

EN IMAGE

DES FRACTALES QUANTIQUES

Dans un chou romanesco, le même motif semble se reproduire à différentes échelles: c'est un exemple de structure fractale. Une propriété des fractales est qu'il est possible de leur attribuer une dimensionnalité non entière. Cette idée a inspiré l'équipe de Cristiane Morais Smith, de l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas, en vue de construire des systèmes quantiques de dimension non entière et d'y étudier la dynamique des électrons.

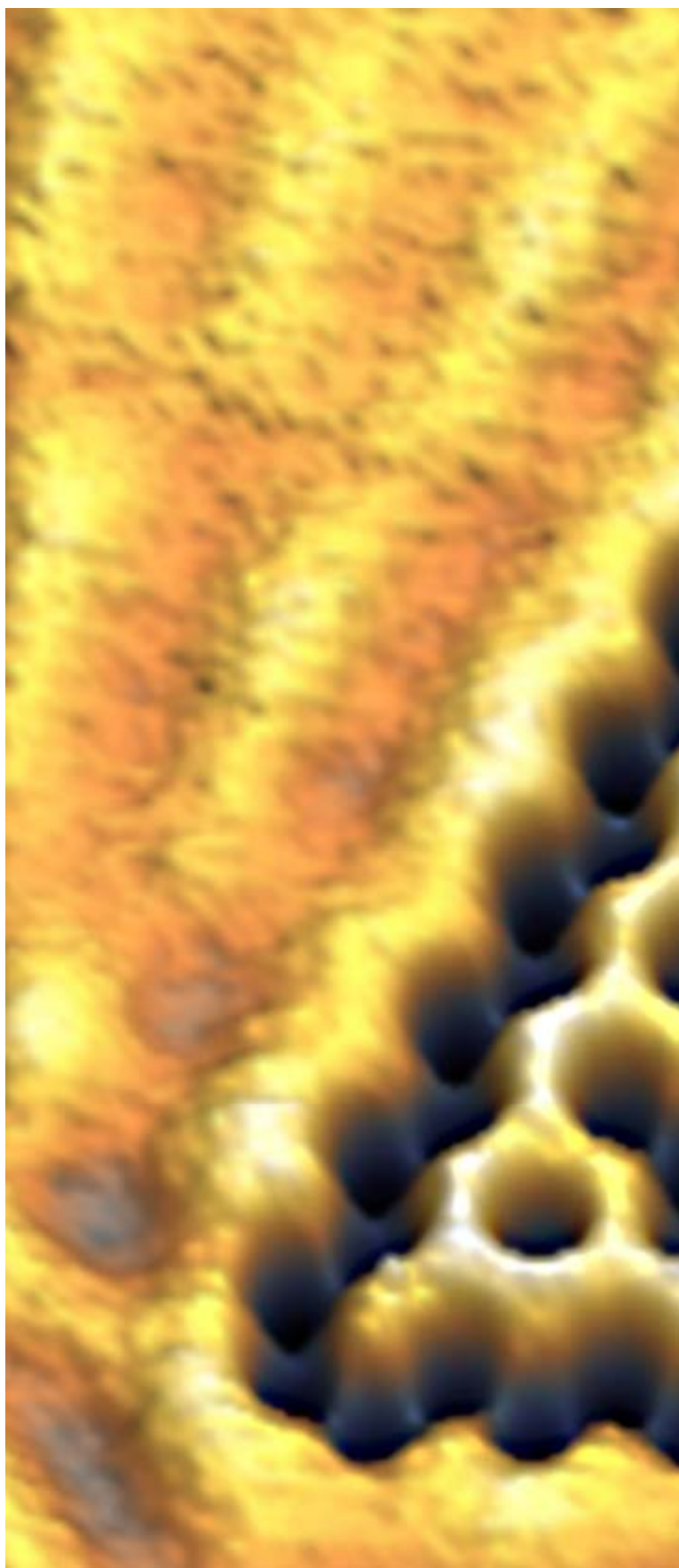
En effet, la dimensionnalité d'un système influe sur son comportement quantique. Certains phénomènes n'existent que dans des dispositifs à une dimension tels qu'une chaîne d'atomes, ou à deux dimensions, la bidimensionnalité étant notamment nécessaire pour qu'il y ait un effet Hall quantique. Mais comment se comporteraient des électrons dans un système de dimension non entière, comprise entre 1 et 2 par exemple? La dynamique serait-elle celle d'un matériau de dimension 1, de dimension 2 ou quelque chose d'intermédiaire?

