

LA JOUISSANCE DES MOUCHES

Les drosophiles (mouches du vinaigre) mâles recherchent de toute évidence à s'accoupler avec des femelles, mais quelle est l'étape, de la cour jusqu'à la copulation, qui leur procure le plus de plaisir? Une équipe menée par Shir Zer-Krispil et Galit Shohat-Ophir, de l'université Bar-Ilan, en Israël, a montré qu'il s'agit probablement de l'éjaculation: en la provoquant artificiellement, ces chercheuses ont reproduit les divers symptômes physiologiques et comportementaux associés à un accouplement réussi. Pour ce faire, elles ont utilisé des mâles de drosophile génétiquement modifiés de façon que certains neurones, dits Crz, déclencheurs de l'éjaculation, puissent être activés par une lumière rouge. Et ont notamment constaté que ces mâles choisissent de se placer sous la lumière stimulatrice... ■

MAURICE MASHAAL

S. Zer-Krispil et al., *Current Biology*, vol. 28, pp. 1-8, 2018

ÉVOLUTION

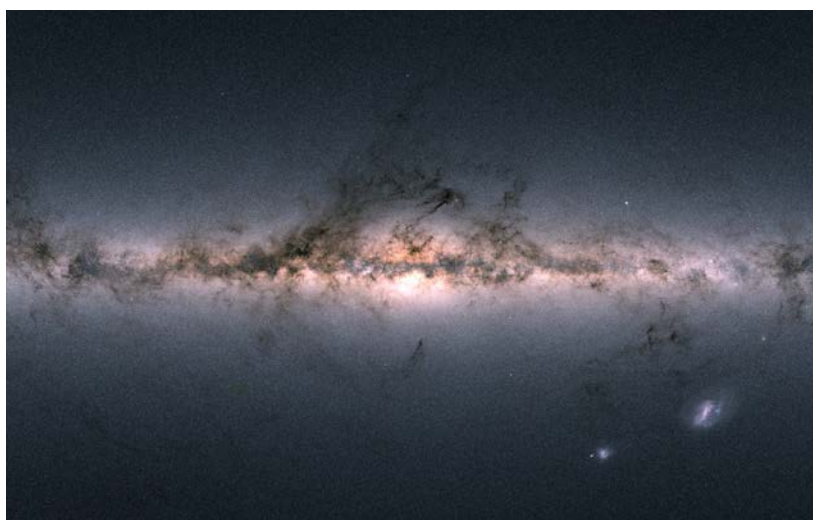
L'ADAPTATION DES NAGEURS

En Asie du Sud-Est, les Bajaus, aussi nommés «nomades de la mer», vivent des ressources de l'océan. Ils plongent, par exemple, pour récolter des crustacés ou pêcher des poissons. Leurs performances sont spectaculaires: ils peuvent rester en apnée pendant près de cinq minutes et passer, au total, plusieurs heures par jour sous l'eau sans respirer. Ces capacités sont-elles le fruit d'un exercice quotidien ou sont-elles d'origine génétique? Pour le savoir, Melissa Ilardo, de l'université de Copenhague, et ses collègues ont séquencé le génome de 43 Bajaus et de 33 Saluans (un peuple fermier proche génétiquement). Ils ont trouvé 25 variants spécifiques aux Bajaus. L'un d'eux concerne le gène *PDE10A*, qui assure la production d'hormones thyroïdiennes impliquées dans le contrôle de la taille de la rate. Or cet organe, 50% plus grand chez les Bajaus, libère du sang oxygéné lorsque le corps est plongé dans l'eau. Autrement dit, il y a eu adaptation évolutive. ■

S. B.

M. A. Ilardo et al., *Cell*, vol. 173, pp. 569-580, 2018

1,7 MILLIARD D'ÉTOILES SOUS L'ŒIL DE GAIA



En plus des étoiles et de leurs caractéristiques, *Gaia* a aussi étudié la distribution de la poussière dans la Voie lactée, en analysant sa présence sur la ligne de visée de près de 88 millions d'étoiles.

Lancé en 2013, le satellite *Gaia* avait pour objectif d'observer plus d'un milliard d'étoiles dans la Voie lactée, de mesurer leurs positions, leurs distances, leurs mouvements et leurs propriétés physiques. Il succédait au satellite *Hipparcos*, mais en améliorant la précision d'un facteur 50. Un premier catalogue des données de *Gaia* avait été rendu public en 2016. Une seconde livraison (obtenue à partir de 22 mois de prise de données) vient de l'enrichir considérablement: 1,7 milliard de positions d'étoiles (ce qui représente environ 1% des astres de la Galaxie), 1,3 milliard de distances et mouvements propres, 7,2 millions de vitesses radiales, 500 000 courbes de lumière pour les étoiles variables, 160 millions de températures de surface et mesures de luminosité. Dans le Système solaire, pas moins de 14 000 astéroïdes ont été suivis avec une précision inégalée. Des objets extragalactiques sont aussi inclus, avec près de 500 000 quasars (des galaxies émettant un fort rayonnement électromagnétique).

L'exploitation des données a déjà commencé et plusieurs articles ont été publiés en même temps que le catalogue. Ainsi, les chercheurs ont construit une carte tridimensionnelle riche et précise de la Voie lactée. Par ailleurs, David Katz, de l'observatoire de Paris-Meudon, et ses collègues ont utilisé les vitesses radiales pour étudier en trois dimensions la dynamique des populations stellaires. Ces informations sont précieuses pour retracer l'histoire de la formation de la Voie lactée. Carine Babusiaux, de l'institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble, et ses collègues ont construit un diagramme de Hertzsprung-Russell complet et détaillé à partir des données de température et de luminosité stellaire. Ce diagramme permet de classer les étoiles et indique à quel stade de leur vie elles se trouvent.

Initialement programmée pour une durée de cinq ans, la mission *Gaia* devrait être prolongée de deux ans, de quoi continuer à enrichir un catalogue devenu indispensable. Deux livraisons sont d'ailleurs prévues dans les années à venir. ■

S. B.

Collaboration *Gaia*, *Astronomy & Astrophysics*, en ligne, 25 avril 2018

MATHÉMATIQUES

LE NOMBRE CHROMATIQUE DU PLAN VAUT AU MOINS 5

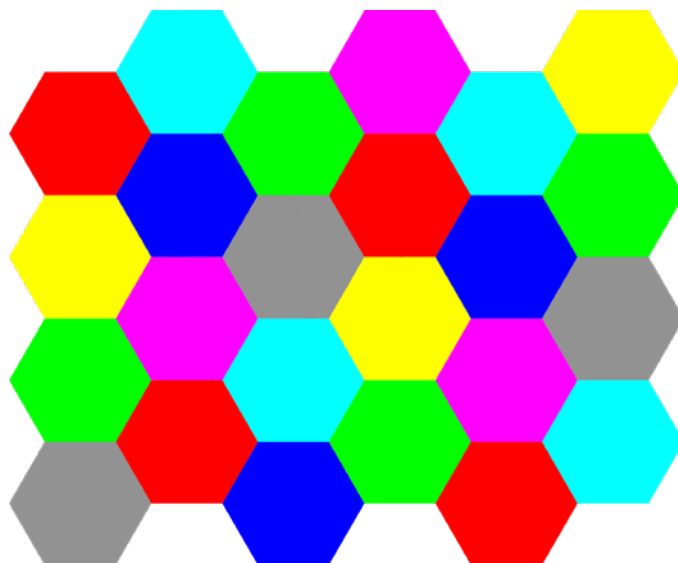
Un mathématicien amateur anglais vient de franchir une étape importante vers la résolution d'un vieux problème de la théorie des graphes.

Le plus célèbre résultat mathématique lié aux façons de colorier le plan est le théorème des quatre couleurs. Il prouve que 4 couleurs suffisent pour colorier n'importe quelle carte en s'assurant que deux régions limitrophes ne soient jamais de la même couleur. Le problème de Hadwiger-Nelson, vieux de presque 70 ans, se fixe une autre contrainte: quel est le nombre minimal de couleurs nécessaires pour colorier le plan de telle sorte que deux points quelconques distants d'une unité de longueur soient de couleurs différentes? L'Anglais Aubrey de Grey, biologiste spécialiste du vieillissement et mathématicien amateur, a franchi une étape importante vers la solution.

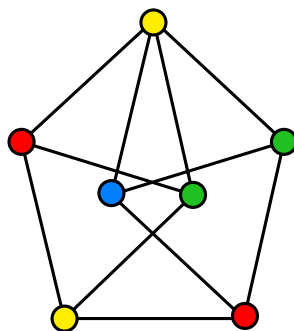
C'est en 1950 qu'Edward Nelson, alors étudiant à l'université de Chicago, a posé ce problème. Son nom est associé à celui du mathématicien suisse Hugo Hadwiger, qui s'est intéressé à des questions voisines dès 1945. La réponse, nommée nombre chromatique du plan, est nécessairement inférieure ou égale à 7. En effet, l'Américain John Isbell a remarqué dès 1950 qu'avec des hexagones de diamètre légèrement inférieur à 1, sept couleurs permettent de colorier le plan en respectant la contrainte d'Edward Nelson et de Hugo Hadwiger (voir la figure). Mais peut-on faire mieux?

Pour répondre de la façon la plus générale à la question, il faut reformuler le problème en termes de théorie des graphes. La même approche a été utilisée pour démontrer le théorème des quatre couleurs: les régions sont remplacées par des nœuds colorés reliés par des segments aux nœuds des régions voisines. Cette formulation plus simple du problème permet notamment un traitement informatique efficace.

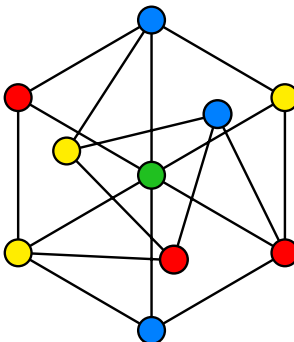
Dans le cas du problème de Hadwiger-Nelson, un nœud représente un point du plan; il est relié *a priori* à une infinité de points par des segments de longueur 1. Le graphe serait donc infini! Mais pour trouver une borne inférieure sur le nombre de couleurs nécessaires pour colorier le plan, un graphe fini suffit. Un graphe carré, par exemple, peut être colorié avec 2 couleurs. Mais 2 couleurs sont insuffisantes en toute généralité car le graphe de Moser (qui a 7 nœuds et 11 arêtes, *ci-contre*) ou celui de Solomon Golomb (qui comporte



Un pavage régulier par des hexagones de diamètre inférieur à 1 montre que 7 couleurs permettent de colorier le plan suivant la contrainte du problème de Hadwiger-Nelson.



Le graphe de Moser (*ci-dessus*), qui a 7 nœuds et 11 arêtes de longueur 1, et celui de Golomb (*ci-dessous*), qui compte 10 nœuds, ne peuvent être coloriés avec moins de 4 couleurs.



10 nœuds), par exemple, requièrent 4 couleurs. Ainsi, le nombre chromatique du plan devrait être compris entre 4 et 7.

Or Aubrey de Grey a construit des graphes composés de points du plan, dont un grand nombre de paires sont à distance 1, et qui nécessitent 5 couleurs. Pour les réaliser, il a fusionné des copies du graphe de Moser et des graphes hexagonaux. Son graphe initial comprenait 20 425 nœuds. Il l'a ensuite simplifié pour en obtenir un second, qui ne contient plus que 1 581 nœuds.

Le nombre chromatique du plan est donc compris entre 5 et 7. Maintenant, une autre énigme se pose: le graphe d'Aubrey de Grey est-il le plus petit possible nécessitant 5 couleurs? La communauté virtuelle de mathématiciens Polymath, sous l'impulsion d'Aubrey de Grey et Dustin Mixon, de l'université d'État de l'Ohio, s'est emparée de la question. Plusieurs personnes ont rapidement proposé des graphes simplifiés. Pour l'instant, le plus petit est celui de Marijn Heule, chercheur en informatique à l'université du Texas, à Austin: ce graphe n'a «que» 826 nœuds. ■

S. B.

A. de Grey, en ligne sur arXiv le 8 avril 2018, <https://arxiv.org/abs/1804.02385>

HYBRIDATION DES CIGALES PÉRIODIQUES

Les cigales vivent une grande partie de leur vie sous terre, à l'état de larve. Dans l'est américain, les différentes espèces de cigales « périodiques » présentent un cycle de vie de 13 ou 17 ans (deux nombres premiers qui font qu'elles ne se croisent que tous les 221 ans !). Ces cycles seraient apparus il y a 100 000 à 200 000 ans. Teiji Sota, de l'université de Kyoto, et ses collègues ont étudié le génome de ces cigales. Ils n'ont pas pu déterminer l'origine des cycles, mais ont montré que, malgré leurs rares rencontres, ces espèces se sont beaucoup hybridées.

LA TEMPÉRATURE DES ORGUES DE BASALTE

En se refroidissant, la lave basaltique forme parfois des ensembles de colonnes de section hexagonale, à l'image de la Chaussée des géants, en Irlande du Nord. Une question cruciale restait sans réponse : à quelle température le basalte se fend-il ainsi ? Anthony Lamur, de l'université de Liverpool, et ses collègues ont conçu un dispositif pour le déterminer sur des laves du volcan islandais Eyjafjallajökull. Résultat : le basalte cristallise à 980 °C et se fend en hexagones entre 890 °C et 840 °C.

DU PIN DANS LA GROTTTE CHAUVET

Avec ses collègues, Isabelle Théry-Parisot, de l'université Nice-Sophia-Antipolis et du CNRS, a étudié 171 échantillons de charbon de bois laissés par les hommes qui occupaient la grotte Chauvet-Pont d'Arc, dans l'Ardèche, durant l'Aurignacien (de 37 000 à 33 500 ans avant notre ère) et au Gravettien (de 31 000 à 28 000 ans avant notre ère). À l'exception d'un échantillon, tous proviennent de bois de pin, qui produit de grandes flammes, de quoi éclairer la grotte. La présence de conifères signe un climat froid et sec.

SÉISMES EN PROFONDEUR

Les couches profondes de la croûte terrestre exercent une influence visible sur ses couches superficielles, notamment pour ce qui est des processus de formation des montagnes, d'ouverture des rifts océaniques ou d'affaissement des bassins sédimentaires. Des études récentes suggèrent que la partie inférieure de la croûte terrestre subit des dommages provoqués par des séismes, mais cela semblait surprenant : la pression, à plus de 30 kilomètres de profondeur, est si élevée que les roches ne devraient pas y produire de séismes. François Renard, de l'Institut des sciences de la Terre, à Grenoble, et ses collègues viennent de proposer que ce sont des séismes de la partie supérieure de la croûte, et leurs répliques, qui se propagent jusque dans la croûte inférieure.

En profondeur, ces répliques fracturent les roches où de l'eau s'infiltre. Des réactions de métamorphisme transforment ces roches en d'autres, mécaniquement plus fragiles. Les chercheurs ont modélisé cet effet des séismes et estimé la proportion en volume de la croûte inférieure touchée par ces trains de répliques au cours du temps. Dans les zones à forte sismicité de surface, telles que les zones de subduction ou l'Himalaya, au minimum 1 % du volume de la couche profonde de la croûte



Des affleurements de croûte profonde en Norvège témoignent des effets de séismes de surface sur ces roches.

aurait été endommagé par des ruptures sismiques peu profondes.

Ces observations montrent pour la première fois que le modèle classique dit ascendant, où la croûte profonde influencerait presque à sens unique sur le comportement de la croûte superficielle, est insuffisant, et qu'il est nécessaire de considérer les interactions « descendantes » dans les modèles géodynamiques. La fragilisation de la croûte profonde par les séismes est ainsi à prendre en compte dans la dynamique des plaques tectoniques ou la formation et l'évolution des chaînes de montagnes. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

B. Jamveit et al.,
Nature, vol. 556, pp. 487-491, 2018

LE TRÉSOR DE HARALD

Dans le sol d'un tumulus arasé de l'île de Rügen, en Poméranie allemande, deux archéologues amateurs suspectaient la présence résiduelle de matériel archéologique. Comme ils avaient trouvé des indices convaincants, le Service pour la culture et le patrimoine du Land de Mecklembourg-Poméranie-Occidentale a envoyé une équipe qui a mis au jour un trésor viking d'argent comprenant 600 pièces de monnaies, notamment arabes, dont une centaine datent du règne de Harald I^{er} de Danemark (de 958 à 986). Les archéologues ont aussi trouvé des perles, un très rare bijou en forme de marteau de Thor, des broches et des torques brisés. La richesse et le niveau artistique du trésor suggèrent qu'il a pu appartenir à quelqu'un de l'entourage du roi, voire au roi ; on sait que ce dernier, blessé après une bataille



Certaines des pièces d'argent à l'effigie de Harald I^{er} de Danemark trouvées parmi les 600 monnaies du trésor.

contre le parti des Vikings restés païens et rassemblés autour de son fils Sven, est venu se réfugier, puis mourir en Poméranie slave. En Allemagne, l'idée qu'un roi semi-léendaire ait caché avant de mourir un trésor sur une île aujourd'hui allemande suscite de l'enthousiasme. Ce n'est pourtant qu'une possibilité... ■

F. S.