

la coexistence passe par des adaptations des stratégies de chasse adoptées par chacun des prédateurs. Le tigre chasse le plus souvent en solitaire, en embuscade dans une végétation épaisse, tandis que le lion chasse en groupes organisés, et plus souvent le jour. Ces animaux peuvent aussi éviter les conflits en signalant leur présence par des signaux d'avertissement optiques, acoustiques, odorants (phéromones) ou visuels (gratter le sol, marquer les arbres ou les rochers). Et, de façon générale, les populations de prédateurs se régulent entre elles par l'attaque mutuelle de leurs individus faibles (femelles gravides par exemple) ou très jeunes.

Grâce à ces subtils partages des habitats pour la chasse et la reproduction, plusieurs espèces de prédateurs arrivaient ainsi à coexister à l'échelle locale, du moins tant que les proies étaient suffisamment abondantes. On comprend mieux pourquoi c'est en Inde et dans les vastes vallées du Pakistan que se trouvaient les milieux les plus favorables à la coexistence des deux grands félins.

CHASSES DÉVASTATRICES ET DISPARITION DES HABITATS

Bien plus que les contraintes climatiques, c'est l'homme qui est le grand responsable de la quasi-extinction du lion et du tigre dans leur aire commune de répartition. Dès l'âge du Bronze, les massacres de grands mammifères se sont multipliés avec le perfectionnement des armes et des pièges, l'invention du char et plus récemment celle des armes à feu.

Les chasses, dès l'Antiquité, ont été dévastatrices pour le lion, particulièrement prisé pour le symbole de courage et de pouvoir qu'il représentait. Ce félin est aussi plus facile à chasser que le tigre. Diurne, bruyant par ses vocalises, aimant les espaces découverts, il est naturellement plus vulnérable. Les chasses et la destruction d'habitats naturels, due à l'extension des villages, des espaces dévolus aux animaux domestiques et des surfaces cultivées, ont aussi éliminé la plus grande partie des proies qui parcouraient les vastes territoires d'Asie. Privés de nourriture sauvage, les deux grands félins se sont alors attaqués au bétail, ce qui a conduit à des persécutions encore plus accentuées. Lion et tigre se sont alors réfugiés dans des montagnes isolées, d'où ils ont finalement été extirpés.

L'ensemble des études menées sur ces deux fauves a contribué à mieux connaître leur histoire et à mesurer à quel point leurs écosystèmes ont été détruits. L'effondrement de la biodiversité dans cette partie du monde a suscité de nombreux efforts de conservation ou de restauration des milieux naturels. C'est le cas en Inde, État qui ressent l'impérieuse nécessité de réintégrer lion et tigre dans leurs anciens territoires. Aidé de plusieurs associations et



Les lions étaient fréquemment représentés dans les monuments des diverses civilisations asiatiques. En témoignent ces colonnes du temple indien de Bhima Ratha, qui date du VII^e siècle.

BIBLIOGRAPHIE

A. Schnitzler et L. Hermann, **Chronological distribution of the tiger *Panthera tigris* and the Asiatic lion *Panthera leo persica* in their common range in Asia**, *Mammal Review*, vol. 49(4), pp. 340-353, 2019.

D. M. Cooper et al., **Predicted Pleistocene – Holocene range shifts of the tiger (*Panthera tigris*)**, *Diversity and Distributions*, vol. 22, pp. 1199-1211, 2016.

Divyabhanusinh, **Lions, cheetahs, and others in the Mughal landscape**, dans M. Rangarajan et K. Sivaramakrishnan (eds.), *Shifting Ground : People, Animals, and Mobility in India's Environmental History*, Oxford University Press, 2014.

L. Bartosiewicz, **A lion's share of attention : archaeozoology and the historical record**, *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, vol. 60(1), pp. 275-289, 2009.

C. A. Driscoll et al., **Mitochondrial phylogeography illuminates the origin of the extinct Caspian tiger and its relationship to the Amur tiger**, *Plos One*, vol. 4(1), article e4125, 2009.

ONG internationales, ce pays informe, sensibilise et aide les peuples qui coexistent encore avec ces félins, et multiplie les tailles, le nombre et la richesse en proies de ses réserves naturelles.

Ainsi, la population de lions d'Asie s'est accrue de 27% entre 2010 et 2015 dans la péninsule de Gir, en Inde. Elle a atteint 523 individus, grâce à l'augmentation des aires protégées et la protection des proies sauvages. En 2018, des populations satellites de 30 à 40 lions ont été trouvées dans la région. Quant au tigre, l'Inde recèle le plus grand nombre d'individus au monde. Ce félin bénéficie aujourd'hui de 50 réserves indiennes, réparties sur une superficie de plus de 70 000 kilomètres carrés. Selon le rapport *All India Tiger Estimation* publié en 2018 par les autorités indiennes, ces réserves abritaient cette année-là 1 923 tigres, ce qui correspond à environ 65% du nombre total de tigres en Inde.

Quant au reste de l'Asie, qui a définitivement perdu ses populations de lions, peut-être retrouvera-t-il un jour des populations de tigres plus nombreuses. Depuis 2010, le WWF (le Fonds mondial pour la nature) et les gouvernements des treize pays de l'aire de répartition actuelle du tigre s'efforcent de doubler la population de tigres sauvages, dans l'objectif d'atteindre 6 000 individus d'ici à 2022, la prochaine année du Tigre de l'horoscope chinois. Dans la même dynamique, le Kazakhstan se propose de restaurer un habitat riche en proies pour accueillir une centaine de tigres, qui seraient prélevés dans la population des tigres de l'Amour, la plus proche génétiquement de celle des tigres de la Caspienne.

Des espoirs donc, pour préserver encore ce qui peut l'être dans le monde d'aujourd'hui. ■

L'ESSENTIEL

> Les interfaces cerveau-machine sont des dispositifs qui enregistrent l'activité du cerveau et qui décodent ces signaux pour commander un appareil moteur ou de communication.

> À l'aide d'une telle interface, un patient tétraplégique a pu faire afficher à l'écran des textes qu'il imaginait écrire à la main.

> La vitesse d'écriture atteinte était quasi normale et nettement plus élevée qu'avec des interfaces fondées sur d'autres méthodes.

L'AUTEUR



JÉRÉMIE MATTOUT
chercheur à l'Inserm, membre du Centre de recherche en neurosciences de Lyon (CRNL) où il codirige l'équipe Computation, cognition et neurophysiologie (Cophy).

Écrire par la pensée

Fermez les yeux. Mentalement, imaginez tracer une lettre avec un stylo. Miracle, elle apparaît sur l'écran. Science-fiction ? Non, la conversion de l'activité cérébrale en lettres affichées vient d'être réalisée à l'aide d'interfaces cerveau-machine. Et testée avec succès sur un patient tétraplégique.

Les occasions d'écrire à l'aide d'un simple stylo sont de plus en plus rares, tant les ordinateurs, téléphones et tablettes sont devenus nos premiers supports d'écriture. En Finlande, en 2016, la décision a même été prise de définitivement délaisser les cahiers pour les claviers, ou du moins de ne plus enseigner l'écriture cursive à l'école. Qu'en conclure, si ce n'est qu'écrire à la main semble désormais relever d'une pratique du passé ?

L'étude publiée dans la revue *Nature* en mai dernier par Francis Willett, de l'université Stanford, en Californie, et ses collègues n'en est que plus intrigante. Ces chercheurs s'enorgueillissent en effet d'avoir pu « lire dans le cerveau » les gestes qu'une personne réalise pour écrire à la main. Autrement dit, ils ont été capables de traduire l'activité des neurones (pas n'importe lesquels, ceux logés dans la partie du cortex qui commande les mouvements fins de notre main dominante) en écriture manuscrite. Le but : permettre à des personnes entièrement paralysées d'écrire en

s'imaginant tracer les lettres à la main. Ce qui suppose, évidemment, qu'elles aient appris à écrire à la main avant leur accident ou la maladie qui les a invalidées !

La clé de cette réussite ? Des progrès notables dans deux nouvelles technologies en plein essor : les interfaces cerveau-machine (ICM) et l'intelligence artificielle (IA).

DES INTERFACES CERVEAU-MACHINE À L'ŒUVRE

Pour bien comprendre l'avancée majeure que constituent ces travaux, il faut revenir sur ce qu'est une ICM. En 1973, un rapport dactylographié de l'ingénieur américain d'origine belge Jacques Vidal mentionnait pour la première fois le terme d'« ICM » et décrivait un programme de recherche que poursuivent aujourd'hui de nombreuses équipes dans le monde, au sein d'universités, mais aussi d'entreprises privées.