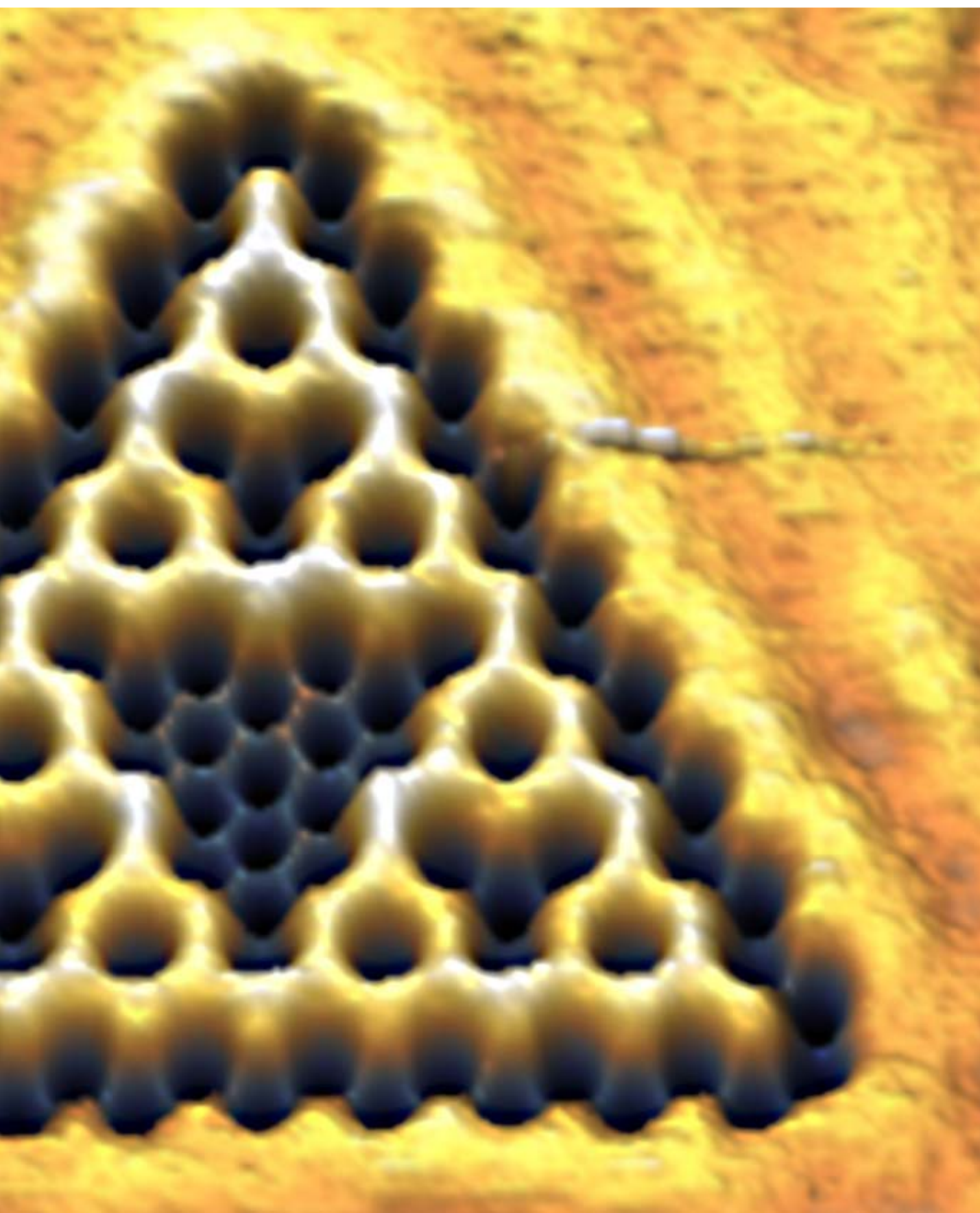
Cristiane Morais Smith et ses collègues ont construit une structure fractale inspirée du triangle de Sierpiński. Celui-ci est un exemple simple de fractale, de dimension égale à 1,58. Sa construction commence avec un triangle équilatéral. On accole par leurs sommets trois de ces triangles pour former un triangle équilatéral plus grand (avec un trou équilatéral). On reprend trois fois cette structure pour construire un triangle plus grand, et ainsi de suite. Reproduite à l'infini, la procédure conduit à une structure qui, à toutes les échelles, présente le même motif.

