



P. 68

ÉTHOLOGIE

FILOU COMME UNE SEICHE

Barbara King

Homo sapiens n'est pas la seule espèce qui mente. La tromperie règne dans le monde animal.



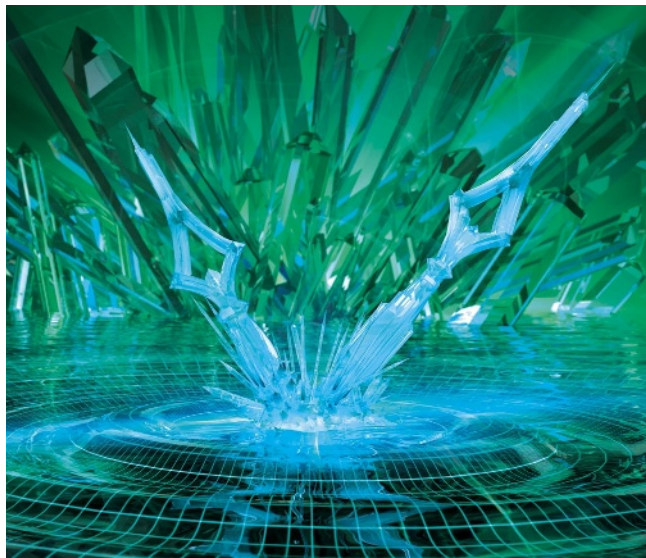
P. 74

HISTOIRE DES SCIENCES

LES BULLES DE LA PENSÉE

Jean-Gaël Barbara

Les neurones du cerveau s'échangent des informations en s'envoyant des messagers chimiques dans de microscopiques bulles. C'est ce que découvrit il y a soixante ans le neuroscientifique allemand Bernard Katz.



P. 24

PHYSIQUE

LES CRISTAUX TEMPORELS UN NOUVEAU ÉTAT DE LA MATIÈRE

Frank Wilczek

En imaginant des cristaux présentant un motif répété dans le temps plutôt que dans l'espace, les physiciens créent de nouveaux états de la matière aux propriétés surprenantes. Une piste pour concevoir des horloges ultraprécises.

RENDEZ-VOUS

P. 80

LOGIQUE & CALCUL

COMBINES POUR TÉTRADES

Jean-Paul Delahaye

La combinatoire géométrique exige une patience et une minutie dont souvent seul l'ordinateur est capable. Le cas des tétrades est exemplaire.

P. 86

ART & SCIENCE

La pierre idéale du facteur Cheval

Loïc Mangin



P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

Du granité pour bien patiner

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Les gènes perdus des baleines

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Des émulsions riches en curcuma

