

Moisson de poussières

En 2006, une capsule de la mission *Stardust* est revenue sur Terre. Elle abritait un réceptacle à aérogel qui a capté des poussières dans l'espace. Pour identifier celles-ci, 30 000 volontaires ont scruté les clichés de l'aérogel. Parmi les impacts, sept candidats ont été retenus comme pouvant être des poussières interstellaires. Mais Andrew Westphal, de l'Université de Berkeley, et ses collègues ont montré que les grains ont des compositions et des structures variées, qui s'accordent mal avec les modèles théoriques.

Une nuée de robots

De nombreux exemples de systèmes auto-assemblés existent dans la nature, mais la capacité de gérer simultanément les interactions d'une foule et le comportement des individus est un défi pour les systèmes artificiels. Michael Rubenstein et ses collègues, de l'Université Harvard, ont fabriqué une nuée de 1 000 petits robots autonomes. Chacun est équipé d'algorithmes qui définissent les règles qu'il doit appliquer en fonction de son voisinage, tout en suivant une instruction globale qui conduit la nuée à reproduire une forme simple, telles une étoile ou la lettre H.

Des coraux qui ont du nez

Les coraux déclinent : près de 50 % de ceux du Pacifique tropical ont déjà disparu. Or Danielle Dixon, de l'Institut *Georgia Tech*, à Atlanta, et ses collègues ont montré que leurs larves et celles des poissons coralliens se fient à leur odorat (sensibilité aux composés présents dans l'eau) pour se diriger préférentiellement vers les récifs sains, négligeant ceux qui sont détériorés et envahis par les algues. Les chercheurs suggèrent donc de diffuser des composés chimiques adéquats lors de la réhabilitation des récifs.

Science des matériaux

Comment protéger les canalisations en béton ?

Les réseaux de canalisation, sur lesquels les gouvernements du monde entier ont tant investi depuis plus d'un siècle, se dégradent et nécessitent d' coûteux travaux de maintenance. On sait que la dégradation des canalisations en béton est en grande partie due à la présence de sulfure d'hydro-

gène (H_2S) dans les eaux usées. Ilje Pikaar et ses collègues de l'Université du Queensland, en Australie, ont analysé l'eau d'une banlieue urbaine de la région. Ils ont montré que 52 % du H_2S présent sont dus à l'utilisation de sulfate d'aluminium comme coagulant ou comme purifiant, lors du traitement de l'eau potable. En

dehors du sulfate d'aluminium, le H_2S provient des déchets à 38 % et de l'eau de source à 10 %.

Les ions sulfate (SO_4^{2-}) sont transformés en H_2S par certaines bactéries, puis en acide sulfurique (H_2SO_4) par d'autres. Il en résulte une dégradation du béton de plusieurs millimètres par an. I. Pikaar et ses collègues proposent de remplacer le sulfate d'aluminium par d'autres coagulants plus coûteux mais dépourvus de sulfate, tel le chlorure de fer. Différentes simulations sur ordinateur ont indiqué que dans de nombreux cas, cette solution permettrait de réduire notablement la dégradation des canalisations.

