

on obtient des fréquences de l'ordre de quelques centaines de hertz. Cela correspond à l'optimum de sensibilité des « corpuscules de Pacini ». Ces terminaisons nerveuses détectent en effet les vibrations de haute fréquence et les accélérations de la déformation de la peau, particulièrement présentes au début et à la fin du toucher. Leur résolution spatiale est en revanche très faible.

En s'inspirant de tous ces capteurs sensoriels, Jonghwa Park et ses collègues, des chercheurs sud-coréens, ont récemment conçu un prototype de peau artificielle capable de détecter les vibrations acoustiques, le pouls et la température du bras, et de distinguer différentes textures.

Leur dispositif (voir l'illustration page précédente, en bas) reprend les principales caractéristiques morphologiques de la peau

et comporte notamment deux réseaux de microdômes se faisant face, faits d'un matériau composite souple ayant des propriétés ferroélectriques et piézoélectriques.

La piézorésistivité (variation de la résistance électrique en fonction de la pression), accentuée par le contact plus ou moins étendu entre les deux réseaux de microdômes, permet de détecter la pression statique. Quant à la ferroélectricité (existence d'une polarité électrique spontanée, qui dépend notamment de la température et de la pression), elle permet de détecter la température et des variations de pression.

Les applications envisagées seraient des peaux synthétiques pour robots sensibles, mais aussi de nouveaux outils médicaux, par exemple des dispositifs portables de suivi de la température corporelle et de la pression artérielle.

■ BIBLIOGRAPHIE

J. Park *et al.*, **Fingertip skin-inspired microstructured ferroelectric skins discriminate static/dynamic pressure and temperature stimuli**, *Science Advances*, vol. 1(9), article e1500661, 2015.

J. Scheibert *et al.*, **The role of fingerprints in the coding of tactile information probed with a biomimetic sensor**, *Science*, vol. 323, pp. 1503-1506, 2009.



Retrouvez la rubrique
Idées de physique sur
www.pourlascience.fr

Toutes les archives



■ Pour la Science
■ Dossier
Pour la Science
depuis
1996

Disponibles sur www.pourlascience.fr*

*Numéros à lire en ligne ou à télécharger au format PDF

QUESTION AUX EXPERTS

Pourquoi le ciel nocturne est-il noir et non pas brillant ?

La clé de l'énigme réside dans l'âge fini de l'Univers et dans le fait que les étoiles ne brillent pas éternellement.

Karen KWITTER



L'Univers semble statique. Dans toutes les directions, des astres distants nous envoient de la lumière. Dès lors, pourquoi leurs signaux ajoutés ne rendent-ils pas la voûte céleste brillante la nuit ? Cette question intrigue les astronomes depuis longtemps. Elle constitue le « paradoxe d'Olbers », car elle a été posée pour la première fois par l'astronome allemand Heinrich Olbers en 1823.

Olbers a formulé son paradoxe en ces termes : si l'on suppose que l'Univers est infini et qu'il contient une infinité d'étoiles (ou de galaxies) uniformément réparties, alors chaque direction d'observation devrait aboutir à la surface d'une étoile. La lumière qui nous parvient des astres devrait donc rendre le ciel nocturne aussi brillant que la surface d'une étoile. Or ce n'est pas le cas. Pourquoi ?

De nombreuses réponses ont été proposées à cette question bien plus profonde qu'il n'y paraît. L'une d'elles consiste à supposer que le milieu entre les étoiles, voire entre les galaxies, est rempli de gaz et de poussière qui absorbent la lumière des astres lointains. Mais cela ne résout pas le paradoxe d'Olbers, car la lumière absorbée par la poussière finirait par l'échauffer, de sorte que, *in fine*, elle rayonnerait autant que les astres lointains...

Une autre idée invoque l'expansion de l'Univers. La dilatation de l'espace allonge les longueurs d'onde des photons, les particules dont est constitué tout rayonnement électromagnétique. Cet effet, d'autant plus

prononcé que les photons proviennent d'un objet lointain, décale le spectre lumineux vers les grandes longueurs d'onde, c'est-à-dire vers le rouge.

Les longueurs d'onde du visible deviendraient ainsi... invisibles, puisqu'elles se situeraient dans l'infrarouge. Toutefois, le rayonnement ultraviolet des astres lointains devrait, lui, être décalé vers le visible. Or on constate que la luminosité du ciel nocturne dans le visible ne correspond pas à la somme du rayonnement ultraviolet des astres lointains. L'expansion de l'Univers ne suffit donc pas à expliquer pourquoi la nuit est noire.

Un univers infini, mais pas infiniment vieux

On considère aujourd'hui que le paradoxe d'Olbers s'explique par deux faits. Le premier est que, même si l'Univers est infiniment grand, il n'est pas infiniment vieux. Estimé par plusieurs méthodes, son âge est de l'ordre de 14 milliards d'années. Les données du satellite *Planck* ont d'ailleurs livré la valeur la plus précise à ce jour : 13,8 milliards d'années.

Ce point est essentiel : comme les ondes électromagnétiques se propagent à une vitesse finie d'environ 300 000 kilomètres par seconde, nous ne percevons la présence d'un astre lointain que si sa lumière a eu le temps de nous parvenir.

Ce délai de propagation des ondes lumineuses ne nous est pas familier, car, pour les distances habituelles, il est trop petit. Lorsque

nous assistons à un concert depuis un balcon suspendu, par exemple, la lumière indiquant que le chef d'orchestre situé à 30 mètres a levé sa baguette nous parvient en moins d'un dixième de millionième de seconde, ce qui est imperceptible. En revanche, lors des missions *Apollo*, les astronautes présents sur la Lune recevaient les messages du centre de contrôle situé sur Terre avec un décalage nettement perceptible de 1,26 seconde.

Ainsi, le temps de propagation augmente avec la distance et nous ne captions donc aucun signal lumineux émis à une distance supérieure à celle que la lumière a pu parcourir en 13,8 milliards d'années.

L'autre fait qui contribue à l'obscurité nocturne est que les étoiles et les galaxies ne sont pas éternelles. D'une part, elles n'ont pas toujours existé ; d'autre part, elles finissent toutes par pâlir, puis par cesser de briller.

La combinaison de l'âge de l'Univers et de la durée de vie finie des sources lumineuses qui le peuplent conspire avec la vitesse de la lumière pour limiter la portée de notre regard sur l'Univers. Ainsi, au contraire de ce que supposait Olbers, il nous sera toujours impossible de percevoir simultanément les émissions lumineuses de tous les astres lointains – puisque tous les rayonnements émis ne nous ont pas encore atteints et qu'une partie des sources de lumière se sont déjà éteintes. ■

Karen KWITTER est astronome au Williams College, dans le Massachusetts (États-Unis).



Abonnez-vous à POUR LA SCIENCE

Plus de
24%
de réduction

OFFRE DÉCOUVERTE
12 n^{os} par an
4,90€
PAR MOIS
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'Industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

PAS471

☒ **OUI**, je m'abonne à **Pour la Science** formule Découverte.
Je règle par prélèvement automatique de 4,90€ par mois et
je complète l'autorisation ci-contre. **J'économise 24% par mois.**
(IPV4E90)

MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____

@ _____

J'accepte de recevoir les informations de **Pour la Science** ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/01/2017 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à **Pour la Science**. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre.

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 : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____
(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier

Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris

N° ICS FR92ZZZ426900

N° de référence unique de mandat (RUM)

Joindre un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire