

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

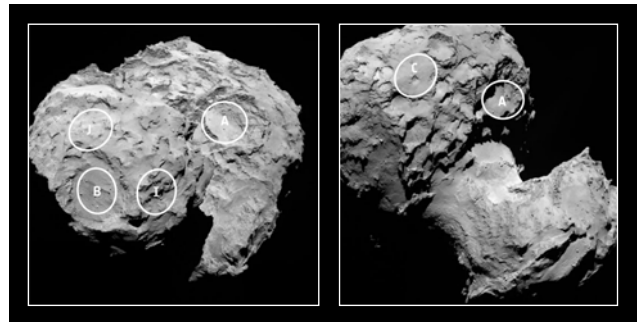
si les conditions sont bonnes. En particulier, il percera la roche, prélèvera des carottes et en analysera la composition grâce à un petit laboratoire embarqué.

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



POINT DE VUE

Fièvre d'Ebola : une épidémie déroutante

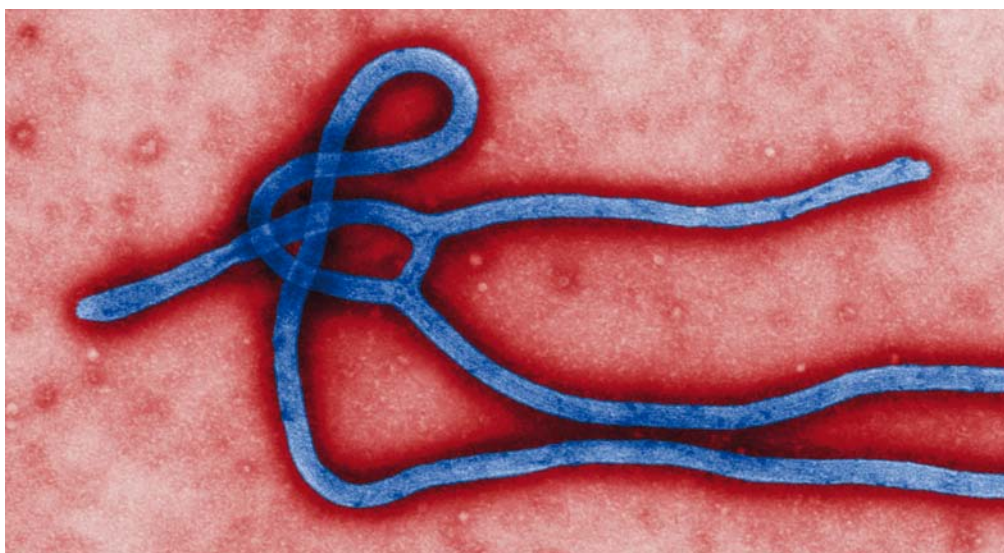
Une inquiétante et inédite épidémie de fièvre hémorragique sévit en Afrique de l'Ouest. La contagion est en principe facile à enrayer... à condition d'en avoir les moyens !

Jean-Claude MANUGUERRA

Ebola est le nom d'une rivière proche de Yambuku, localité du Nord-Est de la République démocratique du Congo (RDC, l'ex-Zaïre). C'est dans cette ville d'Afrique centrale qu'a éclaté, en 1976, l'une des deux premières épidémies identifiées de cette fièvre hémorragique, qui ont touché 602 personnes au Zaïre et au Soudan, dont 431 sont décédées. Depuis février 2014, une nouvelle épidémie sévit en Afrique de l'Ouest ; elle est déroutante et sa gravité inquiète, avec plus de 1 400 décès dénombrés à la fin août. Qu'en connaît-on et quelles sont les principales craintes ?

Le virus Ebola, isolé en 1977 et dont des chauves-souris frugivores seraient le réservoir, est un virus à ARN du genre *Ebolavirus*. Parmi les cinq espèces de ce genre, l'espèce *Zaïre* est la plus pathogène pour l'homme, avec une létalité maximale de 90 %, suivie de l'espèce *Soudan* (létalité maximale de 65 %), puis de *Bundibugyo* (25 %) et enfin du virus *Forêt de Tai* (un seul cas non mortel). Quant au virus *Reston*, il n'est pas pathogène pour l'homme.

Le début de la maladie, en phase clinique, est non spécifique et ressemble à un syndrome grippal : brusque montée de la température avec une importante asthénie, des douleurs musculaires, des maux de tête et de gorge. Puis apparaissent très vite des douleurs abdominales avec vomissements, diarrhée et parfois éruption cutanée, accompagnés d'une importante altération de l'état général. Insuffisances hépatique et rénale complètent le tableau avec des signes hémorragiques fréquents



[assez peu toutefois dans l'épidémie en cours] et variés.

Le virus Ebola peut infecter à tout âge tant les femmes que les hommes. Les personnes infectées encore en phase d'incubation (qui dure cinq à dix jours en général) ne transmettent pas le virus. Ainsi, seul un malade, c'est-à-dire une personne infectée présentant des signes cliniques, est contagieux.

La contamination exige un contact direct avec des organes et fluides corporels tels que le sang, les urines, les selles, les vomissements et la sueur d'un malade. L'infection résulte de la pénétration du virus par une plaie (même minime) sur la peau ou par les muqueuses buccales ou oculaires, ou par une piqûre avec une seringue par exemple.

Il n'existe aucun traitement spécifique de la fièvre d'Ebola. Des molécules actives

et des vaccins sont en cours d'essais cliniques, mais restent non commercialisés. L'efficacité de l'immunothérapie passive (administration d'anticorps) fait débat et n'a pas été prouvée, le nombre de patients traités étant encore trop petit. Quant à des vaccins potentiels, ils ne sont sans doute pas compliqués à concevoir, mais prouver leur efficacité sur le terrain et les appliquer serait pratiquement impossible, compte tenu du petit nombre de flambées épidémiques et de leurs lieux imprévisibles.

L'épidémie en cours, pour laquelle l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a reconnu que les conditions d'une urgence de santé publique de portée internationale étaient réunies, est inédite pour plusieurs raisons. À part la Côte d'Ivoire en 1994, le virus Ebola n'avait jamais frappé l'Afrique