Hervé This

P. 98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.16 Livres du mois

P.18 Agenda

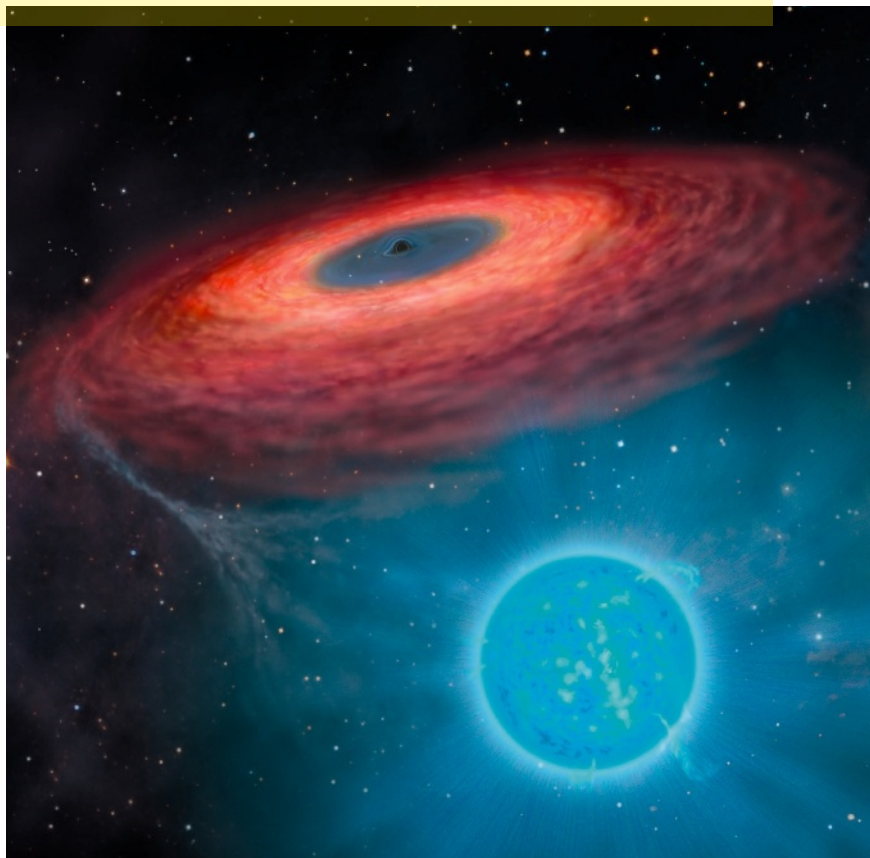
P.20 Homo sapiens informaticus

P.22 Questions de confiance

ASTROPHYSIQUE

UN TROU NOIR SURPRENANT DANS LA VOIE LACTÉE

Dans le système binaire LB-1 (ici une vue d'artiste), le disque d'accrétion (en rouge) du trou noir est trop petit pour émettre assez de lumière. C'est grâce au mouvement orbital de l'étoile de type B (en bleu) que le trou noir a été découvert.



Découvert récemment, le trou noir LB-1 a une masse estimée à 68 masses solaires. C'est bien plus que ne le prévoient les modèles...

En dehors du trou noir super-massif central, fort d'une masse de 4 millions de fois celle du Soleil, la Voie lactée compterait de l'ordre de 100 millions de trous noirs dits « stellaires », chacun d'eux étant né à la suite de la mort d'une étoile. D'après les modèles d'évolution stellaire, ces trous noirs atteindraient jusqu'à environ 25 masses solaires. Pourtant, Jifeng Liu, de l'Académie chinoise des sciences, à Beijing, et ses collègues viennent d'identifier un trou noir de 68 masses solaires. Comment résoudre l'énigme de sa formation ?

En plus de sa masse hors normes, le trou noir LB-1, distant de 15000 années-lumière, présente une autre originalité : il a été identifié d'une façon exceptionnelle. La plupart des trous noirs stellaires découverts dans la Galaxie l'ont été grâce aux rayons X émis par la matière brûlante de leur disque d'accrétion. Mais la majorité des trous noirs, dénués d'un disque important, sont invisibles.

Comment alors les détecter ? En cherchant des étoiles lumineuses présentant un mouvement périodique (on parle de vitesse radiale), qui indique leur appartenance à un système binaire où leur

compagnon est un trou noir. Grâce à cette méthode, l'équipe de Jifeng Liu a repéré le système LB-1, composé d'une étoile lumineuse de type B, ayant une période orbitale de 78,9 jours, et d'un trou noir de 68 masses solaires. Ces mesures restent à confirmer, mais si elles sont correctes, la masse du trou noir est bien trop élevée pour que cet astre soit né de l'effondrement d'une étoile en fin de vie.

Récemment, les dispositifs *Ligo* et *Virgo* de détection d'ondes gravitationnelles ont mis en évidence des fusions de paires de trous noirs, chacun faisant entre 20 et 50 masses solaires. Ces coalescences ont donné naissance à des trous noirs plus grands, ce qui pourrait être une piste pour expliquer LB-1.

Il faut cependant prendre en compte un autre paramètre : la « métallicité » des

étoiles, c'est-à-dire leurs concentrations en éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium. À ses débuts, l'Univers ne contenait quasiment que de l'hydrogène et de l'hélium; les premières étoiles avaient donc une faible métallicité. Puis l'activité stellaire a synthétisé des éléments lourds et la métallicité des générations successives d'étoiles a augmenté.

Or, d'après les modèles, si les étoiles de faible métallicité sont capables de produire des trous noirs assez massifs (comme ceux observés par *Ligo* et *Virgo*), celles de métallicité élevée ne donnent que des trous noirs de moins de 25 masses solaires. En effet, elles perdent beaucoup de matière sous la forme de vent stellaire avant de mourir. Le trou noir LB-1 pourrait donc être le résultat de la coalescence de deux trous noirs issus d'étoiles de faible métallicité.

Il y aurait donc eu initialement un système de trois étoiles dont deux, très massives, auraient donné des trous noirs qui ont ensuite fusionné. Et le troisième larron serait l'étoile de type B. Cependant, les caractéristiques de ce dernier astre ne sont pas compatibles avec ce scénario. En général, un système binaire ou triple se forme dans une poutrière d'étoiles (un vaste nuage de gaz où un grand nombre d'étoiles naissent en même temps). Par conséquent, les membres du système partagent certaines caractéristiques, dont la métallicité. Pour avoir un trou noir de 68 masses solaires, il faudrait donc que l'étoile de type B ait une faible métallicité, ce qui n'est pas le cas.

