

Les grands-parents :



1. LE PREMIER GRAND-PÈRE MODERNE est apparu au Paléolithique. Quand ? Difficile à dire, mais il est en tout cas probable que sa survie a favorisé celle de ses petits-enfants.

un moteur de l'évolution

Rachel Caspari

La survie de plus en plus fréquente d'humains âgés a sans doute contribué au succès évolutif des hommes anatomiquement modernes.

En cet été de 1963, j'ai six ans. Ma famille traverse les États-Unis pour rendre visite à ma grand-mère à Los Angeles. Je la connais bien, puisqu'elle vient souvent nous garder, moi et les jumeaux, des garçons nés 18 mois après moi. Quand elle n'est pas chez nous, ma grand-mère vit avec sa mère, mon arrière-grand-mère, dont je fais la connaissance cet été-là. Je viens en effet d'une famille où l'on vit longtemps, puisque ma grand-mère, née en 1895 et mon arrière-grand-mère, née dans les années 1860, ont toutes deux vécu presque un siècle. Au bout de plusieurs semaines passées avec mes aïeules, je me situe au milieu de quatre générations. Leurs souvenirs me relient directement à la guerre de Sécession ! J'entends parler de la dure période de reconstruction qui l'a suivie et de la façon dont mes ancêtres l'ont traversée...

Mon cas n'a rien de rare : partout sur la planète, les anciens jouent des rôles cruciaux, transmettant sagesse et expérience, et soutenant enfants, petits-enfants, voire d'autres membres de la famille. Aujourd'hui, les gens vivent en général assez longtemps pour devenir grands-parents, mais cela n'a pas toujours été le cas. Depuis quand les grands-parents sont-ils répandus dans les sociétés humaines ? Comment leur présence a-t-elle influé sur l'évolution de notre espèce ? C'est ce que nous allons discuter.

Les recherches que j'ai conduites avec mes collègues montrent que les adultes assez âgés pour être grands-parents ne sont fréquents dans les sociétés humaines que depuis la Préhistoire récente. Elles indiquent par ailleurs que l'augmentation de leurs effectifs s'est produite à peu près en même temps que les mutations culturelles ayant conduit à des comportements modernes, notamment la communication par symboles qui sous-tend l'art et le langage. Ces découvertes suggèrent que l'allongement de la durée de vie a eu de profonds effets sur la démographie, les interactions sociales et la génétique des premières populations d'hommes anatomiquement modernes (*Homo sapiens*). Elles pourraient aussi expliquer leur succès évolutif par rapport aux humains archaïques, tels que les Néandertaliens.

Vivre vite, mourir jeune

Quelle était la proportion d'enfants, d'adultes jeunes en âge de procréer et de parents de ces adultes dans les populations anciennes ? Étudier l'irruption des grands-parents dans la vie sociale implique de répondre d'abord à cette question, ce qui n'a rien de facile. D'une part, le registre fossile ne contient jamais les traces de toute une population, mais seulement celles, éparpillées, d'individus. D'autre part, les hommes préhistoriques vieillissaient peut-être à un

L'ESSENTIEL

✓ On vit aujourd'hui assez longtemps pour devenir grands-parents. Mais l'étude de dents fossilisées montre que les grands-parents étaient rares dans les anciennes populations humaines.

✓ Avec l'accroissement de la longévité, la présence de grands-parents est devenue courante à l'époque de l'arrivée des premiers hommes modernes en Europe, il y a quelque 40 000 ans.

✓ Cet accroissement du nombre des aînés pourrait avoir favorisé le développement des sociétés préhistoriques.

tout autre rythme que nos contemporains. N'observe-t-on pas aujourd'hui des vitesses moyennes de maturation différentes d'une population à l'autre ? Pour autant, nombre de sites préhistoriques ont livré, au sein de la même strate, d'assez grandes séries de restes fossiles d'individus dont il est possible de déterminer l'âge à la mort. Ce sont là les données clefs de la démographie préhistorique.

L'un de ces sites est un abri rupestre situé dans la ville de Kaprina en Croatie, à quelque 40 kilomètres au Nord-Ouest de Zagreb. Il y a plus d'un siècle, le paléontologue croate Dragutin Gorjanovič-Kramberger y a découvert et décrit les restes fragmentaires d'environ 70 Néandertaliens, reposant pour la plupart dans une strate vieille d'environ 130 000 ans. Le grand nombre de fossiles retrouvés ensemble, l'accumulation semble-t-il rapide des sédiments qui les ont scellés et le fait que beaucoup de ces fragments ont des caractéristiques génétiques com-

munes, suggère qu'il s'agit là de restes d'une seule et même population. À Kaprina comme ailleurs, les restes les mieux préservés sont les dents, que leur haute teneur en minéraux protège de la dégradation. Par chance, elles sont aussi l'un des éléments du squelette les plus utiles pour déterminer l'âge à la mort, puisque l'usure de leur surface et l'évolution de leur structure interne révèlent la durée de la vie de leurs propriétaires.

L'âge révélé par l'usure des dents

En 1979 – alors que je n'avais alors pas encore entrepris mes recherches sur l'évolution des grands-parents –, Milford Wolpoff, de l'Université du Michigan, a étudié l'âge à la mort des Néandertaliens de Kaprina à partir de leurs restes dentaires. Il choisit de s'appuyer sur la séquence la plus rapide d'apparition des dents – les molaires, par exemple, font irruption

les unes après les autres – observée parmi les populations contemporaines. Sur cette base, il estima que les premières, deuxième et troisième molaires de l'homme de Neandertal sortaient vers 6, 12 et 15 ans. Or la mastication use les dents, de sorte que les premières molaires présentent déjà six ans d'usure lorsqu'apparaissent les deuxième, lesquelles présentent ensuite une usure de trois ans quand percent les troisième molaires.

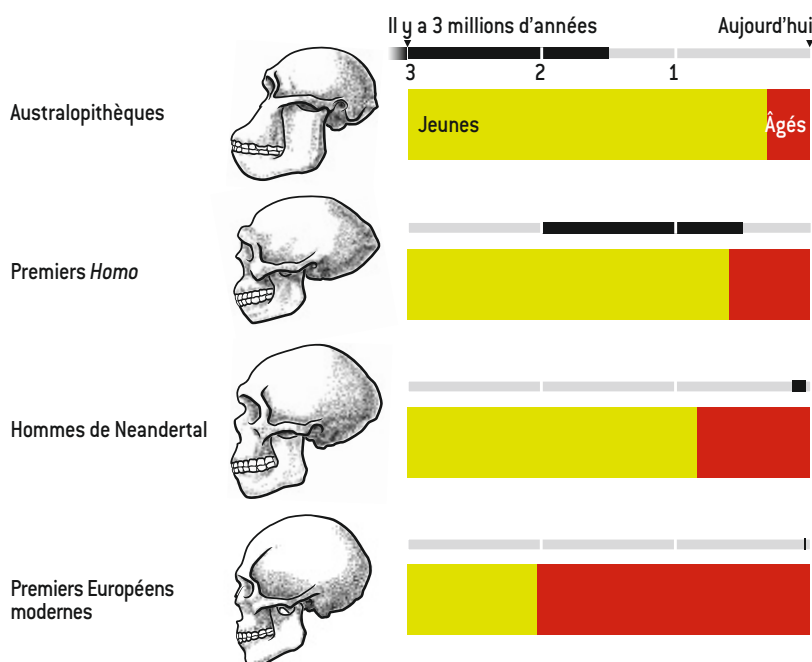
Si l'on raisonne en sens inverse, on déduit par exemple qu'une première, une deuxième et une troisième molaires présentant chacune une usure de 15 ans ne peuvent, à une année près, qu'appartenir à des Néandertaliens âgés respectivement de $15 + 6 = 21$ ans, de $15 + 12 = 27$ ans et de $15 + 15 = 30$ ans. Cette méthode de détermination de l'âge à la mort à partir de l'usure des dents dérive des techniques mises au point vers 1963 par le paléo-odontologiste britannique A. Miles. Elle fonctionne bien sur un échantillon d'individus jeunes, comme à Kaprina, mais perd de sa précision et donne des résultats nettement moins fiables lorsqu'elle est appliquée à des individus âgés dont la couronne dentaire peut être très usée, voire complètement érodée.

Les recherches de M. Wolpoff indiquaient que les Néandertaliens de Kaprina mouraient jeunes. Quelques années après le début de mes travaux sur la longévité, en 2005, j'ai décidé de réexaminer par une nouvelle approche les échantillons de Kaprina. Je voulais m'assurer que l'emploi des méthodes dentaires ne nous dissimulait pas la présence d'individus âgés. Avec Jakov Radović, du Muséum d'histoire naturelle de Zagreb, et des collègues de l'Université du Michigan, j'ai employé la microtomographie tridimensionnelle à haute résolution pour mettre au point une méthode non destructive de détermination de l'âge à la mort des Néandertaliens de Kaprina. Nous nous sommes en particulier concentrés sur les épaisseurs de dentine secondaire. Comme ce tissu dentaire se développe avec le vieillissement d'un individu, son examen fournit un moyen de fixer l'âge au décès quand la couronne dentaire a été trop usée pour rester un indicateur d'âge fiable.

Les premiers résultats, que des scanners fournis par l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutionniste de Leipzig sont venus compléter, ont corroboré ceux de M. Wolpoff, ce qui validait la technique de sériation des âges à partir de l'usure dentaire

DEPUIS QUAND DEVIENT-ON VIEUX ?

L'analyse de l'usure des dents de centaines de fossiles humains révèle que les durées de vie suffisantes pour qu'il y ait des grands-parents ne sont devenues courantes qu'assez tard dans l'évolution humaine. Pour le mettre en évidence, l'auteur et ses collègues ont évalué la proportion d'adultes âgés, c'est-à-dire en âge d'être devenus grands-parents par rapport à celle des adultes jeunes dans quatre populations archaïques : les Australopithèques, les premiers membres du genre *Homo*, les Néandertaliens et les premiers hommes anatomiquement modernes d'Europe. Il en ressort que cette proportion n'a augmenté que modérément au cours de l'évolution jusqu'à il y a 35 000 ans environ, quand elle augmente tant qu'elle finit par être multipliée par cinq (les barres noires indiquent les périodes où ont vécu les hominidés mentionnés).



proposée par A. Miles dans les années 1960. La mortalité des Néandertaliens de Kaprina se révélait ainsi extrêmement élevée : aucun d'eux n'a dépassé 30 ans, alors que sur d'autres sites, les Néandertaliens morts à plus de 40 ans ne sont pas absents.

Trente ans, c'est aujourd'hui la fleur de l'âge ! Même les chasseurs-cueilleurs des périodes récentes dépassaient la trentaine. Les Néandertaliens de Kaprina, cependant, ne sont pas les seuls dans ce cas à leur époque. Dans les quelques endroits où ont été découverts un grand nombre d'individus fossilisés, la même mortalité élevée est observée. C'est ainsi le cas à Sima de los Huesos, à Atapuerca, en Espagne, un site datant de quelque 600 000 ans, où tous mouraient avant 35 ans et très peu atteignaient cet âge.

Il se peut que des catastrophes naturelles ou les conditions locales de fossilisation aient sélectionné les restes des individus les moins âgés. Mais toutes les constatations que nous avons faites sur les fossiles humains provenant de gisements fossilifères riches ou pauvres montrent qu'au cours du passé préhistorique, mourir jeune était la règle et non l'exception. Pour paraphraser les mots du philosophe britannique Thomas Hobbes à propos de l'homme à l'état de nature : la vie de l'homme préhistorique était « solitaire, indigente, dégoûtante, animale et brève ».

L'avènement des grands-parents

La nouvelle approche fondée sur la microtomographie tridimensionnelle à haute résolution que nous avons mise au point est capable de donner une image précise des âges au sein d'autres populations humaines fossiles. Toutefois, quand nous avons commencé, avec Sang-Hee Lee, de l'Université de Californie, l'étude de la longévité humaine à travers les âges, nous ne connaissions malheureusement pas cette technique. Nous nous étions naturellement tournés vers la meilleure approche alors disponible : la sériation des âges à partir de l'usure des dents.

Nous avons immédiatement été confrontés à un défi. Contrairement au cas de Kaprina, la plupart des sites à restes humains contiennent trop peu de fossiles pour être statistiquement représentatifs d'une population. Plus le nombre d'individus y est limité, plus l'estimation fiable des âges à la mort dans la population

devient difficile et plus l'incertitude statistique pesant sur cette estimation croît.

Heureusement, nous avons trouvé une autre façon d'aborder le problème. Au lieu de nous pencher sur la longévité des individus, nous nous sommes demandé combien vivaient assez longtemps pour devenir vieux. En d'autres termes, plutôt que de nous fixer sur les âges absolus atteints, nous nous sommes concentrés sur les âges



2. LES GRANDS-PARENTS ont de l'expérience à transmettre et la patience pour le faire. Ils renforcent aussi les liens sociaux et transmettent des traditions et des savoirs culturels.

relatifs et nous avons cherché à évaluer la proportion d'adultes qui vivaient jusqu'à l'âge auquel on devenait grand-parent. L'objectif était de mettre en évidence des changements, au cours de l'évolution, du rapport entre le nombre d'adultes âgés et le nombre d'adultes jeunes – ce que l'on nomme dans le jargon anglais de la paléodémographie le *OY ratio*, c'est-à-dire le « ratio vieux-jeunes » (*Old-Young Ratio*). Or, chez les primates, humains compris, la troisième molaire apparaît à peu près à l'âge où un individu devient apte à la reproduction. Les données relatives aux populations de Néandertaliens et aux populations actuelles de chasseurs-cueilleurs nous ont conduits à supposer que la troisième molaire des hommes préhistoriques sortait vers l'âge de 15 ans, c'est-à-dire à l'âge de leur première reproduction. Nous avons donc simplement doublé cet âge pour estimer celui auquel les hommes préhistoriques avaient une chance de devenir grands-parents. Après tout, une femme

actuelle aussi peut devenir mère à 15 ans et grand-mère à 30 ans si ses enfants se comportent comme elle...

Pour les besoins de notre étude, nous avons qualifié d'« adulte âgé » tout individu préhistorique de 30 ans ou plus, âge qui nous a paru suffisant pour devenir grand-père ou grand-mère. Soulignons un avantage de l'approche du ratio vieux-jeunes. On montre que quel qu'ait été l'âge de la maturité (10, 15 ou 20 ans), la proportion d'adultes jeunes et d'adultes âgés au sein de la population échantillonnée reste la même, parce que le seuil d'âge définissant l'adulte âgé se déplace si l'on décale la maturité sexuelle. Et comme nous ne cherchions à placer les fossiles dont nous disposions que dans la catégorie des adultes jeunes ou dans celle des adultes âgés, nous avons pu inclure dans notre compilation non seulement les sites à grand nombre d'individus, mais aussi ceux à petit nombre d'individus, sans nous soucier des incertitudes statistiques apparaissant quand on utilise l'âge absolu.

Nous avons ainsi calculé le ratio vieux-jeunes pour quatre séries de données couvrant 768 individus et trois millions d'années. La première série correspond aux Australopitèques tardifs, ces cousins primitifs de Lucy qui vécurent en Afrique de l'Est et du Sud, il y a entre 3 et 1,5 millions d'années. La deuxième série est celle des premiers membres du genre *Homo* du monde entier et ayant vécu il y a entre 2 et 0,5 millions d'années. La troisième série regroupe les Néandertaliens européens de la période allant de 130 000 à 30 000 ans. La dernière et quatrième série est constituée par les hommes anatomiquement modernes européens antéglaciaires (20 000 ans), remarquables de par le caractère élaboré des vestiges culturels qu'ils nous ont laissés.

Nous nous attendions à voir la longévité augmenter au fil du temps, et c'est bien le cas : elle croît légèrement avec le temps à travers l'ensemble des échantillons. Bien plus frappant est le fait que, sur une même durée, le ratio vieux-jeunes est multiplié par cinq ! Ainsi, pour dix jeunes adultes néandertaliens qui mouraient entre 15 et 30 ans, seulement quatre adultes passaient 30 ans, alors que dix jeunes adultes anatomiquement modernes européens du Paléolithique supérieur (il y a entre 35 000 et 8 000 ans) pouvaient être accompagnés par 20 adultes assez âgés pour être leurs grands-parents.

L'AVÈNEMENT DE LA CULTURE

Quelques exemples de productions typiques du Paléolithique moyen (à gauche) et du Paléolithique supérieur (à droite) illustrent le saut culturel qui s'est produit entre les deux

ères. Il y a quelque 35 000 ans, l'allongement sensible des durées de vie des adultes pourrait avoir joué un rôle crucial dans cette spectaculaire mutation.

PALÉOLITHIQUE MOYEN



PALÉOLITHIQUE SUPÉRIEUR



Nat. Hist. Museum/Londres, D. Brill, R. White New York Univ., © Getty Images/Danila Delmont
Museum de Toulouse, © Getty Images/Danila Delmont

Nous avons alors craint un biais archéologique : les sépultures d'adultes âgés retrouvées en grand nombre sur les sites du Paléolithique supérieur pouvaient-elles expliquer le nombre élevé d'adultes âgés constaté dans nos données ? Nous avons donc réanalysé la série des données du Paléolithique supérieur, en n'utilisant que celles qui concernaient des restes non inhumés. Et nous avons retrouvé la même valeur du ratio vieux-jeunes. La conclusion s'imposait d'elle-même : l'augmentation de la longévité est apparue tardivement au cours de l'évolution de *Homo sapiens*.

Biologie ou culture ?

Nous avons ainsi établi que le nombre de grands-parents potentiels (d'âge suffisant) a nettement augmenté à une certaine époque de l'évolution de l'homme anatomiquement moderne. Pourquoi ? Deux possibilités se présentent à l'esprit : soit la longévité est l'un des traits génétiques distinguant l'homme anatomiquement moderne de ses prédécesseurs ; soit elle n'est pas apparue à l'émergence de l'anatomie moderne, mais résulte d'un changement de comportement survenu après cette émergence. Les hommes anatomiquement modernes n'ont pas surgi soudain, dotés de l'art et de l'armement évolué qui les caractérisent au Paléolithique supérieur européen. Leur origine est bien plus ancienne que celle des Européens du Paléolithique supérieur ; ils sont

apparus il y a plus de 100 000 ans et, comme les Néandertaliens, ont longtemps employé les industries moins élaborées du Paléolithique moyen (de 300 000 à 35 000 ans). Notons à ce propos que tant les Néandertaliens que les hommes anatomiquement modernes se sont essayés à l'art et à la confection d'armes plus élaborées au Paléolithique moyen, mais de façon éphémère en comparaison avec les individus du Paléolithique supérieur.

Même si notre recherche montre qu'une augmentation importante du nombre des grands-parents est spécifique des hommes anatomiquement modernes, elle ne permet pas de trancher entre l'explication biologique et l'explication culturelle du phénomène. En effet, la série de données que nous avons étudiée se rapporte à des hommes déjà modernes à la fois sur le plan biologique et sur le plan culturel. Était-il possible de retracer la longévité jusqu'à des hommes déjà modernes sur le plan anatomique, mais pas encore sur le plan culturel ?

Pour répondre à cette question, S.-H. Lee et moi avons analysé des fossiles humains d'Asie occidentale d'âges compris entre 110 000 et 40 000 ans. Ces données concernaient à la fois des Néandertaliens et des hommes modernes, tous associés aux mêmes types relativement simples de vestiges. Cette nouvelle approche permet de comparer le ratio vieux-jeunes au sein de deux groupes distincts du point de vue

biologique, mais vivant dans le même milieu et dotés de cultures de même niveau de complexité. Nous avons ainsi découvert que les Néandertaliens et les hommes anatomiquement modernes d'Asie occidentale avaient les mêmes ratios vieux-jeunes. Cela milite contre la possibilité que l'augmentation de la longévité des adultes européens au cours du Paléolithique moyen soit due à une cause biologique. Les Néandertaliens et les hommes modernes d'Asie occidentale avaient à peu près les mêmes nombres d'adultes âgés et de jeunes, le quotient de ces nombres étant situé entre celui des Néandertaliens et celui des premiers hommes anatomiquement et culturellement modernes d'Europe.

Un essor favorisé par les grands-parents

Comparés à leurs contemporains européens, une bien plus grande proportion de Néandertaliens d'Asie occidentale (et d'hommes modernes) vivaient assez longtemps pour devenir grands-parents. Cela n'est pas surprenant, puisqu'il était sans doute plus facile de survivre dans l'environnement tempéré de l'Asie occidentale que dans les dures conditions climatiques de l'Europe de la glaciation. Pour autant, si le climat modéré d'Asie occidentale explique la longévité des adultes de cette région au Paléolithique moyen, la longévité des

Européens devient impressionnante au Paléolithique supérieur. Bien que vivant dans des conditions beaucoup plus difficiles, les hommes anatomiquement modernes d'Europe avaient un ratio vieux-jeunes deux fois supérieur à celui des hommes modernes au Paléolithique moyen...

Quel phénomène culturel a pu entraîner un nombre significatif d'Européens à vivre plus longtemps au Paléolithique supérieur ? Seule certitude : l'allongement de leur durée de vie a eu d'importantes conséquences. Comme l'ont montré, entre autres, Kristen Hawkes, de l'Université d'Utah, et Hillard Kaplan, de l'Université du Nouveau-Mexique, en analysant la vie de plusieurs groupes de chasseurs-cueilleurs de notre époque, les grands-parents contribuent régulièrement à la vie économique et sociale de leurs descendants. Ils rendent ainsi possible l'accroissement de la progéniture de leurs enfants tout en augmentant ses chances de survie. Comme l'a fait ma propre grand-mère en me racontant l'histoire de mes ancêtres et en me mettant en relation avec les autres membres de ma famille, les grands-parents renforcent aussi les liens sociaux complexes qui participent de l'organisation des sociétés humaines.

Les aînés transmettent aussi d'autres types de connaissances culturelles, qu'elles soient environnementales (plantes toxiques, sources d'eau douce, etc.) ou techniques (tresser un panier, tailler un couteau de pierre, etc.). Des recherches menées par Pontus Strimling, de l'Université de Stockholm, ont montré que la répétition a une importance cruciale pour une bonne transmission des règles et des traditions d'une culture. Les familles multigénérationnelles ont plus de chances de pouvoir inculquer à leurs descendants les leçons importantes. L'allongement de la vie a sans aucun doute entretenu ce transfert d'information, qui a favorisé la constitution de liens de parenté très élaborés et autres réseaux d'entraide indispensables quand les temps sont durs.

