

DURÉE LIBRE

3 FORMULES AU CHOIX

41 %
de réduction

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pourlascience@abopress.fr

PAG18NOE

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher) et je complète l'autorisation de prélèvement ci-dessous.

FORMULE DÉCOUVERTE
• 12 n° du magazine papier

4,90€
PAR MOIS
-41 %

DPV4E90K3

**FORMULE
PAPIER +
HORS SÉRIE**

- 12 n° du magazine papier
- 4 Hors-série papier

**6,50€
PAR MOIS
-40 %**

PPV6E50K9

FORMULE INTÉGRALE

- 12 n° du magazine papier
- 4 Hors-série papier
- Accès illimité aux contenus en ligne

8,20€
PAR MOIS
-48%

IPV8E20K10

2 / Mes coordonnées

Nom:
Prénom:
Adresse:
.....
Code postal

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Ville:
Tél.:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

E-mail:@
(Indispensable pour la formule intégrale)
J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement : 1 an. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2019 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourlascience.fr>. Photos non contractuelles.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement 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 nous 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.

Groupe Pour la Science - Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris cedex 14 – Sarl au capital de 32 000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

3 / Mandat de prélèvement SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom: Prénom:
 Adresse:

 Code postal | | | | Ville:

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____
 IBAN _____
 (Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom :
 Adresse :
 Code postal | | | | | Ville :

Date et signature

Organisme Créancier: Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

Partie réservée au service abonnement Ne rien inscrire

4 / MERCI DE JOINDRE IMPÉRATIVEMENT UN RIB

CE QUI DISTINGUE SAPIENS DES AUTRES ANIMAUX

- P. 28** La culture, moteur de l'évolution humaine
- P. 36** Des pensées emboîtées... et partagées
- P. 42** Comment le langage s'est imposé
- P. 48** Un cerveau hors catégorie

Culture, langage, cognition...: l'espèce à laquelle nous appartenons est singulière, tout le monde en convient. Et cette singularité nous intrigue depuis toujours. De fait, d'innombrables penseurs ont tenté de définir ce qui fait le propre de l'homme. Avec hélas peu de résultats convaincants et durables face aux découvertes de l'éthologie. Néanmoins, les progrès de la science aidant, nous connaissons aujourd'hui mieux les différences essentielles entre les humains et les autres animaux, et nous comprenons mieux leurs origines. Avec ce dossier, *Pour la Science* vous propose un état des lieux des recherches et réflexions sur la question, à travers quatre éclairages complémentaires. Un état des lieux qui montre que, dans l'affaire, le fait culturel joue un rôle capital.

Pour la Science

La culture, moteur de l'évolution humaine

Si notre espèce brille par son intelligence et sa créativité, c'est parce que nous sommes avant tout des animaux sociaux. Langage, empathie, enseignement... : ces éléments qui facilitent les interactions sociales et le partage des connaissances auraient été autant de clés au succès évolutif d'*Homo sapiens*.

L'homme est-il un animal comme les autres ? Posez la question autour de vous, il y a toutes les chances qu'on vous réponde non. Il existe une croyance largement partagée parmi la population, mais dénuée de tout fondement rationnel, selon laquelle l'espèce humaine est unique en son genre, séparée du reste du monde animal. Curieusement, les scientifiques les mieux placés pour se prononcer sur la question se montrent souvent réticents à reconnaître l'originalité d'*Homo sapiens*, peut-être par crainte de placer l'être humain sur un piédestal comme le font beaucoup de religions. Pourtant, de l'écologie à la psychologie cognitive, les preuves s'accumulent pour affirmer que les humains sont véritablement une espèce à part.

Pour commencer, l'impact de notre espèce est mondial : elle s'est installée sous tous les climats et maîtrise les ressources en énergie et en matière. Quant à notre intelligence, notre don pour la communication, notre capacité à acquérir et à partager des connaissances, sans

parler des chefs-d'œuvre artistiques ou architecturaux que nous construisons, qui pourrait dire que cela ne fait pas d'*Homo sapiens* un animal particulier ?

Expliquer scientifiquement le développement de nos aptitudes cognitives et leur expression dans notre culture représente un défi. C'est ce que j'appelle « la symphonie inachevée de Darwin », pour la simple et bonne raison que Charles Darwin s'est attaqué à cette question il y a cent cinquante ans mais, comme il l'a lui-même confessé, sa compréhension du problème était « imparfaite » et « fragmentaire ». Heureusement, d'autres scientifiques ont repris le flambeau depuis et les chercheurs sont de plus nombreux à penser que nous nous approchons de la clé de l'énigme.

Le consensus qui émerge est que les exploits de l'humanité résultent de notre aptitude à acquérir des connaissances et des compétences d'autrui. Renforcée au fil des générations, cette expérience collective permet d'imaginer des solutions toujours plus efficaces et diversifiées. Être pourvus d'un gros cerveau, d'intelligence et du langage ne nous a pas amenés à la culture, >

La faculté de marcher dans les pas des autres, ou l'apprentissage social, a été une clé du succès d'*Homo sapiens*.

