Paris, et ses collègues ont détecté des bouffées d'ondes radio en provenance du système Tau Boötes, qui contient un couple d'étoiles et une exoplanète. Le champ magnétique de cette dernière, une géante gazeuse comme Jupiter mais très chaude, serait la source de ce signal. Son analyse ouvre des perspectives intéressantes pour en savoir plus sur la structure interne de la planète et sur son atmosphère.

Astron. Astrophys., 14 janv. 2021

INSULINE À TEMPÉRATURE AMBIANTE

Jusqu'à présent, le protocole pharmaceutique recommandait de conserver l'insuline au réfrigérateur. Une contrainte difficile à respecter, notamment en Afrique subsaharienne, où chaque foyer n'est pas toujours équipé. Or l'équipe de Leonardo Scapozza, de l'université de Genève, et l'association Médecins du Monde viennent de montrer que l'insuline gardée entre 25 °C et 37 °C pendant quatre semaines (durée d'utilisation d'un flacon) ne perd pas son efficacité.

Plos One, 3 février 2021

LE MAGNÉTISME DE LA DIONÉE

Le piège de la dionée attrape-mouche, une plante carnivore, se déclenche grâce à un signal électrique. Ce dernier crée un champ magnétique très faible. Anne Fabricant, de l'université Johannes-Gutenberg, à Mayence, en Allemagne, et ses collègues l'ont mesuré avec un magnétomètre composé d'une enceinte remplie d'un gaz d'atomes sensible aux variations du champ magnétique. Résultat : 0,5 picotesla, des millions de fois moins que celui de la Terre.

Scientific Reports, 14 janv. 2021

PALÉONTOLOGIE

UN AIR DE PTÉROSAURE

L'origine des ptérosaures est toujours un mystère : leurs fortes différences anatomiques avec les groupes de reptiles les plus proches laissent penser que leur évolution a été très rapide. Toutefois, Martín Ezcurra, du musée argentin des Sciences naturelles, et ses collègues viennent de montrer que les lagerpétidés, un petit groupe de reptiles du Trias, sont plus proches des ptérosaures qu'on ne le pensait, ce qui comblerait le fossé évolutif. En effet, les fossiles de ces deux groupes présentent des similarités que l'on retrouve presque exclusivement chez eux. En particulier, ils partagent une anatomie unique de l'oreille interne et de ses canaux semi-circulaires. Ce sont les seuls chez qui cette région est aussi développée : elle représente 40 % de la hauteur de leur cavité endocrânienne.

Les canaux semi-circulaires détectent les mouvements de la tête. On sait qu'un rayon plus grand implique un meilleur sens de l'équilibre chez les primates et les oiseaux ; il est aujourd'hui associé aux espèces qui volent, ou aux espèces terrestres les plus agiles. Les chercheurs ont conclu qu'en considérant le groupe des lagerpétidés comme davantage apparenté aux ptérosaures, et non aux dinosaures comme on le pensait généralement, la



Vue d'artiste d'un dimorphodon, un ptérosaure du Jurassique inférieur.

vitesse d'évolution requise pour que les ptérosaures acquièrent les traits anatomiques nécessaires au vol n'est pas aussi extrême. L'anatomie des lagerpétidés, adaptée à la course et aux déplacements exigeant un bon équilibre et une bonne agilité, aurait ainsi pavé la voie vers l'apparition de caractères à l'origine du vol chez les ptérosaures. ■

THÉO TORCQ

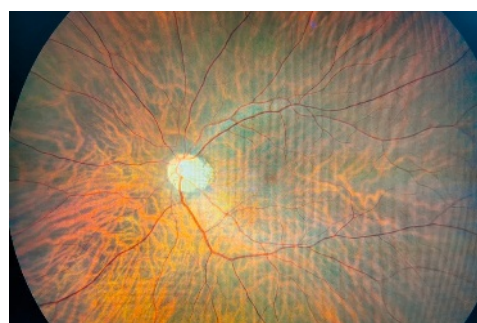
M. D. Ezcurra et al., *Nature*, vol. 588, pp. 445-449, 2020

MÉDECINE

UNE THÉRAPIE GÉNÉRIQUE POUR LA NOHL

La neuropathie optique héréditaire de Leber (Nohl) est une maladie rare qui touche des cellules ganglionnaires de la rétine, dont les axones forment le nerf optique. Chaque année en Europe et aux États-Unis, cette maladie atteint 1 500 nouveaux patients, adolescents et jeunes adultes qui souffrent de cécité en moins d'un an. Autour de Jos-Alain Sahel, de l'Institut de la vision à Paris, une équipe vient d'obtenir des résultats très encourageants avec une amélioration significative de la vision et de la qualité de vie chez 37 patients.

Les chercheurs ont utilisé une thérapie génique (qui consiste, de façon générale, à intégrer dans l'ADN du noyau cellulaire une séquence normale du gène défectueux) particulière, car la Nohl est liée à des mutations de l'ADN présent dans les mitochondries, des



Chez une personne souffrant de neuropathie optique héréditaire de Leber, les cellules ganglionnaires de la rétine sont touchées.

organites qui fournissent aux cellules leur énergie. La stratégie a consisté à insérer dans le noyau un gène tel que la protéine qu'il code se concentre dans les mitochondries, où son action a rétabli leur bon fonctionnement. ■

NOËLLE GUILLON

P. Yu-Wai-Man et al., *Science Translational Medicine*, vol. 12, article eaaz7423, 2020