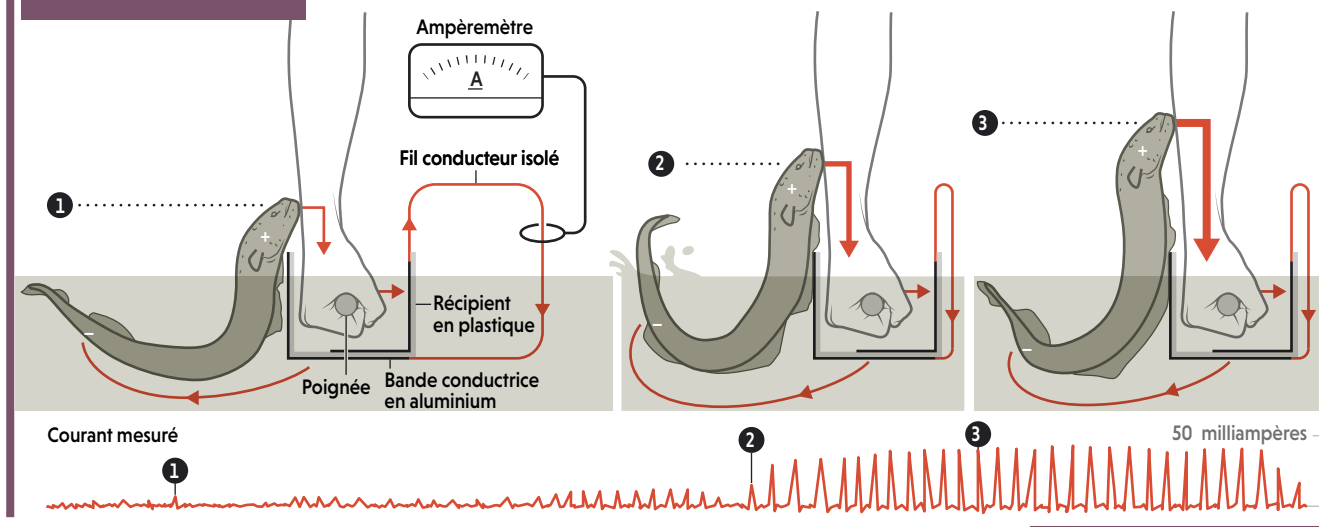


LA MEILLEURE DES DÉFENSES

Les anguilles électriques sautent souvent hors de l'eau pour administrer une décharge électrique à ce qu'elles perçoivent comme un agresseur. Afin de mesurer le courant traversant un bras humain pendant ce type d'attaque, l'auteur a conçu un dispositif expérimental

où il présente son propre bras à une anguille juvénile ①. Plus l'anguille s'élève hors de l'eau, plus le courant qui circule habituellement de la tête à la queue est remplacé par un courant, nettement plus fort, qui circule à travers la cible, c'est-à-dire ici le bras ②. Au point culminant du saut

de l'animal, le courant qu'il engendrait a atteint 43 milliampères – une décharge fortement répulsive, qui a déclenché chez l'auteur le réflexe de retirer son bras ③. Les anguilles de grande taille produisent *a priori* des courants nettement plus intenses.



► isolant contenant le poisson mort. Toutefois, elle a changé de cap à mi-chemin et tenté de manger la tige carbone en combinant succion et morsure comme lors de chaque attaque. Comme on pouvait s'y attendre dans le cas où les impulsions de tension élevée lui servent aussi à suivre ses proies, elle semblait interpréter la tige de carbone comme un poisson.

C'était un bon début, mais j'avais besoin de preuves plus solides. J'ai donc réalisé des expériences en plaçant des tiges de carbone et de multiples tiges de plastique afin de prendre en compte la possibilité que l'anguille discrimine les cibles à l'aide de sa vue. Toutes les anguilles ont attaqué le conducteur en carbone par des séries de décharges à tension élevée.