L'ESSENTIEL

> Les réalisations des humains découlent de leur capacité à acquérir du savoir d'autrui et à piocher dans le réservoir commun des expériences de chacun.

> *Homo sapiens* n'est pas la seule espèce capable d'invention. D'autres espèces, tels les chimpanzés ou les dauphins, innvent elles aussi.

> Mais la singularité des humains tient en partie à leur capacité d'imiter leurs semblables avec beaucoup de précision et de se transmettre le savoir de génération en génération.

> Cette culture accumulée serait elle-même un moteur de l'évolution de l'espèce humaine et de son cerveau.

L'AUTEUR



KEVIN LALAND
professeur
de biologie évolutive
et du comportement
à l'université St Andrews,
en Écosse



> c'est plutôt l'inverse qui s'est produit. La culture est le soubassement de nos facultés. Elle a orienté notre chemin le long de l'évolution.

Quand on parle de culture, on pense par exemple haute couture ou gastronomie, mais dans l'acception scientifique du terme, il s'agit de l'ensemble des comportements qui sont partagés par les membres d'une communauté et qui sont socialement transmis. Que l'on considère le design d'une voiture, des styles de musique à la mode, des théories scientifiques ou la quête de nourriture au sein de sociétés tribales, toutes ces « inventions » sont en réalité le résultat de petites incrémentations qui modifient des schémas préexistants. Imiter et innover sans cesse, tels sont les secrets de notre succès.

COMPARER AVEC LES APTITUDES DES ANIMAUX

Pour isoler le « propre de l'homme », il faut évidemment commencer par étudier les aptitudes des animaux. C'est en procédant ainsi que nous connaissons les qualités dans lesquelles nous excellons et celles, *a contrario*, que nous partageons avec d'autres espèces. Alors que nous apprend l'éthologie sur le terrain de l'apprentissage social et de l'innovation ? Que de nombreux animaux copient le comportement de leurs semblables. Ils emmagasinent ainsi des connaissances sur les plantes comestibles ou celles dont il faut se méfier, sur les façons d'éviter les prédateurs, sur les cris d'appel, les chants... Les traditions d'utilisation d'outils dans les populations de chimpanzés en Afrique sont un exemple célèbre. Au sein de chaque communauté, les jeunes singes apprennent certains comportements – qu'il s'agisse de casser des noix ouvertes en les frappant avec un bâton – en imitant des individus plus expérimentés.

Mais l'apprentissage social ne se limite pas aux primates, aux animaux à gros cerveau ou

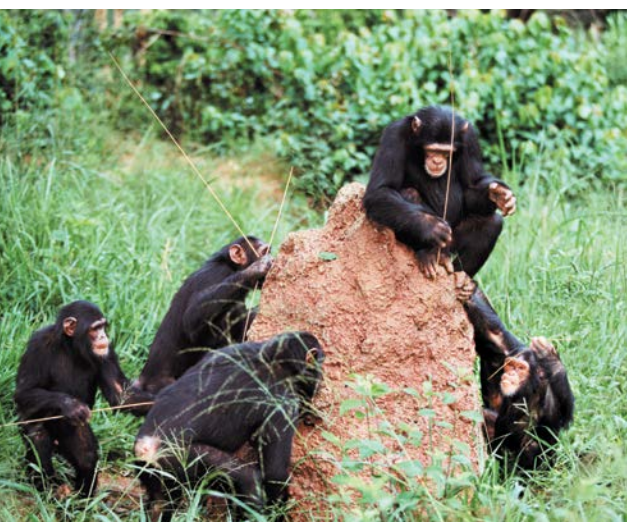
même aux vertébrés. Des milliers d'études expérimentales attestent de comportements d'imitation chez des centaines d'espèces de mammifères, d'oiseaux, de poissons et d'insectes. On a même constaté que les jeunes drosophiles femelles élisent comme partenaires les mêmes mâles que ceux qu'ont choisis des femelles plus âgées.

Les animaux apprennent au contact de leurs congénères divers types de comportement. Les dauphins se transmettent l'art de chasser à l'aide d'éponges de mer couvrant leur rostre, l'éponge leur servant à explorer les fonds marins sans se blesser. Les orques ont des traditions de chasse au phoque, l'une d'elles consistant à mener une charge contre les phoques montés sur la banquise et à les faire tomber en créant une grosse vague. Les poulets acquièrent même des habitudes cannibales en imitant d'autres poulets.

Les connaissances transmises socialement chez les animaux concernent essentiellement la nourriture – ce qu'il est possible de manger et où le trouver –, même s'il existe de curieuses exceptions. Au Costa Rica, un groupe de capucins a ainsi la singulière habitude d'insérer des doigts dans les orbites oculaires ou les narines de leur voisin ou de placer une main dans sa bouche, et de rester assis des heures durant dans cet appariement étrange, tout en se balançant doucement ; cette attitude aurait pour rôle de renforcer les liens sociaux.

Les animaux « innover » aussi. Si je vous demande de me citer une innovation, vous me parlerez peut-être de la pénicilline développée par Alexander Fleming ou du World Wide Web imaginé par Tim Berners-Lee. Les équivalents animaux sont tout aussi fascinants. Mon exemple favori concerne un jeune chimpanzé appelé Mike, que la primatologue Jane Goodall a observé faire s'entrechoquer avec force deux bidons d'essence vides. Le vacarme intimidait

Comme les humains, les chimpanzés savent se servir d'outils. Ils utilisent par exemple des tiges pour attraper des termites et savent enseigner leur technique à leur progéniture. Mais contrairement aux chimpanzés, les humains transmettent leur savoir culturel avec un haut degré de précision, ce qui leur permet de produire et d'utiliser des outils d'une grande complexité.



les autres mâles, ce qui a permis à Mike de gravir les échelons sociaux et de devenir un mâle dominant en un temps record. Au Japon, des corneilles se servent des voitures pour casser des noix. N'ayant pas assez de force pour fendre les coquilles avec leur bec, les oiseaux se sont mis à déposer les noix sur la chaussée en attendant que des véhicules les écrasent. Citons aussi les étourneaux de Fredericksburg, en Virginie, qui ont attaqué une machine à pièces dans une station de lavage de voitures et ont littéralement gagné des centaines de dollars en pièces (les étourneaux décoraient parfois leurs nids d'objets brillants récupérés ou chapardés).

LA CULTURE AURAIT FAIT GRANDIR LE CERVEAU

Loin d'être de simples anecdotes amusantes, de telles histoires illustrent le tableau général brossé par les analyses qui ont comparé les performances d'animaux. Le résultat majeur de ces recherches est que les espèces innovantes, ainsi que celles qui se comportent en «imitateurs», ont des cerveaux inhabituellement grands (tant en termes absolus que par rapport à la taille du corps). La corrélation entre les taux d'innovation et la taille du cerveau a d'abord été observée chez les oiseaux, puis chez les primates. Ces données étayaient une hypothèse connue sous le nom d'«entraînement culturel», proposée pour la première fois dans les années 1980 par le biochimiste Allan Wilson, de l'université de Californie à Berkeley.

Wilson a soutenu l'idée que la capacité à résoudre des problèmes ou à copier les innovations d'autrui confère aux individus un avantage pour survivre. À travers la sélection naturelle, ces aptitudes favoriseraient l'apparition de cerveaux de plus en plus volumineux – processus qui aurait culminé chez les humains, dotés d'un énorme cerveau, chef d'orchestre d'une créativité sans limites et d'une culture généraliste.

Au début, les scientifiques se sont montrés sceptiques vis-à-vis de la théorie de Wilson. Si la mouche du vinaigre, avec son cerveau minuscule, pouvait copier à la perfection, pourquoi la sélection naturelle aurait-elle encouragé le développement de cerveaux gigantesques chez les primates si l'enjeu était simplement d'imiter? L'objection a subsisté durant des années, jusqu'à ce qu'un argument provenant d'une source inattendue ne vienne la balayer.

En 2010, avec mes collègues de l'université St Andrews, en Écosse, nous avons organisé un tournoi d'apprentissage social. Il s'agissait d'une compétition pour désigner la meilleure façon d'apprendre dans un monde complexe et changeant. Même si le tournoi en présentait une version abstraite, le problème que les compétiteurs devaient résoudre sur ordinateur s'apparentait au dilemme que rencontre un joueur entrant

LES HUMAINS AUX YEUX D'UN EXTRATERRESTRE

Imaginez une intelligence extraterrestre qui observerait la Terre et essaierait de ranger les espèces en catégories. Nul doute qu'elle placerait les humains à part dans sa classification. En voici quelques raisons.

Taille de la population.

La démographie humaine est sans commune mesure avec celle des autres vertébrés. Plusieurs ordres de grandeur séparent les 7 milliards d'humains des populations de vertébrés de même taille.

Extension territoriale. L'espèce humaine est présente dans presque tous les milieux naturels de la planète.

Maîtrise de l'environnement.

Les humains contrôlent la production et le transport d'énergie et de matière à des échelles sans précédent.

Impact global. Les activités humaines menacent et entraînent l'extinction d'un nombre inégalé d'espèces, tout en provoquant de profonds changements évolutifs dans la biosphère.

Cognition, communication et intelligence.

Les humains présentent des performances supérieures à divers tests d'apprentissage et de cognition. Le langage humain est d'une souplesse infinie, contrairement à la communication animale.

Acquisition et partage de connaissances.

Les humains acquièrent, partagent et stockent des informations à des échelles inédites et innovent en s'appuyant sur des connaissances culturelles accumulées au fil des générations.

Technologie. Les humains inventent et fabriquent en masse des objets matériels infiniment plus complexes et divers que les autres animaux.

dans un casino empli de machines à sous. À quelle machine vais-je jouer? se demande-t-il, sachant que toutes les machines n'offrent pas la même espérance de gain. Une série de choix cruciaux s'offrent à lui: va-t-il tenter des machines au hasard, puis rester sur celle semblant la plus généreuse? À moins qu'il ne reporte à plus tard sa décision et commence par observer les gains remportés par les autres joueurs? Le choix de ses actions est décisif, car son argent comme son temps sont comptés.

