

Astrophysique

Une fratrie de sept planètes rocheuses

En mai 2016, une équipe internationale annonçait la découverte de trois exoplanètes autour de l'étoile nommée Trappist-1. De nouvelles observations montrent que ce système est encore plus riche et contient sept planètes rocheuses de taille comparable à celle de la Terre. Émeline Bolmont, membre de l'équipe, nous en dit plus.

en outre des torus susorbitaires, c'est-à-dire des arcades sourcilières en visière similaires à celles des Néandertaliens. Pour autant, leur gracilité les distingue des crânes des Néandertaliens européens et proche-orientaux. Par ailleurs, ils ont contenu des cerveaux trop gros pour être ceux de représentants tardifs d'*H. heidelbergensis* (l'ancêtre d'*H. neanderthalensis* et d'*H. sapiens*) ou d'*H. erectus* (leur ancêtre).

Il ressort que même s'ils portent des traits archaïques, les crânes de Lingjing sont graciles comme des crânes d'*H. sapiens*. En outre, ils partagent des caractéristiques avec les crânes néandertaliens et sapiens, ce qui suggère un métissage. Pour l'instant, donc, il n'est pas possible de les classer.

Pour Erik Trinkaus, ces crânes ne sauraient être néandertaliens au sens strict. Sur la même ligne, son coauteur chinois Xiu-Jie Wu propose qu'ils appartiennent à une nouvelle forme humaine qui, il y a quelque 100 000 ans, constituait le type humain de l'Asie orientale. Laquelle ? « Ces fossiles sont au bon endroit et au bon moment avec les bonnes caractéristiques », commente Jean-Jacques Hublin, de l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste. Au bon endroit et avec les bonnes caractéristiques, mais pourquoi ? Pour expliquer l'énigme des Denisoviens ?

Oui, mais l'homme de Denisova n'étant connu que par son ADN, il n'est pas possible à ce jour de lui attribuer les crânes de Lingjing. La paléogénéticienne Qiaomei Fu, connue pour avoir mis en évidence un métisse *neanderthalensis-sapiens* roumain, a bien essayé d'en extraire de l'ADN. Sans succès.

François Savatier

Z.-Y. Li et al., *Science*, vol. 355, pp. 969-972, 2017

Pourquoi étudier une étoile telle que Trappist-1 ?

Émeline Bolmont : Cet astre, situé à seulement 40 années-lumière, est une étoile naine. Or les études montrent que ces étoiles, qui représentent 75 % des astres dans le voisinage du Soleil, hébergent beaucoup de planètes rocheuses. En outre, la détection par la méthode du transit consiste à mesurer la baisse de luminosité lorsqu'une planète passe devant l'étoile et en occulte une partie de la surface. En proportion, avec une étoile naine, la baisse de luminosité est plus importante et le transit plus facile à détecter.

Enfin, les planètes sont plus proches de l'étoile et leur période orbitale est donc plus courte. Nous observons plusieurs transits pour chaque planète, ce qui nous donne plus d'informations.

Pourquoi avoir fait de nouvelles observations ?

É. B. : Les analyses de 2016 montraient la présence de signaux de planètes non encore identifiées. Plusieurs télescopes ont donc scruté le système, dont le télescope spatial *Spitzer* sur une période de 20 jours. Et nous avons découvert sept planètes, toutes de la taille de la Terre, ou un peu plus petites, et de périodes de révolution comprises entre 1,5 et 20 jours.

Vous avez aussi estimé leur masse ?

É. B. : La méthode du transit ne donne pas directement accès à la masse. Cependant, comme les planètes de Trappist-1 sont très regroupées, elles influent gravitationnellement les unes sur les autres. Conséquence : leurs orbites ne sont pas exactement périodiques et les transits sont parfois en avance ou en retard. Nous exploitons ces variations pour estimer les masses. De nouvelles données nous aideront à mieux les déli-



Émeline Bolmont, postdoctorante, CEA-Saclay

miter, et donc à connaître la densité des planètes. Nous saurons ainsi si ces corps sont pourvus d'une atmosphère. L'étude des enveloppes gazeuses sera l'un des objectifs du futur télescope spatial *James Webb*. Trappist-1 sera idéal pour les étudier, car, en observant de nombreux transits dans ce système compact, nous pourrions estimer la composition des atmosphères.

Et qu'en est-il de l'eau ?

É. B. : Trois des planètes sont dans la zone habitable, c'est-à-dire qu'elles

sont à une distance telle qu'elles reçoivent juste assez d'énergie de l'étoile pour que l'eau puisse subsister à l'état liquide à leur surface. D'après nos modèles, les deux planètes les plus proches de l'étoile auraient perdu leur eau quand l'astre était jeune et qu'il rayonnait intensément. Les futures observations seront un test pour ces modèles.

Qu'avez-vous appris sur la formation des systèmes planétaires ?

É. B. : Les planètes de Trappist-1 sont en résonance orbitale. Cela signifie qu'il y a des relations particulières entre les durées de révolution. Par exemple, quand la planète nommée Trappist-1f fait quatre tours, Trappist-1g en fait trois. Ce phénomène est typique d'un système de planètes qui se sont formées dans le disque protoplanétaire à bonne distance de l'étoile, dans des régions riches en eau, puis qui ont migré vers l'étoile. Une autre question est de savoir si sept planètes rocheuses représentent une configuration exceptionnelle. Nous ne le savons pas encore. Jusqu'à présent, les modèles de formation se concentraient sur des systèmes similaires à celui du Soleil. Plusieurs équipes commencent à en développer pour des étoiles naines.

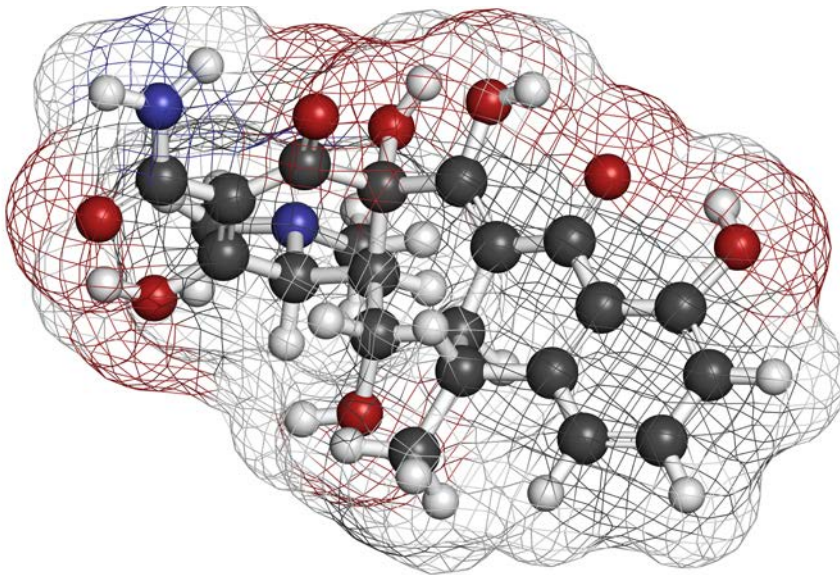
Sean Bailly

M. Gillon et al., *Nature*, vol. 542, pp. 456-460, 2017

Neurosciences

Un antibiotique contre la maladie de Parkinson ?

La doxycycline, un antibiotique classique, semble protéger les neurones d'animaux atteints de la maladie de Parkinson, en empêchant la formation d'agrégats toxiques.



© Shutterstock / molekul.be

Représentation d'une molécule de l'antibiotique doxycycline. Cette molécule empêche la formation d'agrégats toxiques d' α -synucléines dans le cerveau.