Sur un substrat de cuivre, dans lequel les électrons circulent librement, les chercheurs ont disposé, grâce à la pointe d'un microscope à effet tunnel, des molécules de monoxyde de carbone de façon à former un triangle de Sierpiński (*ci-contre*). Ces molécules servent de barrière pour les électrons. Les chercheurs ont alors utilisé des techniques spectroscopiques pour mesurer la fonction d'onde électronique, l'objet mathématique qui décrit le comportement des électrons dans le système. Ils ont montré que le caractère fractal du triangle de Sierpiński de dimension 1,58 se reflète dans les propriétés de cette fonction d'onde. Ces travaux inaugurent un vaste champ d'étude: les propriétés quantiques des systèmes fractals pourraient se révéler très surprenantes. ■

S. B.

S. N. Kempkes et al., *Nature Physics*, en ligne le 12 novembre 2018





VIROLOGIE

GRIPPE : UN TRAITEMENT UNIVERSEL GRÂCE AU LAMA ?

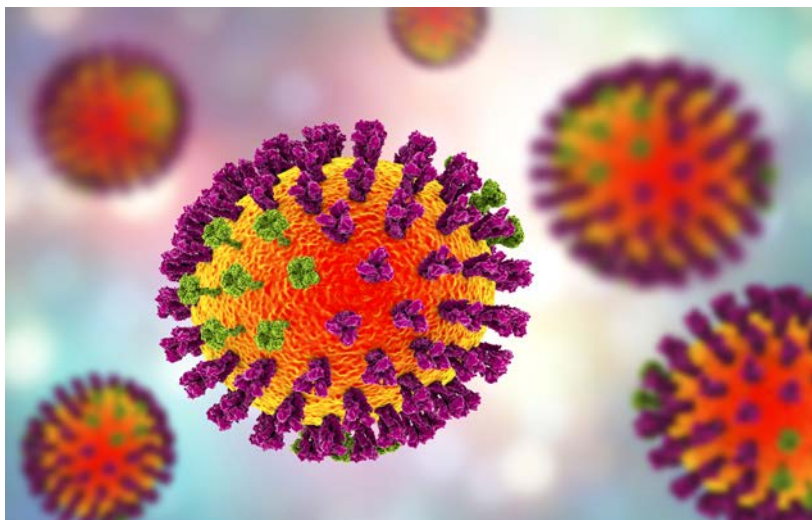
Une injection d'anticorps de lamas sous forme d'aérosol nasal offre une nouvelle stratégie pour remplacer la classique vaccination contre la grippe saisonnière.

La grippe saisonnière, causée par des virus *influenza* de types A et B majoritairement, entraîne chaque année jusqu'à 650 000 décès dans le monde. Or il existe un très grand nombre de souches de ces virus, qui mutent régulièrement. Aujourd'hui, la prévention passe par un vaccin qui assure une protection contre seulement quatre souches, sélectionnées chaque année par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en fonction de leur probabilité de prédominer dans l'épidémie à venir. Un pari qui n'est pas toujours gagnant. À la recherche d'une solution plus universelle, Ian Wilson, de l'institut américain de recherche Scripps, et ses collègues ont décidé d'explorer une autre piste, grâce à un animal pour le moins inattendu : le lama.

La stratégie classique de vaccination consiste à introduire des souches inactivées de virus dans le corps pour lui faire produire des anticorps, qui élimineront le virus en cas de réelle infection. Dans le cas de la grippe, les anticorps ciblent une protéine de surface du virus, l'hémagglutinine, et plus précisément la tête de cette protéine, région plus facile d'accès pour le système immunitaire. Mais cette tête a l'inconvénient d'être très variable (la fréquence de ses mutations est élevée) et spécifique de chaque souche de virus. D'où la difficulté d'obtenir une protection large, au-delà des quelques souches retenues pour le vaccin annuel.

En vue d'une protection universelle, Ian Wilson et ses collègues se sont intéressés au lama, connu pour produire des anticorps de petite taille, capables de cibler des régions de l'hémagglutinine moins accessibles, mais aussi plus stables d'une souche virale à l'autre.

Les chercheurs ont isolé quatre anticorps du lama efficaces contre certaines souches de grippe. Ils ont alors fabriqué un gène dont l'expression rassemble en un seul anticorps des parties des quatre anticorps du lama. Cette fusion est avantageuse : l'anticorps final cible *in vitro* au moins soixante souches de grippe. L'originalité de ces travaux tient alors à la méthode retenue pour faire produire cet anticorps de lama à des souris afin de vérifier son efficacité *in vivo*. S'ils l'ont directement injecté par voie intraveineuse à certaines souris, les chercheurs ont aussi testé



Vue d'artiste du virus de la grippe. L'hémagglutinine (en violet) est une protéine de surface qui est la cible des anticorps. En s'y fixant, ils empêchent le virus d'envahir les cellules de l'organisme.

2 à 8 MILLIONS

C'EST LE NOMBRE DE PERSONNES TOUCHÉES PAR LA GRIPPE EN FRANCE CHAQUE ANNÉE. LE COÛT ASSOCIÉ, EN MÉDECINE AMBULATOIRE SEULE, EST COMPRIS ENTRE 230 ET 840 MILLIONS D'EUROS, AUQUEL IL FAUDRAIT AJOUTER LES HOSPITALISATIONS ET LES PERTES DE PRODUCTION.

Source : Groupe d'expertise et d'information sur la grippe (www.grippe-geig.com)

chez d'autres une injection intranasale contenant un virus porteur du gène chimérique. Le virus en question, un adénovirus, est inoffensif et couramment utilisé en thérapie génique. Le rôle de ce vecteur est ici d'insérer dans l'ADN des cellules nasales le gène d'intérêt et de leur faire ainsi produire l'anticorps chimérique. L'expérience a montré de bons taux de survie des souris exposées à différentes souches de virus de la grippe. Le vecteur permet, du moins chez la souris, une libération prolongée et ciblée d'anticorps pendant plusieurs mois dans les muqueuses, qui sont le point d'entrée du virus.

«Les résultats obtenus sont très convaincants, mais il faut temporiser : les réactions immunitaires chez la souris et chez l'homme ne sont pas similaires. Ces anticorps de lama pourraient être détruits par notre système immunitaire», souligne Sylvie de Werf, de l'institut Pasteur à Paris. D'autres questions se posent. Pour être utilisé chez l'homme, le vecteur devra réellement assurer une protection pendant toute la saison de la grippe. Enfin, la stratégie devra prouver qu'elle est sans danger et assez efficace pour justifier d'inoculer un organisme génétiquement modifié à des individus sains. ■

NOËLLE GUILLON

N. S. Laursen *et al.*, *Science*, vol. 362, pp. 598-602, 2018

IMPACT AU GROENLAND

Sous le glacier Hiawatha, dans le nord-ouest du Groenland, une structure ronde est apparue lors de sondages au radar. De 30 kilomètres de diamètre, d'une profondeur de 320 mètres, elle présente en son centre une zone surélevée de 50 mètres. Avec des collègues danois, français et anglais, Kurt Kjær, de l'université de Copenhague, y a vu un possible cratère d'impact et entrepris de le prouver. Ce qui a été fait en analysant un échantillon de sédiments transportés par les rivières subglaciaires: il contenait des grains de quartz choqué et des cônes de choc, que seuls les grands impacts peuvent produire. Les chercheurs ont calculé que le cratère observé pourrait être dû à la chute, à quelque 20 kilomètres par seconde, d'un astéroïde ferreux d'environ 1,5 kilomètre de diamètre, en supposant le glacier absent lors de l'impact – dont l'époque reste à déterminer. ■

F. S.

K. Kjær et al., *Science Advances*, vol. 4, article eaar8173, 2018

PALÉONTOLOGIE

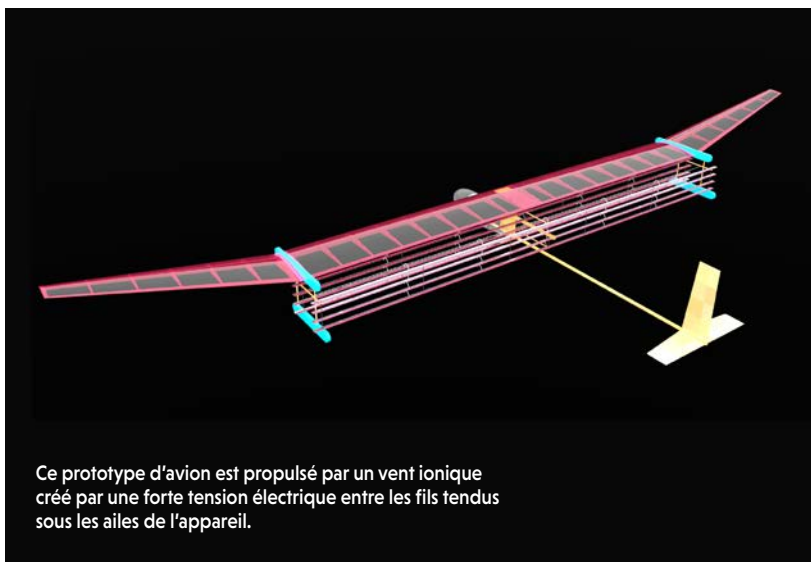
DICYNODONTE MASSIF

Un dicynodonte géant de la fin du Trias (252,2 à 201,3 millions d'années) a été découvert par Tomasz Sulej, de l'Académie des sciences polonaise, et Grzegorz Niedźwiedzki, de l'université d'Uppsala. L'animal, qui a reçu le nom *Lisowicia bojani*, a été mis au jour au sein de sédiments fluviaux en association avec des os de dinosaures dans une ancienne zone humide. Les dicynodontes sont des reptiles mammaliens qui, entre le Permien moyen (272,3 à 259,9 millions d'années) et le Trias final, étaient les herbivores dominants. Jusqu'à présent, on n'en connaissait pas de plus de 1 mètre de long. Or les chercheurs estiment que *Lisowicia* pesait 9 tonnes et mesurait 2,6 mètres de haut. Si ses membres postérieurs ressemblent à ceux des autres dicynodontes, ses membres antérieurs font penser à ceux des grands dinosaures quadrupèdes. Il s'agissait manifestement d'un animal à croissance rapide, vitale pour la survie en bas âge. *Lisowicia* apparaît ainsi comme très similaire à nos éléphants. ■

F. S.

T. Sulej et G. Niedźwiedzki, *Science*, article eaal4853, en ligne le 22 novembre 2018

UN AVION S'ENVOLE GRÂCE AU VENT IONIQUE



Ce prototype d'avion est propulsé par un vent ionique créé par une forte tension électrique entre les fils tendus sous les ailes de l'appareil.

Certaines sondes spatiales, telles *Dawn* ou *BepiColombo*, sont équipées d'un moteur ionique: des atomes sont ionisés et accélérés vers l'arrière, ce qui propulse l'engin vers l'avant. Sur Terre, la faible poussée d'un tel système semble insuffisante pour faire voler un avion. Néanmoins, Steven Barrett, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), s'en est inspiré pour concevoir un prototype d'avion qui vole sans pièce mobile (hélice, rotor, etc.), sans utiliser de carburant et sans émettre directement du dioxyde de carbone.

L'idée est d'utiliser deux jeux de fils tendus le long des ailes et d'établir une forte tension électrique, de 40 000 volts, entre les fils antérieurs et postérieurs. Autour des fils à l'avant, le champ électrique ionise des atomes de l'air qui sont alors accélérés vers les fils à l'arrière. En chemin, ces ions entrent en collision avec de nombreux atomes de l'air et transmettent une part de leur énergie. Ces atomes sont alors poussés vers l'arrière de l'avion et forment le «vent ionique». Par réaction, l'avion avance. Steven Barrett et ses collègues ont utilisé un logiciel d'optimisation pour obtenir un concept d'avion ayant une envergure de 5 mètres pour un poids total de 2,4 kilogrammes. La difficulté a été de concevoir un système de batteries léger capable de produire une tension aussi élevée. Lors d'essais dans le gymnase du MIT, le prototype, préalablement lancé, a atteint une vitesse de 17 kilomètres par heure en volant sur 50 mètres (une distance limitée par la taille du bâtiment). Avec le système éteint, l'avion ne parcourt que 10 mètres.

Si la preuve du concept est faite, l'équipe doit encore relever de nombreux défis: améliorer le rendement du système, adapter un tel dispositif à des avions de plusieurs tonnes, etc. Mais les chercheurs imaginent déjà des appareils utilisant ce système alimenté par des panneaux solaires, et cela sans faire de bruit. ■

S. B.

Haofeng Xu et al., *Nature*, vol. 563, pp. 532-535, 2018