Benoît Mahé

Science, vol. 345, pp. 812-814, 2014

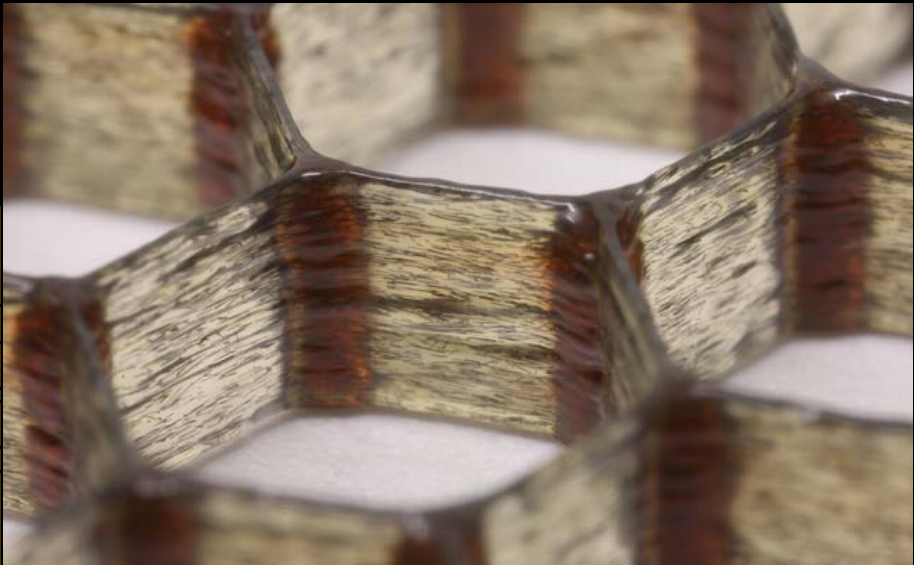


© Ami natari / shutterstock.com

Insolite

Un matériau en nid d'abeille qui imite le bois

Brett Compton et Jennifer Lewis, de l'Université Harvard, se sont inspirés de la structure du bois pour fabriquer avec une imprimante 3D un matériau composite léger et rigide. Le bois est constitué de fibres de cellulose intégrées dans une matrice de lignine. Les chercheurs ont introduit des fibres de carbone dans la résine d'époxy de leur dispositif, l'ont façonné en nid d'abeille, et ont ainsi obtenu un matériau deux fois plus rigide que les composites plastiques imprimés.



© Brett Compton, Lori Sanders et Jennifer Lewis, Université Harvard



ESA/Hubble, NASA, HST Frontier Fields M. Jauzac et J.-P. Kneib

Astrophysique

Un amas de galaxies cartographié avec une précision inégalée

En combinant les effets de lentille gravitationnelle et l'observation en rayons X d'un amas de galaxies, des astrophysiciens ont déterminé très précisément comment sa masse est répartie.

Dans le cadre du programme *Hubble Space Telescope Frontier Fields*, des effets de lentille gravitationnelle ont été répertoriés pour cartographier la distribution de la matière dans des amas de galaxies. Mathilde Jauzac, de l'Université de Durham, et ses collègues ont ainsi établi, pour l'amas MACSJ0416, la carte de la distribution de matière la plus précise jamais réalisée d'un amas galactique. Ils en ont aussi étudié la dynamique.

D'après la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein, une grande concentration de masse – telle une étoile, une galaxie ou un amas de galaxies – déforme l'espace-temps autour d'elle et dévie ainsi les rayons lumineux provenant d'une source plus éloignée et passant à proximité. Si l'objet massif est aligné avec la source d'arrière-plan, les rayons lumineux convergent vers l'observateur, de sorte que la luminosité de la source paraît amplifiée ; on parle alors de lentille gravitationnelle. L'effet de lentille est dit fort lorsque la lumière est amplifiée, que plusieurs images de la source sont visibles ou que l'image est

tellement déformée que la source apparaît sous forme d'arcs lumineux. Lorsque la déviation est moins importante et l'image de la source légèrement déformée, on parle d'effet de lentille gravitationnelle faible.

Les effets de lentille gravitationnelle permettent d'estimer la masse de l'objet constituant la lentille. M. Jauzac et ses collègues ont ainsi utilisé les données du télescope *Hubble* pour mesurer les effets de lentille créés par l'amas MACSJ0416. L'élément remarquable est le nombre élevé d'images liées à l'effet de lentille gravitationnelle fort : les chercheurs en ont recensé 194 à partir de 68 objets situés en arrière-plan. En ajoutant les observations d'effets de lentille faible en périphérie de l'amas, et les données en rayons X du télescope spatial *Chandra*, ils ont estimé la masse de l'amas à environ $1,15 \times 10^{15}$ masses solaires, pour trois millions d'années-lumière d'extension. Le gaz et les étoiles représenteraient environ un dixième de la masse totale, le reste étant sous forme de matière noire, de nature encore inconnue.