Les synucléinopathies, ou pathologies de l' α -synucléine, sont des neurodégénérescences cérébrales liées à l'accumulation anormale d'agrégats de protéines α -synucléines dans les neurones et les cellules environnantes. Les plus connues sont la maladie de Parkinson, qui touche 1 % des personnes de plus de 65 ans (100 000 à 120 000 personnes atteintes en France), la démence à corps de Lewy et l'atrophie multisystématisée.

Dans la maladie de Parkinson, les agrégats provoquent la mort de certains neurones, d'où les symptômes moteurs : tremblements, rigidité des muscles, lenteur des mouvements. Aucun traitement empêchant la mort neuronale ou l'agrégation de la protéine pathologique n'existe à ce jour, même si plusieurs pistes sont envisagées. Cependant, Rita Raisman-Vozari, Julia Sepulveda-Diaz et leurs collègues, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM) à Paris, viennent de montrer qu'un antibiotique classique utilisé depuis plus d'un demi-siècle pourrait éviter la mort

des neurones en modifiant l'agrégation de l' α -synucléine.

L' α -synucléine est présente dans toutes les cellules, mais sa fonction normale reste méconnue. En revanche, dans certaines conditions, elle se modifie et s'aggrave pour former des oligomères, des associations de plusieurs protéines, puis des fibrilles, des enchevêtrements de plusieurs oligomères. Ces fibrilles provoquent une activation du système immunitaire et la libération de facteurs inflammatoires, qui perturbent l'activité des mitochondries (les centrales énergétiques des cellules). Des molécules oxydées toxiques apparaissent alors – ce que l'on nomme le stress oxydatif –, qui, à leur tour, amplifient le phénomène d'agrégation tout en abîmant la membrane des cellules. Tous ces facteurs contribuent à la mort des neurones.

Les chercheurs tentent donc d'agir à différents niveaux de ce processus : bloquer l'inflammation, empêcher l'agrégation de l' α -synucléine, limiter le stress oxydatif, rétablir l'activité des mitochondries. Mais les molécules

efficaces *in vitro* ne protègent pas les neurones *in vivo*. Sauf une : la doxycycline, un antibiotique de la famille des tétracyclines, qui tue les bactéries, mais qui a aussi un effet protecteur chez les animaux développant une maladie de Parkinson.

Comment agit cet antibiotique ? Des études antérieures ont montré que la doxycycline a des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes, insuffisantes toutefois pour expliquer la neuroprotection. Les chercheurs de l'ICM ont donc supposé qu'elle avait une autre cible.

En faisant incuber de la doxycycline avec des protéines α -synucléines et en utilisant des techniques d'observation moléculaire telles que la microscopie électronique à transmission, ils ont constaté que les oligomères ne se transformaient jamais en fibrilles et que l'antibiotique se liait à des sites spécifiques des oligomères. Ces derniers adoptaient alors une structure différente de celle formée sans antibiotique et incapable de s'agréger. Puis, en plaçant des cellules en contact d' α -synucléine et de doxycycline, les chercheurs ont montré qu'elles ne mouraient pas, leur membrane restant intacte.

La doxycycline ne se fixe pas sur les monomères, qui ont probablement des fonctions importantes dans les conditions normales, et traverse la barrière protégeant le cerveau. Et ce, dès l'administration d'une dose de 20 à 40 milligrammes par jour, bien inférieure à celle ayant un effet antibiotique. Il est donc envisageable de l'utiliser chez l'homme. Un essai clinique sera prochainement lancé pour évaluer son efficacité chez les patients atteints d'une synucléinopathie.

Bénédicte Salthun-Lassalle

F. González-Lizárraga et al., *Scientific Reports*, en ligne le 3 février 2017

1%
des Français

de plus de 65 ans souffrent de la maladie de Parkinson. C'est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente en France. Aucun traitement curatif n'existe.

Archéologie

Un temple mithraïque en Corse



© Denis Gliksmann/Inrap



Le bas-relief brisé trouvé dans les ruines du sanctuaire païen de Mariana avait la composition habituelle des représentations cultuelles du dieu Mithra (ci-dessus).

