

> Ces cellules sanguines «ratatinées» rappellent à Ardem Patapoutian celles que l'on retrouve dans la drépanocytose. En effet, la mutation du gène de la drépanocytose a persisté chez de nombreuses personnes d'origine africaine, car elle protège contre le paludisme. Dès lors, le chercheur se demande si des mutations de *Piezo1* feraient de même... Si tel est le cas, le taux de ces mutations devrait être relativement élevé chez les individus d'origine africaine.

En 2018, des analyses de grandes bases de données ont validé cette hypothèse: en fait, un variant particulier de *Piezo1* existe chez un tiers des personnes ayant une ascendance africaine. Et en 2019, l'équipe d'Elizabeth Egan, de l'université Stanford, a confirmé que les individus portant cette mutation de *Piezo1* résistent mieux au paludisme.

DES OS SOLIDES

Selon l'équipe de Bailong Xiao, les protéines *Piezo1* participent également à la formation et à l'entretien des os. Lorsque son équipe a «éteint» le gène *Piezo1* dans des ostéoblastes de souris – les cellules qui fabriquent les os –, les rongeurs ont grandi en étant plus petits et plus maigres que la normale. Les os longs supportant le poids de leur corps étaient plus légers, plus minces et plus fragiles que ceux des souris témoins.

De plus, en 2019, les chercheurs de l'équipe de Bailong Xiao ont montré que des rongeurs normaux partiellement suspendus en l'air, et qui n'ont donc pas à supporter leur poids en permanence, présentent des niveaux d'expression du gène *Piezo1* et des niveaux de masse osseuse plus faibles que les souris restées libres de leurs mouvements. Un phénomène qui ressemble beaucoup à ce qui arrive aux personnes atteintes d'ostéoporose, ou qui sont longtemps alitées, ainsi qu'aux cosmonautes à bord de la *Station spatiale internationale*, précise Bailong Xiao.

DES CANAUX MÉCANO-SENSIBLES POUR ENTENDRE

«La découverte des canaux *Piezo* représente un énorme pas en avant, affirme Kate Poole, biologiste à l'université de Nouvelle-Galles du Sud à Sydney, en Australie, mais il est également clair que l'histoire ne se limite pas aux *Piezo*.» En fait, les scientifiques qui s'intéressent à l'audition recherchent le canal approprié depuis quatre décennies. «Il y a eu beaucoup de fausses pistes dans cette histoire», précise Jeffrey Holt, neuroscientifique à l'hôpital pour enfants de Boston, dans le Massachusetts. «Mais maintenant, nous pensons que nous avons une assez bonne idée de la situation.»

En effet, la protéine canal qui joue un rôle clé dans l'audition se nomme TMC1. En 2018, lorsque Jeffrey Holt et ses collègues ont modifié la séquence d'acides aminés qui composent

cette protéine, ils ont aussi changé la capacité des cellules de l'oreille interne à traduire les signaux mécaniques [la pression des ondes sonores, ndlr] en signaux électriques. Et en 2019, une autre équipe a montré que la protéine TMC1 purifiée est capable de créer un canal ionique mécanosensible dans des bulles

On recherche d'autres familles de canaux mécanosensibles

de membranes artificielles. Toutefois, la structure de TMC1 reste un mystère, car il est difficile de purifier la protéine en quantité suffisante pour obtenir de bonnes images en cryomicroscopie électronique.

Quant à l'équipe d'Ardem Patapoutian, elle est aujourd'hui à la recherche de nouvelles familles de canaux mécanosensibles. En 2018, Ardem Patapoutian, Swetha Murthy et le biologiste Andrew Ward, de l'institut de recherche Scripps, ont présenté ce qu'ils pensent être le plus grand groupe de canaux activés mécaniquement. Ils connaissaient déjà une famille de protéines qui permettent aux plantes de ressentir la pression osmotique: les protéines OSCA. Et ils pensaient qu'elles pourraient être sensibles à davantage de forces. Et en effet, dans des cellules rénales humaines, les OSCA ont aussi réagi à l'étirement des membranes cellulaires.

Les chercheurs savaient également, grâce à des études antérieures, que les protéines OSCA sont étroitement liées à une autre famille de protéines chez les mammifères, les TMEM63. Les canaux TMEM63 des souris, des humains et même des drosophiles ont aussi réagi à l'étirement dans les expériences de Swetha Murthy. Ainsi, les protéines OSCA et TMEM63 constituent une grande famille de canaux mécanosensibles, commune à de nombreuses espèces vivantes.

Les canaux découverts jusqu'à présent ne peuvent pas, à eux seuls, expliquer tous les cas de mécanosensibilité cellulaire, explique Swetha Murthy, aujourd'hui biophysicienne et neuroscientifique à l'université de santé et de sciences de Portland, dans l'Oregon. Il s'agit désormais de trouver d'autres mécanorécepteurs. Et ces derniers assurent probablement plus de fonctions que celles connues aujourd'hui, affirme Ardem Patapoutian: «Nous avons à peine effleuré la surface.» ■

BIBLIOGRAPHIE

L. Wang et al., **Structure and mechanogating of the mammalian tactile channel *Piezo2***, *Nature*, vol. 573, pp. 225-229, 2019.

W. Sun et al., **The mechanosensitive *Piezo1* channel is required for bone formation**, *eLife*, vol. 8, e47454, 2019.

S. E. Murthy et al., **OSCA/TMEM63 are an evolutionarily conserved family of mechanically activated ion channels**, *eLife*, vol. 7, e41844, 2018.

A. T. Chesler et al., **The role of *Piezo2* in human mechanosensation**, *N. Engl. J. Med.*, vol. 375, pp. 1355-1364, 2016.

J. Ge et al., **Architecture of the mammalian mechanosensitive *Piezo1* channel**, *Nature*, vol. 527, pp. 64-69, 2015.

M. Szczot et al., ***Piezo2* mediates injury-induced tactile pain in mice and humans**, *Sci. Transl. Med.*, vol. 10(462), eaat 9892, 2018.

DURÉE LIBRE

3 FORMULES AU CHOIX

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Marketing – 170 bis boulevard du Montparnasse – 75 014 Paris – email : boutique@pouirlascience.fr

☒ **OUI, je m'abonne à Pour la Science en prélèvement automatique**

PAG20NOE

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher) et je complète l'autorisation de prélèvement ci-dessous.

☐

FORMULE PAPIER

- 12 n° du magazine papier

+ **UN CADEAU**

DPV4E90K8

4,90€

PÂR MOIS

☐

FORMULE PAPIER + HORS SÉRIE

- 12 n° du magazine papier
- 4 Hors-série papier

+ **UN CADEAU**

PPV6E50K15

6,50€

PÂR MOIS

☐

FORMULE INTÉGRALE

- 12 n° du magazine (papier et numérique)
- 4 Hors-série (papier et numérique)
- Accès illimité aux contenus en ligne

+ **UN CADEAU**

IPV8E20K15

8,20€

PÂR MOIS

2 / Mes coordonnées

Nom:
Prénom:
Adresse:
.....
Code postal [] [] [] [] [] Ville:
Tél.: [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []
E-mail:@
(Indispensable pour la formule intégrale)
J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

Durée d'abonnement : 1 an. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2021 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourlascience.fr>. Photos non contractuelles. Vous pouvez acheter séparément chaque élément de cette offre : les numéros de *Pour la Science* pour 6,90 €, les numéros de *Pour la Science Hors-série* pour 7,90 € et le livre *Pourquoi le Soleil brille* pour 16,00 €.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et nous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société *Pour la Science*. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. *Pour la Science* ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à *Pour la Science*. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante: <https://rebrun.fr/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

Groupe Pour la Science - Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris cedex 14 – Sarl au capital de 32 000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

3 / Mandat de prélèvement SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom: Prénom:

Adresse:

Code postal | | | | | Ville: | | | | |

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

[illegible]

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Établissement teneur du compte
Nom:

Adresse:

Code postal : Ville :

Date et signature

Organisme Créancier: Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

4 / MERCI DE JOINDRE IMPÉRATIVEMENT UN RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire.

L'ESSENTIEL

> Le *spolvero* est un procédé utilisé à la Renaissance italienne pour transférer, au moyen de poudre noire, un dessin préparatoire vers le support d'une peinture.

> L'utilisation du *spolvero* avait été mise en évidence sur certains tableaux de Léonard de Vinci, mais pas sur *La Joconde*.

> Grâce à de l'imagerie multispectrale et à LAM, une méthode d'analyse d'images développée par Pascal Cotte, trois zones de *La Joconde* ont révélé des traces de *spolvero*.

> La technique LAM se montre prometteuse pour l'analyse d'autres œuvres d'art ou documents.

LES AUTEURS



PASCAL COTTE
ingénieur et fondateur,
en 1989, de la société
Lumiere Technology,
basée à Ponthierry



LIONEL SIMONOT
enseignant-chercheur
à l'université de
Poitiers, à l'institut P'
du CNRS

La Joconde aussi a des points noirs

Des chercheurs ont mis en évidence, pour la première fois, l'utilisation du «*spolvero*», technique de transfert de dessin, sur le célèbre portrait de Mona Lisa peint par Léonard de Vinci.

C'est peut-être la peinture la plus observée de l'art occidental. Des points noirs sur le front de *La Joconde* et à la jointure des mains n'avaient pourtant encore jamais été remarqués ni par les millions de visiteurs annuels du musée du Louvre, ni par les spécialistes de Léonard de Vinci, ni par aucun dispositif scientifique. À leur décharge, les points noirs de Mona Lisa ne sont pas visibles à l'œil nu. Ils ne se trouvent pas en surface, mais légèrement en profondeur de la couche picturale. Nous les avons découverts récemment à l'aide de méthodes d'imagerie et d'analyse d'images novatrices.

Ces points noirs témoignent de l'utilisation du *spolvero*, technique de transfert d'un dessin préparatoire vers l'œuvre picturale. Dans cette technique, le dessin est réalisé sur un «carton», feuille que l'on perce de petits trous suivant les contours du dessin, puis transféré sur un support en faisant passer à travers les trous du carton de la poudre (*polvere* en italien) de noir de charbon (voir l'encadré page 46).

Très utilisé à la Renaissance, le *spolvero* a été mis en évidence par réflectographie infrarouge (voir plus loin) depuis les années 1950 sur d'autres tableaux de Léonard de Vinci, tels la *Dame à l'hermine*, *La Belle Ferronnière* et le *Portrait de Ginevra de' Benci*. Dans le catalogue de l'exposition au Louvre sur Léonard de Vinci >

