

VOYAGER 2 NOUS QUITTE

En 2012, la sonde spatiale *Voyager 1* a défrayé la chronique en quittant l'héliosphère, la « bulle » de l'espace sous l'influence magnétique des vents solaires. Donald Gurnett et William Kurth, de l'université de l'Iowa, viennent de montrer que sa jumelle *Voyager 2*, elle, a quitté l'héliosphère fin 2018. Les chercheurs ont exploité les données de la sonde pour étudier la densité du plasma au fil de son voyage. Ils ont noté une nette augmentation de cette densité en 2018 : en l'espace de moins d'une unité astronomique (environ 150 millions de kilomètres, la distance moyenne Terre-Soleil), cette densité a augmenté d'un facteur 10 à environ 120 unités astronomiques du Soleil ! Cette transition brutale indique la frontière de l'héliosphère, où le rayonnement cosmique, qui n'est alors plus bloqué par le vent solaire, crée un plasma plus dense. *Voyager 2* est donc le second objet fabriqué par des humains à quitter le Système solaire... ■

L. G.

D. Gurnett et W. Kurth, *Nature Astronomy*, vol. 3, pp. 1024-1028, 2019

QUAND LA PEINTURE VERTE BRUNIT

Dans de nombreuses peintures de la Renaissance, le vert éclatant a disparu pour devenir marron. Marion Alter, du CNRS et du Centre de recherche et de restauration des musées de France, et ses collègues ont élucidé le mécanisme de vieillissement en jeu. En comparant des échantillons de peinture exposés à la lumière et d'autres cachés sous le cadre, les chercheurs ont montré que les pigments à base de cuivre subissent une altération conjointe liée au rayonnement ultraviolet et au dioxygène. En présence de ces facteurs, des anions qui relient les ions Cu^{2+} sont remplacés par des paires d'ions oxygène. Le pigment vert prend alors une couleur brune.

Dans certains tableaux où la peinture était bouillie au préalable, les ions cuivre sont trop séparés les uns des autres pour être connectés par l'oxygène. Le vert se maintient alors dans le temps malgré l'exposition de la toile à la lumière. ■

MARTIN TIANO

M. Alter et al., *Inorg. Chem.*, vol. 58, pp. 13115-13128, 2019

UNE NÉCROPOLE DOMESTIQUE À NARBONNE



Sur cette épitaphe figurent les termes *Coll. Libertae*, signifiant « affranchi de la colonie ».

ÀNarbonne, les archéologues de l'Inrap s'agitent une fois de plus dans la boue. Ils tentent de restituer avec soin le fonctionnement intime de la nécropole romaine la plus vaste, et surtout la mieux conservée, découverte hors d'Italie. Pourquoi est-elle dans un si bon état ? Parce que la Robine, un ancien affluent de l'Aude, a régulièrement couvert ce vieux cimetière d'alluvions. Placées autour d'enclos maçonnés carrés auxquels on accédait par des sentiers, les sépultures sont à crémation dans 90 % des cas. De petits édifices carrés ou en forme de temple recouvrent certaines d'entre elles ; d'autres, plus simples, consistent juste en un lieu où une famille venait cuire des repas rituels et effectuer des libations à son défunt par l'intermédiaire d'un « conduit à libation », ménagé le plus souvent en retournant une amphore éculée sur l'intérieur de la tombe. Outre l'urne contenant les cendres et les os calcinés du défunt, la tombe contient des offrandes funéraires : pots de nourriture, fioles de verre à parfum, etc. Détail touchant, dans le cas des très jeunes défunts, ce mobilier funéraire comprend souvent un bracelet-amulette, un pendentif-amulette en forme de pénis, des jetons de jeu ou même un biberon en poterie.

L'impression d'ensemble est qu'une couche modeste de la population narbonnaise venait là se livrer à des rites familiaux. Laquelle ? La nécropole se trouve au croisement de deux routes qui menaient aux ports de la Narbonne romaine, et une épitaphe évoque un « affranchi de la colonie » (voir la photo ci-dessus). Il pourrait donc s'agir de la communauté constituée par les dockers, les administrateurs, les commis et autres « douaniers » – souvent esclaves – qui faisaient fonctionner le plus grand port de la Gaule romaine. ■

FRANÇOIS SAVATIER

Communiqué de l'Inrap : www.inrap.fr/exceptionnelle-necropole-antique-narbonne-14612