Outre des peuples locaux, la Corse romaine comptait deux colonies: l'une, Aleria, fondée par Sylla, et l'autre, Mariana, fondée par Marius. Les *Mariani* qui l'habitaient pratiquaient certaines des religions de l'Empire. La découverte, sur le site de la colonie (à Lucciana), d'un lieu de culte dédié au dieu Mithra, par Philippe Chapon et son équipe de l'Inrap, n'étonne donc pas, mais elle illustre la romanité des *Mariani*, qui comptaient des païens, certes, mais aussi certains des premiers chrétiens de l'île.

Comme le culte mithraïque s'exerçait initialement dans des

grottes naturelles, les *mithraea* étaient petits, exigus et sans fenêtres, afin d'imiter une cavité: au bout d'un couloir se trouvait une représentation du dieu Mithra tauroctone, c'est-à-dire en train de tuer le taureau. Celui de Mariana ne fait pas exception. Mesurant 11 mètres par 5, la salle de culte consistait en un couloir central surcreusé, bordé de deux longues banquettes larges de 1,8 mètre et limitées par un muret soigneusement enduit à la chaux. Deux niches voûtées en briques aménagées dans l'épaisseur des banquettes se faisaient face. L'une d'elles contenait encore trois lampes à

huile intactes. Divers éléments en marbre ont été exhumés, dont une tête de femme. Deux clochettes en bronze, de nombreuses lampes brisées et des pots à pâte fine pourraient avoir servi au culte. Une plaque de bronze et une de plomb portent des inscriptions – peut-être des *ex-voto*.

On sait que le culte mithraïque a disparu après 392, l'année de la victoire de Théodose I^{er} sur les derniers résistants païens. Leurs temples furent alors consacrés en églises ou détruits. Le bas-relief brisé de celui de Mariana suggère une destruction.

F.S.

De la bombe à la Lune

Le 16 juillet 1945, les États-Unis effectuaient le premier essai d'arme nucléaire de l'histoire, dans le désert du Nouveau-Mexique. La chaleur extrême dégagée par l'explosion a vitrifié une partie du sable sur un rayon de 350 mètres.

Frédéric Moynier, de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) et ses collègues ont eu l'idée d'analyser la composition des verres produits afin de tester des scénarios de formation de la Lune. En effet, selon la théorie la plus probable, la Lune serait née d'une collision entre la Terre et un corps de la taille de Mars, il y a 4,5 milliards d'années. L'impact aurait conduit à un appauvrissement en éléments volatils dans les matériaux de la Lune.

Ce scénario est difficile à reproduire en laboratoire, mais les conditions de l'explosion d'une bombe nucléaire s'en rapprochent. Dans les sables vitrifiés, les chercheurs ont mis en évidence une raréfaction en zinc corrélée à la température locale lors de l'explosion nucléaire. Exactement ce qu'implique le scénario lunaire.

Physicochimie

La désagrégation d'une goutte alcoolisée

Les expériences de l'équipe d'Étienne Reyssat et de José Bico, de l'ESPCI à Paris, sont très belles. Sous l'influence de l'évaporation de l'alcool, une goutte d'un mélange eau-alcool déposée à la surface d'un bain d'huile explose en une myriade de gouttelettes.

Les chercheurs ont observé qu'un régime instable se déclenche si l'alcool représente au moins un tiers de la masse de la goutte. Celle-ci commence par s'étaler, atteint en quelques secondes un rayon de l'ordre du centimètre, puis se fragmente: le bord de la goutte éjecte une multitude de gouttelettes d'un diamètre inférieur au millimètre.

À partir de ce moment, le rayon de la goutte «mère» diminue et celle-ci finit par disparaître.