Ce programme vise à établir une communication directe entre nos neurones et des ordinateurs. Autrement dit, à permettre un échange d'informations entre notre cerveau



et le monde extérieur, sans avoir recours à nos sens ou à nos moyens d'action (membres et muscles). On imagine sans peine les applications de tels dispositifs, notamment dans le domaine médical, pour redonner, par exemple à des patients souffrant d'un handicap moteur sévère, la capacité de se mouvoir, d'agir sur le monde et de communiquer.

Une ICM se compose de deux éléments principaux: des capteurs qui enregistrent l'activité du cerveau, et un ordinateur qui décode cette activité et commande un appareil qui va la convertir en mouvements ou en messages permettant de communiquer avec l'entourage du patient. Les capteurs sont principalement de deux types: d'une part les capteurs non invasifs, tels que ceux d'électroencéphalographie (EEG), qui mesurent à la surface du crâne les différences de potentiels électriques engendrées par l'activité de larges populations de neurones; d'autre part les capteurs invasifs, qui nécessitent une intervention chirurgicale pour implanter par exemple des microélectrodes mesurant chacune l'activité d'un ou quelques neurones. L'usage de ces derniers est naturellement restreint à certains patients, susceptibles de bénéficier de ces neurotechnologies et ayant donné leur consentement.

À l'inverse des études réalisées en EEG (voir l'encadré page 69), celles qui utilisent des microélectrodes implantées sont nettement plus rares et se concentrent sur le cas d'un ou deux patients tout au plus. Elles laissent toutefois le patient libre de bouger les yeux et permettent une communication plus naturelle, entièrement guidée par le rythme de l'utilisateur. Les signaux enregistrés proviennent de quelques neurones ciblés précisément pour leur implication dans la planification et l'exécution de mouvements. L'enjeu est d'y décoder un ordre moteur, associé à la tentative d'exécution d'un mouvement que le patient n'est plus capable de réaliser.

Très peu de patients – ils sont surtout aux États-Unis – ont ainsi réussi à contrôler un bras robotisé pour se saisir d'un objet et le manipuler. Le niveau de réussite des ICM est encore plus faible pour les tentatives de communiquer avec l'entourage. À ce jour, aucune interface n'a pu directement décoder le contenu du langage en temps réel. En revanche, une équipe de l'université Stanford, dont Francis Willett faisait aussi partie, a mis au point en 2016 une interface permettant au patient paralysé de pointer successivement les lettres de son choix sur un écran pour former des mots. Il parvenait ainsi à écrire une quarantaine de caractères par minute.

Les chercheurs ont fait cette fois le pari de décoder des mouvements nettement plus complexes pour atteindre des performances comparables à celles enregistrées de façon

courante chez des personnes d'environ 65 ans (l'âge du patient ayant reçu l'implant) lorsqu'elles utilisent leur smartphone au quotidien (environ 115 caractères par minute). Et pour cela, paradoxalement, l'équipe a délaissé la stratégie consistant à décoder le geste de pointer vers une position sur l'écran, pour tenter de décoder le geste beaucoup plus complexe de l'écriture manuscrite.

DÉCODER L'ACTIVITÉ CÉRÉBRALE CORRESPONDANT À L'ÉCRITURE MANUSCRITE

Le but des chercheurs a été de restituer une communication écrite en temps réel chez ce patient, en décodant l'activité d'environ 200 neurones corticaux spécialisés dans le contrôle de la main... Pour ce faire, ils ont procédé par étapes.

Premièrement, au moyen de microélectrodes implantées, ils ont enregistré de manière continue la dynamique des décharges et des silences de chaque neurone pendant que le sujet s'efforçait d'écrire à la main, lettre par lettre, des mots qu'on lui dictait. Il s'agissait toutefois d'une tâche purement mentale, car, paralysé jusqu'au niveau de la nuque, le patient n'était capable que de micromouvements de la main.

Les chercheurs lui ont demandé de tenter d'écrire plusieurs fois un même caractère, et ont recueilli les données neuronales issues de chaque réalisation de chaque caractère. Ensuite, afin d'obtenir une «signature» neuronale pour chaque caractère, les scientifiques ont dû tenir compte du fait que la vitesse d'exécution mentale de chaque lettre pouvait être plus ou moins rapide d'une tentative à l'autre, de sorte que les décharges électriques des neurones pouvaient être plus ou moins espacées dans le temps. Il a ainsi fallu les «recaler»

Chacune de ces lettres a été tracée par l'ordinateur à partir des données captées dans le cerveau du patient en train de s'imaginer les écrire à la main.

