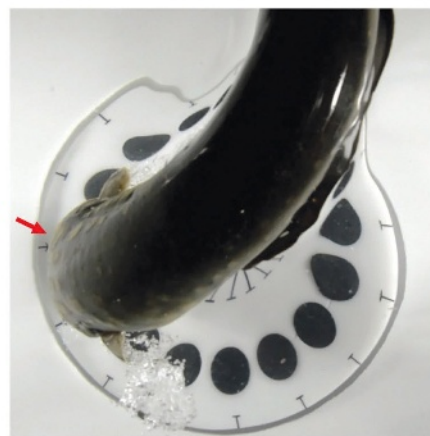
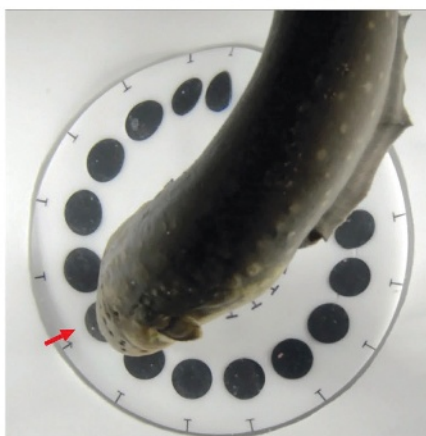
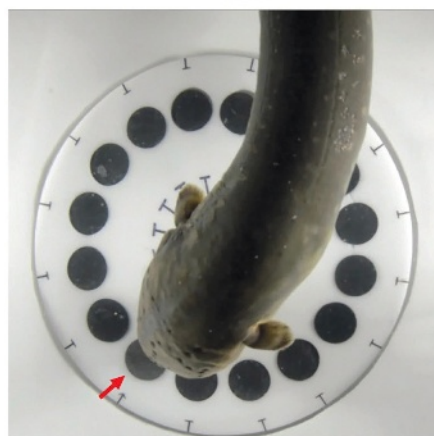
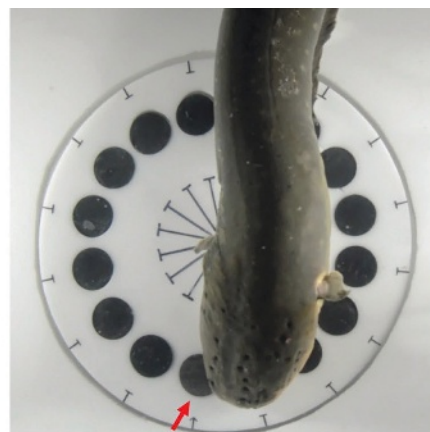
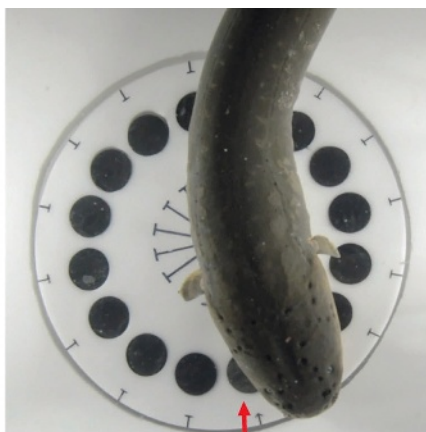
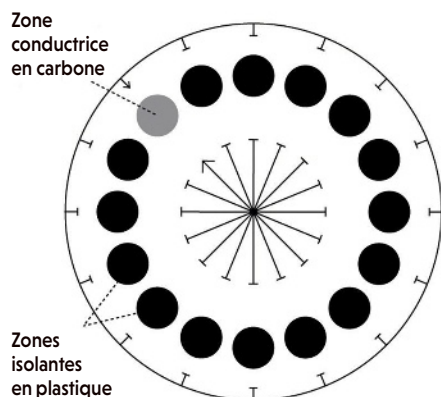




en l'absence de tremblement du poisson, les gymnotes ne réagissaient pas: ils n'attaquaient que si leurs doublets électriques étaient suivis de convulsions du poisson.

L'anguille électrique utilise donc deux types différents de contrôle à distance qui, à eux deux, en font une redoutable chasseuse: avec l'un, l'anguille force les proies à révéler leur présence, puis, avec l'autre, elle les fige.

