

Géosciences

La tectonique accélérée de l'Inde

A la fin du Crétacé (145 à 66 millions d'années), l'Inde accélère sa course vers le nord pendant 20 millions d'années. Pourquoi ? Avec plusieurs collègues, Oliver Jagoutz du MIT en propose une explication : un double système de subduction (plongée d'une plaque tectonique sous une autre) aurait été à l'œuvre il y a plus de 80 millions d'années à l'avant de la plaque indienne.

Afin de vérifier son hypothèse, l'équipe d'Oliver Jagoutz a d'abord restitué la position possible de ce double système de subduction, à partir des traces géologiques qui documentent la disparition de la Néotéthys – un ancien océan disparu situé à l'est de l'Afrique. Puis les géophysiciens ont simulé numériquement par deux approches – l'une de nature géométrique, l'autre fondée sur la « méthode des éléments finis » – le fonctionnement de ce système tectonique particulier.

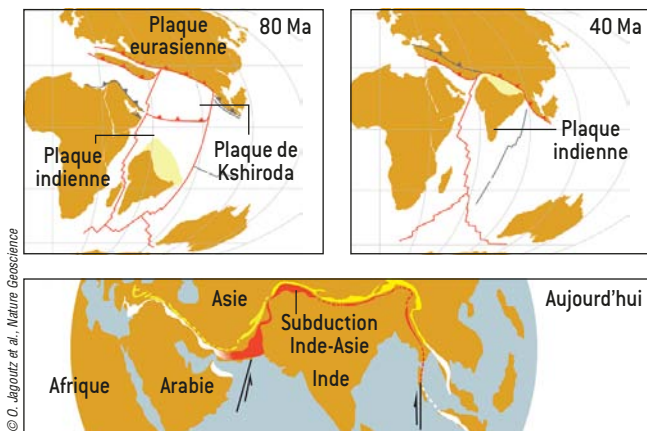
D'après leur scénario, il y a quelque 90 millions d'années, la zone de subduction de la plaque de la Néotéthys (devenue la plaque indienne) sous la plaque Kshiroda (une plaque disparue située au nord de la Néotéthys) a commencé à se rapprocher de celle de la plaque de Kshiroda sous l'Eurasie (voir la figure ci-dessous).

Dès lors, une sorte de « tuyau » orienté est-ouest s'est formé entre les deux plaques plongeantes, d'où le manteau supérieur ductile devait s'évacuer au fur et à mesure du rapprochement des deux zones de subduction. Peu sensible au début, ce phénomène se serait accéléré après 70 millions d'années, quand la distance entre les deux zones de subduction s'est réduite. En effet, montrent les simulations, la longueur du « tuyau » s'est réduite avec la progression de la plaque indienne, ce qui a accéléré le flux de matière ductile s'évacuant, car la résistance visqueuse des « parois », devenues moins longues, était moindre. Ce mécanisme aurait facilité le rapprochement des deux zones de subduction. Résultat : la plaque indienne a accéléré vers le nord durant 20 millions d'années.

En somme, tout s'est passé comme si l'arrivée de l'Inde avait réduit la longueur d'une saucisse ouverte aux deux bouts, diminuant ainsi la résistance au flux sortant de « chair mantellique » : celle-ci s'est donc évacuée plus vite, ce qui a accéléré le rapprochement des parois du tube créé par la double subduction.

F. S.

O. Jagoutz et al., *Nature Geoscience*, vol. 8, pp. 475-478, 2015



La progression de la plaque indienne vers la plaque eurasiennne a réduit la longueur est-ouest du système de subduction entre les deux plaques, ce qui y a accéléré l'évacuation de la matière mantellique.

Biomédecine

Bactéries diagnostiqueuses

Deux équipes de chercheurs, l'une essentiellement française et l'autre américaine, viennent de montrer que des bactéries transformées peuvent servir à diagnostiquer de façon commode des pathologies telles qu'un diabète ou un cancer.

L'équipe de Jérôme Bonnet, chercheur de l'Inserm au Centre de biochimie structurale de Montpellier, a développé des méthodes pour transposer à l'univers génétique d'une bactérie des équivalents des transistors et autres portes logiques de l'électronique, ce qui permet de manipuler les fonctions accomplies par la cellule. Avec ces outils, elle a transformé des colibacilles (*Escherichia coli*) de façon qu'ils puissent détecter la présence excessive de glucose dans l'urine : les bactéries, intégrées à des billes de gel immergées dans l'échantillon d'urine, produisent un changement de couleur si la concentration de glucose dépasse le seuil.