Notre tournoi reposait sur une version de ce problème dans laquelle les espérances de gain des machines changeaient régulièrement afin de produire un environnement fluctuant, plus représentatif des écosystèmes réels. Tout ce qu'il était demandé aux participants, des professeurs d'université et des étudiants, était de préciser quelles règles de comportement allaient suivre leurs joueurs (appelés agents dans le programme) une fois entrés dans le casino (le jeu mettait en scène non pas un, mais cent agents), chaque comportement procurant un bénéfice spécifique qui évoluait au cours du temps. Le défi consistait à obtenir le maximum de gains. Les agents avaient le choix entre apprendre un nouveau comportement ou accomplir une action déjà connue, et l'apprentissage se déroulait par essais et erreurs ou par ➤

> copie de la conduite d'autres individus. Tous les ensembles de règles qui nous ont été soumis ont concouru entre eux dans une simulation informatique, et le meilleur a remporté un prix de 10000 euros.

Les résultats ont été très instructifs. Nous avons trouvé une forte corrélation entre la performance d'un ensemble de règles et les capacités d'apprentissage social dont faisaient preuve les agents. L'entrée gagnante n'exigeait pas des agents qu'ils apprennent souvent, mais lorsqu'ils le faisaient, c'était presque toujours en imitant (en copiant de manière précise et efficace le comportement d'un autre agent).

Le tournoi nous a indiqué une interprétation de la relation étroite entre apprentissage social et taille du cerveau chez les primates. Les résultats laissent penser que la sélection naturelle ne favorise pas l'apprentissage social en termes de quantité, mais de qualité. Les animaux ont besoin d'un gros cerveau non pas pour copier, mais pour bien copier.

Ce nouveau regard sur l'apprentissage a stimulé la recherche sur ce qui concrètement chez les espèces permettait l'imitation. Les chercheurs ont naturellement émis l'idée que la sélection naturelle devait favoriser les structures anatomiques ou les capacités fonctionnelles du cerveau des primates qui privilégient une copie précise et efficace. Par exemple, une meilleure perception visuelle permettrait de mieux copier un comportement à distance ou d'imiter des actions motrices minutieuses. En outre, la sélection devrait avantager une plus grande connectivité entre les aires motrices et perceptives du cerveau, car cela aiderait les individus à traduire en gestes les actions observées chez autrui.

La même hypothèse d'«entraînement culturel» (la culture guide l'évolution et non l'inverse) prévoyait aussi que la sélection de capacités accrues d'apprentissage social devait avoir influencé d'autres aspects du comportement social et de la vie des primates, notamment l'instinct social et l'usage d'outils. Le raisonnement était que plus le groupe est grand et plus le temps investi en société était important, plus les occasions d'apprendre se multiplient. En copiant leurs semblables, les singes acquièrent des compétences en matière de recherche de nourriture, de l'extraction de larves dans l'écorce des arbres jusqu'à des usages élaborés d'outils, comme lorsqu'ils attrapent des termites avec des bâtons.

Si l'apprentissage social facilite la recherche de nourriture, toutes les espèces compétentes en apprentissage social devraient se montrer expertes dans la quête de nourriture et le maniement d'outils. Elles devraient avoir un régime alimentaire plus riche et vivre plus longtemps, puisque cela leur laisserait d'autant plus de temps pour apprendre de nouvelles compétences et les transmettre à leurs descendants. En résumé, l'hypothèse de l'entraînement

culturel prédit que le niveau d'apprentissage social doit être corrélé non seulement à la taille du cerveau, mais aussi à une série de paramètres liés aux performances cognitives.

Des analyses comparatives rigoureuses ont confirmé ces prévisions. Les primates qui excellent en apprentissage social et en innovation ont le régime alimentaire le plus varié, utilisent des outils pour se nourrir, et présentent le comportement social le plus complexe. En fait, les analyses statistiques suggèrent même que l'ensemble de ces paramètres varient si étroitement les uns avec les autres que l'on peut aligner les primates le long d'une droite reflétant les performances cognitives générales, que nous appelons l'intelligence des primates (vaguement analogue au QI chez l'homme).

Les chimpanzés et les orangs-outans excellent dans ces mesures de performance et ont de ce point de vue une grande intelligence, tandis que des prosimiens (des primates jugés plus primitifs que les grands singes, les lémuriens en font partie) nocturnes sont à la peine. Selon une constatation faite par les neurobiologistes, les composants du cerveau sont représentatifs de la taille générale de l'organe. Dans