Être capable de contrôler un autre animal à distance est déjà spectaculaire, mais les «superpouvoirs» de l'anguille ne s'arrêtent pas là. L'animal sait aussi se servir de son organe électrique pour mettre à mort. Ses décharges électriques ont l'inconvénient de se répartir dans tout le volume d'eau qui entoure le gymnote, de sorte que seule une infime fraction de sa puissance électrique atteint la proie. Comment alors celle-ci est-elle tuée? Le grand physicien anglais Michael Faraday, qui a effectué en 1838 des expériences avec des anguilles électriques, nous a donné la clé pour le comprendre.

Le gymnote constitue un dipôle électrique. En d'autres termes, les lignes représentant son champ électrique émanent de la tête de l'animal, chargée positivement, et se terminent sur sa queue, chargée négativement. La densité de ces lignes en un point donné correspond à l'intensité du champ électrique en ce point;

Des expériences ont montré que l'anguille électrique peut repérer ses proies en émettant des impulsions électriques de tension élevée. Ainsi, elle repère vite et avec précision la seule zone conductrice placée sur ce disque en rotation rapide, même si elle est visuellement indiscernable des autres.

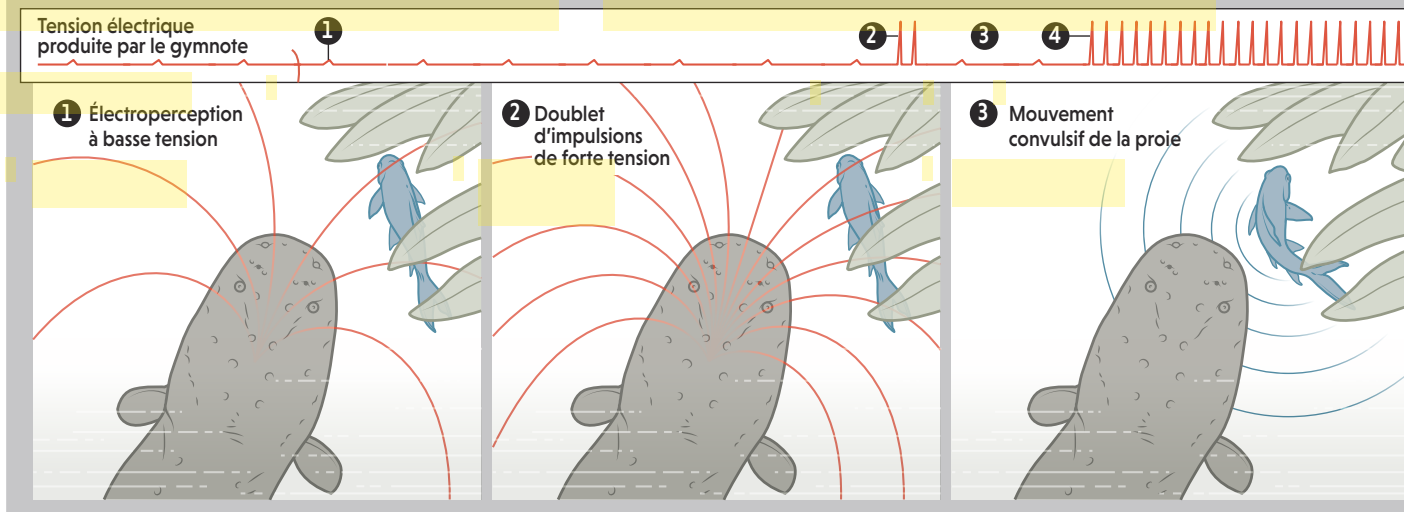
l'intensité est ainsi maximale aux pôles et diminue très vite avec la distance. Or on apprend dans les cours de physique que l'intensité du champ électrique régnant entre les charges d'un dipôle augmente considérablement lorsqu'on rapproche ces dernières. L'anguille électrique semble avoir fréquenté de tels cours, puisqu'elle rapproche ses pôles dès qu'une proie lui résiste: elle la maintient fermement dans sa gueule (pôle positif) et se courbe pour l'envelopper avec sa queue (pôle négatif), avant d'émettre une série de décharges électriques de forte tension.

Pour évaluer les effets de cette manœuvre, j'ai conçu un jouet à mâcher spécial pour anguille électrique: une paire d'électrodes enregistrant la tension et montées sur un support en plastique, le tout placé à l'intérieur d'un poisson mort. Quand les gymnotes prenaient ce dispositif dans leur gueule, je secouais les fils reliés aux électrodes afin de simuler le comportement d'une proie récalcitrante. Les anguilles s'enroulaient alors autour du dispositif et le soumettaient à une très forte tension: le champ électrique reçu par la proie factice était le double du champ électrique produit normalement par les anguilles. Ce comportement permet à l'animal de concentrer sa puissance électrique sur une cible afin de mieux la tuer.

TACTIQUE D'ATTAQUE

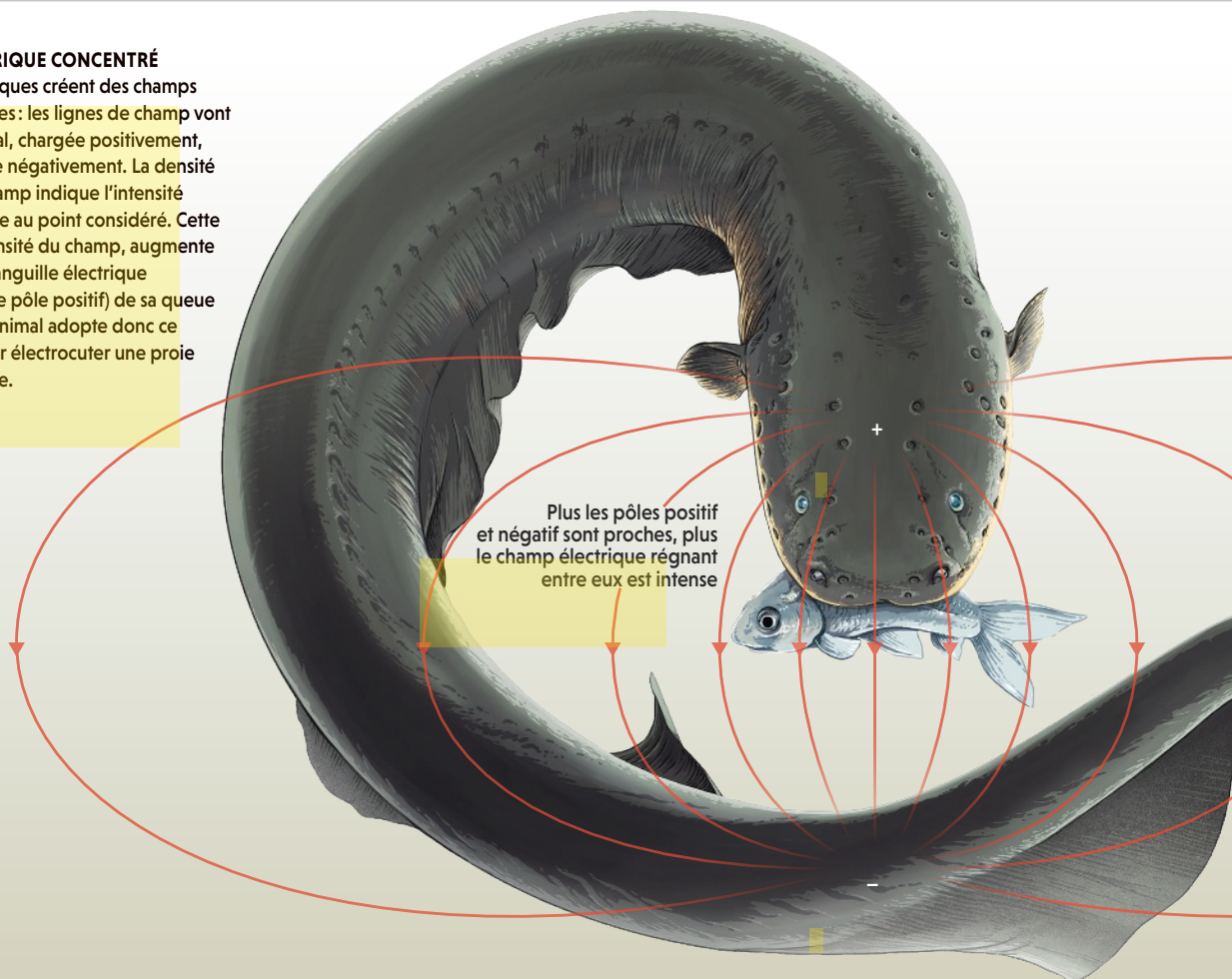
Les anguilles électriques chassent en émettant des impulsions électriques qui neutralisent leurs proies. Ces impulsions activent les motoneurones contrôlant les muscles de la proie, laquelle est ainsi paralysée à distance. À tension élevée, l'organe électrique du gymnote lui permet d'exercer cette forme de télécontrôle de deux façons : soit pour repérer des proies dissimulées en provoquant chez celles-ci