De leur côté, Tal Danino, au MIT, et ses collègues ont modifié des colibacilles de façon à détecter des tumeurs métastatiques du foie, chez la souris. Les bactéries, administrées oralement, atteignent les tumeurs et produisent alors une enzyme dont le produit métabolique est détectable visuellement dans l'urine.

Le début d'une nouvelle approche du diagnostic médical ?

Maurice Mashaal

A. Courbet et al., T. Danino et al., *Science Translational Medicine*, 27 mai 2015



Modifier des colibacilles de façon qu'ils réagissent spécifiquement à certaines substances : la biologie de synthèse s'annonce dans le domaine des analyses médicales.

Psychologie

Endormir sexisme et racisme

Sexisme et racisme influent encore considérablement sur les comportements, parfois de façon inconsciente. Xiaoqing Hu, de l'Université Northwestern, aux États-Unis, et ses collègues ont réussi à atténuer durablement ces préjugés chez des sujets... grâce à une sieste !

Le sommeil est essentiel à la mémorisation : les souvenirs sont alors réactivés, ce qui les renforce. Or cette réactivation peut être déclenchée en présentant au dormeur un indice sonore ou olfactif lié au souvenir. C'est ce que les chercheurs ont fait. Ils ont couplé l'émission d'un son particulier à des associations allant à l'encontre des préjugés (par exemple un visage de femme et un mot scientifique), puis réémis ce son pendant que les participants dormaient. Une semaine plus tard, des tests ont révélé une diminution de leur racisme et de leur sexisme.

G. J.

X. Hu et al., *Science*, en ligne le 28 mai 2015

Astrophysique

Un modèle pour l'émission des ondes gravitationnelles

L'un des grands défis de l'astrophysique du XXI^e siècle est l'observation des ondes gravitationnelles prédites par la théorie de la relativité générale. Celle-ci décrit l'interaction gravitationnelle non plus comme une force, mais comme une manifestation de la courbure de l'espace-temps due à la présence d'un objet massif. Elle prévoit que le champ gravitationnel peut présenter des ondes gravitationnelles, des déformations périodiques qui se propagent, à l'image des vagues à la surface d'un lac. L'amplitude de ces ondes est très faible. Aussi, pour les détecter au sein du bruit ambiant, il est crucial de connaître *a priori* leurs propriétés. Thibault Damour et Alessandro Nagar, de l'Institut des hautes études scientifiques (IHÉS), à Bures-sur-Yvette, en collaboration avec deux spécialistes de la relativité numérique, ont développé un modèle précis des ondes gravitationnelles émises lors de la coalescence de deux étoiles à neutrons ou de deux trous noirs.

La description de ces ondes peut être obtenue par des approches numériques, mais le calcul est très long. Les méthodes analytiques (c'est-à-dire sous forme d'expressions mathématiques) sont rapides, mais elles ne permettent pas de décrire les derniers instants avant la fusion des astres. Thibault Damour et ses collègues ont développé une technique qui concilie les avantages des deux approches, analytique et numérique. Ils réduisent la description de l'évolution du système de deux étoiles à celle d'un système d'un seul corps effectif, comme on peut le faire en mécanique classique avec la définition d'un corps fictif de masse effective reliée à la masse des deux étoiles, en orbite autour du centre de masse. Toute la difficulté ici est de construire une bonne modélisation du potentiel gravitationnel relativiste. L'approche semi-analytique développée décrit rapidement et précisément de nombreux systèmes binaires.

À terme, cette technique devrait aider à identifier des ondes gravitationnelles dans les signaux des interféromètres *Ligo*, aux États-Unis, et *Virgo*, à Pise. Ces dispositifs ont d'ailleurs bénéficié d'importants travaux d'amélioration qui les rapprochent du seuil de détectabilité des ondes gravitationnelles en provenance de systèmes binaires compacts.

S. B.

S. Bernuzzi et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 114, 161103, 2015

Concours

Des doctorants communicants

Faire comprendre des années de recherche en trois minutes et au plus grand nombre, tel était le défi lancé aux jeunes doctorants participant au concours « Ma thèse en 180 secondes », organisé par le CNRS et la Conférence des présidents d'universités et dont *Pour la Science* est partenaire. Chaque participant devait faire, en 180 secondes, un exposé clair, pertinent et convaincant sur son projet de recherche. Le tout avec l'appui d'une seule diapositive !

Vingt-sept valeureux candidats ont relevé le gant lors de la finale nationale qui s'est déroulée dans un auditorium bondé le mercredi 3 juin à Nancy. Le public débordant d'enthousiasme a désigné son favori : Alexandre Artaud (Université Grenoble Alpes), dont la thèse porte sur la « spectroscopie tunnel à très basse température de graphène

sur rhénium supraconducteur ». Le brillant physicien a également convaincu le jury qui lui a décerné son premier prix. Le deuxième prix du jury est allé à Rachida Brahimi (Aix-Marseille université), et le troisième à Grégory Pacini (Sorbonne Paris Cité). Enfin, Camille Rouillon (Clermont université) a reçu le Prix des internautes 2015 organisé par *Pour la Science* (merci aux 6 000 participants). La jeune femme, qui rêve de travailler dans l'industrie, a réussi à expliquer avec humour et sans jargon son sujet de thèse : l'« Étude de l'impact des vieillissements photochimique, thermique et climatique sur les propriétés d'aspect de polypropylènes teintés masse colorés ». Une pétillante prestation à regarder, avec celles des autres lauréats, sur le site web de *Pour la Science*.

Cécile Lestienne

<http://bit.ly/1eTbvsM>



De gauche à droite : Alexandre Artaud, Rachida Brahimi, Grégory Pacini et Camille Rouillon.

Des données sur polymères

Jean-François Lutz, de l'Institut Charles-Sadron à Strasbourg, et ses collègues ont réussi, pour la première fois, à stocker des données sur des polymères artificiels. En s'inspirant de l'ADN qui stocke l'information génétique, ils ont utilisé deux monomères assimilés aux bits 0 et 1, un troisième servant d'« espace » pour faciliter la synthèse. La chaîne de monomères forme alors un message en langage binaire. Ces polymères sont plus aisés à manipuler que l'ADN et pourraient servir à créer des codes-barres moléculaires infalsifiables.

Compter les arthropodes terrestres

Aujourd'hui, nous connaissons environ 1,5 million d'espèces animales, mais il pourrait en exister dix fois plus d'après certains spécialistes. L'incertitude provient surtout du recensement incomplet des arthropodes. En effet, ceux-ci sont beaucoup plus nombreux et moins connus

que les vertébrés, dont on pense avoir recensé la quasi-totalité. Nigel Stork, de l'Université Griffith en Australie, et ses collègues ont réduit l'incertitude en combinant huit méthodes pour estimer le nombre d'espèces d'arthropodes. Leurs résultats suggèrent qu'il existerait entre 5,9 et 7,8 millions d'espèces d'arthropodes terrestres.

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



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

COSMETIC VALLEY

Renforcer le leadership français grâce à l'innovation et la recherche

Par Christophe Blanc (EDB)



Avec plus de 20% de parts de marché, la France est le leader mondial de la cosmétique. « On estime qu'à l'échelle du pays la filière représente à peu près 25 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel et 150 000 emplois. Et c'est un marché en forte croissance », déclare Christophe Masson, directeur scientifique du pôle de compétitivité de la Cosmetic Valley. « Dans tous les pays du monde on veut acheter du "Made in France" en cosmétique, c'est une réalité économique. »

Pour garder et renforcer cette position, les industriels et la recherche publique doivent travailler main dans la main. « Un des rôles essentiels de la Cosmetic Valley est de favoriser les rapprochements entre les entreprises, les universités et les organismes de recherche pour développer les produits de beauté de demain », ajoute Christophe Masson. Un

travail qui débouche sur des innovations concrètes, comme le montrent les trois exemples présentés ici.

