



BIOCINÉTIQUE

DE LA TROMPE DE L'ÉLÉPHANT SORTIRA LE ROBOT DE DEMAIN

UNE ÉTUDE EST PARVENUE À DÉCORTIQUER LE COMPORTEMENT DE L'APPENDICE NASAL DU PACHYDERME EN **UNE VINGTAINE DE MOUVEMENTS DE BASE.** UNE AVANCÉE MAJEURE VERS LE DÉVELOPPEMENT D'UN BRAS ROBOTIQUE SOUPLE.

La souplesse, la flexibilité et la polyvalence de la trompe de l'éléphant représentent sans doute une sorte de graal pour les concepteurs de robots. Pas un os dans l'appendice nasal du pachyderme. Que du muscle et du tendon enveloppés dans une peau épaisse dont la courbure, la torsion et la déformation permettent aussi bien de saisir délicatement une fleur que de soulever une masse de 270 kilogrammes. Dans un article paru le 23 août dans la revue *Current Biology*, l'équipe de Michel Milinkovitch, professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), a réussi, grâce à des technologies de capture de mouvements, à décortiquer les trajectoires complexes de la trompe de l'éléphant et à montrer qu'elles découlent de la combinaison d'une vingtaine de mouvements de base tels que la propagation d'une courbure, la succion ou encore la formation de pseudo-articulations. Cette avancée pourrait servir au développement d'un bras robotique souple aux usages multiples (*lire encadré ci-contre*).

Liberté infinie La trompe de l'éléphant est flexible sur toute sa longueur. La contraction coordonnée des six groupes de muscles qui la traversent et l'animent se traduit par des torsions, des flexions, des allongements, des raccourcissements et des raideurs. En théorie, ce membre, dont la cinématique repose sur l'incompressibilité des tissus autoportants qui le composent, possède un nombre infini de degrés de liberté. L'évolution des éléphants a toutefois permis le développement de stratégies réduisant la complexité biomécanique de leur trompe.

Pour les découvrir, l'équipe de scientifiques s'est rendue en Afrique du Sud en mars 2020 afin d'y mener des expériences sur deux éléphants d'une vingtaine d'années appartenant au centre de conservation de la faune « Adventures with Elephants » dans la province de Limpopo.

Les biologistes ont placé des marqueurs réfléchissants le long de la trompe des deux animaux avant d'enregistrer avec une grande précision leurs trajectoires en 3D à l'aide

Pour atteindre une cible sur le côté, l'éléphant peut former avec sa trompe des segments rigides reliés par des pseudo-articulations, analogues à un coude et un poignet dans un squelette articulé.

d'une dizaine de caméras infrarouges placées autour de la scène – une technologie empruntée à l'industrie cinématographique qui a notamment donné vie aux personnages de Gollum dans *Le Seigneur des Anneaux* ou des Na'vis dans *Avatar*. Les deux pachydermes avaient pour mission de prendre et de déplacer une multitude d'objets de forme, taille et poids variables.

L'analyse des données a montré que les éléphants combinent une vingtaine de mouvements de base simples pour produire tous les comportements complexes dont ils sont capables avec leur trompe.

«Lorsqu'elle saisit et maintient un objet pour le transporter, la trompe présente une flexion localisée qui voyage ensuite de son extrémité vers sa base, explique Paule Dagenais, chercheuse au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences). Mais quand l'éléphant atteint une cible placée devant lui, il allonge et rétracte des parties spécifiques de sa trompe de manière modulaire. Par ailleurs, un même mouvement peut remplir des fonctions différentes. Lorsqu'il saisit un disque en bois léger, par exemple, l'animal utilise la succion comme force de levage. Cette même technique est utilisée pour sécuriser la position lorsqu'il s'empare d'un disque plus lourd.»

Pseudo-coude L'éléphant a même développé une stratégie de préhension très particulière lorsqu'il désire atteindre une cible placée sur le côté. Sa trompe forme alors des segments rigides connectés par des articulations virtuelles donnant momentanément l'impression d'un coude et d'un poignet.

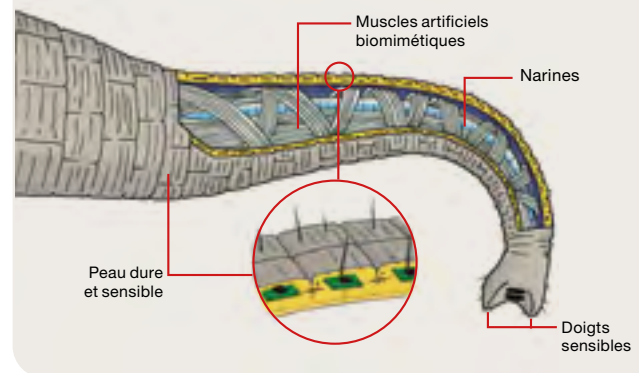
«Nous avons également découvert que le ralentissement de la trompe lorsqu'elle suit une courbe peut être prédit précisément sur la base de la courbure locale de cette trajectoire, poursuit Michel Milinkovitch. Ce qui est remarquable, c'est que cette relation mathématique existe également pour la main humaine lorsqu'elle dessine.»

Pour parachever le travail, les chercheurs et les chercheuses ont réalisé des images d'une précision inédite de l'intérieur de trompes d'éléphants d'Asie et d'Afrique à l'aide de la tomographie par ordinateur, de l'imagerie par résonance magnétique et de coupes en série. Ces informations anatomiques combinées aux résultats comportementaux et cinématiques ont permis aux scientifiques d'établir un lien étroit entre le système musculaire de la trompe et ses fonctions biomécaniques.

Anton Vos

LA QUÊTE D'UN ROBOT SOUPLE

CONCEPT DE «ROBOT SOUPLE», INSPIRÉ PAR LA TROMPE D'ÉLÉPHANT



L'étude sur les mouvements de la trompe des éléphants, publiée dans la revue *Current Biology* par l'équipe de Michel Milinkovitch, professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), a été soutenue par le projet européen Proboscis dont l'objectif est précisément le développement de « robots souples ».

«Les robots classiques sont extrêmement bons pour effectuer une tâche spécifique pour laquelle ils ont été conçus, note Michel Milinkovitch qui représente l'Université de Genève dans le consortium Proboscis. Mais si vous voulez que ce robot fasse quelque chose d'un peu différent, il échouera lamentablement. Certains organismes vivants, eux, ont été optimisés pour la polyvalence. Le contrôle de la partie de la trompe qui se contracte est très fin. Ce n'est pas l'ensemble de la trompe qui s'allonge et se raccourcit – ce sont des portions, en fonction de ce que fait l'éléphant. Cela pourrait représenter un nouveau paradigme en robotique : à la place de segments métalliques reliés par des articulations, on pourrait utiliser des matériaux flexibles.»

Copier l'anatomie naturelle de l'appendice nasal des éléphants

est probablement impossible mais il est envisageable de s'en inspirer pour tenter de recréer sa polyvalence dans les mouvements. Lucia Beccai, chercheuse à l'Istituto italiano di tecnologia et coordinatrice de Proboscis, affirme même sur *CNN* qu'un prototype fonctionnel devrait voir le jour d'ici environ un an.

«Les résultats de l'étude sont exceptionnels, mais il s'agit maintenant de traduire ces données biologiques en spécifications techniques qui ne doivent pas nécessairement copier l'organe naturel, souligne-t-elle. Nous devons extraire certains principes simplificateurs qui peuvent rendre le comportement suffisamment simple pour être efficace, adaptable aux changements et efficient.»

Si cela fonctionne, ce robot souple composé de matériaux et de technologies nouveaux pourrait à la fois gérer des charges lourdes et légères, ce qui, d'un point de vue industriel, représente un énorme avantage. Un tel appareil pourrait servir sur des chaînes de production d'usines, être utilisé pour des opérations de recherche et de sauvetage et même dans le domaine de la santé pour soulever et aider les personnes âgées ou malades.