un mouvement convulsif perceptible, soit pour figer ces proies. À tension basse, son organe électrique peut aussi lui servir à suivre à distance les mouvements de ses proies. De plus, l'anguille électrique adopte une posture adaptée pour neutraliser sa proie en milieu aquatique, où la plus grande part de l'électricité des impulsions qu'elle émet se dissipe très vite dans le volume d'eau environnant.



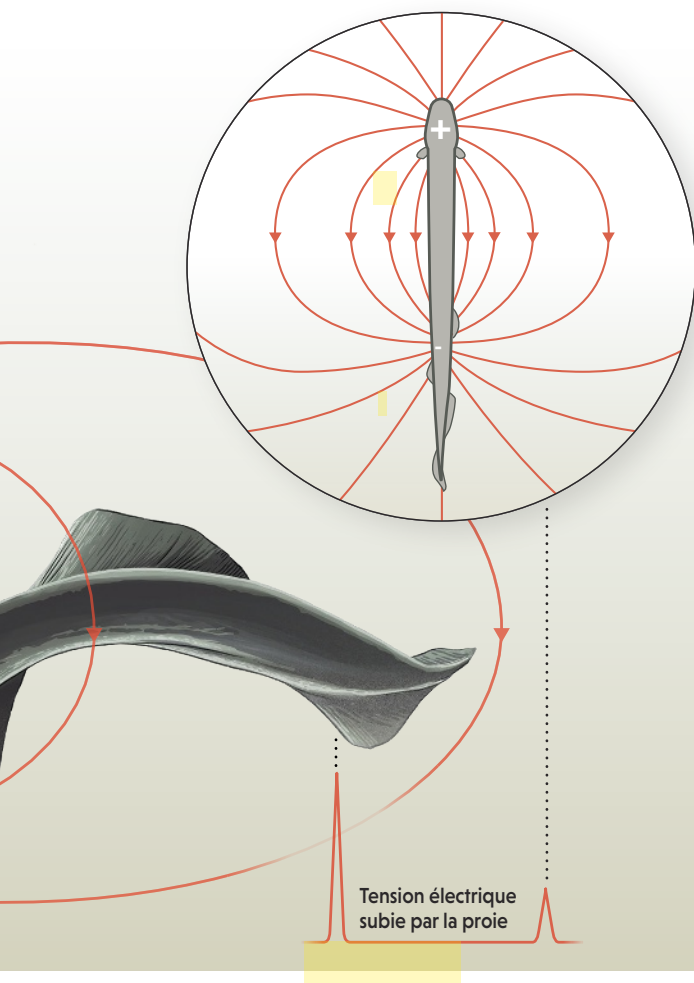
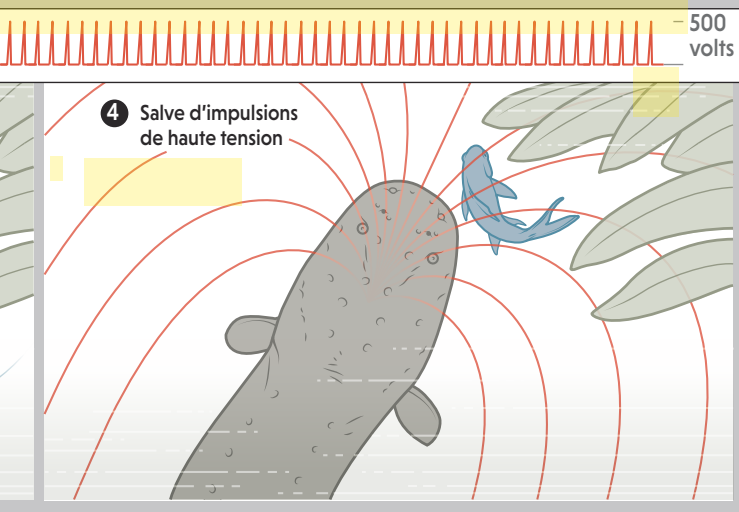
UN CHAMP ÉLECTRIQUE CONCENTRÉ

Les anguilles électriques créent des champs électriques dipolaires : les lignes de champ vont de la tête de l'animal, chargée positivement, à sa queue, chargée négativement. La densité de ces lignes de champ indique l'intensité du champ électrique au point considéré. Cette densité, donc l'intensité du champ, augmente fortement quand l'anguille électrique rapproche sa tête (le pôle positif) de sa queue (le pôle négatif). L'animal adopte donc ce comportement pour électrocuter une proie saisie dans sa gueule.



LES STADES D'UNE MISE À MORT

Pour explorer son environnement, l'anguille peut utiliser son organe électrique soit à tension basse, soit à tension élevée ❶. Afin de détecter une proie dissimulée par la végétation, le gymnote émet des paires d'impulsions à forte tension – les doublets électriques – qui provoquent un mouvement convulsif de la proie ❷. Ce brusque mouvement involontaire fait vibrer l'eau, ce que le gymnote perçoit ❸. La proie étant repérée, l'anguille lance une série d'impulsions à tension élevée afin de la paralyser, pendant qu'elle s'approche pour l'aspirer dans sa gueule ❹.



> Des expériences supplémentaires ont montré que l'attaque amplifiée de l'anguille provoque des contractions musculaires à des fréquences élevées, ce qui épuise la proie en quelques secondes. Le phénomène est l'analogue électrique d'une neurotoxine. L'anguille est ainsi capable de capturer et de maîtriser rapidement des animaux dangereux, de grosses écrevisses munies de pinces par exemple.

PLUS QU'UNE ARME

Lors de mes observations de gymnotes en chasse, j'ai eu l'impression que leurs décharges avaient peut-être d'autres fonctions que les attaques. Lorsqu'une anguille électrique attaque pour tuer, elle émet d'abord une série de décharges de forte tension, puis aspire la proie dans sa gueule. Mais je remarquais que quand le poisson mort se tortillait dans un sac plastique isolant, l'attaque cessait. L'anguille électrique avait émis sa série d'impulsions et frappé le poisson, mais elle interrompait son attaque sans qu'il y ait morsure-succion. Pourquoi?

Jusque-là, je supposais que les attaques des gymnotes suivaient une séquence fixée à l'avance, sans rétroaction sensorielle. Puis il m'est venu à l'esprit que les décharges de forte tension leur servaient aussi à faire de la télé-détection: cela expliquerait pourquoi ils négligeaient les proies entourées de plastique isolant. Après tout, les anguilles électriques ont évolué à partir de poissons utilisant de faibles champs électriques pour sonder leur environnement, et ont manifestement conservé cette faculté. Mais quand la mettaient-elles à profit? Les impulsions de haute tension étaient-elles à l'œuvre pour sonder le milieu? J'ai décidé d'explorer cette possibilité.

Pour ce faire, je me suis servi des propriétés conductrices de la proie et du comportement de chasse de l'anguille. Les animaux vivant dans l'eau douce sont généralement plus conducteurs que l'eau, de sorte qu'une anguille électrique s'intéresse avant tout aux objets conducteurs, qui lui semblent vivants. Gardons toutefois à l'esprit qu'un gymnote peut détecter ces conducteurs grâce à son système électrique à basse tension, qui reste actif jusqu'à ce que ce prédateur passe à l'attaque et aux fortes tensions électriques. Pour mettre en évidence ses perceptions à tension élevée, il me fallait analyser son comportement au ralenti au cours des attaques, quand le système à basse tension n'est pas actif et que seul le système à haute tension l'est.

Une première expérience a consisté à ajouter un conducteur inerte (une tige en carbone) dans l'aquarium près du poisson mort se contractant dans le sac refermable. Une fois de plus, l'anguille n'a attaqué que lorsqu'elle a détecté le mouvement de l'eau déclenché par la contraction du poisson et a frappé vers le sac >