

PHYSIQUE NUCLÉAIRE

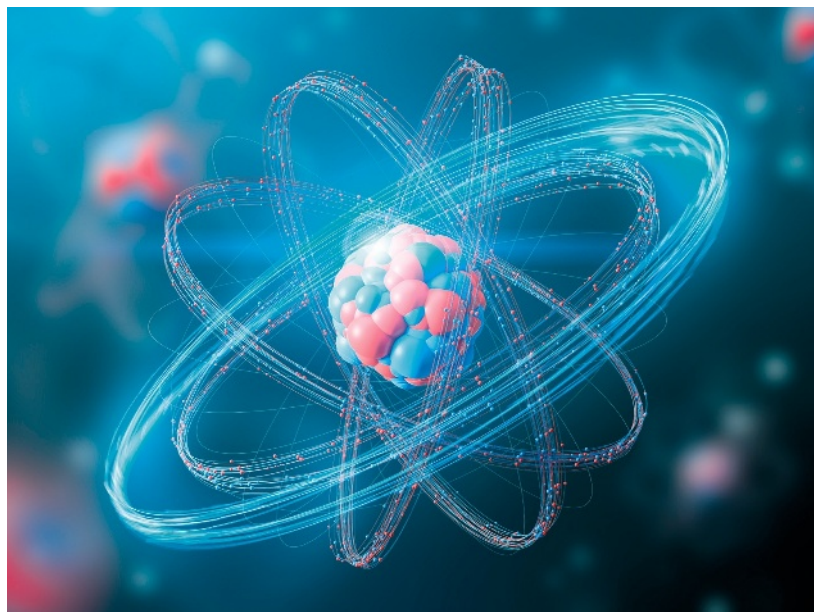
L'ÉPAISSEUR DE LA PEAU DU NOYAU DE PLOMB MESURÉE

La meilleure connaissance de la structure du noyau de plomb permet de mieux comprendre celle des étoiles à neutrons.

Certaines mesures portant sur des échelles infimes, de l'ordre du femtomètre (10^{-15} mètre), ont des répercussions à des échelles astronomiques. Dans la vision simplifiée du noyau d'un atome, ses composants (les protons et les neutrons) s'y répartissent de façon aléatoire. Or, dans les noyaux lourds, les neutrons, souvent plus nombreux que les protons, subissent une pression qui les repousse légèrement vers la périphérie du noyau. Ce dernier présente donc une couche superficielle riche en neutrons, sa «peau». La collaboration Prex, menée par Kent Paschke, de l'université de Virginie, aux États-Unis, a utilisé les installations du laboratoire américain Jefferson pour mesurer l'épaisseur de cette couche externe dans le noyau de plomb 208, un isotope stable comportant 82 protons et 126 neutrons. Cette donnée révèle certaines conditions qui règnent dans le noyau, mais qui, à d'autres échelles, influent aussi sur la structure des étoiles à neutrons.

La distribution des protons dans les noyaux est bien étudiée depuis plusieurs décennies. En effet, dans les expériences de diffusion dite «élastique», un faisceau d'électrons bombarde un noyau dont les protons, chargés électriquement, dévient les électrons de leur trajectoire. L'analyse de cette diffusion permet de déterminer la répartition des protons et notamment le rayon de la sphère qu'ils occupent.

Cette méthode ne peut pas s'appliquer à la distribution des neutrons qui, comme leur nom l'indique, ne portent pas de charge électrique. La collaboration Prex s'est donc appuyée sur une autre force fondamentale, l'interaction faible. Les électrons sont susceptibles d'être déviés par les neutrons en échangeant des bosons Z, particules vectrices de l'interaction faible. Les chercheurs ont mesuré la différence entre la diffusion d'électrons de polarisation «droite» et celle des électrons de polarisation «gauche», c'est-à-dire dont le spin est orienté respectivement dans le sens du mouvement ou à l'opposé. La valeur de cette asymétrie, due à la nature de l'interaction faible, est directement reliée à la distribution des neutrons.



Au cœur de l'atome, le noyau est souvent représenté comme un mélange désordonné de protons et de neutrons. En réalité, dans le cas des noyaux riches en neutrons, ces derniers sont soumis à une pression qui les repousse vers la périphérie, où ils forment une couche de faible épaisseur, la «peau» du noyau.

Les chercheurs ont ainsi obtenu un rayon de 5,8 femtomètres pour la distribution des neutrons dans le noyau. En soustrayant le rayon connu par ailleurs pour la distribution des protons, ils ont déduit que la peau du noyau de plomb 208 a une épaisseur de 0,283 femtomètre.

En quoi ce résultat est-il intéressant dans l'étude des étoiles à neutrons? La peau du noyau se forme du fait d'une «pression de symétrie», interne au noyau et due au principe d'exclusion de Pauli: celui-ci interdit que des particules identiques (de spin demi-entier), en l'occurrence les neutrons, occupent un même état quantique. Comme cette pression augmente avec la densité nucléaire, elle devient très forte dans une étoile à neutrons. Compte tenu de l'effet de peau, un tel astre pourrait ainsi être plus grand que ne le suggérerait sa seule masse. Dans un système binaire en coalescence, l'étoile à neutrons serait alors plus déformable, un comportement qui influencerait sur la forme des ondes gravitationnelles émises lors de sa fusion avec l'autre étoile. ■

Sean Bailly

D. Adhikari et al., *Physical Review Letters*, vol. 126, article 172502, 2021

EN BREF

Quasicristal et Trinity

Le 16 juillet 1945, l'armée américaine a testé sa première bombe atomique dans le désert du Nouveau-Mexique. Dans le cratère, l'onde de choc a formé de nombreux minéraux, dont la trinitite rouge (du nom de la bombe Trinity). Paul Steinhardt, de l'université de Princeton, vient de découvrir dans cette trinitite une structure de quasicristal. Ce chercheur avait donné ce nom à des solides présentant une structure assez régulière, comme un cristal, mais non périodique.

PNAS, 17 mai 2021

Cancer du sein et pollution de l'air

La pollution atmosphérique augmente les risques de cancer du poumon, mais qu'en est-il du cancer du sein ? Rémy Slama, de l'Inserm, et ses collègues ont mené une métaanalyse pour évaluer le lien entre les trois principaux types de polluants présents dans l'air et cette maladie. Le dioxyde d'azote est particulièrement pointé du doigt. En 2017, en France, près de 60 000 femmes ont été diagnostiquées avec un cancer du sein, dont environ 3 % des cas seraient attribuables à cette molécule.

Environ. Health Perspect., 26 mai 2021

Une très vieille spirale

Grâce aux données du radiotélescope Alma, au Chili, Takafumi Tsukui et Satoru Iguchi, de l'Observatoire japonais d'astronomie, ont découvert dans l'Univers jeune – âgé de seulement 1,4 milliard d'années – une galaxie de morphologie spirale et de masse comparable à celle de la Voie lactée. Comment une telle structure a-t-elle pu se former si tôt ? Les chercheurs suggèrent qu'elle aurait été en interaction gravitationnelle avec une petite galaxie voisine dont elle a absorbé le gaz.

Science, 20 mai 2021

PHYSIQUE

UN PENDULE DANS LA TURBULENCE

Sous l'action du vent, un avion peut être soumis à des turbulences aussi intenses qu'imprévisibles dont l'origine n'est pas clairement comprise. Bien qu'aléatoire, ce type de phénomènes obéit à des lois statistiques. Pour étudier plus facilement ces perturbations dans les écoulements d'un fluide, Ariane Gayout, Mickaël Bourgoïn et Nicolas Plihon, du laboratoire de physique de l'École normale supérieure de Lyon, ont conçu un dispositif expérimental très simple, utilisant un pendule placé dans une soufflerie, dont ils ont montré que le comportement obéissait à des lois statistiques de même nature.

Le pendule, un disque de quelques centimètres de diamètre fixé à une tige, est soumis à trois forces : son poids, la portance et la traînée. Pour une vitesse du vent donnée, on peut définir deux positions d'équilibre stable, notées T et P (selon que la traînée ou la portance domine). À partir d'une position T, le pendule peut sauter spontanément dans la position P à cause de tourbillons qui se forment près du pendule. Pour une vitesse donnée, les chercheurs ont constaté que le temps d'attente pour avoir un saut suit une loi de probabilité exponentielle, une loi définie par un seul



Certaines turbulences dans le sillage des avions suivent des lois statistiques qu'il est possible de reproduire avec un simple pendule, un système beaucoup plus facile à étudier.

paramètre nommé « temps caractéristique ». En outre, ce dernier dépend de la vitesse du vent ou, de façon équivalente, de l'angle α que fait le pendule par rapport à la verticale en position T. Ariane Gayout et ses collègues ont montré que le temps caractéristique varie comme l'exponentielle du sinus de l'angle α . La combinaison de ces deux variabilités, l'une contrôlée, l'autre non, se traduit par des temps d'attente très variables : de moins d'une seconde à plus d'une heure. ■

Lucas Gierczak

A. Gayout et al., *Physical Review Letters*, vol. 126, article 104501, 2021

BIOLOGIE ANIMALE

VITESSE DU SON : UN SAVOIR INNÉ

Eran Amichai et Yossi Yovel, de l'université de Tel Aviv, en Israël, ont montré que la chauve-souris a une connaissance innée de la vitesse du son. Pour repérer ses proies et se déplacer, cet animal utilise l'écholocation. Mais pour convertir en distance le délai entre l'émission et la réception de ses signaux ultrasonores, elle doit « connaître » la vitesse du son. Or, comme cette dernière varie un peu selon les conditions atmosphériques, les deux chercheurs ont voulu savoir si sa valeur était apprise par la chauve-souris, et donc ajustable, ou innée. Ils ont élevé des nouveau-nés de l'espèce *Pipistrellus kuhlii* dans un environnement enrichi en hélium, où le son se propage 15% plus vite. Les animaux sous-estimaient les distances ! Remis dans des conditions normales, ils retrouvaient leur capacité à déterminer correctement les distances. À l'inverse, des adultes élevés dans des conditions normales n'ajustaient pas leur appréciation des distances



La chauve-souris pipistrelle en plein vol. Elle s'oriente dans la nuit grâce à l'écholocation, qui nécessite de connaître la vitesse du son pour estimer les distances.

dans l'enceinte riche en hélium. La vitesse (usuelle) du son est donc innée chez ce mammifère volant. ■

Nicolas Butor

E. Amichai et Y. Yovel, *PNAS*, vol. 118(19), article e2024352118, 2021