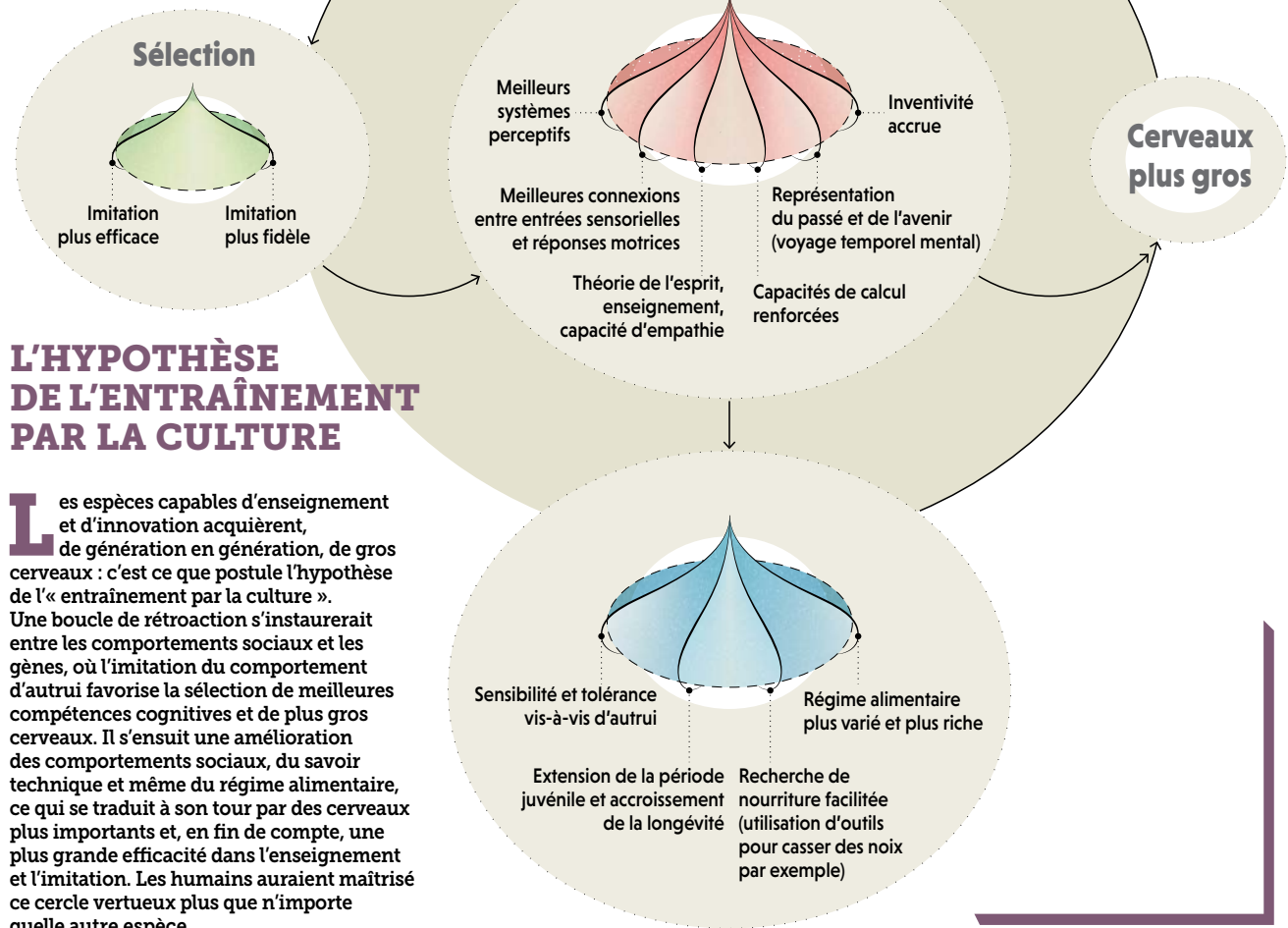


Les singes d'intelligence supérieure sont ceux ayant un apprentissage social et des traditions culturelles



les cerveaux des grands primates, les régions qui exercent le contrôle des actions (situées dans le néocortex et le cervelet) et se projettent vers les neurones moteurs des membres sont plus grandes et mieux connectées entre elles, ce qui facilite les mouvements précis. Cela nous aide à comprendre pourquoi les animaux à gros cerveau présentent une cognition complexe et utilisent des outils.

Chez quelles espèces de primates l'évolution a-t-elle sélectionné une intelligence supérieure? Chez quatre groupes distincts: les capucins, les macaques, les babouins et les grands singes – précisément les espèces connues pour leur apprentissage social et leurs



traditions culturelles. Cette corrélation est exactement ce à quoi il faut s'attendre si les processus culturels pilotent vraiment l'évolution du cerveau et de la cognition. Des analyses supplémentaires, utilisant des données plus précises et des méthodes statistiques de pointe, ont renforcé cette conclusion, tout comme les modèles qui prédisent quantitativement la taille du cerveau et du corps à partir de l'estimation des coûts métaboliques du cerveau.

L'entraînement culturel n'est pas l'unique moteur de l'évolution du cerveau : le régime alimentaire et l'instinct social jouent aussi un rôle important, car les singes qui mangent des fruits et ceux vivant dans de grands groupes complexes ont de gros cerveaux. Il est cependant difficile de ne pas conclure qu'une intelligence supérieure et une vie plus longue ont coévolué chez certains primates parce que leurs aptitudes culturelles leur permettaient d'exploiter des ressources alimentaires de qualité mais difficiles d'accès, les nutriments ainsi glanés contribuant à la croissance du cerveau. Les cerveaux sont des organes énergétiquement coûteux, et

l'apprentissage social est d'une importance primordiale pour tout animal cherchant à assurer l'apport correspondant en calories.

Pourquoi alors aucun autre primate n'a-t-il une culture aussi complexe que la nôtre ? Pourquoi les chimpanzés n'ont-ils pas séquencé des génomes ou construit des fusées ? La clé réside dans la fidélité de la transmission d'informations.

L'ENSEIGNEMENT EST CRUCIAL

La taille et la durée de vie du répertoire culturel que se partage une population augmentent de manière exponentielle avec la qualité de l'apprentissage. Sans transmission précise, il ne peut y avoir de culture cumulative. Mais une fois qu'un seuil est dépassé, même des quantités modestes d'innovations et d'amélioration des comportements entraînent un changement culturel massif. Les humains sont la seule espèce à avoir franchi ce seuil.

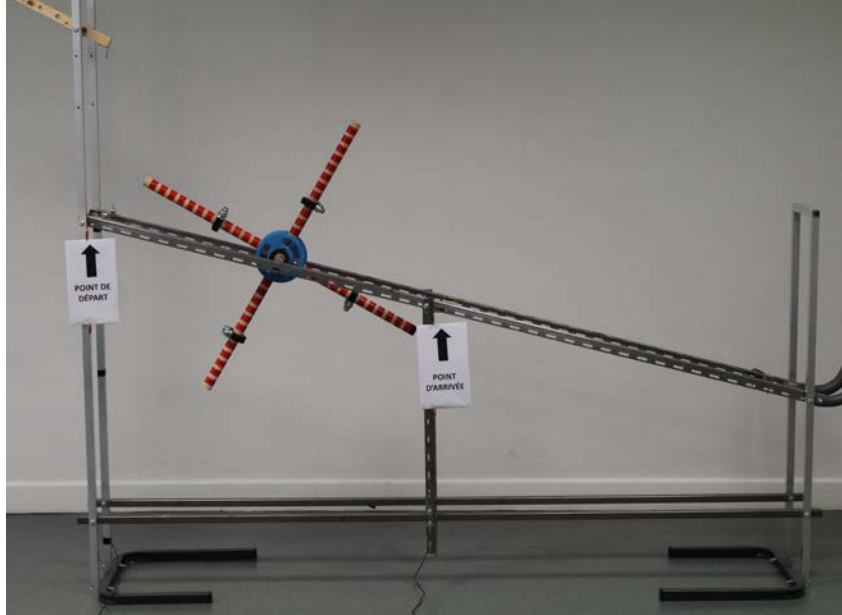
Nos ancêtres l'ont atteint grâce à l'enseignement. Tandis que l'imitation est une faculté largement répandue dans la nature, celle >

L'ESPÈCE HUMAINE EST INTELLIGENTE, PAS LES INDIVIDUS

Aux quatre coins du globe, les populations humaines exploitent des technologies remarquablement complexes et efficaces. Prenez les nomades des steppes d'Asie centrale. Ces populations chassent à l'aide d'arcs recourbés très courts (pour être maniés depuis un cheval) qu'elles produisent à partir de matériaux naturels (bois, corne, colle d'origine animale...). Fabriquer un arc à la fois maniable, robuste et efficace à partir de ces seuls composants constitue un défi d'ingénierie.

Il est généralement admis que notre remarquable capacité à produire des technologies complexes témoigne de l'intelligence de notre espèce : armés de nos imposants cerveaux, nous sommes individuellement plus ingénieux et plus inventifs que les membres des autres espèces.

Cette vision, qui met en avant la seule force de notre intellect, est aujourd'hui de plus en plus remise en cause. Selon les anthropologues évolutionnistes, les technologies complexes résulteraient en fait non pas de notre intelligence mais de notre propension à copier les autres membres de notre groupe. Ainsi, l'arc recourbé n'aurait pas été inventé par un individu particulièrement inspiré ou persévérant, mais aurait été le fruit de copies successives où chaque génération de chasseurs aurait reproduit l'arc le plus efficace. Au cours du temps, l'accumulation de petites améliorations conduirait à l'émergence de technologies complexes et pourtant incomprises par les individus.



Les participants à l'expérience de Maxime Derox et ses collègues devaient optimiser une roue en modifiant la position de quatre poids. La solution optimale consiste à placer les poids au plus près de l'axe de la roue, à l'exception du poids du haut. Cette configuration permettait de réduire la résistance à la mise en rotation de la roue tout en lui conférant une bonne accélération.

Mes collègues et moi avons récemment voulu tester cette théorie en laboratoire. Pour ce faire, nous avons demandé à des groupes de participants d'optimiser une roue de façon à ce qu'elle parcoure 1 mètre, sur des rails inclinés, le plus rapidement possible. Chaque individu pouvait modifier sa roue et disposait de cinq essais pour produire la configuration la plus efficace. Afin de simuler la succession des générations humaines, les deux derniers essais de chaque participant étaient

des participants ! Chaque individu avait produit des configurations plus ou moins aléatoires et la combinaison de ce processus individuel par tâtonnements et la copie des configurations les plus rapides avait suffi à rendre optimales les roues.

Cette expérience illustre l'importance des processus culturels : notre aptitude à copier et à apprendre des autres individus permet de faire émerger des technologies que nul n'aurait su inventer de lui-même. La reconnaissance des processus culturels dans l'évolution humaine apporte un éclairage nouveau sur les raisons de notre succès évolutif. Notre cognition est certes exceptionnelle, mais c'est bien notre culture qui fait de nous une espèce à part.

L'un des enjeux, à présent, est de déterminer l'étendue des effets de la culture sur notre cognition. Selon certains chercheurs, nos capacités cognitives elles-mêmes seraient une conséquence de l'évolution culturelle. De sorte que notre tendance à apprendre les uns des autres aurait non seulement produit de nouvelles façons de chasser, mais également de nouvelles façons de penser.

Notre cognition est certes exceptionnelle, mais c'est bien notre culture qui fait de nous une espèce à part

transmis au participant suivant, dans des chaînes de cinq individus. À la fin des cinq essais, chaque participant devait répondre à une série de questions qui testaient sa compréhension des mécanismes physiques pouvant influencer sur la vitesse de la roue.

Nos résultats ont montré que la roue gagnait en vitesse à travers les générations, tandis que la compréhension des mécanismes restait médiocre tout au long de l'expérience. En d'autres termes, il n'y avait aucun lien entre la performance de la roue et l'intelligence

MAXIME DEREX

chercheur à l'université catholique de Lille et à l'université d'Exeter, au Royaume-Uni

M. Derox et al., Causal understanding is not necessary for the improvement of culturally evolving technology, prépublication PsyArXiv (doi: 10.31234/osf.io/nm5sh), 2018

> d'enseigner est rare. Elle est en revanche universelle dans les sociétés humaines, une fois prises en compte toutes les formes subtiles qu'elle peut prendre. Des modélisations mathématiques ont montré que l'enseignement et la culture cumulative ont coévolué chez nos ancêtres. Dans l'histoire de la vie, c'était la première fois que les membres d'une espèce enseignaient une grande variété de compétences à d'autres membres.

Le savoir que se transmettaient les hominins (les humains et les genres éteints apparentés) portait sur la recherche de nourriture, la transformation des aliments, les cris d'alerte ou d'appel, la fabrication d'outils, etc., et a fourni le terreau sur lequel le langage est apparu. Pourquoi nos ancêtres se sont-ils mis à parler? C'est l'une des grandes énigmes de la science. Une possibilité est que le langage ait servi à réduire les coûts, à améliorer la précision et à étendre les domaines de l'enseignement. Le langage humain est peut-être unique parce que les humains ont été les seuls à construire une société culturelle suffisamment diverse et dynamique pour qu'il y ait matière à jaser.

L'histoire du langage a commencé par une série de symboles partagés parmi les hommes. Mais une fois lancé, l'usage d'un protolangage a imposé une sélection sur le cerveau des hominins en faveur du cerveau le plus apte à apprendre, mais aussi sur le langage lui-même en faveur des structures linguistiques les plus faciles à maîtriser. Que les activités culturelles de nos ancêtres aient fait peser une pression de sélection sur leurs corps et leurs esprits – un processus de coévolution gène-culture – est maintenant bien étayé. Des analyses théoriques, anthropologiques et génomiques concordent pour indiquer que le savoir transmis socialement, notamment celui permettant la fabrication et l'usage d'outils, a engendré en retour une sélection naturelle qui a transformé l'anatomie et la cognition. Cette influence mutuelle des gènes et de la culture a été le creuset dans lequel la psychologie humaine moderne s'est forgée, avec tout ce qu'elle renferme de curiosité, d'envie d'apprendre, d'imiter, de partager les objectifs et les intentions des autres. Elle a aussi conféré aux humains des aptitudes à l'apprentissage et au calcul.

L'enseignement et le langage ont complètement rebattu les cartes pour notre lignée. La coopération à grande échelle est apparue dans les sociétés humaines grâce à nos facultés uniques d'apprentissage social et d'enseignement, comme l'attestent les données théoriques et expérimentales. La culture a entraîné les populations humaines vers de nouvelles voies évolutives, parce qu'elle a créé les conditions propices à la mise en place de mécanismes de coopération déjà présents chez d'autres animaux et d'autres totalement inédits. En particulier, elle

a permis l'émergence d'interactions et d'associations au niveau d'un groupe entier d'individus pour s'entraider ou rivaliser avec un autre groupe (afin par exemple de construire un système d'irrigation ou de former une armée).

À chaque fois qu'une innovation apparaissait chez nos ancêtres, ceux-ci étaient en mesure d'exploiter avec plus d'efficacité leur environnement. Ce perfectionnement a été le moteur de l'augmentation de la taille du cerveau comme celui de l'essor démographique. L'accroissement des effectifs humains et la complexité sociétale ont suivi la domestication des animaux et des plantes. L'agriculture a libéré les sociétés des contraintes inhérentes à la vie nomade des chasseurs-cueilleurs, contraintes qui limitaient la taille de leurs groupes et leur propension à innover. Les sociétés ont alors prospéré, à la fois parce que l'agriculture offrait des capacités supérieures de production alimentaire et parce qu'elle a entraîné dans son sillage tout un lot d'innovations techniques (la charrue ou les techniques d'irrigation, notamment) et sociétales (cités-États, religions...). En outre, dans les sociétés toujours plus grandes, le bénéfice tiré d'une invention avait plus de chances de se diffuser parmi la population et d'être retenu.

