

Le décollement du ruban adhésif décrypté

PHYSIQUE - Plusieurs équipes françaises se passionnent pour le comportement des bandes autocollantes. Au point d'énoncer des « lois » qui pourraient aider les industriels

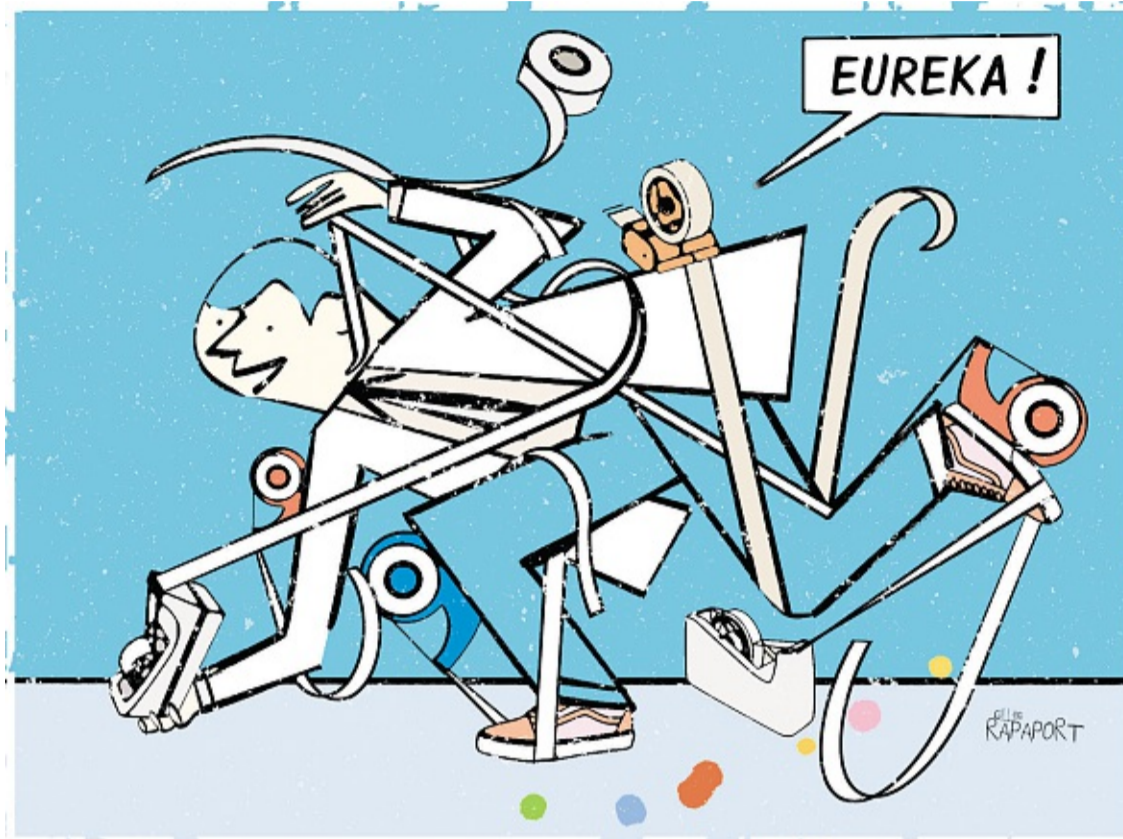
Le capitaine Haddock et le célèbre adhésif médical dont il ne peut se débarrasser pendant toute *L'Affaire Tournesol* ont fait des émules chez des physiciens français. Mais eux, cela fait plus de cinq ans que l'adhésif leur colle aux doigts, en l'occurrence un ruban « de marque 3M, modèle 600, la "drosophile" des spécialistes du domaine », explique Pierre-Philippe Cortet, chercheur CNRS au laboratoire FAST de l'université Paris-Saclay, en référence au petit insecte vedette des laboratoires de biologie.

Depuis toutes ces années, lui, ses collègues de l'ENS Lyon Stéphane Santucci et Loïc Vanel, et leurs étudiants décollent, déroulent, recollent, redéroulent... des bouts de bandes autocollantes pour en percer les secrets. Dans *Physical Review Letters* du 15 février, l'équipe expose ses dernières trouvailles après des centaines d'essais.

L'effet qui les fascine tant est en fait indirectement bien connu de tous les utilisateurs de rouleaux d'adhésif. Si le décollement du ruban fait du bruit, c'est que, comme la craie sur un tableau ou l'archet sur la corde de violon, un phénomène de glissé-collé (*stick-slip* en anglais) se passe : en tirant, le ruban ne se décolle pas de manière continue, mais par saccades, qui créent des oscillations dans le matériau et engendrent un son.

Cependant, ce n'est pas ce bruit, parfois désagréable, qui intéresse les chercheurs, mais le *stick-slip* lui-même. « Ce phénomène assez violent localement peut détériorer la colle et nuire au recollement ensuite. Il est donc important pour les industriels d'en comprendre les causes et les facteurs qui l'influencent », explique Pierre-Philippe Cortet, motivé avant tout par la curiosité et les analogies de ce système avec d'autres phénomènes physiques, comme les fractures dans les matériaux. Alors, avec ses collègues de Lyon qui disposent de caméras rapides prenant 300 000 images par seconde, il scrute les détails de la dynamique de ce décollement par saccades.

Après l'avoir caractérisé dans des articles précédents, les chercheurs se sont attaqués à un détail qu'ils avaient observé anté-



rieurement sans arriver à l'expliquer. Les brutales avancées du front de décollement, de l'ordre du millimètre de long, sont en fait composées de saccades encore plus petites, d'une centaine de micromètres, qui se succèdent toutes les quelques dizaines de microsecondes environ (soit sur un temps plus de dix fois plus court que les grands « sauts »).

Le décollement n'a donc rien de continu et s'apparente plus à des séries de mini-tremblements de terre, lors desquels la colle « craque » en cascade.

D'autres Capitaine Haddock
Les chercheurs ont mesuré la relation entre la longueur des sauts et le temps entre chacun de ces sauts et constaté qu'elle ne dépend pas de la vitesse imposée pour décoller le rouleau. Elle dépend en revanche de la « flexibilité » du ruban : plus il est épais, moins il est souple et plus les « sauts » seront grands.

Surtout, un modèle simple explique cette nouvelle « loi ». Durant la phase « bloquée » où le front n'avance pas, le ruban accu-

mule de l'énergie d'élongation qui sera libérée durant la phase de « glissement » et transférée notamment à la colle qui s'étire et rompt, etc.

L'autre découverte est qu'il y a d'autres Capitaine Haddock dans les labos français. Récemment en effet, deux autres équipes, à l'Espci ParisTech et à l'ENS Paris, ont elles aussi eu du mal à se débarrasser de cet adhésif. La première, emmenée par Matteo Ciccotti (qui a d'ailleurs collaboré avec la première équipe), s'est intéressée aux détails physico-chimiques de la colle, faite de fibrilles polymères qui se cassent lors du décollement, afin de mieux caractériser les relations entre le décollement et les propriétés viscoélastiques de l'adhésif. Les résultats ont été publiés en octobre 2018 dans *Macromolecules*.

A l'ENS Paris, l'équipe de Bruno Andreotti a élaboré un « mauvais » autocollant, au sens de l'adhésion forte, mais très bon, car plus simple, pour isoler et comprendre les différents phénomènes physiques à l'œuvre. Résultat, trois articles en moins d'un an ; le

dernier en décembre dans *Soft Matter*. Les physiciens, à l'aide d'un gel légèrement collant, montrent les relations subtiles entre la forme de cette « colle », la force nécessaire pour l'arracher et la vitesse de décollement. « Ces gels sont des adhésifs réversibles, collables et décollables sans les endommager. Ils pourraient servir en chirurgie pour des poses temporaires », estime le physicien.

En fait, tous rêvent de trouver une relation prédictive entre les propriétés des colles et les forces nécessaires pour décoller les rubans, afin de faciliter la vie des fabricants qui en sont réduits à décoller et recoller en permanence leurs différents produits pour les tester.

Ce n'est pas encore gagné. Chez la première équipe lyonno-francilienne, un nouveau détail leur est apparu, pour l'instant inexplicable. Les mini-fronts de décollement, au lieu d'être droits, c'est-à-dire perpendiculaires aux bords du ruban, sont en fait courbés... Il reste donc du travail avant d'être incollable sur le sujet. ■

D. L.

TÉLESCOPE

GÉNÉTIQUE

L'origine étonnante de la levure de bière

La plupart des boissons fermentées (vin, bière, saké...) résultent de l'action de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, dont le génome vient d'être analysé par une équipe américaine. Ces chercheurs concluent que la levure des bières de type lager (fermentation à basse température), ale (plus haute température), mais aussi celle qui sert à faire lever le pain sont le résultat du croisement d'une souche européenne présente sur le raisin et d'une souche asiatique présente sur le riz. Une troisième souche reste non identifiée. Selon les chercheurs, ce serait le résultat d'échanges technologiques et commerciaux entre les deux continents sur les modes de fabrication des boissons locales. > Fay et al., « *Plos Biology* », 5 mars.

ESPACE

Mission réussie pour la capsule Crew Dragon

La capsule Crew Dragon a terminé, vendredi 8 mars, sa première mission de démonstration en amerrissant au large de la Floride, après six jours passés dans l'espace. Sans autre équipage pour ce vol qu'un mannequin, le véhicule mis au point par la société SpaceX a réussi l'étape la plus périlleuse de sa mission, la rentrée dans l'atmosphère, au cours de laquelle son bouclier thermique est porté à très haute température. Une première mission avec équipage est programmée cette année, ce qui signera le retour à l'autonomie pour les astronautes américains qui, depuis l'arrêt des navettes spatiales en 2011, sont contraints de monter à bord des capsules russes Soyouz pour se rendre sur la Station spatiale internationale. En parallèle avec SpaceX, Boeing développe un vaisseau habitable qui devrait lui aussi être testé cette année.