ASTROPHYSIQUE

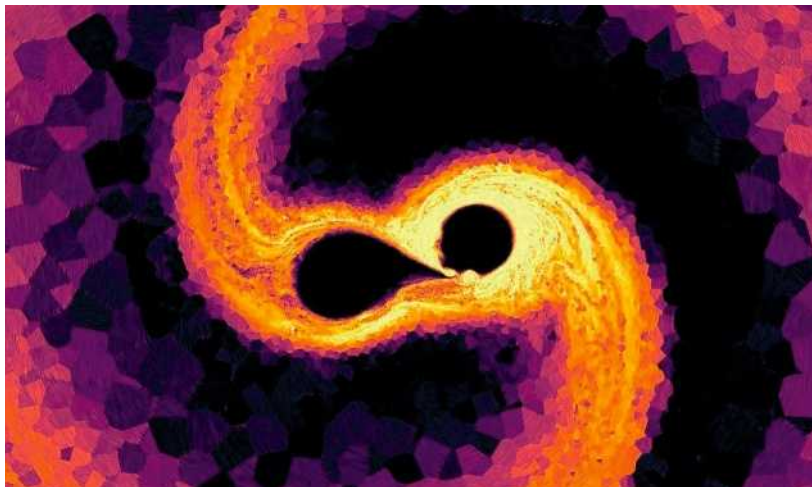
DES MAGNÉTARS NÉS DE LA FUSION D'ÉTOILES ?

Une simulation de la fusion d'étoiles massives appuie l'un des mécanismes qui expliqueraient le champ magnétique intense de certaines étoiles à neutrons.

En astrophysique, beaucoup d'astres font rêver par leur démesure. Parmi eux : les magnétars, des étoiles à neutrons dotées d'un champ magnétique extrêmement intense, parfois des centaines de milliards de fois plus intense que celui du Soleil. Ils sont aussi responsables d'émissions électromagnétiques violentes et irrégulières dans l'espace intersidéral. Par exemple, le 27 décembre 2004, une bouffée de rayons gamma venue d'un magnétar de la constellation du Sagittaire, à 50 000 années-lumière de la Terre, a brièvement ionisé une partie de l'atmosphère terrestre. Comment de tels astres se forment-ils ? Fabian Schneider, de l'université de Heidelberg, en Allemagne, et ses collègues viennent d'effectuer des simulations numériques afin d'explorer l'un des scénarios envisagés.

On sait depuis longtemps que les étoiles les plus massives achèvent leur vie en supernova : leurs couches extérieures sont éjectées vers l'espace tandis que leur cœur s'effondre, formant parfois une étoile à neutrons, un astre très dense. Les astrophysiciens pensent aussi que si l'étoile originelle a un fort champ magnétique, celui-ci est amplifié par l'implosion de l'étoile en une étoile à neutrons, à cause de la diminution de son rayon. Ainsi, les étoiles massives présentant déjà un fort champ magnétique sont d'excellents candidats pour être de futurs magnétars. On pense en outre que ces étoiles massives à fort champ magnétique seraient nées de la fusion d'étoiles classiques, dépourvues de champ magnétique intense.

C'est ce qu'ont voulu confirmer Fabian Schneider et ses collègues en simulant la fusion de deux étoiles à champ magnétique très faible. Ils ont montré qu'au cours de la fusion, des tourbillons de matière stellaire donnent naissance à des champs magnétiques très intenses. Ces derniers sont conservés par l'étoile fille qui, plus tard, deviendra donc potentiellement un magnétar. Une partie de l'énergie mécanique des deux étoiles mères a donc été transformée en énergie de champ électromagnétique, multipliant l'intensité du champ par un facteur d'environ 10^{18} , pour un champ final d'environ 10^4 teslas. L'étoile fille aura aussi gagné en température, en masse et en luminosité par rapport aux étoiles mères. Cela



Cette simulation montre la naissance d'une étoile telle que Tau Scorpion à partir de la fusion de deux astres. Il s'agit ici d'une vue en coupe de l'intensité du champ magnétique créé (champ intense dans les zones claires, faible dans les zones sombres).

**10¹¹ TESLAS
TELLE EST
L'INTENSITÉ DU
CHAMP MAGNÉTIQUE
QUE PRÉSENTENT
LES MAGNÉTARS
LES PLUS PUISSANTS.
C'EST ENVIRON DEUX
MILLIARDS DE FOIS
PLUS QUE LES
CHAMPS
MAGNÉTIQUES
CONTINUS LES PLUS
FORTS PRODUITS
PAR L'HOMME.**

donne un « coup de jeune » à l'étoile, qui semble ainsi moins âgée que ses voisines. Si l'étoile ainsi formée explose en supernova, les chercheurs s'attendent à ce que l'étoile à neutrons résultante présente un champ magnétique de l'ordre de 10^{10} ou 10^{11} teslas, des valeurs proches de celles observées pour les magnétars.

Plus précisément, Fabian Schneider et ses collègues ont ajusté les paramètres des deux étoiles mères (masses, vitesse de rotation, âge, rayon, etc.) pour que l'étoile fille, donnée par la simulation, ait les caractéristiques de Tau Scorpion, une étoile de la constellation du Scorpion ayant un fort champ magnétique. Ils ont donc simulé un scénario de naissance probable pour cette étoile qui est une « bleue tardive » (*blue straggler* en anglais), c'est-à-dire une étoile d'un amas stellaire beaucoup plus lumineuse et chaude que ses congénères, et paraissant donc plus jeune. Le scénario simulé rend bien compte des propriétés de Tau Scorpion. Cette dernière étant située à moins de 500 années-lumière de la Terre – un saut de puce à l'échelle astronomique –, il n'y a plus qu'à espérer qu'elle ne donnera pas un magnétar... ■

L. G.

F. Schneider et al., *Nature*, vol. 574, pp. 211-214, 2019

PALÉOCLIMATOLOGIE

LES CYCLES DU CLIMAT EN QUESTION

Les variations du rapport isotopique oxygène 18/oxygène 16 dans les sédiments montrent qu'au Pléistocène (il y a 2,6 millions d'années à 12 000 ans), les glaciations se sont d'abord succédé à intervalles de 40 000 ans, puis de 100 000 ans. Ce phénomène s'expliquerait par une diminution du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Mais les observations de l'équipe de Yuzhen Yan, de l'université de Princeton, mettent en doute cette explication. Ces chercheurs ont en effet mesuré les taux de dioxyde de carbone dans des bulles d'air préservées au sein de glaces antarctiques âgées de plus de 1 million d'années, quand les cycles étaient de 40 000 ans – et ont constaté qu'ils étaient comparables aux taux ultérieurs. ■

F. S.

Yuzhen Yan *et al.*, *Nature*, vol. 574, pp. 663-666, 2019

BIOLOGIE

APPRENTISSAGE ET MICROBIOTE

La flore intestinale, ou microbiote intestinal, joue de nombreux rôles vitaux pour notre organisme. Notamment, ces dernières années, plusieurs études ont établi des liens entre le cerveau et le microbiote. Le déséquilibre de ce dernier serait impliqué dans l'apparition de maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer, de troubles psychologiques comme la dépression et d'altérations du comportement. Toutefois, les mécanismes sous-jacents sont mal connus. L'équipe de David Artis, de l'université Cornell, aux États-Unis, a démontré chez la souris qu'une modification de la composition du microbiote intestinal accompagnée d'une diminution globale du nombre de bactéries engendre des changements dans l'expression des gènes de cellules neuronales. Chez ces souris, on observe par ailleurs une baisse de quatre métabolites dérivés du microbiote et une perturbation des processus d'apprentissage. Ce qui suggère que ces métabolites influeraient sur le cerveau en y altérant l'expression de gènes. ■

W. R.-P.

Coco Chu *et al.*, *Nature*, vol. 574, pp. 543-548, 2019

ÉTHOLOGIE

PAS DE BOUCHONS CHEZ LES FOURMIS



Les fourmis font des allers et retours entre leur nid et une réserve de nourriture, ce qui permet aux chercheurs d'étudier leurs collisions et leurs vitesses, moyennes ou instantanées.

Les embouteillages en voiture sont parfois une épreuve quotidienne; et, même à pied, les foules humaines denses sont lentes. Les fourmis, elles, font beaucoup mieux! En effet, les colonies de fourmis, composées de dizaines de milliers d'individus, adaptent leur comportement à la densité du trafic pour gagner en performances. Laure-Anne Poissonnier, de l'université de Toulouse, et ses collègues ont scruté leurs déplacements pour comprendre comment.

Les chercheurs ont installé un pont entre une fourmilière et une réserve de nourriture, entre lesquelles les fourmis font des allers-retours. Dans cette situation, les collisions entre individus sont nombreuses. L'équipe a augmenté la densité de fourmis (en réduisant la largeur du pont par exemple) et a étudié comment évoluait le flux de ces insectes. Surprise: le nombre de collisions croît, mais les fourmis ne font pas d'embouteillages! En effet, leur flux atteint une valeur maximale, mais sans diminuer ensuite, contrairement à celui des humains, qui décroît après une valeur maximale, jusqu'à s'annuler (c'est le «bouchon»). En outre, la vitesse moyenne des fourmis sur le parcours complet du pont atteint un maximum, contrairement à celle des humains qui, elle, décroît linéairement avec la densité. Cette observation *a priori* très surprenante s'expliquerait par une augmentation de la «vitesse de circulation libre» (la vitesse instantanée en dehors des collisions) avec la densité: les fourmis accélèrent pour compenser le temps perdu lors d'une collision. Ce comportement serait motivé par des concentrations plus fortes en phéromones lorsqu'il y a beaucoup de fourmis. Dépourvus de carapace protectrice, les humains seraient cependant mal avisés d'accroître eux aussi leur vitesse avec la densité... ■

L. G.

L.-A. Poissonnier *et al.*, *eLife*, article 48945, 2019