

Vers un dictionnaire des grands singes : Des humains inexpérimentés comprennent des gestes communs de singes non humains

Kirsty E. Graham *, Catherine Hobaiter*

Wild Minds Lab, École de psychologie et de neurosciences, Université de St Andrews, St Andrews, Écosse, Royaume-Uni

* keg4@st-andrews.ac.uk (KEG) ; clh42@st-andrews.ac.uk (CH)

OPEN ACCESS

Citation : Graham KE, Hobaiter C (2023) Towards a great ape dictionary : Les humains inexpérimentés comprennent les gestes communs des singes non humains.

PLoS Biol 21(1) : e3001939. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001939>

Rédacteur académique : Frans B. M. de Waal, Emory University, ÉTATS-UNIS

Reçu : 20 juin 2022

Accepté : 30 novembre 2022

Publié : 24 janvier 2023

Historique de l'évaluation par les pairs : PLOS reconnaît les avantages de la transparence dans le processus d'évaluation par les pairs ; par conséquent, nous permettons la publication de tout le contenu de l'évaluation par les pairs et des réponses des auteurs aux côtés des articles finaux publiés. L'historique éditorial de cet article est disponible ici : <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001939>

Copyright : © 2023 Graham, Hobaiter. Il s'agit d'un article en libre accès distribué selon les termes de la [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), qui permet l'utilisation, la distribution et la reproduction sans restriction sur n'importe quel support, à condition que l'auteur original et la source soient mentionnés.

Déclaration de disponibilité des données : Les données et le code sont disponibles dans un dépôt en libre accès à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.5281/zenodo.7347608>. L'expérience a été présentée dans Gorilla.sc (www.gorilla.sc) ; un aperçu complet et toutes les feuilles importables sont disponibles.

Résumé

Dans l'étude comparative de la communication humaine et non humaine, les gestes des singes ont fourni les premières démonstrations d'une communication flexible et intentionnelle en dehors du langage humain.

De riches répertoires de ces gestes ont été décrits chez toutes les espèces de singes, à l'exception de la nôtre. Étant donné que la majorité des signaux gestuels des grands singes sont partagés et que leur forme semble héritée biologiquement, une énigme se pose : où sont passés les gestes des grands singes dans la communication humaine ? Nous testons ici la reconnaissance et la compréhension par l'homme de 10 des gestes les plus fréquemment utilisés par les grands singes. Nous avons recueilli les données de 5 656 participants dans le cadre d'un jeu en ligne, qui leur demandait de choisir la signification de gestes de chimpanzés et de bonobos dans 20 vidéos. Nous montrons que les humains peuvent conserver une compréhension de la communication gestuelle des singes (qu'elle soit directement héritée ou qu'elle fasse partie d'une cognition plus générale), quels que soient le type et la signification des gestes, l'information sur le contexte de communication n'apportant qu'une amélioration marginale de la réussite. En évaluant la compréhension plutôt que la production, nous avons accédé à une partie du répertoire gestuel des grands singes pour la première fois chez l'homme adulte. L'accès cognitif à un système gestuel ancestral semble avoir été conservé après notre divergence d'avec les autres singes, établissant une profonde continuité évolutive entre leur communication et la nôtre.

Introduction

Considérée par les philosophes et les scientifiques comme la capacité cognitive la plus essentielle à l'unicité humaine [1], l'apparente discontinuité entre le langage humain et la communication non humaine a été considérée comme une énigme évolutive. Cependant, de plus en plus de recherches ont commencé à dévoiler les profondes racines phylogénétiques du langage : de la façon dont d'autres espèces combinent des signaux pour modifier le sens (nous utilisons le terme "sens" dans cet article pour faire référence aux fonctions des signaux et aux résultats apparemment satisfaisants ; [2,3]) d'un énoncé [4], à leur utilisation de l'inférence sociale dans la communication [5], à la façon dont les contextes comportementaux et sociaux semblent désambiguïser les significations des signaux [6]. Néanmoins, la communication de nombreuses espèces est basée sur l'échange d'informations spécifiques et détaillées : Les cris d'alarme, par exemple, peuvent coder des informations combinatoires sur le type et la proximité d'un prédateur [7,8]. Bien qu'il s'agisse d'une riche source d'informations, ces signaux

par le biais de Gorilla Open Materials (<https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>) ; et des fichiers de données vidéo sont disponibles sur le site du Dictionnaire des grands singes sur Youtube (<https://tinyurl.com/greatapedictionary>).

Financement : Cette recherche a été financée par le 8e programme-cadre 287 de l'Union européenne, Horizon 2020, dans le cadre de l'accord de subvention n° 802719 à CH (https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en). Ce travail a été soutenu par les Gorilla Awards in Behavioural Science qui ont fourni les droits de licence de Gorilla.sc et une bourse pour un nombre illimité de participants à KG (<https://gorilla.sc/>). Les bailleurs de fonds n'ont joué aucun rôle dans la conception de l'étude, la collecte et l'analyse des données, la décision de publier ou la préparation du manuscrit.

Intérêts concurrents : Les auteurs ont déclaré qu'il n'y avait pas d'intérêts concurrents.

se présentent généralement comme une réponse fixe à des stimuli, produite indépendamment de l'attention ou de l'intérêt du destinataire, ou même de la présence du destinataire [9]. Les êtres humains produisent également ce type de signaux. En ramassant une casserole trop chaude sur la cuisinière, nous pouvons pousser un glapissement involontaire, secouer la main et/ou faire une grimace de douleur. Tout destinataire potentiel reçoit des informations utiles à partir de ces signaux : La casserole est chaude ! Mais nous n'avons pas glapi, secoué ou fait une grimace dans le but de communiquer, nous l'aurions fait qu'il y ait quelqu'un ou non. Le langage est différent. Nous choisissons de dire à quelqu'un qui n'est pas dans la pièce "attention, la poêle est chaude". Nous pouvons l'utiliser en l'absence des stimuli auxquels nous répondions à l'origine. Nous cesserons de l'utiliser lorsque le destinataire aura indiqué qu'il a compris. Nous pouvons même l'utiliser pour nous parler à nous-mêmes.

Fondamentalement, avec le langage, nous faisons plus que diffuser des informations ; nous avons l'intention de communiquer un objectif à un partenaire que nous reconnaissons comme ayant son propre comportement, ses propres objectifs et ses propres connaissances. La nature *intentionnelle* des langues humaines va au-delà du partage d'informations : Elles communiquent un sens [10-13]. Cette propriété fondamentale est très rarement observée chez d'autres espèces [9,14], et lorsqu'elle l'est, elle se limite généralement à un ou deux signaux utilisés de manière très spécifique [15,16]. Néanmoins, l'émergence de la communication intentionnelle par le biais d'un seul saut génétique récent dans la lignée humaine reste peu plausible ; au contraire, des capacités précurseurs étaient probablement présentes dans la communication de nos ancêtres évolutifs et devraient être partagées par les espèces de singes modernes aujourd'hui [17].

Il est frappant de constater que les gestes des grands singes sont utilisés de la même manière qu'un langage : *Des systèmes* riches de plus de 80 signaux déployés communiquent des objectifs quotidiens (par exemple, [2,18-25]), et la gestuelle des grands singes a été suggérée comme étant un échafaudage important dans l'évolution du langage humain [26,27]. Les répertoires des grands singes présentent un chevauchement important entre les espèces, y compris entre des espèces de singes plus éloignées que les chimpanzés, les bonobos et les humains [28-32]. On pourrait donc s'attendre à ce que les humains conservent l'utilisation de ce système de communication gestuelle des grands singes ; or, à ce jour, l'utilisation des gestes naturalistes des grands singes semble absente de la communication humaine. Les humains sont très gestuels, déployant des gestes déictiques, iconiques, conventionnels, de co-discours/co-signature, entre autres. Cependant, c'est en partie ce qui rend difficile l'étude du chevauchement gestuel entre les humains adultes et les autres grands singes. Les gestes partagés avec d'autres singes peuvent être masqués par les innombrables façons dont les humains signalent avec leurs mains et leur corps. Du pointage à la pantomime, les humains compétents en langage emploient régulièrement des gestes qui accompagnent [33], voire créent, des gestes qui accompagnent [34]. [Les gestes du répertoire des grands singes dans la gestuelle humaine naturaliste ne sont peut-être pas impossibles, mais il faudra un effort de collaboration important pour y parvenir un jour. Il n'est peut-être pas impossible d'identifier les gestes du répertoire des grands singes dans la gestuelle naturaliste de l'homme adulte, mais il faudra un effort de collaboration considérable pour y parvenir un jour. En attendant, d'autres méthodes sont à notre disposition. Une étude récente suggère que les gestes du "répertoire simiesque" ne sont peut-être pas complètement absents : Avant l'apparition du langage, les gestes préverbaux

1- On a constaté que les bébés humains âgés de 2 ans et plus utilisaient plus de 50 gestes du répertoire des grands singes [35]. Compte tenu des mouvements et des parties du corps disponibles, plus de 1 000 formes de gestes pourraient être produites avec le corps des grands singes, mais ces derniers n'en utilisent qu'environ 12 % [36]. Il est donc très peu probable que les chevauchements entre les espèces soient insignifiants. Nous proposons ici le premier test de l'hypothèse selon laquelle les humains adultes compétents en matière de langage ont encore accès à des gestes de grands singes "typiques de la famille".

Nous avons recours à une méthode régulièrement utilisée dans les études sur la communication des primates non humains, une expérience de "play-back", dans laquelle le comportement du destinataire est analysé après avoir été exposé à un signal [37,38]. Ce type d'étude de la compréhension a toujours été utilisé pour tester la compréhension du langage humain par des espèces non humaines [39,40], mais nous inversons ici le paradigme pour tester la communication non humaine chez l'homme. Bien entendu, notre paradigme expérimental est plus conventionnel dans la littérature de psychologie humaine et présente l'avantage, avec des humains plutôt que des nonhumains, de pouvoir effectuer des tests avec des participants non entraînés et d'utiliser des méthodes de communication non humaines.

dans ce paradigme de type "match-to-sample". Alors que les humains compétents en matière de langage semblent ne plus produire de gestes typiques du répertoire des singes (ou que ces gestes peuvent être masqués par d'autres gestes typiquement humains), la présence d'un signal dans le répertoire communicatif d'un individu peut également être démontrée par la compréhension qu'il en a [30]. Nous avons mené une expérience en ligne pour déterminer si des sujets humains adultes comprennent la signification de gestes produits par des singes non humains. L'expérience a été préparée dans Gorilla.sc (www.gorilla.sc; [41]); un aperçu complet et toutes les feuilles importables sont disponibles dans Gorilla Open Materials (<https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>); et les fichiers de données vidéo sont disponibles dans le Great Ape Dictionary sur YouTube (<https://tinyurl.com/greatapedictionary>). Les participants ont été répartis au hasard entre deux conditions : ceux qui ont regardé des vidéos de gestes uniquement (Vidéo uniquement) et ceux qui ont regardé des vidéos de gestes accompagnées d'une brève description d'une ligne du contexte (Contexte). Chaque vidéo était accompagnée d'une illustration simple du geste afin d'aider les spectateurs inexpérimentés à identifier l'action gestuelle (<https://greatapedictionary.ac.uk/gesture-videos2/>). À partir d'un ensemble de 40 vidéos, chaque participant a vu 20 vidéos contenant des exemples de gestes de singes (10 chimpanzés, 10 bonobos). Les vidéos ont été coupées pour ne montrer que le geste, en éliminant tout comportement avant ou après la communication.

Nous avons sélectionné les 10 types de gestes les plus courants pour lesquels nous avons pu confirmer la "signification" chez les chimpanzés et les bonobos, déterminée par les réponses du destinataire qui satisfont systématiquement le signaleur [19]. Les chimpanzés et les bonobos sont les plus proches parents vivants de l'homme (nous sommes aussi les leurs, la séparation d'avec l'homme étant plus récente que le dernier ancêtre commun partagé entre *Pan* et *Gorilla*; [42]). En principe, étant donné le chevauchement des répertoires gestuels chez tous les grands singes [28], nous pourrions prédire que les gestes des gorilles et des orangs-outans peuvent également être saillants pour les humains, mais la signification des gestes chez ces espèces de grands singes n'a pas encore été établie.