Ses autres activités incluent l'accompagnement des entreprises à l'export, ou encore la création le 1^{er} janvier dernier, de la plateforme d'accompagnement des PME Cosmet'Up à Orléans. Mais la grande nouveauté de cette année 2015 sera la première édition du salon Cosmetic 360 à Paris, en octobre. « Aujourd'hui, les principaux salons sont plutôt organisés en Asie, où le marché connaît une croissance à deux chiffres, indique M. Masson, [...]. Il est important qu'un salon consacré à l'innovation de la filière ait lieu tous les ans en France, afin de repositionner encore plus Paris comme le lieu où l'ensemble de ses acteurs viennent se rencontrer. Nous y organiserons en outre les Victoires de la Cosmétique. »



© Shutterstock.com / twenty20 Inc

Simple « cluster » d'entreprises départementales à sa création en 1994, le pôle de compétitivité a pris une ampleur nationale et regroupe aujourd'hui trois régions – Centre, Haute-Normandie et Île-de-France. Huit universités et 200 laboratoires de recherche publics y sont affiliés, ainsi que plus de 800 entreprises privées (dont

78 % de PME) qui représentent tous les métiers de la filière : producteurs de matières premières, fabricants d'ingrédients, de produits finis, entreprises spécialisées dans le packaging, les technologies numériques, les services, le marketing, la logistique. Un dixième des cosmétiques vendus dans le monde est produit par la Cosmetic Valley.

ALOCA

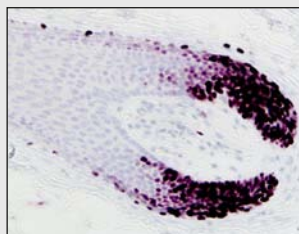
L'alopécie et la canitie bientôt vaincues

Nous connaissons tous ces publicités dans la presse ou à la télévision pour des produits « miracles » contre la chute des cheveux... aux résultats souvent décevants. Cette fois pourtant il se pourrait bien qu'un pas décisif ait été franchi, grâce au projet ALOCA, lancé par la Cosmetic Valley et mené à bien par l'Institut Européen de Biologie, Alès Groupe, l'Inserm, le laboratoire BIO-EC et celui de Joanna Bakala, implanté au CNRS à Gif-sur-Yvette (91). « Lors des expériences que nous avons menées *in vitro* puis *ex vivo* sur des explants de scalp, nous avons

obtenu une amélioration de 40 % de la croissance des cheveux ! » explique Joanna Bakala.

De quoi rendre espoir aux millions de Français touchés à des degrés divers par la chute des cheveux, ou alopécie. La molécule découverte « appartient au groupe des peptides biomimétiques qui miment l'activité de certains facteurs de croissance », précise la chercheuse. Après une sélection qui a duré quatre ans, les chercheurs ont isolé « une famille de peptides, qui stimule la croissance folliculaire », et donc la repousse des cheveux. Un de ces peptide, dont la structure est un secret

industriel, « est actuellement entrée en phase clinique, et les premiers produits devraient être commercialisés en 2016 ».

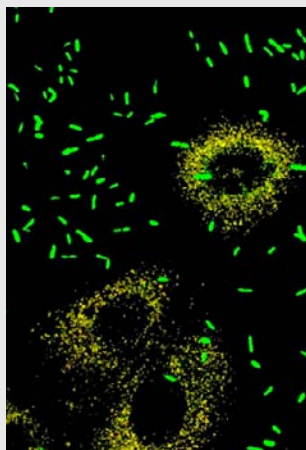


Coupe longitudinale du bulbe d'un follicule de cheveu dans lequel on distingue l'antigène Ki-67, principal marqueur de la prolifération des cellules.

Autre innovation prometteuse : le projet ALOCA a aussi permis « de sélectionner une molécule originale, là encore un peptide biomimétique, particulièrement efficace contre le blanchissement des cheveux, ou canitie », s'enthousiasme Joanna Bakala. « Elle mime un facteur de croissance qui participe à la mélanogénèse », c'est-à-dire à la production des pigments qui colorent les cheveux. Une véritable percée, car « à ce jour, il n'existe sur le marché aucun produit cosmétique capable d'empêcher le phénomène de canitie », précise Joanna Bakala.

SKIN-O-FLOR

Les bactéries pacifiées



Sur cette image, on distingue nettement, en vert, des bactéries (*Pseudomonas fluorescens*) au contact de cellules de la peau (des kératinocytes, qui constituent 90 % de l'épiderme), en jaune.

