

ASTROPHYSIQUE

PLUIE DE FER SUR WASP-76B

Certaines exoplanètes présentent des phénomènes météorologiques très exotiques. C'est le cas de la planète Wasp-76b, très proche de son étoile et en verrouillage gravitationnel avec celle-ci. En présentant toujours la même face à l'étoile, la température y monte jusqu'à 2400 °C. Grâce au spectrographe Espresso du VLT (*Very Large Telescope*) au Chili, David Ehrenreich, de l'université de Genève, et ses collègues ont montré que le fer est vaporisé sur la face éclairée. Puis des vents violents transportent le métal gazeux vers la face à l'ombre, où la température n'atteint que 1500 °C. Le métal se condense alors rapidement en gouttelettes... Résultat : il pleut du fer sur ce monde aux conditions extrêmes. ■

SEAN BAILLY

D. Ehrenreich *et al.*, *Nature*, en ligne le 11 mars 2020

ÉTHOLOGIE

DES PERROQUETS PROBABILISTES

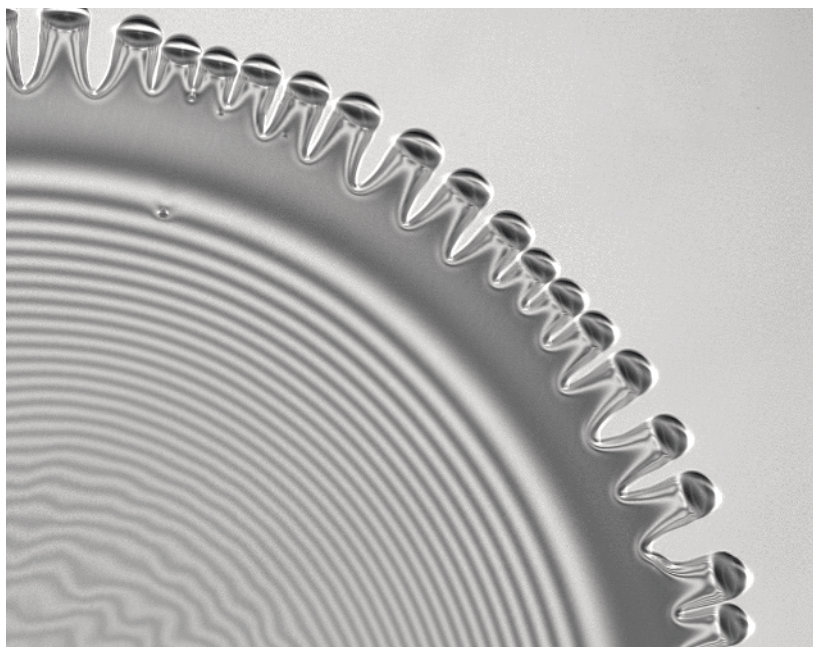
Dans la vie courante, il nous faut souvent prendre une décision en estimant la probabilité de tel ou tel événement. Une capacité qui n'était prouvée jusque-là que chez les grands singes. Mais Amalia Bastos et Alex Taylor, de l'université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, ont découvert que les perroquets en sont aussi dotés. Dans leur étude, une expérimentatrice apprenait à chaque oiseau qu'une petite barre noire lui vaudrait une récompense alimentaire, puis plongeait chacune de ses mains dans une boîte transparente contenant des barres noires et orange en proportions différentes, et en ressortait une barre tenue dans son poing fermé devant l'animal. Celui-ci indiquait ensuite du bec le poing que l'expérimentatrice devait ouvrir. Le perroquet a presque toujours choisi la main ayant pioché dans la boîte comptant la plus grande proportion de barres noires, signe qu'il considérait avoir plus de chances d'en obtenir une noire ! ■

GUILLAUME JACQUEMONT

A. P. M. Bastos *et al.*, *Nature Communications*, vol. 11, article 828, 2020

PHYSIQUE

DES DOIGTS CRÉÉS PAR UNE GOUTTE



On dépose une goutte d'un mélange de deux liquides sur une plaque. Si ces liquides ont des tensions de surface très différentes, des « doigts » se forment ; sinon, ce sont des gouttelettes.

On sait que le comportement du filet d'eau coulant d'un robinet n'est pas toujours le même. Quand la colonne d'eau dépasse une certaine longueur – qui dépend du débit –, elle se décompose en gouttelettes. Derrière cette observation se cachent plusieurs aspects de la mécanique des fluides, comme l'effet de la tension superficielle, une force due aux interactions microscopiques entre les molécules et qui influe sur la forme des interfaces entre deux milieux fluides (gazeux ou liquides). Parfois, la tension superficielle conduit à des effets plus surprenants : Asher Mouat et ses collègues, de l'université Emory, aux États-Unis, ont étudié les excroissances qui naissent sur le bord de gouttes formées d'un mélange de deux liquides aux propriétés physiques différentes.

Les chercheurs ont réalisé plusieurs mélanges, contenant chacun une espèce majoritaire (le solvant) et une espèce présente en très petite quantité (le soluté). Ils ont déposé une goutte de chaque mélange sur une surface de silicium très lisse. À mesure que la goutte s'étale puis s'évapore, soit des « doigts » de liquide s'étendent vers l'extérieur sur tout le pourtour de la goutte, soit de simples gouttelettes se forment.

Comment expliquer cette différence ? D'après Asher Mouat et ses collègues, cela serait lié à la tension superficielle. On peut associer à chaque liquide une tension de surface avec l'air. Les physiciens ont remarqué que, lorsque le solvant et le soluté ont des tensions de surface proches, des gouttelettes se forment, alors qu'une différence importante entre les deux donne lieu à des « doigts ». Ce qu'ils ont ensuite retrouvé par la théorie : un mécanisme d'instabilité similaire à celui du filet d'eau du robinet est à l'œuvre. ■

L. G.

A. P. Mouat *et al.*, *Physical Review Letters*, vol. 124, article 064502, 2020

PHYSIQUE THÉORIQUE

UNE CONSTANTE À L'ÉPREUVE DES TROUS NOIRS

Selon certaines théories physiques, la « constante de structure fine », associée à l'interaction électromagnétique, serait en fait une grandeur variable. Mais de nouvelles mesures semblent infirmer cette idée.

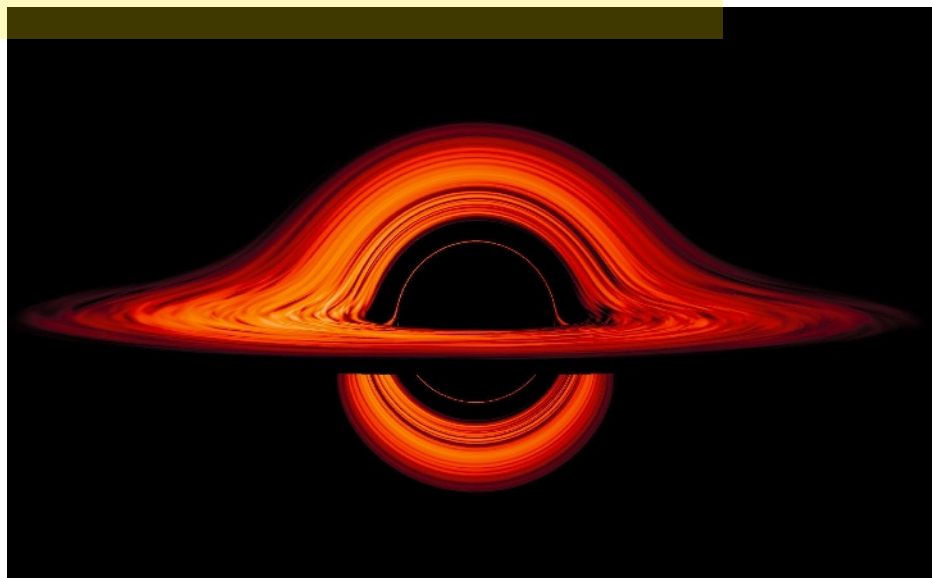
En physique, le choix de certains mots est parfois déroutant. Une grandeur constante devrait être immuable, non ? Mais parfois, les chercheurs imaginent qu'une constante ne l'est pas vraiment !