Certains gestes sont utilisés dans un seul sens (c'est-à-dire que les destinataires réagissent toujours de la même manière à ce geste), tandis que d'autres sont utilisés dans deux sens ou plus [2,19]. Par exemple, le Big Loud Scratch est utilisé pour initier le toilettage (signification = "Toilettez-moi"), tandis que l'Object Shake est utilisé pour initier la copulation (signification = "Faisons l'amour"), pour initier le toilettage (signification = "Toilettez-moi") et pour augmenter la distance entre le signaleur et le destinataire (signification = "Éloignez-vous"). La signification correcte d'un stimulus vidéo gestuel a été attribuée sur la base de la signification spécifique utilisée pour cet exemple de communication, plutôt que de manière générale pour ce type de geste. Six des types de gestes des chimpanzés et 7 des gestes des bonobos avaient une seule signification, et 4 des types de gestes des chimpanzés et 3 des gestes des bonobos avaient des significations multiples. Pour ces types de gestes ambigus, les participants ont vu un cas où le résultat correct était la signification principale (la réponse la plus courante du destinataire pour ce type de geste), et un cas où le résultat correct était la signification alternative (la deuxième réponse la plus courante du destinataire), et dans les deux cas, on leur a donné la signification principale et la signification alternative comme réponses possibles. Certains types de gestes, par exemple la poussée dirigée, ont des significations primaires et alternatives différentes, par exemple "Monter sur mon dos" pour les bonobos et "Changer de position" pour les chimpanzés. Pour ces gestes, comme pour les gestes ambigus, nous attendons des participants qu'ils donnent la bonne réponse pour la vidéo en question.

Résultats

Au total, 17 751 personnes ont participé. Nous avons analysé $n = 112\,648$ réponses (vidéo uniquement, $n = 59\,001$; Contexte, $n = 53\,647$) de $n = 5\,656$ participants qui ont complété l'ensemble des vidéos (Vidéo seulement, $n = 2\,962$; Contexte, $n = 2\,694$). Les participants ont correctement interprété la signification des gestes des chimpanzés et des bonobos avec ou sans informations contextuelles supplémentaires (Con- texte : Taux de réussite moyen = $57,3 \pm 11,9\%$; binôme, $n = 53\,647$, $p < 0,0001$; Vidéo seule : Taux de réussite moyen = $52,1 \pm 11,0\%$; binôme, $n = 59\,001$, $p < 0,0001$) significativement plus élevé que prévu.

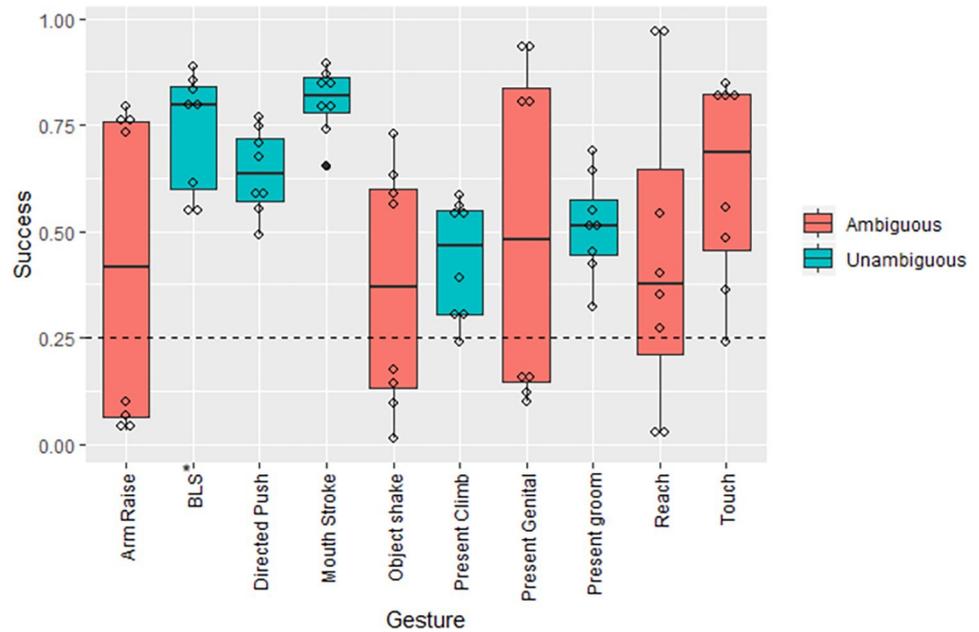


Fig. 1. Distribution des réponses correctes pour chaque type de geste, la légende différenciant les types de gestes ambigus et non ambigus (voir <https://greatapedictionary.ac.uk/gesture-videos/> pour des illustrations et des exemples vidéo de chaque type de geste ; les données sous-jacentes à cette figure se trouvent à l'adresse <https://doi.org/10.5281/zenodo.7347608>). *BLS, Big Loud Scratch.

<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001939.g001>

par rapport au hasard (0,25). Les participants ont obtenu des résultats supérieurs au hasard pour tous les types de gestes, sauf un ("secouer l'objet") (tableau S1 et figure 1).

Pour tous les types de gestes, l'ajout d'informations sur le contexte comportemental a eu, au mieux, un effet positif marginal sur la réussite des participants (comparaison avec le modèle nul : $X^2 = 5,746$, $df = 2$, $p = 0,057$; tableau 1). Plus précisément, seule l'interaction entre le contexte et l'ambiguïté a montré un effet possible, avec une tendance faible et non significative à l'amélioration de la réussite des participants.

Tableau 1. Résultats du glmm (estimations, erreurs standard et tests de signification).