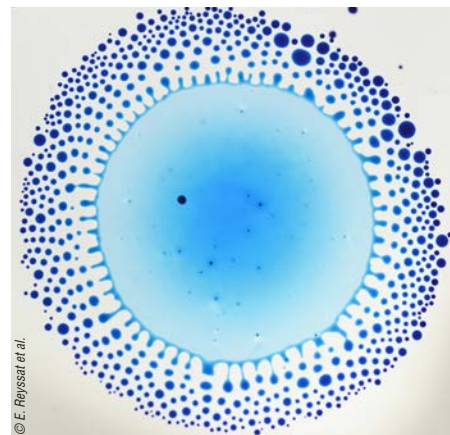
Que se passe-t-il? L'évaporation de l'alcool modifie localement la tension de surface de la goutte. Or les différences de tension de surface engendrent des écoulements: c'est l'effet Marangoni, surtout étudié sur un support solide (à l'œuvre par exemple dans la formation de «larmes» sur les parois d'un verre de vin). L'évaporation de l'alcool dans la goutte est maximale aux bords, où l'épaisseur est la plus faible. La variation de tension de surface à mesure que l'alcool s'évapore engendre un écoulement Marangoni

radial, du centre vers l'extérieur. À partir d'un certain point, les bords deviennent instables et se désagrègent. Des gouttelettes se forment. Du fait de la vitesse du flux Marangoni (un centimètre par seconde), elles semblent expulsées de la goutte mère.

Le mécanisme exact de l'instabilité reste à éclaircir, mais les chercheurs comprennent pourquoi le phénomène n'est pas visible lorsque le support est solide: les vitesses du flux étant alors trop faibles, les gouttelettes ne peuvent pas s'échapper.

S.B.

L. Keiser et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 118, 074504, 2017



© E. Reyssat et al.

L'évaporation de l'alcool contenu dans une goutte déposée sur un film d'huile conduit à une spectaculaire explosion de gouttelettes.

Curieuses dunes de Tchouri

Les images de la surface de la comète Tchouri prises par la sonde *Rosetta* ont révélé des structures en forme de dunes. En outre, sur un intervalle de 16 mois, ces dunes se sont déplacées. *A priori*, le dégazage radial de la comète ne permet pas leur formation. Philippe Claudin et deux collègues, de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles, à Paris, ont étudié la dynamique de l'atmosphère ténue. Ils ont montré qu'à l'approche du périhélie de la comète, des vents thermiques soufflaient entre la face éclairée et la face cachée du corps. Ces vents, assez denses, ont transporté les grains de la surface et les ont accumulés, ce qui a formé les dunes.

Un gecko perd sa peau

Une nouvelle espèce de gecko à écailles, *Geckolepis megalepis*, a été décrite par une équipe dirigée par Mark Scherz, de l'université Louis-et-Maximilien, à Munich, et Frank Glaw, du Muséum zoologique de Munich. Parmi toutes les espèces de geckos, *G. megalepis* a les plus grandes écailles. Il est aussi capable de les perdre au moindre toucher, ce qui peut l'aider à échapper à un prédateur. En quelques semaines, les écailles et la peau se régénèrent sans laisser de cicatrices.

Sécheresses voyageuses

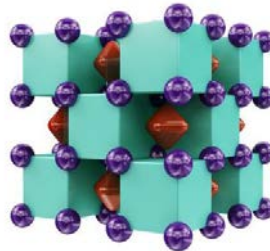
La plupart des épisodes de sécheresse évoluent au cours du temps, mais restent centrés sur une même région. En étudiant la dynamique spatiotemporelle des sécheresses entre 1979 et 2009, Julio Herrera-Estrada, de l'université Princeton, et ses collègues ont montré que dans près de 10 % des cas, ces phénomènes climatiques se déplacent parfois sur des distances importantes, entre 1 400 et 3 100 kilomètres. Ces épisodes de sécheresses sont souvent parmi les plus sévères et les plus dévastateurs pour les populations et l'agriculture.

Chimie

L'hélium se lie au sodium à haute pression

Dans le tableau périodique des éléments, l'hélium se place dans la dernière colonne, celle des éléments nobles. Comme ses comparses, il est chimiquement inerte : l'atome d'hélium ne se lie pas à d'autres, du fait de la très grande stabilité de son cortège électronique. Il existe cependant quelques rares exceptions de molécules peu stables ou faiblement liées impliquant de l'hélium.

Une façon d'obtenir des composés stables est d'augmenter la pression. Mais de telles molécules existent-elles pour l'hélium ? C'est bien ce qu'ont trouvé Artem Oganov, de l'université Stony Brook, aux États-Unis, et ses collègues. À partir d'une analyse numérique, ils ont étudié différentes configurations avec plusieurs éléments et ont montré que le sodium



La structure du Na_2He : en violet les atomes de sodium, en vert ceux d'hélium, en rouge les paires d'électrons.

semble pouvoir se lier de façon stable à l'hélium. Les chercheurs ont ainsi calculé que le composé Na_2He se formerait au-dessus de 160 gigapascals. Sa structure serait semblable à celle de la fluorine (CaF_2). Elle ressemble à un échiquier tridimensionnel où chaque intersection est occupée par un atome de sodium et chaque case

est alternativement occupée par un atome d'hélium ou une paire d'électrons. Les atomes d'hélium ne forment pas vraiment de liaison, mais leur présence exerce une influence sur les atomes de sodium et conduit à cette forte localisation des paires d'électrons. Ces derniers ne sont donc pas mobiles ; par conséquent, le composé est un isolant électrique.

Sous la direction d'Alexander Goncharov, de l'institut Carnegie pour la science, à Washington, les chercheurs ont utilisé une presse de diamant pour synthétiser Na_2He . Celui-ci s'est formé à partir de 113 gigapascals. Différentes analyses ont confirmé la structure et la stabilité du composé.

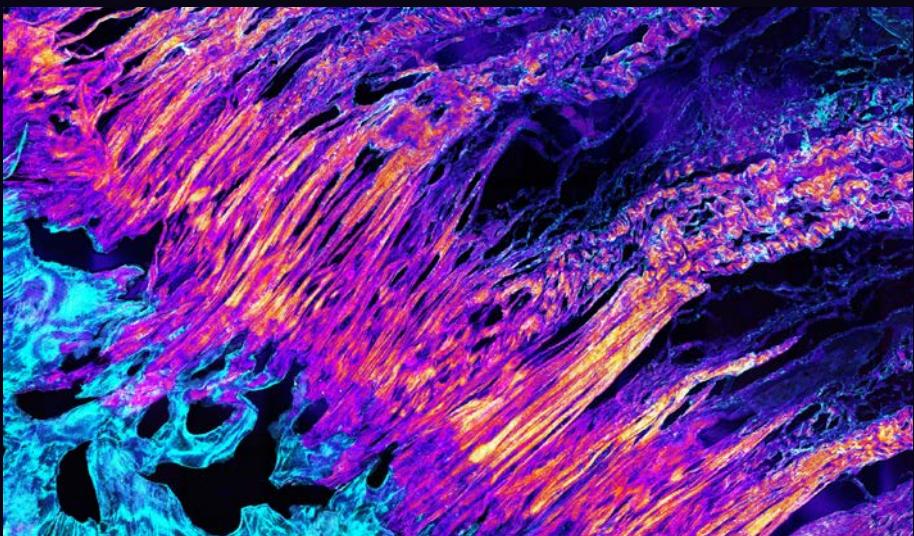
S. B.

X. Dong et al., *Nature Chemistry*, en ligne le 6 février 2017

Insolite

Agile talon

Le talon d'Achille n'était pas entièrement vulnérable. Entre le tendon (*en bas à gauche*) et l'os (*en haut à droite*) du talon, une zone de 0,5 millimètre d'épaisseur constituée de fibres de collagène assure à elle seule une connexion qui résiste à des charges équivalentes à plusieurs centaines de kilogrammes, quelle que soit l'orientation de la force appliquée. Leone Rossetti et Lara Kuntz, de l'université technique de Munich, et leurs collègues ont découvert ce tissu en scrutant la jonction au microscope confocal.



© Rossetti/Kuntz/TUM