DES ÊTRES QUI SONT EN PARTIE LE PRODUIT D'EUX-MÊMES

En résumé, les recherches sur l'évolution cognitive humaine nous dépeignent comme des êtres qui sont en partie le produit d'eux-mêmes. Nous avons tendance à voir l'évolution comme un processus dans lequel des modifications exogènes de l'environnement, telles que l'apparition de prédateurs, de maladies ou des bouleversements climatiques, déclenchent des adaptations évolutives dans les traits des individus. Pourtant, l'esprit humain n'a pas évolué en suivant cette voie.

Non, nos aptitudes mentales ont plutôt été le fruit de processus en boucle au cours desquels nos ancêtres investissaient constamment de nouvelles niches (des aspects de leurs environnements physique et social) qui, en retour, imposaient une sélection sur leur corps et leur esprit, dans une série de cycles sans fin. Les scientifiques voient maintenant la séparation entre les humains et les autres primates comme le résultat de nombreux mécanismes de rétroaction survenus dans la lignée des hominins. À la façon d'une réaction chimique qui s'autoentretient, un processus de fuite en avant a conduit à l'essor de la cognition et de la culture humaines. L'espèce humaine est peut-être l'un des millions de rameaux que porte l'arbre de la vie. Mais notre capacité à penser, à apprendre et à contrôler notre environnement nous rend vraiment uniques et différents de tous les autres animaux. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Heinrich, **The Secret of Our Success: How Culture is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter**, Princeton University Press, 2015.

L'odyssée humaine - Les moteurs cachés de notre évolution, *Pour la Science*, numéro spécial (n° 445), novembre 2014.

L. G. Dean et al., **Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture**, *Science*, vol. 335, pp. 1114-1118, 2012.

L. Rendell et al., **Why copy others? Insights from the social learning strategies tournament**, *Science*, vol. 328, pp. 208-213, 2010.

S. M. Reader et K. N. Laland, **Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates**, *PNAS*, vol. 99(7), pp. 4436-4441, 2002.

L'ESSENTIEL

> Mettre en évidence expérimentalement le fossé qui sépare les pensées humaine et animale est une tâche plus complexe qu'il n'y paraît.

> Les recherches ont toutefois mis en relief deux distinctions majeures : notre capacité à imaginer des scénarios imbriqués et le partage de pensées avec autrui.

> Réunies, ces aptitudes sous-tendent des facultés humaines primordiales telles que le langage, la culture, la moralité, l'anticipation du futur, la capacité à lire dans les pensées des autres.

L'AUTEUR



THOMAS SUDDENDORF
professeur
de psychologie
à l'université
du Queensland,
en Australie

Des pensées emboîtées... et partagées

Notre capacité à imaginer des scénarios emboîtés à la façon de poupées russes, et le besoin impérieux de partager nos pensées : voilà, selon Thomas Suddendorf, ce qui nous distinguerait des animaux sur le plan mental. Et qui expliquerait notre faculté à anticiper les situations futures.

Pourquoi est-ce nous qui dirigeons les zoos, et non les gorilles ? Au cours des dernières centaines de milliers d'années, pendant que d'autres grands primates vivaient discrètement au cœur des forêts tropicales, les humains ont conquis la planète. Certains animaux sont pourtant plus puissants, plus rapides que nous et dotés de sens plus développés. Alors, qu'est-ce qui nous a permis d'asseoir notre domination ?

La réponse est : nos capacités mentales. Mais identifier les traits qui nous rendent si spéciaux s'est révélé fort difficile pour les scientifiques, d'autant que les recherches récentes ont montré que beaucoup d'animaux, des oiseaux jusqu'aux chimpanzés, ont certaines capacités cognitives qui rivalisent avec les nôtres.

L'année dernière, pour ne citer qu'un exemple, une étude publiée par Mathias Osvath et Can Kabadayi, de l'université de Lund, en Suède, affirmait avec audace que les grands

corbeaux (*Corvus corax*) peuvent planifier des actions à l'avance au même titre que nous. Dans l'expérience étudiée, on avait d'abord appris à cinq volatiles à ramasser une pierre et à la jeter dans une boîte en échange d'une récompense. Par la suite, les corbeaux se montraient capables de récupérer eux-mêmes le caillou, caché au milieu d'un tas d'autres objets, plusieurs minutes et même des heures avant que la boîte ne soit mise à leur disposition. Les chercheurs ont conclu que les corbeaux pouvaient se projeter dans l'avenir.

Toutefois, il est possible d'expliquer de façon plus simple ce succès, ainsi que les prouesses cognitives des grands singes que des chercheurs pensent avoir démontrées. Il apparaît aussi que les cognitions humaines et animales, quoique similaires à bien des égards, divergent radicalement sur deux points. Le premier est notre capacité à élaborer mentalement des scénarios, cette sorte de théâtre intérieur qui nous permet d'envisager et de manipuler de nombreuses situations possibles et d'anticiper leurs issues. Le >

