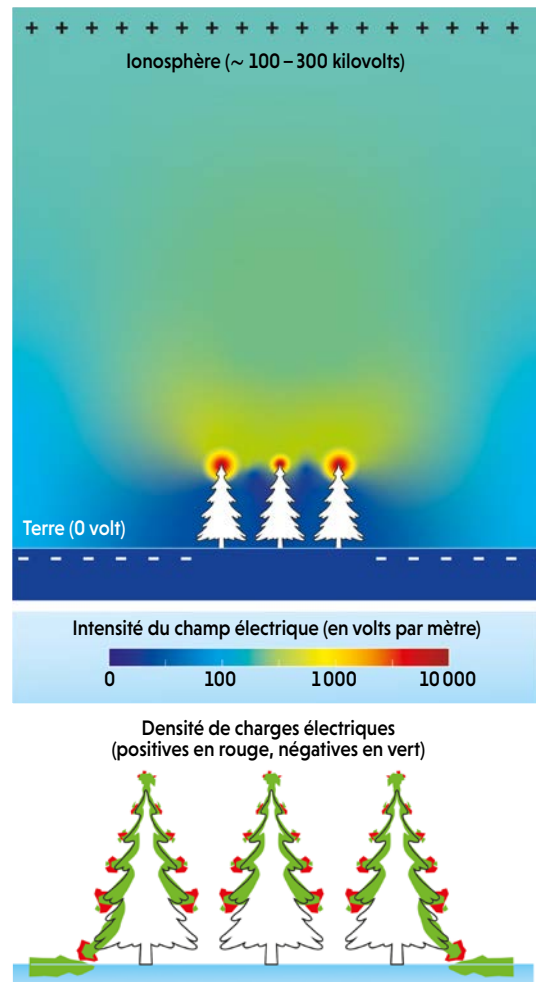


ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

L'ionosphère, entre 60 et 100 kilomètres d'altitude, est une couche atmosphérique chargée positivement. Son potentiel électrique, par rapport au sol, est de l'ordre de 100 à 300 kilovolts. Il en résulte un champ électrique atmosphérique qui est maximal au niveau du sol aux environs d'une centaine de volts par mètre. Mais la présence d'objets tels que des arbres peut apporter à ce champ de fortes distorsions locales, surtout à leurs extrémités. C'est grâce à ces champs électriques relativement intenses, et aux densités de charges électriques assez élevées qui en résultent près des surfaces pointues, que les araignées décollent facilement de leur support et volent à des altitudes pouvant atteindre quelques kilomètres.



d'entraînement par viscosité, est de l'ordre de 0,01. C'est par conséquent la viscosité qui domine; la force correspondante est proportionnelle à la vitesse relative entre le fil et l'air et, très grossièrement, à la longueur de la soie. Avec une soie de 1 mètre et une vitesse ascendante de l'air égale à 0,1 mètre par seconde, la force est d'environ 1 micronewton, soit le poids de 0,1 milligramme. Quelques dizaines de soies suffisent dans ce cas à soulever les araignées les plus petites, de 5 milligrammes ou moins.

Certes, plus loin du sol, les vents ascendants sont un peu plus forts, et avec des

vitesses de quelques mètres par seconde, ils suffiront pour que des araignées pesant plusieurs dizaines de milligrammes restent en l'air sans tomber. Mais comment expliquer leur décollage? Et pourquoi les araignées de Darwin décollaient-elles à l'horizontale bien plus rapidement que la brise ambiante, ce qui est paradoxal?

DANS L'AIR ÉLECTRIQUE

La réponse à ces questions réside vraisemblablement dans l'électrostatique. Les phénomènes atmosphériques entretiennent en effet un champ électrique dans lequel nous baignons en

permanence. La foudre en est l'une des manifestations les plus spectaculaires; mais même par temps calme et clair, il règne un champ électrique. Son amplitude est de l'ordre de 120 volts par mètre au-dessus d'un champ labouré, plat et horizontal. Ce n'est cependant qu'une valeur moyenne et la présence d'une structure conductrice peut renforcer >

Les auteurs ont récemment publié:
En avant la physique !,
une sélection de leurs
chroniques (Belin, 2017).



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'araignée.

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 elicits 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>).