

➤ milliers d'images. Et l'efficacité est tout de suite vérifiable, car tout le monde sait à quoi ressemble un chat.

Toutefois, le manque de données anthropologiques et paléontologiques pertinentes oblige les chercheurs à faire preuve d'inventivité et à créer leurs propres données. « Nous avons un peu triché, admet Oscar Lao. Nous pouvions utiliser une quantité infinie de données pour entraîner le système d'apprentissage, parce que nous utilisions des simulations. »

Les chercheurs ont imaginé des dizaines de milliers d'histoires évolutives, reposant sur des combinaisons différentes de détails démographiques: le nombre de populations d'humains ancestraux, leur taille, les dates de divergence, leur taux de métissage... À partir de ces histoires simulées, ils ont généré les nombreux génomes des individus modernes qui pourraient en résulter, ces génomes ayant nourri leur algorithme d'apprentissage. De la sorte, le programme a appris quels modèles évolutifs sont les plus susceptibles de produire des génomes virtuels.

L'équipe a ensuite laissé le champ libre à l'intelligence artificielle pour qu'elle identifie les histoires correspondant le plus aux véritables données génomiques. Finalement, le système a conclu qu'un groupe humain jusqu'alors inconnu avait contribué à l'évolution des peuples asiatiques. Ces humains constituaient soit une population distincte résultant du métissage des Denisoviens et des Néandertaliens il y a 300 000 ans, soit un groupe descendant de la lignée dénisovienne peu de temps après cette époque.

Ce n'est pas la première fois que l'apprentissage profond est utilisé pour élucider des questions liées à l'évolution. En 2016, un groupe de recherche, dirigé par Andrew Kern de l'université de l'Oregon, aux États-Unis, a utilisé une approche basée sur des simulations et des techniques d'apprentissage profond pour différencier plusieurs modèles d'évolution des espèces, comme les humains. Ils ont découvert que la plupart des adaptations favorisées par l'évolution ne reposent pas sur l'émergence de nouvelles mutations bénéfiques, mais plutôt sur l'expansion de variants génétiques préexistants.

UN NOUVEL OUTIL ENTRE ESPOIR ET ENGOUEMENT

Bien entendu, cette méthode appelle à la prudence. En effet, si l'histoire évolutive humaine ne ressemble pas aux modèles simulés par lesquels ces systèmes d'apprentissage profond sont entraînés, les résultats produits seront incorrects. Ce problème, Andrew Kern et d'autres tentent de le surmonter.

« Je pense que les applications de l'intelligence artificielle en génomiques sont survenues, concède Joshua Akey, chercheur en

écologie et biologie évolutive à l'université de Princeton, aux États-Unis. L'apprentissage profond est un nouvel outil formidable, mais il s'agit simplement d'une autre méthode, et elle ne va pas résoudre tous les problèmes ni nous révéler tout ce que nous souhaitons savoir sur l'évolution humaine. » D'ailleurs, le même Joshua Akey a utilisé d'autres méthodes pour repérer les fantômes de notre passé (voir l'encadré page précédente).

L'apprentissage profond va donner une impulsion nouvelle à la génétique des populations

Certains experts sont encore plus sceptiques. Toutefois, d'autres paléontologues et généticiens y voient un progrès, une technique utile pour des prédictions quant aux futures découvertes de fossiles et aux variations génétiques qui devraient avoir existé au sein des populations humaines il y a des milliers d'années. « Je pense que l'apprentissage profond va donner une impulsion nouvelle au domaine de la génétique des populations », estime Oscar Lao.

Il pourrait en être de même pour d'autres domaines pour lesquels nous avons des données, mais pas d'idées sur les processus qui les ont produits. En 2016, des physiciens ont eux aussi développé un système d'intelligence artificielle pour filtrer les quantités astronomiques de données produites par le LHC. La recherche en géologie et les méthodes de prédiction des séismes commencent également à bénéficier de ces approches d'apprentissage profond.

Pour Nick Patterson, de l'institut de technologie du Massachusetts, et à l'université Harvard, à Cambridge, aux États-Unis, « nous ne savons pas vraiment où cela nous mènera, nous verrons bien. Mais il est toujours bon de voir naître de nouvelles méthodes. Nous utiliserons toutes les approches disponibles si elles semblent pertinentes. » ■

BIBLIOGRAPHIE

M. MONDAL ET AL., Approximate Bayesian computation with deep learning supports a third archaic introgression in Asia and Oceania, *Nature Communications*, vol. 10, art. 246, 2019.

S. BROWNING ET AL., Analysis of human sequence data reveals two pulses of archaic Denisovan admixture, *Cell*, vol. 173, pp. 53-61, 2018.

V. SLON ET AL., The genome of the offspring of a Neanderthal mother and a Denisovan father, *Nature*, vol. 561, pp. 113-116, 2018.

D. SCHRIDER ET A. KERN, S/HIC: Robust identification of soft and hard sweeps using machine learning, *Plos Genet.*, vol. 12(3), art. e1005928, 2016.

J. LACHANCE ET AL., Evolutionary history and adaptation from high-coverage whole-genome sequences of diverse African hunter-gatherers, *Cell*, vol. 150, pp. 457-469, 2012.

POUR LA SCIENCE HORS-SERIE

Edition française de Scientific American

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DÈS MAINTENANT!



N° 93 (oct. 16)
réf. DO093



N° 94 (janv. 17)
réf. DO094



N° 95 (avr. 17)
réf. DO095



N° 96 (août 17)
réf. DO096



N° 97 (nov. 17)
réf. DO097



N° 98 (févr. 18)
réf. DO098



N° 99 (mai 18)
réf. DO099



N° 100 (août 18)
réf. DO100



N° 101 (nov. 18)
réf. DO101



N° 102 (fév. 19)
réf. DO102



N° 103 (avr. 19)
réf. DO103



N° 104 (juil. 19)
réf. DO104

RETROUVEZ L'ENSEMBLE DES ANCIENS NUMÉROS SUR BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR/HORS-SERIE.HTML

À retourner accompagné de votre règlement à :
Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande des numéros de Pour la Science Hors-série, au tarif unitaire de 10,90 €.

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres correspondant aux numéros commandés :

1 ^{re} réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €
2 ^e réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €
3 ^e réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €
4 ^e réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €
5 ^e réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €
6 ^e réf.	_____	x 10,90 € =	_____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Offre valable jusqu'au 31/12/2019 en France Métropolitaine. Pour une livraison à l'étranger, merci de consulter boutique.pourlascience.fr

Les informations que nous collectons dans ce bon de commande nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° _____

Date d'expiration _____

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) _____

Signature obligatoire :

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z



PLUS SIMPLE, PLUS RAPIDE
ABONNEZ-VOUS SUR BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR