

consiste en une balance de torsion – une barre horizontale suspendue par le milieu à un fil, aux extrémités de laquelle on fixe une «masse test» et un contre-poids. Le système étant dans un plan horizontal et l'expérience étant menée dans ce plan, on s'abstrait de l'influence de la pesanteur terrestre. Quand on pivote légèrement la barre, la torsion du fil exerce une force de rappel et le système se met à osciller. Si l'on approche une grosse «masse source» de la masse test, son attraction gravitationnelle modifie les oscillations.

En guise de masses test et source, l'équipe de Markus Aspelmeyer a utilisé des billes d'or d'environ 92 milligrammes (et d'environ un millimètre de rayon). La bille source était approchée et éloignée de la bille test à une fréquence de 12,7 millihertz. La difficulté avec un système aussi léger était de contrôler les «bruits». L'expérience a été réalisée sous vide pour limiter les vibrations acoustiques et le bruit thermique. Elle a été menée de nuit pour éviter les vibrations liées aux activités humaines (piétons, trafic routier, etc.). Et un mince film métallique placé entre les deux billes bloquait les éventuelles interactions électromagnétiques.

L'analyse du mouvement a montré qu'il avait deux composantes principales, l'une oscillant à 12,7 millihertz et l'autre à une fréquence double de 25,4 millihertz. Cette fréquence harmonique était attendue du fait que la loi de Newton, où intervient l'inverse du carré de la distance, n'est pas linéaire. En filmant le mouvement de la balance, les chercheurs ont confirmé que la force exercée est conforme à la loi newtonienne. Aucune expérience ne l'avait encore fait pour des masses aussi faibles.

Cette expérience n'est qu'une étape. Markus Aspelmeyer et ses collègues ont montré que l'on peut, en principe, continuer à réduire la masse des billes. Dans ce cas, il faudra encore mieux contrôler le bruit thermique, ce qui serait techniquement possible. L'objectif est de se rapprocher de la «masse de Planck», qui vaut 22 microgrammes et qui pourrait être l'échelle à laquelle des effets quantiques commenceraient à se manifester dans la force gravitationnelle. ■

SEAN BAILLY

T. Westphal et al., *Nature*, vol. 591, pp. 225-228, 2021

DÉMOGRAPHIE

Toujours plus de jumeaux

La proportion de naissances gémellaires dans le monde a atteint un record historique, selon une étude menée sur 165 pays couvrant 99 % de la population mondiale. Le point avec l'un de ses auteurs, Gilles Pison, professeur au Muséum national d'histoire naturelle et chercheur associé à l'Institut national d'études démographiques.



Propos recueillis par THÉO TORCQ

GILLES PISON
démographe au MNHN,
à Paris, et à l'Ined,
à Aubervilliers

Pourquoi vous intéressez au nombre de naissances gémellaires ?

Les jumeaux sont des enfants fragiles, qui demandent plus de soins et sont plus fréquemment prématurés. En cas de grossesse gémellaire, l'accouchement présente plus fréquemment des complications. En tant que démographe de l'Afrique, je me suis donc d'abord intéressé à la naissance des jumeaux sur ce continent, qui était l'un des facteurs expliquant la forte mortalité infantile. Puis j'ai étendu mes recherches aux naissances de jumeaux dans le monde.

Qu'avez-vous observé ?

Il n'y a jamais eu autant de naissances de jumeaux dans le monde. En trente ans, leur fréquence a augmenté d'un tiers : on est passé, à l'échelle mondiale, de 9,1 accouchements gémellaires pour 1 000 accouchements dans les années 1980-1985 à 12,0 pour 1 000 dans les années 2010-2015. Avec 1,6 million d'accouchements gémellaires chaque année dans la période 2010-2015, soit 3,2 millions d'enfants jumeaux par an, cela signifie que près de 1 bébé sur 40 est un jumeau. Par ailleurs, près de 80 % de ces naissances ont lieu en Afrique et en Asie, dans des proportions à peu près égales. Pour l'Asie, c'est simplement parce qu'elle héberge 60 % de l'humanité. Dans le cas de l'Afrique, c'est dû à la conjonction de deux facteurs : d'une part, le taux de natalité y est bien supérieur qu'ailleurs ; d'autre part, le taux de gémellité, c'est-à-dire la proportion de grossesses gémellaires, y est le plus élevé du monde. Il est presque le double de celui en Asie et en Amérique du Sud. En Europe et en Amérique du Nord, le taux de gémellité était moitié moindre qu'en Afrique il y a trente ans, mais il a pratiquement doublé depuis, au point de se rapprocher de celui de l'Afrique et d'être assez loin devant l'Asie et l'Amérique du Sud.

Comment expliquer cette augmentation du taux de gémellité en Europe et en Amérique du Nord ?

Deux facteurs interviennent. Le premier est le retard des maternités : dans toutes les populations, on observe que le taux de gémellité augmente avec l'âge des femmes. Il est en effet lié au taux d'hormone de croissance folliculaire, la FSH, qui augmente avec l'âge. Cette hormone est nécessaire à la maturation des ovules et joue un rôle lors du déclenchement de l'ovulation. Attention : cela ne concerne que la fréquence des grossesses dizygotes (où deux ovules différents sont émis et fécondés au cours du même cycle). Celle des jumeaux monozygotes (issus de la fécondation d'un même ovule) ne varie pas quels que soient l'âge des mères, la région du monde et la période : 4 grossesses sur 1 000 sont des jumeaux monozygotes. Le second facteur est le recours à l'assistance médicale à la procréation (AMP). La stimulation ovarienne à l'aide d'hormones s'accompagne d'un risque élevé de grossesse multiple, de même que la fécondation *in vitro* (FIV), surtout quand plusieurs embryons sont réimplantés dans l'utérus après le recueil des gamètes et leur fécondation en éprouvette.

Pensez-vous que cette croissance du taux de gémellité va continuer ?

Difficile de le prévoir dans les pays développés. D'un côté, le nombre de couples qui recourent à l'AMP augmente et les femmes ont leurs enfants de plus en plus tard. Mais de l'autre, les nouvelles pratiques de FIV, où l'on implante un seul embryon à la fois, poussent le taux de gémellité à la baisse. Dans le Sud, l'Afrique devrait contribuer à la hausse du taux de gémellité mondial du seul fait que sa part dans la population mondiale va augmenter. En 2050, un humain sur quatre vivra en Afrique, voire un sur trois à la fin du siècle. ■

C. Monden et al., *Twin peaks : more twinning in humans than ever before*, *Human Reproduction*, en ligne le 12 mars 2021

MÉDECINE

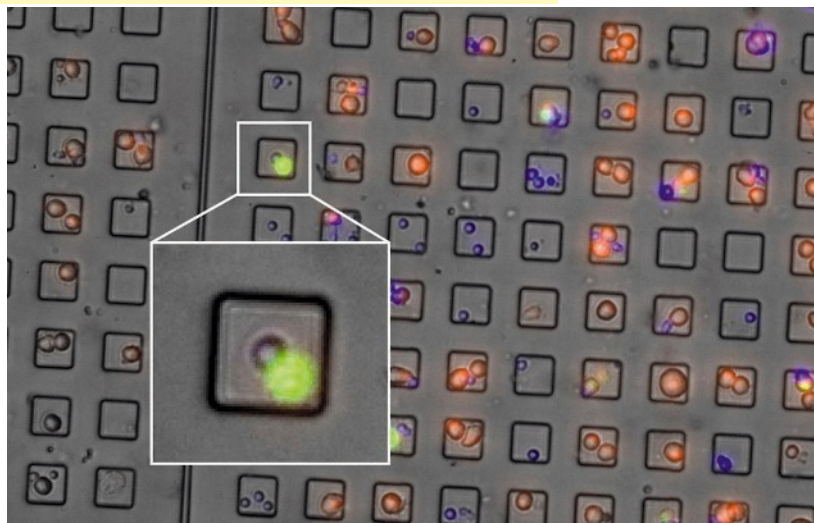
DES LYMPHOCYTES CONTRE LES CELLULES CANCÉREUSES

L'immunothérapie soigne encore peu de patients. Les lymphocytes T CD4, jusqu'ici non ciblés par ces thérapies, pourraient en élargir le champ d'action.

Dans le cadre de l'immunothérapie, la croissance de cellules tumorales est vue comme une pathologie du système immunitaire qui ne fait plus correctement son travail d'élimination des cellules anormales. Dès lors, l'idée n'est plus de tenter d'éradiquer directement la masse tumorale, mais de stimuler le système immunitaire pour qu'il la reconnaisse et la détruise. Problème: la réponse aux immunothérapies est encore très variable en fonction des tumeurs et des individus. Amélie Cachot, de l'université de Lausanne, et des collègues de Suisse et d'ailleurs viennent d'identifier un nouvel acteur cellulaire qui ouvre de nouvelles pistes pour mieux adapter les thérapies.

Jusqu'ici, les immunothérapies étaient développées pour cibler une population de globules blancs, les lymphocytes T CD8, dits « cytotoxiques », c'est-à-dire capables d'éliminer directement des cellules. Amélie Cachot et ses collègues ont montré *in vitro* que les lymphocytes T CD4 joueraient aussi ce rôle de tueurs de cellules cancéreuses. « Cette démonstration d'une activité fonctionnelle est importante car on savait que ces lymphocytes étaient présents sur les sites tumoraux, mais pas qu'ils pouvaient directement tuer les cellules tumorales. Ils ont au contraire été historiquement décrits comme les architectes de la réponse immunitaire, qui recrutent et assistent d'autres effecteurs immunitaires tels que les CD8 et les macrophages », explique Antonin Saldmann, immunologue à l'hôpital européen Georges-Pompidou, à Paris.

Les chercheurs se sont intéressés à un modèle de mélanome, une tumeur de la peau qui n'est pas la plus fréquente, mais la plus agressive, et qui est connue pour répondre assez bien aux immunothérapies. Ils ont alors isolé des lymphocytes T CD4 de patients et les ont mis en contact avec des cellules cancéreuses. Pour ce faire, ils ont créé des nanpuces de plus de 20000 puits de 65 picolitres dans lesquels ont été déposés une seule cellule tumorale et un seul lymphocyte CD4. Ce suivi simultané de milliers de cellules a permis de découvrir que 30% environ des lymphocytes T CD4 sont capables de



Dans ces nanopuces, les lymphocytes T CD4 (en bleu) luttent contre les cellules tumorales (en orange).

tuer une cellule tumorale, en une moyenne de 5 heures. Ces performances restent inférieures à celles des lymphocytes T CD8 utilisés comme contrôle, qui, pour 70% d'entre eux, détruisent les cellules tumorales en un peu moins de 2 heures et demie. Malgré cette efficacité moindre, cibler les CD4 aurait pour intérêt la capacité de ces lymphocytes à reconnaître des cellules qui échappent aux CD8.

Cette propriété de certains des lymphocytes T CD4 à tuer une cellule tumorale serait décuplée par l'expression d'une molécule identifiée à leur surface, SLAMF7. L'activation de celle-ci se fait normalement par association avec une autre protéine SLAMF7, présente sur d'autres lymphocytes ou cellules immunitaires. En mimant cette interaction « homophile » par l'usage d'un traitement pharmacologique à base d'anticorps, les chercheurs ont augmenté la capacité lytique des lymphocytes. De quoi envisager d'en faire une cible thérapeutique pour amorcer une immunothérapie. Cependant, le processus de différenciation de ces lymphocytes en « tueurs » de cellules tumorales ainsi que leur régulation restent à décrypter. ■

NOËLLE GUILLON

A. Cachot et al., *Science Advances*, vol. 7(9), article eabe3348, 2021

EN BREF

QUAND LES ORGANOÏDES PLEURENT

Marie Bannier-Hélaouët et ses collègues, du centre médical universitaire d'Utrecht, aux Pays-Bas, ont développé des organoïdes simulant des glandes lacrymales. Exposés à de la norépinéphrine, un neurotransmetteur, ces organoïdes sont capables de pleurer. Comme ils n'ont pas de conduits lacrymaux, les larmes ne s'écoulent pas, mais font gonfler les glandes ! Ces organoïdes serviront peut-être dans des greffes pour traiter certaines maladies ophtalmiques.

Cell Stem Cell, 16 mars 2021

LES VENTS PUISSANTS DE JUPITER

On connaissait les vents puissants qui soufflent dans la troposphère et l'ionosphère de Jupiter, mais on connaissait moins les caractéristiques de ceux de sa stratosphère, située entre les deux. C'est maintenant chose faite grâce à Thibault Cavalié et ses collègues, de l'université de Bordeaux. Grâce au réseau d'antennes Alma (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), au Chili, ils ont observé des vents soufflant jusqu'à plus de 1 400 kilomètres par heure.

Astronomy & Astrophysics, 26 février 2021

LE GULF STREAM HISTORIQUEMENT FAIBLE

La circulation méridienne de retournement atlantique, l'un des composants du Gulf Stream qui influe sur le climat en redistribuant la chaleur sur la planète, aurait atteint son niveau le plus bas depuis des siècles. Levke Caesar, de l'université de Maynooth, en Irlande, et ses collègues ont reconstitué son évolution depuis mille six cents ans. Ils ont montré qu'après une longue période de stabilité, celui-ci a connu un premier déclin au XIX^e siècle, puis un second plus marqué au milieu du XX^e siècle.

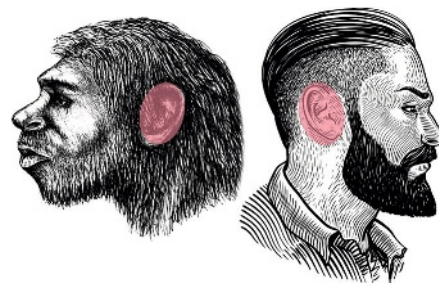
Nature Geoscience, 25 février 2021

PALÉOANTHROPOLOGIE

LES NÉANDERTALIENS ENTENDAIENT COMME NOUS

L'os hyoïde maintient la langue. Chez les Néandertaliens, deux os hyoïdes sont connus, très similaires au nôtre. En 2013, Ruggero D'Anastasio, de l'université de Chieti-Pescara, en Italie, et des collègues avaient scanné l'un des os hyoïdes néandertaliens, recréé son contexte biomécanique à l'ordinateur et montré qu'il a subi les mêmes contraintes dues à un usage intense de la parole qu'un os hyoïde d'*Homo sapiens*. Autour de Mercedes Conde-Valverde, de l'université d'Alcalá, à Madrid, une autre équipe vient de reproduire l'exercice pour l'oreille néandertalienne.

Les chercheurs ont exploité les tomographies des oreilles externe et moyenne de six des humains fossiles du site espagnol de Sima des los Huesos (430 000 ans), de cinq Néandertaliens (50 000 à 100 000 ans) et de dix humains récents pour créer des modèles numériques de leurs systèmes auditifs. Ils y ont ensuite mesuré, pour toutes les fréquences, la puissance sonore à l'entrée de la cochlée – cette partie de l'oreille interne enroulée en spirale contenant les terminaisons du nerf auditif. Cette caractérisation du filtrage acoustique opéré par les oreilles a



Le système auditif de Néandertal est très proche de celui d'*Homo sapiens*. Un indice de plus en faveur du langage articulé chez cette espèce humaine.

montré que l'atténuation du son dans les oreilles des anciens habitants de Sima de los Huesos était intermédiaire entre celles des oreilles du chimpanzé et celles des humains modernes, tandis que celle des Néandertaliens était presque identique à celle de nos oreilles.

Ces résultats confirment donc ce que suggérerait l'os hyoïde : *H. sapiens* et *H. neanderthalensis* ont évolué à partir de la même forme – l'*H. heidelbergensis* représenté par les fossiles de Sima de los Huesos – et développé des capacités comparables à produire et entendre les voyelles et les consonnes d'un langage articulé. ■

FRANÇOIS SAVATIER

M. Conde-Valverde et al., *Nature Ecology & Evolution*, en ligne le 1^{er} mars 2021

BIOLOGIE ANIMALE

L'ANTIBRUIT DE LA RAINETTE

Qui ne s'est jamais retrouvé à tendre l'oreille désespérément pour entendre son interlocuteur lors d'une soirée bruyante ? D'une certaine façon, les grenouilles sont confrontées au même problème. Non seulement leurs rassemblements sont particulièrement bruyants, mais plusieurs espèces peuvent aussi donner de la voix en même temps. Norman Lee, de St. Olaf College, aux États-Unis, et ses collègues ont observé que chez les femelles rainettes vertes d'Amérique du Nord, poumons gonflés, la sensibilité des tympans diminue pour des fréquences comprises entre 1 400 et 2 200 hertz. La mise en résonance des poumons se communiquerait aux tympans et agirait comme un système antibruit en neutralisant le son venant directement sur les tympans. Or l'appel du mâle chez la



Un mâle de la rainette arboricole *Hyla cinerea*, l'espèce étudiée par Norman Lee et ses collègues.

rainette verte présente deux pics principaux, à 834 hertz et à 2 730 hertz. Ainsi, ce filtre aiderait la femelle à focaliser son attention sur les sons des mâles de son espèce en réduisant le bruit moins pertinent des chants des autres espèces de grenouilles. ■

ALINE GERSTNER

N. Lee et al., *Current Biology*, en ligne le 4 mars 2021