ARCHÉOLOGIE

Découverte d'un grand site sacrificiel au Pérou

Une équipe internationale a mis au jour, sur le site péruvien de Huanchaquito-Las Llamas, un grand site sacrificiel lié à la civilisation chimu datant du milieu du



XV^e siècle. Plus de 140 squelettes humains, uniquement des enfants des deux sexes, ainsi que quelque 200 squelettes d'animaux, des lamas pour l'essentiel, ont été découverts. Même si la cause de ce sacrifice de masse reste encore incertaine, les auteurs de l'étude suggèrent qu'il est associé à un événement météorologique exceptionnel (pluies abondantes et crues). Implantée le long du Pacifique, sur la côte nord du Pérou, la civilisation chimu a prospéré pendant plusieurs siècles avant d'être vaincue par les Incas en 1470.

(PHOTO : PRIETO ET AL./PLOS ONE)

> Prieto et al., « *PlosOne* », 6 mars.

L'hormone qui durcit la carapace des fourmis

ENTOMOLOGIE - Une molécule expliquerait pourquoi les insectes sortent de leurs fourmilières

Pourquoi les fourmis sortent-elles de leur fourmilière ? Pourquoi, en grandissant, parcourent-elles de grandes distances ? La réponse est donnée, pour la première fois, par une équipe de chercheurs japonais et suisses et fait intervenir une molécule liée à l'évolution de leur comportement.

Un article publié dans la revue américaine *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) du 6 mars démontre ainsi qu'une hormone, l'inotocine, permet aux jeunes ouvrières de renforcer leur carapace afin de pouvoir sortir de la fourmilière et de changer de rôle au sein de la colonie.

L'inotocine est un neuropeptide, une petite protéine cérébrale homologue de l'ocytocine. Chez les vertébrés, cette dernière, surnommée parfois « hormone de l'amour », est bien connue. Pour les femmes, c'est

elle qui stimule les contractions utérines pendant l'accouchement et la lactation lors de l'allaitement du bébé. Pour les hommes, elle favorise la générosité, le lien social et l'empathie.

L'inotocine

Pour comprendre son rôle chez les fourmis, les myrmécologues ont d'abord collecté des *Camponotus japonicus* et des *Camponotus fellah* issues de reines importées du Japon et d'Israël. Ces fourmis ont une taille assez grande pour être étudiées en laboratoire. Pour déterminer leur âge tout au long de leurs expériences, ils ont peint chaque mois une couleur différente sur les nouveau-nés.

Ils ont aussi développé leur propre système de suivi des fourmis, en leur implantant une micro-puce à radiofréquences (RFID) alors qu'elles étaient immobilisées sur de la glace, afin de

suivre leurs déplacements et d'en déduire ainsi leur comportement. Puis il a fallu quantifier l'inotocine elle-même en mesurant l'activité des gènes associés à son expression.

Finalement, les résultats montrent que le taux d'inotocine varie en fonction de l'âge de la fourmi.

Durant les quatre premiers mois de leur existence, les hyménoptères étudiés occupent un rôle de nourrice et restent au sein du nid pour s'occuper des nouveaux œufs, des larves et des nymphes. L'inotocine est alors en faible quantité dans leur organisme.

Passé un certain âge, ces fourmis deviennent des fourragères et partent hors de la fourmilière, en quête de nourriture. C'est alors que le taux d'inotocine augmente, a constaté Laurent Keller, myrmécologue à l'université de Lausanne (Suisse), qui a dirigé la

recherche. « A ce moment-là apparaît une couche protectrice d'hydrocarbures cuticulaires qui va les protéger du froid et leur éviter la dessiccation, c'est-à-dire le dessèchement », analyse-t-il.

La cuticule, cette carapace renforcée des fourmis, n'est pas seulement un rempart contre le froid ou les agressions, elle est aussi un moyen pour elles de se reconnaître et d'identifier les membres d'une même colonie. Pour le chercheur lausannois, qui se dit volontiers « éleveur de fourmis », « il est intéressant qu'une hormone qui a une origine unique et qui a été maintenue chez les mammifères et chez les insectes soit à l'origine de comportements très différents ».

Voilà qui pourrait ouvrir la porte à de nouvelles découvertes sur le rôle de l'ocytocine chez les mammifères. ■

MARIE MEURISSE (« LE TEMPS »)

1500

C'est, en milliards de soleils, la masse de la Voie lactée, mesurée par deux des plus importants télescopes spatiaux en exercice, Hubble (NASA et ESA) et Gaia (ESA). Selon leurs données, notre galaxie « pèserait » environ 1500 milliards de masses solaires. Les précédents chiffres donnaient une fourchette large allant de 500 milliards à 3000 milliards de masses solaires. La difficulté de l'exercice tient à l'estimation de la matière noire dont la galaxie est constituée à 90 % et qui ne produit aucune lumière. Pour contourner la difficulté, les astronomes ont donc travaillé sur le déplacement des amas globulaires, des paquets compacts d'étoiles qui orbitent autour du centre galactique et dont la vitesse permet de déterminer la masse de la Voie lactée.