Les astrophysiciens ont pu cartographier la répartition de la matière dans l'amas avec une précision inégalée. Ils y observent deux zones très denses, confirmant ce que l'on savait déjà en observant la répartition de ses galaxies : MACSJ0416 est formé de deux amas en cours de collision. Mais l'état actuel correspond-il à un état antérieur ou postérieur à la collision ?

Dans l'amas MACSJ0416, la situation n'est pas claire. M. Jauzac et ses collègues ont imaginé deux scénarios pour expliquer les observations. L'un correspond à une situation antérieure à la collision ; dans l'autre, les amas se sont déjà frôlés – échauffant une partie du gaz – puis se sont éloignés. Mais du fait de l'attraction gravitationnelle, l'amas le plus léger revient vers l'amas le plus lourd et une deuxième collision est en vue. De nouvelles données du télescope *Chandra* sont attendues ; elles permettront de trancher entre ces deux scénarios.

S. B.

M. Jauzac et al., *MNRAS*, vol. 443(2), pp. 1549-1554, 2014

Cette image en fausses couleurs représente la distribution de matière dans l'amas de galaxies MACSJ041. On distingue les galaxies, le gaz chauffé (en rouge autour des galaxies), qui émet des rayons X, et la matière noire (en bleu), trahie par les effets de lentille gravitationnelle.

Mathématiques

La conjecture de Kepler formellement démontrée

Quelle est la meilleure façon d'empiler les oranges sur les étagères des primeurs pour perdre le moins d'espace possible ? Ou, en termes mathématiques, quel est l'arrangement compact de sphères identiques le plus dense ? En 1611, Johannes Kepler émet la conjecture que l'arrangement optimal est un empilement de plans où chaque sphère repose dans le creux formé par trois sphères adjacentes du plan inférieur. Cela correspond à deux configurations, l'empilement cubique à faces centrées et l'empilement hexagonal, la densité étant d'environ 74 pour cent. Thomas Hales, de l'Université de Pittsburgh, et son équipe ont enfin obtenu une démonstration formelle de cette conjecture.

En 1998, T. Hales avait soumis une première démonstration, longue de 300 pages. Une équipe de 12 mathématiciens avait été constituée pour vérifier la preuve, mais, après quatre années d'efforts, elle déclara que la démonstration est probablement juste à au moins 99 pour cent. Elle n'a pas pu s'assurer qu'aucune faille ne s'y était glissée.

En effet, dans une démonstration mathématique, il n'est pas rare que certaines étapes logiques soient omises, parce que considérées comme simples ou connues du lecteur. C'est aussi vrai lorsque des programmes informatiques sont utilisés, comme c'est le cas dans la démonstration de T. Hales. Par exemple, l'appel à certaines fonctions cache des algorithmes dont il n'est pas prouvé qu'ils n'introduisent pas des failles dans le raisonnement.

T. Hales a alors décidé de produire une preuve formelle de la conjecture et a créé, dès 2003, le projet *Flyspeck*. Dans une démonstration formelle, on s'assure que chaque étape de la preuve est logiquement valide. Cette approche est mise en œuvre grâce à des assistants de preuve sur ordinateur, qui utilisent une syntaxe logique pour construire la démonstration. Le 10 août 2014, l'équipe de T. Hales a annoncé la réussite du projet : la preuve formelle de la conjecture de Kepler a été obtenue, ce qui confirme que le résultat de 1998 était correct.