Durée	Estimation	Erreur std.	Chisq	df	P
(Intercept)	0.724	0.794			(1)
Contexte_Vidéo uniquement	-0.054	0.222			
Ambiguïté_oui	-0.757	0.706			
Contexte_Vidéo uniquement : Ambiguïté_oui	-0.569	0.314	2.791	1	0.095
Signification_Grimper sur mon dos ⁽²⁾	-0.571	0.741	5.649	7	0.581
Signification_Donnez-moi cette nourriture	2.927	1.738			
Signification_Parfaites-moi	-0.302	0.751			
Signification_Aujourd'hui, soyons amicaux	-0.680	0.891			
Signification_Faisons l'amour	2.168	0.922			
Signification_Eloignez-vous de moi	2.769	1.198			
Signification_Mouvement vers une nouvelle position	-0.606	1.008			
Espèce_chimpanzé	0.192	0.312	0.359	1	0.549
z.Numéro de l'essai ⁽³⁾	0.031	0.037	0.684	1	0.408

⁽¹⁾Non indiqué en raison de l'interprétabilité très limitée.

⁽²⁾La statistique du test se réfère à l'effet global de la signification.

⁽³⁾transformé en z ; la moyenne et l'écart-type du nombre d'essais original étaient respectivement de 10,490 et de 5,765.

<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001939.t001>

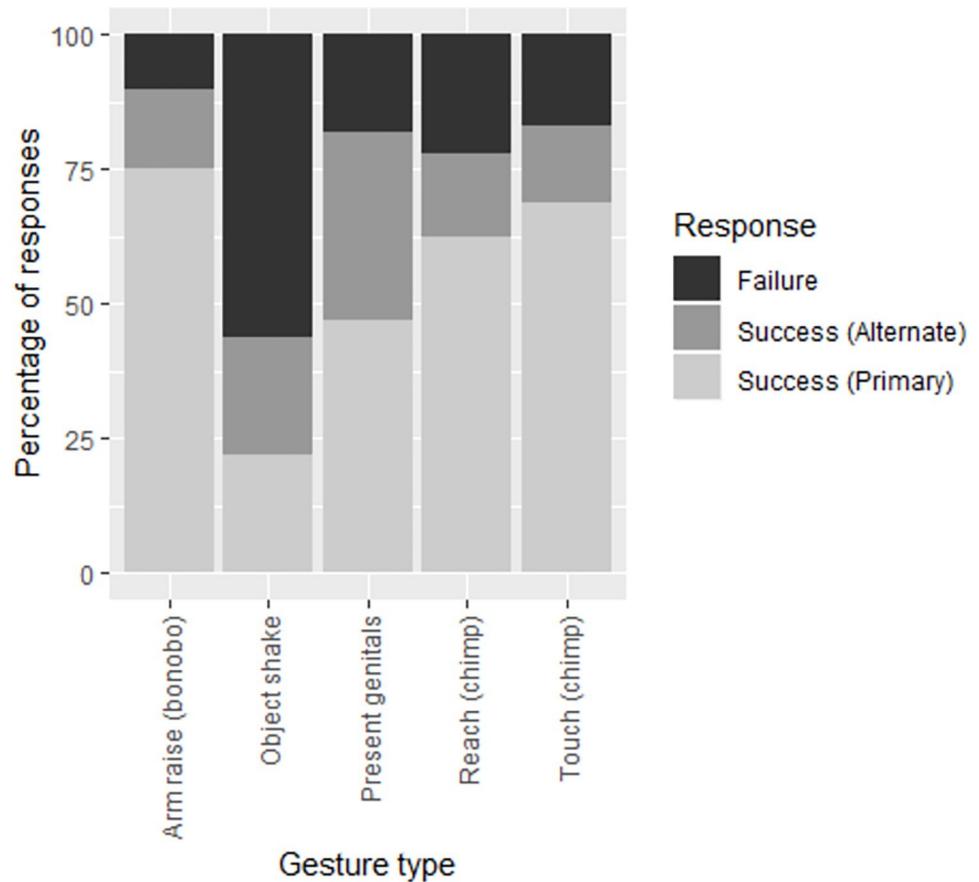


Fig. 2. Ces cinq types de gestes étaient ambigus, avec une signification principale (correcte dans ce cas d'utilisation) et une signification alternative (correcte dans d'autres cas d'utilisation) incluses dans les options de réponse. Cette figure montre le pourcentage de réponses pour la sélection de la signification principale, la sélection de la signification alternative et l'absence de sélection de l'une ou l'autre signification pour un type de geste donné. Les données sous-jacentes à cette figure peuvent être consultées à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.5281/zenodo.7347608>.

<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001939.g002>

Le succès des participants ($X^2 = 2,791$, $df = 1$, $p = 0,095$) lorsque la signification du geste était classée comme ambiguë et que l'information sur le contexte était disponible (S1 Fig et Tableau 1). Les participants ont montré une augmentation faible mais significative de la confiance dans leurs réponses pour les gestes ayant une seule signification correcte (moyenne = 6,05, écart-type = 2,16), par rapport aux gestes ambigus (moyenne = 5,88, SD = 2,31 ; test t : $t(81,512) = -1,66$, $p = 0,049$).

Pour les gestes ambigus, lorsque les participants ne parviennent pas à sélectionner la signification correcte pour ce cas spécifique de communication (signification principale), les résultats sont mitigés quant à savoir s'ils sont plus susceptibles de sélectionner la signification secondaire de ce geste (signification alternative, correcte dans d'autres cas d'utilisation) qu'une signification incorrecte non associée à ce type de geste (Fig. 2). Dans 3 des 5 types de gestes, les participants n'ont pas choisi le sens alternatif de manière significativement supérieure au hasard (tableau S1). Notamment, le geste "secouer l'objet" est le seul type de geste pour lequel les participants n'ont attribué ni le sens principal ni le sens alternatif.

Discussion

Jusqu'à présent, les humains présentaient une lacune problématique dans l'étude de la gestuelle des grands singes, les méthodes d'observation comparatives se limitant au développement précoce en raison de la faisabilité de l'observation de la production gestuelle chez les humains après l'apparition du langage [35]. En déployant une méthode "play back" qui renverse le paradigme de l'étude de la production gestuelle vers l'étude de la production gestuelle, nous avons mis au point une méthode d'observation de la production gestuelle.

Grâce à cette compréhension, nous avons pu accéder pour la première fois à la communication gestuelle des grands singes chez l'homme adulte. Les participants ont été nettement plus nombreux que la moyenne à attribuer la "bonne" signification aux gestes des chimpanzés et des bonobos, quel que soit le type, ce qui suggère que les humains peuvent avoir conservé leur compréhension des caractéristiques essentielles d'un système gestuel présent chez notre dernier ancêtre commun avec le genre *Pan* il y a 6 à 7 millions d'années [43]. Cette capacité était présente à la fois dans les gestes plus fixes sur le plan fonctionnel et dans les gestes flexibles qui sont déployés avec plus d'une signification. Les participants ont très bien réussi à détecter la signification des gestes utilisés dans l'exemple spécifique de communication qu'ils ont vu. Lorsque les gestes avaient des significations alternatives, celles-ci ont également été détectées plus souvent que le hasard dans deux types de gestes. Le fait que nos participants aient été capables d'interpréter les signaux des primates complète les résultats récents qui suggèrent que les humains peuvent être capables de percevoir des indices affectifs dans les vocalisations des primates [44].

Le mécanisme sous-jacent qui rend la communication gestuelle compréhensible chez les grands singes, y compris l'homme, n'a pas encore été élucidé. L'utilisation par l'homme de gestes liés au langage de diverses manières rend difficile la détection des types de gestes du répertoire des grands singes. On ne sait toujours pas si le répertoire des grands singes est biologiquement hérité [28], ou si les grands singes, y compris les humains, partagent une capacité sous-jacente à produire et à interpréter des signaux naturellement significatifs qui sont mutuellement compréhensibles en raison d'une intelligence générale, de plans corporels et d'objectifs sociaux communs, ou de la ressemblance entre les gestes et les actions qu'ils visent à susciter. Ce ne sont pas les seules explications possibles, par exemple, les gestes pourraient être hérités biologiquement chez les singes non humains mais compris par les humains grâce à d'autres mécanismes cognitifs, et nous devons continuer à développer des méthodes innovantes telles que ces playbacks vidéo pour répondre aux inconnues qui subsistent.

Malgré l'importance du contexte dans l'interprétation de la communication humaine [45] (et voir [6] pour les bonobos), la compréhension des gestes des grands singes n'a été que marginalement affectée par le fait que les gestes avaient des significations multiples ou que les participants avaient reçu le contexte comportemental dans lequel la communication avait eu lieu. Cependant, pour certains types de gestes, nous n'avons pas pu supprimer complètement les informations contextuelles parce qu'elles se chevauchaient avec la production des gestes, par exemple la présence de nourriture dans certains gestes de la Mouth Stroke. De futures expériences avec des stimuli artificiels pourraient permettre de tester les limites de la compréhension des gestes en manipulant la quantité et la nature des informations disponibles, par exemple en supprimant le contexte situationnel ou en explorant si des mouvements similaires partagent un noyau sémantique.

Nos résultats apportent une nouvelle preuve substantielle de la continuité de la communication dans notre lignée d'hominidés, et nous proposons que cette nouvelle approche de restitution de la science citoyenne devienne un outil puissant et fructueux pour combler les lacunes dans l'étude de la communication comparative.

Matériels et méthodes

L'expérience a été présentée sur Gorilla.sc (www.gorilla.sc) ; un aperçu complet et toutes les feuilles importables sont disponibles sur Gorilla Open Materials (<https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>) ; et les fichiers de données vidéo sont disponibles sur le Great Ape Dictionary sur YouTube (<https://tinyurl.com/greatapedictionary>). Les participants ont été recrutés à l'aide d'une combinaison de médias sociaux et traditionnels en ligne. L'expérience s'est déroulée du 20 juillet 2017 au 23 octobre 2017. L'étude a reçu l'approbation éthique du comité d'éthique de l'enseignement et de la recherche de l'université de St Andrews, sous le code PS12558.

Les participants

Chaque participant a été invité à indiquer son année de naissance afin de déterminer la version de l'expérience à laquelle il serait convié.

ont été collectées ; (b) une expérience adaptée aux enfants de 12 à 15 ans ; et (c) une expérience pour adultes de 16 ans et plus. Nos deux cohortes expérimentales ont ensuite été dirigées vers des formulaires de consentement adaptés à l'âge des participants. Lorsque le consentement était donné, nous avons recueilli des données démographiques sur l'âge (12 à 15, 16 à 20, 21 à 30, 31 à 40, 41 à 50, 51 à 60, 61 à 70, 71+), le sexe (féminin, masculin, autre, préfère ne pas dire) et l'expérience de travail avec des primates non humains (non, oui (0 à 2 ans), oui (3 à 5 ans), oui (plus de 5 ans)), ainsi que sur le fait de savoir si les participants avaient déjà fait l'expérience auparavant (oui, non). Les données démographiques ont été utilisées pour exclure les participants qui étaient trop jeunes pour donner leur consentement, qui avaient de l'expérience avec des primates non humains et qui avaient déjà fait l'expérience. Les participants ont reçu un ensemble d'instructions (Gorilla Open Materials : <https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>) avant de commencer l'expérience. L'expérience du groupe d'adultes contenait des vidéos de gestes signifiant "Faisons l'amour", alors que la version du jeu adaptée aux enfants et l'expérience du groupe d'adolescents n'en contenaient pas.

Exclusions des participants

Au total, 17 538 jeunes de plus de 15 ans et 213 jeunes de 12 à 15 ans ont participé à l'étude. Les données du groupe d'adolescents (213), des adultes ayant déclaré avoir une expérience de travail avec des primates non humains (480), des participants ayant déclaré avoir déjà fait l'expérience (143) et des participants n'ayant pas réalisé l'expérience complète ont été exclues des analyses (11 259).