REPÉRAGE RAPIDE ET PRÉCIS

Ma dernière expérience a consisté à présenter aux anguilles électriques un disque en rotation rapide comportant à sa surface une petite zone conductrice et une série de zones isolantes d'aspect identique (voir l'illustration page 39). Les performances des anguilles m'ont impressionné : elles ont pu suivre et attaquer l'élément conducteur, au cours d'une même série d'impulsions à forte tension, avec une précision et une rapidité que l'on n'avait jamais constatées chez les animaux à électroperception active.

Plus aucun doute n'était possible : même aux tensions élevées, l'appareil électrique de

ces gymnotes est non seulement une arme, mais aussi un organe sensoriel permettant de repérer les proies. Le respect que m'inspiraient les anguilles électriques grandissait de jour en jour ; ce qui était bienvenu, puisque j'allais subir l'attaque de l'une d'elles...

DÉFENSE ÉPOUSTOUFLANTE

En mars 1800, le naturaliste prussien Alexander von Humboldt engagea des villageois d'Amazonie pour attraper des anguilles électriques, et décrivit l'opération. Les villageois firent venir une trentaine de chevaux et de mulets, qu'ils forcèrent à entrer dans une mare pleine d'anguilles. Leur but était que les anguilles électriques attaquent les chevaux jusqu'à ce qu'elles soient devenues inoffensives à force de décharger. Deux chevaux moururent dans l'affaire et d'autres, fortement atteints, s'effondrèrent sur la rive.

Le récit, publié en 1807, fit douter certains savants postérieurs à von Humboldt : pourquoi les gymnotes prendraient-ils le risque de s'attaquer à des animaux trop gros pour constituer des proies ? Pendant plus de deux siècles, aucun comportement analogue d'attaque n'a été rapporté – jusqu'au jour où, dans mon laboratoire, je me suis trompé d'épuisette pour attraper une grosse anguille électrique.

En général, les anguilles électriques ne sautent pas hors de leur aquarium, sauf si vous en coincez une en vous en approchant avec un

gros objet conducteur émergeant de l'eau. Elles réagissent alors par une attaque explosive. Ce comportement littéralement choquant m'est apparu lorsque j'ai tenté de capturer une grosse anguille à l'aide d'une épuisette dont le bord et la poignée étaient en métal. Elle s'est retournée et a bondi hors de l'eau tandis que sa mâchoire inférieure restait appuyée contre la poignée métallique et qu'elle émettait une longue série de décharges de forte tension (heureusement, je portais des gants de protection). C'est un comportement défensif que j'ai retrouvé chez toutes les anguilles électriques testées.

En analysant les phénomènes électriques qui ont accompagné le bond de mon anguille, de nombreuses pièces du puzzle biologique et historique se sont mises en place. Si les anguilles interprètent les petits objets conducteurs comme des proies comestibles, elles interprètent comme de gros animaux menaçants les grands objets conducteurs partiellement submergés qui s'approchent. *A priori*, elles pourraient fuir à la nage, mais il se trouve que pendant la saison sèche, elles se voient souvent piégées dans des mares à la portée de prédateurs tels que caïmans ou félins. Ajoutez à ce scénario le fait que les anguilles ne peuvent pas diriger leurs impulsions électriques et vous aurez la recette d'un étonnant mode de défense expliquant le récit de von Humboldt.

DES TESTS AVEC DES BRAS DE ZOMBIE

Pour en savoir plus, je me suis procuré des bras de zombie postiches, que l'on vend aux États-Unis lors des fêtes d'Halloween. Après en avoir retiré le faux sang, j'y ai placé des diodes électroluminescentes de façon à imiter le passage des voies nerveuses, puis j'ai présenté cette nouvelle cible à mes anguilles. Cela a déclenché des bonds défensifs, et les diodes ont d'autant plus clignoté que l'anguille s'élevait loin de l'eau. Comment expliquer cela ?

Répondre à cette question implique de déterminer le circuit électrique équivalent à l'ensemble gymnote + gros objet conducteur, afin de pouvoir déterminer la tension, ou force électromotrice, de l'organe électrique. Je devais également calculer la résistance électrique des matériaux du circuit. J'ai mesuré chaque variable successivement, en commençant par l'organe électrique de l'anguille. Longue d'un peu plus d'un mètre, la plus grosse anguille de mon laboratoire avait un potentiel électrique de 382 volts et une résistance interne de seulement 450 ohms, ce qui, en l'absence d'autres résistances, donne des intensités de courant de près de un ampère. Clairement, une anguille électrique est plus violente qu'un Taser !

Lorsque l'anguille bondit hors de l'eau en appuyant sa mâchoire inférieure contre une

TROIS ESPÈCES D'ANGUILLES ÉLECTRIQUES

Autour de David de Santana, de la Smithsonian Institution aux États-Unis, une équipe de chercheurs a étudié l'anatomie et l'ADN de 107 anguilles électriques capturées au Brésil, au Suriname, en Guyane française et au Guyana. Les résultats révèlent l'existence de trois populations génétiquement distinctes, donc de trois espèces au lieu d'une seule reconnue précédemment, *Electrophorus electricus*. Celle-ci vit au nord, principalement au Guyana et au Suriname ; *Electrophorus varii* est disséminé le long des basses terres amazoniennes jusqu'au nord du Brésil et en Guyane française ; et *Electrophorus voltai* vit au sud du bassin amazonien, au Brésil.

Les chercheurs ont mis en évidence des différences anatomiques subtiles entre ces espèces, qui se seraient différenciées avec la séparation des trois populations, quand le grand bassin amazonien s'est formé il y a quelque 3 millions d'années. Ils ont aussi établi que *E. voltai* peut produire des tensions de 860 volts, bien plus que les 650 volts cités jusqu'à présent pour les anguilles électriques. C'est un record absolu dans le monde vivant.

cible, le courant qui circule habituellement de la tête vers la queue s'affaiblit, car l'air, mauvais conducteur, tend à l'interrompre, de sorte que c'est le courant à travers la cible qui augmente. Cela explique les impressionnants bonds du gymnote : plus ils sont hauts, plus l'épaisseur d'air isolant la tête de la queue est grande, et plus l'intensité du courant dans la cible est importante.

Pour préciser les choses, j'ai dû résoudre un exercice de physique élémentaire : calculer le courant électrique dans un circuit comportant deux résistances en parallèle. Il fallait pour cela déterminer chacune de ces résistances. J'ai obtenu la première – celle du corps de l'anguille – en faisant attaquer des gymnotes une plaque métallique reliée à un voltmètre. L'autre résistance à déterminer était celle du bras postiche servant de cible. Après avoir précisé toutes les autres variables du problème, je suis parvenu à estimer la résistance électrique complexe s'établissant entre la mâchoire de l'anguille électrique, une cible vivante et l'eau baignant l'ensemble.

Je me suis aussi servi de mon propre bras afin de déterminer la dernière variable et de pouvoir tester les résultats de toutes les mesures précédentes. J'ai fait appel à une toute petite anguille présentant une force électromotrice de seulement 198 volts et une résistance interne de 960 ohms, et construit un dispositif capable de mesurer le courant à travers mon bras pendant l'attaque du gymnote. C'est ainsi que j'ai résolu l'exercice de physique que je m'étais posé et éprouvé dans ma chair à quel point les anguilles électriques sont efficaces quand elles attaquent... ■

BIBLIOGRAPHIE

C. David de Santana et al., **Unexpected species diversity in electric eels with a description of the strongest living bioelectricity generator**, *Nature Communications*, vol. 10, article 4000, 2019.

K. C. Catania, **Power transfer to a Human during an electric eel's shocking leap**, *Current Biology*, vol. 27(18), pp. 2887-2891, 2017.

K. C. Catania, **Electric eels use high-voltage to track fast-moving prey**, *Nature Communications*, vol. 6, article 8638, 2015.

K. C. Catania, **The shocking predatory strike of the electric eel**, *Science*, vol. 346, pp. 1231-1234, 2014.