C'est le cas en physique des particules. Le modèle standard fait notamment intervenir la « constante de structure fine », un nombre sans dimension qui caractérise l'intensité de l'interaction électromagnétique (par exemple entre électrons et photons). Dans le cadre de certaines théories, comme la théorie des cordes, qui tentent de concilier la relativité générale et la physique quantique – des théories restées à ce jour incompatibles –, la constante de structure fine pourrait varier. Cependant, Aurélien Hees, de l'observatoire de Paris, et ses collègues ont utilisé des observations d'étoiles proches d'un trou noir supermassif pour montrer que même dans ces conditions physiques extrêmes, il n'y a pas de variation détectable de la constante de structure fine.

L'idée que ce nombre lié à l'électrodynamique quantique (la formulation quantique de l'électromagnétisme), noté α et égal à environ $1/137$, ou $7,297 \times 10^{-3}$, soit en fait variable n'est pas nouvelle : il pourrait bien l'être, mais en présentant des variations trop faibles pour qu'elles soient détectables avec les mesures actuelles. Pour tenter de mettre en évidence de telles variations, des astrophysiciens réalisent depuis plusieurs décennies des mesures de phénomènes physiques qui font intervenir ce nombre, comme en spectroscopie stellaire.

Certaines longueurs d'onde très précises, absorbées par l'atmosphère d'une étoile, sont absentes ou moins intenses dans la lumière reçue : ce sont les « raies d'absorption ». Or les longueurs d'onde des raies d'absorption font intervenir de façon cruciale la constante de structure fine. Si α varie, ces longueurs d'onde sont modifiées. Pour l'instant, aucune mesure n'a indiqué de façon probante de tels changements, ni dans le temps (en examinant des étoiles très lointaines, donc dans l'Univers jeune) ni en fonction de l'environnement de l'étoile.

Aurélien Hees et ses collègues ont cette fois cherché des variations dans un contexte inédit :



Les astrophysiciens cherchent des variations éventuelles de la constante de structure fine dans des conditions physiques extrêmes, comme au voisinage des trous noirs supermassifs (ici, une vue d'artiste).

10⁵

LES CINQ ÉTOILES ÉTUDIÉES SONT VIEILLES ET FROIDES : LEUR ATMOSPHÈRE, CONTENANT DE L'OXYGÈNE ET DU CARBONE, LEUR CONFÈRE DES RAIES D'ABSORPTION TRÈS NETTES ET NOMBREUSES. DE PLUS, LEURS LONGUEURS D'ONDE DÉPENDENT FORTEMENT DE α , JUSQU'À 10⁵ FOIS PLUS QUE POUR LES ÉTOILES JEUNES.

à proximité d'un trou noir supermassif, Sagittarius A*, situé au centre de la Voie lactée. Les chercheurs ont exploité des mesures de spectroscopie réalisées entre 1995 et 2018 sur cinq étoiles proches du centre de la galaxie, et mesuré les longueurs d'onde de leurs raies d'absorption, en cherchant un décalage par rapport aux valeurs habituelles, mesurées dans un environnement contrôlé sur Terre.

Leur résultat confirme les études précédentes : ils n'ont détecté aucune variation significative de la constante de structure fine. L'équipe a aussi obtenu une borne sur la variation potentielle de α entre sa valeur au voisinage immédiat des étoiles en question et sa valeur habituelle. La variation relative de α (c'est-à-dire la variation rapportée à sa valeur connue) ne peut pas dépasser $6,8 \times 10^{-6}$. Une limite similaire à d'autres bornes obtenues précédemment pour des quasars. Les théories actuelles tiennent bon ! ■