S. B.

<https://code.google.com/p/flyspeck/>

Astrophysique

Rosetta à portée de la comète

Après un voyage de 10 ans, la sonde spatiale *Rosetta* arrive au terme de son périple. Lancée le 2 mars 2004, cette mission de l'ESA (l'Agence spatiale européenne) devait étudier de près la comète 67P / Tchourioumov-Guérassimenko. La rencontre a eu lieu le 6 août.

La sonde est maintenant en orbite à quelques dizaines de kilomètres de la surface de la comète, dont le noyau est constitué de deux blocs collés. Grâce aux photographies de la comète prises par les instruments de *Rosetta*, les chercheurs du CNES ont sélectionné cinq sites possibles pour larguer l'atterrisseur *Philæ* en novembre. Ce dernier s'amarrera à la surface, car la gravité de la comète est faible. Il effectuera une batterie de mesures pendant quelques mois

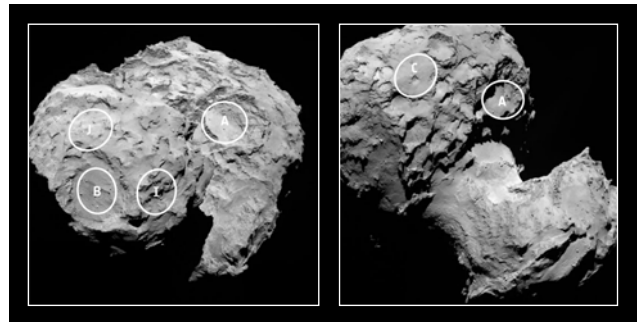
si les conditions sont bonnes. En particulier, il percera la roche, prélèvera des carottes et en analysera la composition grâce à un petit laboratoire embarqué.

De prochaines photographies à plus basse altitude permettront d'évaluer plus précisément chacun des sites d'atterrissage.

Si tout se passe comme prévu, les données recueillies par *Rosetta* et *Philæ* permettront aux astrophysiciens de mieux comprendre comment le Système solaire s'est constitué. Les chercheurs en ont une vision globale, mais de nombreuses questions restent à éclaircir à l'aide des comètes, qui ont une composition proche de celle du Système solaire lors de sa formation.

S. B.

<http://blogs.esa.int/rosetta/>



Pour poser l'atterrisseur *Philæ*, les chercheurs de l'ESA doivent trouver un site favorable. Ils en ont déjà sélectionné cinq (notés A, B, C, I et J). Une analyse plus fine permettra d'estimer celui qui sera retenu.

Transformer un mauvais souvenir en un bon

L'émotion associée à un souvenir peut changer. Roger Redondo, du MIT, et ses collègues ont conditionné certaines souris à avoir peur d'un endroit (associé à un choc électrique) et d'autres à le trouver agréable. Ils ont ensuite inversé le conditionnement, tout en réactivant le souvenir par des techniques dites d'optogénétique. Ils ont alors constaté un changement des connexions entre les traces neuronales du souvenir situées dans l'amygdale, une aire cérébrale associée aux émotions, et celles localisées dans d'autres aires.

Les neutrinos, témoins de l'activité solaire

L'énergie du Soleil provient surtout de la fusion de protons, qui émet entre autres des neutrinos et des photons. Les neutrinos s'échappent en quelques secondes de l'astre, contre plus de 100 000 ans pour les photons. Le flux de ces neutrinos a été mesuré avec l'expérience *Borexino*, une détection difficile du fait de leur faible énergie. Les valeurs de la puissance du Soleil calculées à partir de ce flux et de celui des photons sont très proches. Cela montre que l'activité solaire a été stable durant les 100 000 dernières années.

Réparer les articulations avec le nez

Pour traiter l'arthrose ou les blessures articulaires, les médecins cultivent des cellules du tissu lésé qu'ils réimplantent. Mais la méthode est peu efficace. L'équipe d'Ivan Martin, de l'Université de Bâle, a montré que le cartilage du nez se développe mieux que les autres. D'où l'idée d'utiliser ses cellules dans d'autres tissus lésés.

Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux

