

> considérablement ce champ électrique par effet de pointe. Il en est ainsi des arbres : avec leur forte proportion d'eau et d'électrolytes, ils sont suffisamment conducteurs pour être au même potentiel électrique que le sol. Il en résulte l'accumulation de charges aux extrémités des branches et des feuilles, qui créent de forts champs électriques (*voir l'encadré page précédente*). Ainsi, à 10 mètres au-dessus du feuillage d'un arbre isolé haut de 35 mètres, on mesure des champs de 2 kilovolts par mètre, et au niveau du feuillage lui-même la dizaine de kilovolts par mètre.

Le champ électrostatique est donc bien présent dans l'environnement forestier où vivent les araignées. Mais ces bestioles et leurs soies sont-elles pour autant chargées ? On peut faire une première estimation de la charge des soies en observant leur éventail et en considérant l'effet de deux forces électrostatiques : d'une part, la force vers le haut due au champ électrique atmosphérique et proportionnelle à la charge de la soie, d'autre part la répulsion entre les soies, proportionnelle au carré de cette charge (le produit des charges de deux soies).

Lorsque la charge augmente, la répulsion entre soies croît plus vite que la force qui les aligne parallèlement et l'éventail des soies s'ouvre plus. Avec un angle observé de 1 radian (57 degrés) pour un éventail de 5 soies longues de 1 mètre soumis à un champ électrique de 120 volts par mètre, on calcule une charge totale de 1 nanocoulomb.

DES CHAMPS ÉLECTRIQUES INTENSES PAR ENDROITS

Cette charge permet-elle d'assurer la suspension en l'air de l'araignée ? Le champ électrique exerce sur elle une force de 0,1 micronewton, soit le poids d'une masse de 0,01 milligramme. Avec 100 soies, on atteint 0,2 milligrammes, toujours pour une centaine de volts par mètre.

Or au-dessus d'un arbre, le champ électrique est 10 à 100 fois plus intense que cette valeur. Il peut donc tout à fait soulever des araignées de plusieurs dizaines de milligrammes, si elles émettent plusieurs dizaines de soies de plusieurs mètres.

Dans ce cas, la charge des soies peut dépasser 10 nanocoulombs, ce qui est considérable pour un animal aussi petit. Les propriétés électriques de la soie (capacité, résistance) montrent cependant que cette charge est atteinte en quelques secondes (une durée compatible

LÉVITATION ÉLECTROSTATIQUE

Les forces électrostatiques permettent à des araignées de s'envoler, mais aussi de faire léviter des objets macroscopiques. Il existe ainsi un jouet constitué d'une baguette « magique » et d'une structure faite de bandes souples d'un matériau léger et conducteur, celle-ci étant mise en lévitation par la baguette. Le principe est simple : une pile permet de charger électriquement la baguette, que l'on met ensuite au contact de la structure ; celle-ci acquiert donc des charges électriques de même signe que la baguette. Grâce à la répulsion entre charges de même signe, la structure se déploie, tandis que la répulsion exercée par la baguette compense son poids.



avec les observations) sous des courants de quelques nanoampères et des tensions de quelques centaines de volts, valeurs qui ne présentent pas de danger pour l'arachnide.

Pour en revenir aux observations de Darwin, un calcul du champ électrique à bord d'un navire tel que le *Beagle* montre que la présence de parties conductrices verticales et hautes (telles que le mât) crée au niveau du bastingage un champ électrique horizontal 3 à 4 fois plus intense que le champ ambiant, soit plusieurs centaines de volts par mètre. La force électrostatique correspondante était donc à la fois importante et plutôt horizontale, d'où cette inattendue accélération des araignées au décollage, indépendante de la vitesse de la brise.

Comment être certain du rôle de l'électrostatique ? Il conviendrait de mesurer les charges portées par les araignées, mais cela semble très délicat. Alors Erica Morley et Daniel Robert, de l'université de Bristol, ont en quelque sorte interrogé les araignées elles-mêmes. Leurs expériences récentes ont révélé que quand un champ électrique assez fort apparaît, les araignées volantes émettent une ou plusieurs soies et dressent leur abdomen. Cette dernière position n'est adoptée par l'araignée que lorsqu'elle cherche à s'envoler. Autrement dit, les araignées sont bien sensibles au champ électrique et ne se préparent à l'envol que lorsque le champ est suffisant. ■

BIBLIOGRAPHIE

E. L. Morley et D. Robert, **Electric field elicit ballooning in spiders**, *Current Biology*, vol. 28, pp. 2324-2330, 2018.

D. Clarke et al., **The bee, the flower, and the electric field : electric ecology and aerial electroreception**, *Journal of Comparative Physiology A*, vol. 203, pp. 737-748, 2017.

P. W. Gorham, **Ballooning spiders : the case for electrostatic flight**, prépublication Arxiv, 2013 (<https://arxiv.org/pdf/1309.4731.pdf>).

ABONNEZ-VOUS À POUR LA SCIENCE

OFFRE D'ABONNEMENT

**DURÉE
LIBRE**

3 FORMULES
AU CHOIX

	FORMULE DÉCOUVERTE	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier (12 numéros par an)	✓	✓	✓
Le hors-série papier (4 numéros par an)		✓	✓
L'accès en ligne illimité à pourlascience.fr			✓
L'édition numérique du magazine (12 numéros par an)			✓
L'édition numérique du hors-série (4 numéros par an)			✓
L'accès aux archives numériques depuis 1996			✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	4,90€ PAR MOIS	6,50€ PAR MOIS	8,20€ PAR MOIS
	29 % de réduction *	31 % de réduction *	43 % de réduction *

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pourlascience@abopress.fr

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

PAG19STD

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

☐ FORMULE DÉCOUVERTE • 12 n° du magazine papier 4,90€ PAR MOIS -29 % DPV4E90	☐ FORMULE PAPIER + HORS SÉRIE • 12 n° du magazine papier • 4 Hors-série papier 6,50€ PAR MOIS -31 % PPV6E50	☐ FORMULE INTÉGRALE • 12 n° du magazine papier • 4 Hors-série papier • Accès illimité aux contenus en ligne 8,20€ PAR MOIS -43 % IPV8E20
---	---	---

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

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement: 1 an. Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/12/2019 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourlascience.fr>. Photos non contractuelles.

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 vous 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://rebrand.ly/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) [] [] [] [] [] [] [] []
 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
 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 abonnements. Ne rien inscrire

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne
Université, à Paris

QUAND LES PROTÉINES TRAVAILLENT AU NOIR

Une protéine remplit-elle une unique fonction biologique?
La spécialisation biochimique des enzymes l'a longtemps laissé croire, jusqu'à ce que des protéines du cristallin révèlent l'existence de nombreuses activités clandestines...

Dans les années 1980, les cristallines ont levé le voile sur un monde inattendu dont l'exploration se poursuit encore aujourd'hui. Ces protéines sont les principaux constituants du cristallin de l'œil de nombreux animaux, vertébrés ou non. On les pensait remarquables à cause de leurs étonnantes caractéristiques optiques: elles sont transparentes aux rayons lumineux du spectre visible et donnent au cristallin un indice optique supérieur à 1, ce qui lui confère le rôle de lentille convergente. De plus, elles ne se dénaturent pas à forte concentration et présentent une longue durée de vie. Heureusement, car à la fin de l'embryogenèse du cristallin, les cellules qui le constituent perdent leurs noyaux et les protéines ne se renouvellent quasiment plus.

De telles protéines si particulières semblaient spécialisées pour un unique

rôle. Leur étude paraissait fascinante tant d'un point de vue fondamental (comment sont-elles apparues?) qu'appliqué (peut-être aideraient-elles à comprendre la cataracte, due à l'opacification du cristallin?). Aussi, quelle ne fut pas la surprise de Joram Piatigorsky, de l'Institut américain de la santé à Bethesda, quand il se rendit compte, à la fin des années 1980, que les cristallines qu'il analysait n'étaient autres que des enzymes bien connues par ailleurs, exprimées à un niveau moindre dans de nombreux tissus où elles ne pouvaient jouer un rôle optique!

DE VULGAIRES CHAPERONS, RIEN DE PLUS

On compte plus d'une douzaine de familles de cristallines chez les seuls vertébrés. Joram Piatigorsky a montré que les premières découvertes, les cristallines α des vertébrés, étaient des protéines de choc thermique, ou HSP (pour



Comme ceux des vertébrés, les yeux de ce mollusque ont un cristallin constitué principalement de longues cellules fibreuses transparentes sans noyau, contenant surtout des cristallines.



Hervé Le Guyader
a récemment publié:
L'Aventure de la biodiversité,
(Belin, 2018).