L. G.

A. Hees et al., *Physical Review Letters*, vol. 124(8), article 081101, 2020

UNE CIBLE INTESTINALE

La régulation des nutriments dans l'organisme est assurée par des circuits parfois complexes. Dans une sous-population de cellules de l'intestin de la drosophile, Siamak Redhai, de l'Imperial College, à Londres, et ses collègues ont mis en évidence une protéine, *Hodor*, sensible aux ions zinc. Quand elle se lie à ces ions, elle ouvre un canal pour des ions chlore, ce qui facilite non seulement la détection de nutriments, mais aussi le développement de la larve : quand elle est altérée, la drosophile accuse un retard de croissance. Le gène codant *Hodor* étant propre aux insectes, l'équipe de chercheurs propose de l'altérer chez des moustiques tels qu'*Anopheles gambiae* afin de neutraliser les populations de ces insectes vecteurs de maladies. ■

S. B.

S. Redhai et al., *Nature*, en ligne le 18 mars 2020

PHYSIQUE DES PARTICULES

LE NEUTRON UN PEU PLUS À NU

Parce qu'il est constitué de quarks électriquement chargés, le neutron peut être globalement neutre, mais présenter une distribution de charge dotée d'un axe privilégié, ce qui donnerait lieu à un « moment dipolaire électrique » non nul. Grâce à une nouvelle expérience, Guillaume Pignol, du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à Grenoble, et ses collègues ont réduit de moitié la limite supérieure sur cette grandeur. Pourquoi est-ce important ? Le modèle standard de la physique des particules ne serait qu'une approximation à basse énergie d'une théorie plus fondamentale qui reste à découvrir. Or cette théorie pourrait contenir un mécanisme qui produit un moment dipolaire électrique non nul. La mesure de celui-ci donne donc un indice sur cette théorie. Mais, surtout, le mécanisme en jeu expliquerait aussi pourquoi l'Univers contient de la matière, plutôt que de l'antimatière... ou rien ! ■

S. B.

C. Abel et al., *Physical Review Letters*, vol. 124, article 081803, 2020

PRIX ABEL 2020 : HILLEL FURSTENBERG ET GREGORI MARGULIS



Hillel Furstenberg (à gauche) et Gregori Margulis (à droite), récompensés pour leurs travaux en théorie ergodique et pour l'application de techniques ergodiques à d'autres domaines.

Contrairement à la médaille Fields, le prix Abel n'est pas réservé aux mathématiciens de moins de quarante ans, mais vise à honorer toute la carrière des lauréats. Cette année, l'Académie norvégienne des sciences et des lettres a décerné cette distinction à l'Israélo-Américain Hillel Furstenberg, qui a enseigné à l'université hébraïque de Jérusalem, et au Russo-Américain Gregori Margulis, qui occupe une chaire de recherche à l'université Yale, pour leurs travaux liés à la théorie ergodique, une branche des probabilités.

La théorie ergodique puise ses sources dans la physique statistique. Elle s'intéresse à un type de système dans lequel, pour estimer la valeur moyenne d'une grandeur sur tous les éléments de ce système, on peut calculer la moyenne temporelle de cette grandeur pour un élément fixé de ce système ; c'est le cas, par exemple, pour les molécules d'un gaz et leur vitesse moyenne. Les deux mathématiciens ont développé de nouvelles méthodes en théorie ergodique et, surtout, jeté des ponts entre ce domaine et d'autres champs des mathématiques, comme la géométrie, la combinatoire, la théorie des groupes ou la théorie des nombres.

Par exemple, en théorie des groupes (des structures algébriques munies d'une opération inversible, comme l'ensemble des nombres entiers et l'opération d'addition), Hillel Furstenberg a étudié d'un point de vue ergodique les chemins parcourus dans un groupe en effectuant des opérations entre des éléments pris au hasard ; on parle de « marches aléatoires » sur les groupes. En combinatoire, Gregori Margulis a, lui, adapté des notions ergodiques pour exhiber des familles de graphes dits « expanseurs », c'est-à-dire dont les sous-ensembles de sommets sont très connectés, très importants en informatique théorique. ■

L. G.

Site du prix Abel :
<https://www.abelprize.no/>