Conception

Les participants ont été répartis au hasard entre deux conditions : ceux qui ont visionné des vidéos de gestes uniquement (Video only) et ceux qui ont visionné des vidéos de gestes accompagnées d'une brève description d'une ligne du contexte (Gorilla Open Materials : <https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>). Chaque condition a été divisée en deux autres groupes, chaque groupe recevant un ensemble différent de vidéos. Nous avons montré un exemple de chaque type de geste pour les deux espèces (20 vidéos) à la moitié des participants, et un exemple différent de chaque type de geste pour les deux espèces à l'autre moitié (20 vidéos). Les sous-groupes ont été divisés une dernière fois en 4 autres groupes aléatoires de manière à ce que la position de la bonne réponse dans chacune des 4 cases situées sous la vidéo varie entre les participants (Gorilla Open Materials : <https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>).

Les vidéos ont été coupées pour ne montrer que le geste, éliminant tout comportement avant ou après le signal. Chaque vidéo montrait le geste une fois à vitesse normale et une fois au ralenti. Les vidéos duraient de 7 à 33 secondes et pouvaient être visionnées autant de fois que nécessaire avant que la réponse ne soit sélectionnée. Un point de fixation de 500 millisecondes était présenté au centre de l'écran avant chaque vidéo de geste, les vidéos étaient présentées avec une illustration de Bonobo-bot pour mettre en évidence l'action gestuelle dans chaque vidéo (Gorilla Open Materials : <https://app.gorilla.sc/openmaterials/344409>), et quatre réponses de sens possibles. Le texte descriptif d'une ligne dans la condition Contexte était présenté sous la vidéo. Après avoir choisi une réponse, les participants étaient dirigés vers une page et devaient évaluer leur confiance dans leur réponse en utilisant une échelle mobile allant de pas du tout confiant à 100% confiant. À la fin de l'expérience, les participants recevaient un score numérique, mais aucune information sur les questions auxquelles ils avaient répondu correctement.

Nous avons sélectionné 10 types de gestes pour lesquels nous avons pu confirmer la signification chez les chimpanzés et les bonobos [19]. La signification des gestes a été établie à l'origine à l'aide du résultat apparemment satisfaisant : la réponse du destinataire qui empêche le signaleur de continuer à faire le geste [2,19]. Certains gestes sont utilisés pour une seule signification, tandis que d'autres peuvent être utilisés pour deux ou plusieurs significations. La signification correcte d'un stimulus vidéo gestuel était la suivante

attribuée sur la base de la signification spécifique utilisée pour ce cas de communication, plutôt que de manière générale pour ce type de geste.

Pour les types de gestes ayant une seule signification principale (gestes utilisés pour une seule signification dans 80 % ou plus des cas ; voir le [tableau S1](#)), les deux clips d'une même espèce ont montré des exemples de gestes qui ont permis d'atteindre cette signification (bien que ce résultat ne puisse pas être vu sur les stimuli vidéo présentés). Pour les types de gestes ayant plusieurs significations (chaque signification étant utilisée dans au moins 30 à 80 % des cas ; voir le [tableau S1](#)), un clip montrait une signification et un clip montrait l'autre. Pour les gestes régulièrement utilisés avec deux significations, la deuxième signification (incorrecte pour ce cas spécifique de communication) était toujours incluse parmi les réponses possibles.

Les autres options de réponse ont été sélectionnées au hasard parmi les 8 significations qui étaient correctes à un moment donné de l'expérience, et 3 significations qui sont régulièrement obtenues par les singes avec leurs gestes mais pas avec les types de gestes utilisés dans cette expérience ("Suivez-moi" ; "Rapprochez-vous de moi" ; "Arrêtez de faire ça"). Les réponses ont été sélectionnées de manière aléatoire, mais en cas de répétition, nous l'avons remplacée en passant à la signification suivante sélectionnée de manière aléatoire afin qu'une réponse ne puisse apparaître qu'une seule fois parmi les 4 boutons de réponse.

Exclusions de données

Les données pour lesquelles toutes les valeurs des participants étaient identiques pour toutes les variables (Vidéo seule $n = 453$; Con- texte $n = 368$) ont été éliminées car il s'agissait de doublons apparents dus à une erreur de téléchargement lors du rafraîchissement de la page. Les données pour lesquelles le temps de réponse était inférieur à 3 secondes (le temps minimum requis pour regarder la plus courte section en temps réel d'une vidéo gestuelle) ont été exclues. Les données dont le temps de réponse dépassait 3 écarts-types par rapport à la moyenne dans chaque ensemble de données ont également été exclues.

Analyse des données

Toutes les analyses ont été effectuées avec R (version 3.5.3) [46]. Nous avons estimé l'effet du Con- texte du geste sur le succès du participant en ajustant un modèle linéaire mixte généralisé à l'aide de la fonction `glmer` du paquet `lme4` (version 1.1-27.1) avec une structure d'erreur binomiale et une fonction de lien logit. Nous avons inclus la condition (vidéo uniquement, contexte), l'ambiguïté (oui, non) et leur interaction, ainsi que le sens, l'espèce et le nombre d'essais en tant qu'effets fixes, et l'ID du participant, le type de geste et l'ID de la vidéo en tant qu'effets aléatoires. Nous avons inclus toutes les pentes aléatoires possibles, mais les corrélations entre les intercepts et les pentes aléatoires n'étaient pas réalisables sur le plan informatique. Pour tester globalement les effets fixes, nous avons comparé le modèle complet à un modèle nul identique, à l'exception de l'exclusion de la condition. Tous les tests de signification ont été effectués à l'aide d'un test du rapport de vraisemblance [47].

L'échantillon pour ce modèle comprenait $n = 5\,656$ ID de participants, 40 ID de vidéos et 10 types de gestes, avec un total de $n = 112\,648$ réponses. Avant d'ajuster le modèle, nous avons transformé en z le nombre d'essais pour obtenir une moyenne de 0 et un écart-type de 1. Tous les facteurs entrant dans les effets aléatoires en tant que pentes aléatoires ont été codés manuellement de manière fictive, puis centrés. Les intervalles de confiance n'étaient pas réalisables sur le plan informatique.