Comment combattre le phénomène de «peau sensible», responsable de rougeurs, d'irritations et de tiraillements ? Le projet Skin-O-Flor, cofinancé par l'État et les régions Centre et Haute-Normandie, a pour but de rendre inoffensives les bactéries responsables de ces désagréments en agissant sur les signaux chimiques qu'elles échangent avec la peau.

«La plupart des millions de bactéries présentes sur et à l'intérieur de notre peau sont inoffensives», affirme Marc Feuilloley, directeur du laboratoire de Microbiologie Signaux et Microenvironnement de l'Université de Rouen à Évreux (Eure), qui étudie la communication entre les bactéries et les cellules de la peau. «Mais quelques-unes deviennent

pathogènes lorsqu'elles sont stimulées par les signaux chimiques émis par certaines hormones. Ainsi, lorsqu'une personne est victime de stress ou de dépression, sa peau libère un peptide nommé substance P, qui se diffuse dans la sueur et peut stimuler la virulence des bactéries», explique le chercheur. «Ce phénomène expliquerait certains symptômes cutanés, dont le "syndrome de peau sensible" qui touche environ 50 % des femmes.»

La méthode Skin-O-Flor consiste à bloquer la communication entre les bactéries et la peau pour maintenir son intégrité. «C'est une démarche totalement nouvelle et originale, se réjouit Marc Feuilloley, qui permet de combattre les irritations cutanées sans tomber dans le domaine de

la pharmacie. Car lorsque vous agissez directement sur la peau ou sur les bactéries, vous créez un médicament, un antiseptique ou un antibiotique, qui nécessite une autorisation de mise sur le marché. En revanche, si vous travaillez sur la communication entre les deux, vous êtes efficace tout en restant strictement dans le domaine cosmétique.»

«Nous avons donc testé tout une série de produits cosmétiques, et en avons identifié deux capables de bloquer l'effet de la substance P sur les bactéries.» Ces produits sont l'Eau d'Uriage et le Teflose de BioEurope (groupe Solabia), deux partenaires du projet Skin-O-Flor. D'autres produits de la marque Uriage, dont le Xémose et le Bariéderm, ont bénéficié de ces travaux.



CONVERRCOL

Flacons : l'ivresse des couleurs

La contrefaçon est un fléau pour l'industrie cosmétique mondiale, en particulier pour la parfumerie. L'une des stratégies pour la combattre consiste à fabriquer des flacons infalsifiables. «Pour cela, nous incluons dans le verre des oxydes métalliques de cuivre, d'or ou d'argent et les précipitons sous formes de nanoparticules», explique Jean-Philippe Blondeau, enseignant-chercheur à l'Université d'Orléans. Son laboratoire, le CEMHTI, est avec le GREMI, l'institut PRISME et l'Université de Cracovie l'un des partenaires du projet ContVerrCol, financé par la région Centre.

Une première application possible de cette technologie est d'utiliser «des particules d'argent visibles uniquement à la lumière ultraviolette. C'est un bon moyen de distinguer les

vrais flacons des contrefaçons». Mais il est plus intéressant encore de colorer le verre localement, en surface ou en volume : les motifs ainsi créés enjolivent les flacons et les rendent pratiquement infalsifiables. C'est l'objet de la technologie mise au point par Jean-Philippe Blondeau et son équipe. «Une méthode consiste à passer un flacon contenant des nanoparticules de cuivre dans un four avec un gradient de température de bas en haut : c'est ainsi que Saint-Gobain fabrique le flacon Fahrenheit de Dior.»

Par ailleurs, la méthode ContVerrCol permet d'aller plus loin. «Notre équipe travaille sur la coloration locale par laser. Elle permet de tracer des motifs en surface et à l'intérieur même du verre, grâce à des échanges entre les ions métalliques – Ag⁺, Cu⁺,

Au⁺ – et des éléments réducteurs tels l'étain ou l'antimoine pour former les nanoparticules.» Il est ainsi possible de dessiner toutes sortes de motifs au cœur du matériau. «Les couleurs obtenues dépendent de l'oxyde utilisé – rouge pour le cuivre, jaune à ambré pour l'argent, rouge à bleu pour l'or – ainsi que de la taille et de la fraction volumique des nanoparticules métalliques.»



Si le four à gradient de température crée des dégradés de couleurs (flacon à droite), seule la coloration locale par laser peut produire des motifs au cœur même du verre, à l'aide par exemple de nanoparticules d'argent (ci-dessus).