Une autre explication est que l'étoile de type B aurait été capturée sous l'effet de l'attraction gravitationnelle du trou noir. Dans ce cas, les astres ne seraient pas nés au même endroit et les progéniteurs du trou noir avaient peut-être une métallicité faible. Mais dans le cas d'une étoile capturée, la trajectoire est souvent très excentrique, c'est-à-dire très allongée. Or, justement, l'orbite de l'étoile est plutôt circulaire. Certains processus tendent à rendre circulaire une orbite, mais ils sont très lents, et bien trop lents par rapport à l'âge de notre étoile pour avoir été à l'œuvre ici. Bref, un trou noir de cette masse dans la Voie lactée est un vrai casse-tête. ■

SEAN BAILLY

Jifeng Liu et al., *Nature*, vol. 575, pp. 618-621, 2019

Le gigantopithèque enfin mis à sa place

Un énigmatique singe géant a vécu en Asie. Mais ses fossiles étant très peu nombreux et ses caractères morphologiques très particuliers, on ne parvenait pas à le placer dans l'arbre de parenté des grands singes. Une équipe menée par Frido Welker et Enrico Cappellini, de l'université de Copenhague, vient de régler ce problème à l'aide d'une nouvelle technique, la paléoprotéomique. Les explications d'Anne-Marie Bacon, qui a participé à ces travaux.

Propos recueillis par FRANÇOIS SAVATIER

ENTRETIEN AVEC ANNE-MARIE BACON paléontologue au CNRS, à l'institut médico-légal de Paris

Ainsi, il a existé en Asie un King Kong ?

En quelque sorte, même si faire de cet animal un King Kong ou un Yéti est peu scientifique. En fait, il s'agit du gigantopithèque, un grand singe qui devait mesurer 2,5 mètres de haut pour 300 kilogrammes. Étant spécialiste des faunes anciennes d'Asie du Sud-Est, j'ai fait partie de l'équipe constituée par Frido Welker et Enrico Cappellini pour le décrire. Nous en savons très peu, puisque nous ne disposons que de rares fossiles.

Pourquoi cette rareté ?

Parce que dans les milieux karstiques, très fréquents dans les régions tropicales de Chine du Sud et d'Indochine, pratiquement rien ne se conserve longtemps, à part quelques dents. Et ces fossiles ne subsistent le plus souvent que dans les grottes calcaires. Pour le gigantopithèque, nous n'avons ainsi que quatre mandibules chinoises et des dents isolées, dont certaines trouvées au Vietnam et en Thaïlande. Ces fossiles sont en outre dispersés dans le temps entre environ 2 millions d'années et 450 000 ans.

Est-ce pour cela que l'on n'arrivait pas à établir la parenté de ce grand singe ?

On se doutait qu'il était proche des orangs-outans, mais sans en avoir la certitude. Ces singes des forêts tropicales de Sumatra et de Bornéo appartiennent au genre *Pongo*, qui compte par ailleurs une dizaine d'espèces éteintes pour lesquelles on a un peu de matériel fossile, mais pas assez pour que la comparaison permette de situer le gigantopithèque sur le plan phylogénétique à partir de sa seule morphologie dentaire.

Dès lors, comment avez-vous établi sa parenté ?

Comme il n'était pas possible d'utiliser la comparaison morphologique des dents, Frido Welker et Enrico Cappellini ont eu recours à la paléoprotéomique – l'analyse

des protéomes, ces jeux de protéines caractéristiques d'un tissu biologique. Les chercheurs ont extrait le protéome de l'émail dentaire d'un gigantopithèque et l'ont comparé à ceux de l'émail dentaire des autres grands singes et même de l'homme, ce qui a permis d'établir ses relations de parenté avec toutes ces espèces. Plus précisément, pour construire l'arbre phylogénétique le plus probable et estimer les dates de divergence entre les lignées, ils ont appliqué, aux différents protéomes comparés, une méthode statistique élaborée – la méthode bayésienne.

Et qu'en ressort-il ?

D'abord, la certitude que le gigantopithèque est un ponginé, c'est-à-dire un animal plus proche de l'orang-outan que des autres grands singes actuels, les gibbons en Asie et les chimpanzés et gorilles en Afrique ; ensuite, que la divergence en Asie entre la lignée des orangs-outans et celle du gigantopithèque s'est produite il y a entre 10 et 12 millions d'années. Nous apprenons ainsi que l'histoire évolutive de ce singe a duré dix millions d'années, alors que nos plus anciens restes datent d'à peine 2 millions d'années...

Jusqu'où remontera-t-on dans le temps avec la paléoprotéomique ?

Je ne suis pas spécialiste de cette technique, mais il y a beaucoup d'efforts réalisés pour améliorer l'extraction des protéines anciennes, qui se conservent bien mieux que l'ADN. Ainsi, en milieu tropical, le plus ancien ADN jamais extrait a tout juste quelques milliers d'années, alors que les protéines les plus anciennes que l'on ait extraites – celles du gigantopithèque – ont 1,9 million d'années. C'est le record en Asie. En Europe, l'équipe d'Enrico Cappellini a pu extraire les protéines d'un rhinocéros de 1,77 million d'années, découvert à Dmanissi, en Géorgie. Mais il n'y a aucun doute : ces records seront battus.

F. Welker et al., *Nature*, en ligne le 13 novembre 2019