Résultats du modèle complet

Nous avons constaté un faible effet non significatif de la condition sur le succès des participants ($X^2 = 5,746$, $df = 2$, $p = 0,057$). Plus précisément, seule l'interaction entre la condition et l'ambiguïté a montré un effet possible, avec une tendance faible et non significative à l'amélioration du succès des participants ($X^2 = 2,791$, $df = 1$, $p = 0,095$) lorsque la signification du geste était classée comme ambiguë et que des informations sur le contexte étaient disponibles ([tableau S1](#)).

Informations complémentaires

Tableau S1. Types de gestes utilisés, avec les significations pour lesquelles ils sont utilisés chez les bonobos et les chimpanzés.

(DOCX)

S1 Fig. Probabilité de réussite, séparément pour chaque combinaison de contexte et d'ambiguïté.

(DOCX)

Remerciements

Nous remercions le personnel de la Budongo Conservation Field Station et de la Wamba, Luo Scientific Reserve, où les données vidéo gestuelles ont été collectées, ainsi que le Conseil national ougandais pour la science et la technologie, l'Uganda Wildlife Authority, le WCBR, le CREF et le Minis- tère de la Recherche Scientifique et Technologie (République démocratique du Congo) pour l'autorisation de travailler sur ces sites et dans ces pays. Les données vidéo ont été recueillies dans le cadre du permis de recherche NS179 de l'UNCST (Ouganda) et des permis de recherche No MIN.ESURS/SG-RST/ 002.2014 et No 002/MIN.RST/SG/180/002/2015 (RDC). Nous remercions le professeur Richard Byrne et le professeur Takeshi Furuichi pour leur soutien et leurs discussions. Nous remercions Roger Mundry pour son aide dans l'exécution du code pour des analyses qui auraient autrement été irréalisables sur le plan informatique.

Contributions des auteurs

Conceptualisation : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Curation des données : Kirsty E. Graham.

Analyse formelle : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter. **Acquisition**

de fonds : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter. **Investigation :** Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Méthodologie : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Administration du projet : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Ressources : Kirsty E. Graham. **Logiciels :**

Kirsty E. Graham. **Supervision :** Catherine Hobaiter.

Validation : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Visualisation : Kirsty E. Graham.

Rédaction - version originale : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Rédaction - révision et édition : Kirsty E. Graham, Catherine Hobaiter.

Références

1. Chomsky N. L'architecture du langage et son importance pour l'évolution. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017 ; 81:295-300. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.01.053> PMID : 28188889
2. Hobaiter C, Byrne RW. La signification des gestes des chimpanzés. *Curr Biol.* 2014 ; 24(14):1596-1600. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.066> PMID : 24998524
3. Smith WJ. Message, signification et contexte en éthologie. *Am Nat.* 1965 ; 99(908):405-409.

4. Engesser S, Townsend SW. Combinatorialité dans les systèmes vocaux des animaux non humains. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2019 ; 10(4):e1493. <https://doi.org/10.1002/wcs.1493> PMID : 30724476
5. Warren E, Call J. Inferential communication : bridging the gap between intentional and ostensive communication in non-human primates. *Front Psychol*. 2021 ; 12:718251. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.718251> PMID : 35095633
6. Graham KE, Furuichi T, Byrne RW. Context, not sequence order, affects the meaning of bonobo (*Pan paniscus*) gestures. *Gesture*. 2020 ; 19(2-3):335-364.
7. Manser MB. La structure acoustique des cris d'alarme des suricates varie en fonction du type de prédateur et du niveau d'urgence de la réponse. *Proc R Soc B*. 2001 ; 268:2315-2324. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1773> PMID : 11703871
8. Ouattara K, Lemasson A, Zuberbühler K. Les singes de Campbell concatènent des vocalisations en séquences d'appels spécifiques au contexte. *Proc Natl Acad Sci*. 2009 ; 106(51):22026-22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908118106> PMID : 20007377
9. Seyfarth RM, Cheney DL. Signalers and receivers in animal communication. *Annu Rev Psychol*. 2003 ; 54(1):145-173. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.54.101601.145121> PMID : 12359915
10. Bates E, Camaioni L, Volterra V. The acquisition of performatives prior to speech. *Merrill Palmer Q Behav Dev*. 1975 ; 21(3):205-226.
11. Dennett DC. Intentional systems in cognitive ethology : The "Panglossian paradigm" defended. *Behav Brain Sci*. 1983 ; 6(3):343-390.
12. Dennett DC. *The intentional stance*. Cambridge, Massachusetts : MIT press ; 1987.
13. Grice HP. *Le sens*. *Philos Rev*. 1957 ; 66:377-388.
14. Rendall D, Owren MJ, Ryan MJ. Que signifient les signaux des animaux ? *Anim Behav*. 2009 ; 78:233-240.
15. Schel AM, Townsend SW, Machanda Z, Zuberbühler K, Slocombe KE. Chimpanzee alarm call production meets key criteria for intentionality. *PLoS ONE*. 2013 ; 8(10):e76674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076674> PMID : 24146908
16. Vail AL, Manica A, Bshary R. Referential gestures in fish collaborative hunting. *Nat Commun*. 2013 ; 4:1765. <https://doi.org/10.1038/ncomms2781> PMID : 23612306
17. Lieberman P. Le langage n'est pas apparu il y a 100 000 ans. *PLoS Biol*. 2015 ; 13(2):e1002064. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002064> PMID : 25679377
18. Frolich M, Wittig RM, Pika S. Play-solicitation gestures in chimpanzees in the wild : flexible adjustment to social circumstances and individual matrices. *R Soc Open Sci*. 2016 ; 3:160278. <https://doi.org/10.1098/rsos.160278> PMID : 27853603
19. Graham KE, Hobaiter C, Ounsley J, Furuichi T, Byrne RW. Les gestes des bonobos et des chimpanzés se chevauchent largement en termes de signification. *PLoS Biol*. 2018 ; 16(2):e2004825. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004825> PMID : 29485994
20. Liebal K, Pika S, Tomasello M. Gestural communication of orang-utans (*Pongo pygmaeus*). *Gesture*. 2006 ; 6:1-36.
21. Moore R. Social cognition, Stag Hunts, and the evolution of language. *Biol Philos*. 2017 ; 32:797-818.
22. Pika S, Liebal K, Tomasello M. Gestural communication in young gorillas (*Gorilla gorilla*) : Gestural repertoire, learning and use. *Am J Primatol*. 2003 ; 60:95-111.
23. Plooij FX. Quelques traits fondamentaux du langage humain chez les chimpanzés sauvages. In : Locke Andy, éditeur. *Action, gesture and symbol : The emergence of language*. Londres, Royaume-Uni : Academic Press ; 1978.
24. Tomasello M, George BL, Kruger AC, Jeffrey M, Evans A. Le développement de la communication gestuelle chez les jeunes chimpanzés. *J Hum Evol*. 1985 ; 14:175-186.
25. Roberts AI, Vick SJ, Buchanan-Smith HM. Utilisation et compréhension des gestes manuels chez les chimpanzés sauvages. *Anim Behav*. 2012 ; 84(2), 459-70.
26. Corballis MC. Les origines gestuelles du langage. *Les origines du langage*. Tokyo : Springer ; 2008. p. 11- 23.
27. Pollick AS, de Waal FBM. Ape gestures and language evolution (Gestes des singes et évolution du langage). *Proc Natl Acad Sci*. 2007 ; 104:8184- 8189. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702624104> PMID : 17470779
28. Byrne RW, Cartmill E, Genty E, Graham KE, Hobaiter C, Tanner J. Great ape gestures : intentional communication with a rich set of innate signals. *Anim Cogn*. 2017 ; 20(4):755-769. <https://doi.org/10.1007/s10071-017-1096-4> PMID : 28502063
29. Genty E, Breuer T, Hobaiter C, Byrne RW. Communication gestuelle du gorille (*Gorilla gorilla*) : répertoire, intentionnalité et origines possibles. *Anim Cogn*. 2009 ; 12(3):527-546.
30. Graham KE, Furuichi T, Byrne RW. Le répertoire gestuel du bonobo sauvage (*Pan paniscus*) : un système de communication mutuellement compris. *Anim Cogn*. 2017 ; 20(2):171-177.

31. Hobaiter C, Byrne RW. Le répertoire gestuel du chimpanzé sauvage. *Anim Cogn*. 2011 ; 14(5):745- 767. <https://doi.org/10.1007/s10071-011-0409-2> PMID : 21533821
32. Schneider C, Call J, Liebal K. Quel rôle jouent les mères dans l'acquisition gestuelle des bonobos (*Pan paniscus*) et des chimpanzés (*Pan troglodytes*) ? *Int J Primatol*. 2011 ; 33(1):246-262.
33. Goldin-Meadow S. The role of gesture in communication and thinking. *Trends Cogn Sci*. 1999 ; 3 (11):419-429. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(99\)01397-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(99)01397-2) PMID : 10529797
34. Fay N, Walker B, Ellison TM, Blundell Z, De Kleine N, Garde M, et al. Gesture is the primary modality for language creation. *Proc R Soc B*. 2022 ; 289:20220066. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0066> PMID : 35259991
35. Kersken V, Go'mez JC, Liszkowski U, Soldati A, Hobaiter C. A gestural repertoire of 1- to 2-year-old human children : in search of the ape gestures. *Anim Cogn*. 2019 ; 22(4):577-595. <https://doi.org/10.1007/s10071-018-1213-z> PMID : 30196330
36. Hobaiter C, Byrne RW. Qu'est-ce qu'un geste ? Une approche basée sur le sens pour définir les répertoires gestuels. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017 ; 82:3-12. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.03.008> PMID : 29229064
37. Fischer J, Noser R, Hammerschmidt K. Bioacoustic field research : a primer to acoustic analyses and playback experiments with primates. *Am J Primatol*. 2013 ; 75(7):643-663. <https://doi.org/10.1002/ajp.22153> PMID : 23592340
38. Radick G. Primate Language and the Playback Experiment, in 1890 and 1980. *J Hist Biol*. 2005 ; 38:461-493.
39. Herman LM, Richards DG, Wolz JP. Compréhension des phrases par les dauphins à gros nez. *Cognition*. 1984 ; 16(2):129-219. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(84\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(84)90003-9) PMID : 6540652
40. Sevcik RA, Savage-Rumbaugh ES. Compréhension et utilisation du langage par les grands singes. *Lang Commun*. 1994 ; 14(1):37-58.
41. Anwyll-Irvine AL, Massonie' J, Flitton A, Kirkham NZ, Evershed JK. Gorilla in our midst : an online beha- vioural experiment builder. *Behav Res Methods*. 2019 ; 52:388-407.
42. Hobolth A, Christensen OF, Mailund T, Schierup MH. Genomic relationships and speciation times of human, chimpanzee, and gorilla inferred from a coalescent hidden Markov model. *PLoS Genet*. 2007 ; 3 (2):e7. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030007> PMID : 17319744
43. Young NM, Capellini TD, Roach NT, Alemseged Z. Fossil hominin shoulders support an African ape- like last common ancestor of humans and chimpanzees. *Proc Natl Acad Sci*. 2015 ; 112(38):11829- 11834. <https://doi.org/10.1073/pnas.1511220112> PMID : 26351685
44. Debracque C, Clay Z, Grandjean D, Gruber T. Humans recognize affective cues in primate vocaliza- tions : Acoustic and phylogenetic perspectives. *bioRxiv* 2022.01.26.477864 [Preprint]. 2022 [cité le 2022 septembre 20]. Available from: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.01.26.477864v1>
45. Tabossi P, Zardon F. Processing ambiguous words in context. *J Mem Lang*. 1993 ; 32(3):359-372.
46. R Core Team. R : un langage et un environnement pour le calcul statistique. Vienne, Autriche ; 2020. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.R-project.org/>
47. Dobson AJ. Introduction aux modèles linéaires généralisés. Boca Raton ; Chapman Hall/CRC ; 2002.