L'accroissement de l'espérance de vie s'est aussi sans doute traduit par une augmentation de la population, puisqu'une génération absente par le passé, mais toujours en état de procréer, s'est ajoutée. Or des populations plus vastes sont les creusets de nouveaux comportements. En 2009, Adam Powel, de l'*University College* de Londres, et ses collègues ont montré que la densité de la population joue

aussi un rôle essentiel dans le maintien du degré de complexité culturelle. Comme d'autres chercheurs, ils soulignent que des populations plus denses ont certainement encouragé le développement de réseaux commerciaux au long cours, de coopérations complexes, ainsi que de toute la culture symbolique (bijoux, peintures corporelles, etc.). Vues sous cet angle, les caractéristiques du Paléolithique supérieur telles que la généralisation de l'utilisation de symboles ou l'introduction de matériaux exotiques dans la fabrication des outils apparaissent comme des conséquences de l'accroissement de la population.

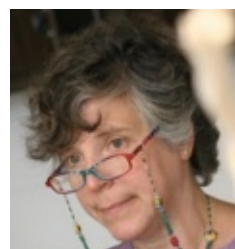
L'allongement de la vie a sans doute aussi eu une autre conséquence sur nos ancêtres : une accélération de l'évolution. Comme l'a souligné l'anthropologue John Hawks, de l'Université du Wisconsin-Madison, une population plus nombreuse

L'ALLONGEMENT DE LA VIE A SANS DOUTE AUSSI TOUCHÉ nos ancêtres d'une autre façon : il a accéléré l'évolution.

signifie davantage de mutations et, par tant, plus de chances que les mutations avantageuses diffusent dans la population à la faveur de la reproduction. Si l'on considère l'explosion démographique liée à la domestication des plantes, il y a 10 000 ans, cette tendance a peut-être eu un impact bien plus grand sur les hommes anatomiquement modernes récents. Gregory Cochran et Henry Harpending, de l'Université d'Utah, en parlent dans un livre récent (*The 10 000 Year Explosion*, 2009) ; ils décrivent les variantes génétiques multiples – de celles qui influencent la couleur de la peau à celles qui déterminent la tolérance au lait de vache – qui sont apparues et se sont rapidement répandues au cours des 10 000 dernières années, grâce à l'essor démographique.

Le lien entre l'allongement de l'espérance de vie des adultes et l'émergence de nouvelles traditions culturelles élaborées – celles du Paléolithique supérieur par exemple – a sans doute enclenché un cercle vertueux. Cette longévité, qui, initialement, fut la conséquence imprévue d'un changement culturel, est devenue une condition préalable à la mise en place de comportements modernes. Ces innovations ont accru à leur tour l'importance des aînés et leur longévité, d'où un essor démographique qui a eu des effets culturels et génétiques profonds sur nos ancêtres. ■

L'AUTEUR



Rachel CASPARI est professeur d'anthropologie à l'Université de Central Michigan à Mount Pleasant, aux États-Unis.

✓ SUR LE WEB

Des exemples précoces de comportements humains modernes : www.ScientificAmerican.com/aug2011/caspari

✓ BIBLIOGRAPHIE

R. Caspari et S.-H. Lee, *Older age becomes common late in human evolution*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 101, pp. 10895-10900, 2004.

R. Caspari et S.-H. Lee, *Taxonomy and longevity*, *Journal of Human Evolution*, vol. 49, pp. 646-649, 2005.

R. Caspari et S.-H. Lee, *Is human longevity a consequence of cultural change or modern human biology?*, *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 129, pp. 512-517, 2006.

HISTOIRE DES SCIENCES

L'énigme de la photoluminescence

Si la fluorescence et la phosphorescence, deux formes de photoluminescence, ont fait l'objet d'observations dès le XVI^e siècle, ce n'est qu'au début du XX^e siècle que l'on a compris l'origine de cette curieuse émission « froide » de lumière.

Bernard VALEUR et Mário N. BERBERAN-SANTOS

Quel est le point commun entre un tube fluorescent, une LED (diode électroluminescente) et un ver luisant ? Dans chaque cas, il s'agit de luminescence, c'est-à-dire d'émission de lumière sans chaleur : électroluminescence suivie de photoluminescence dans un tube fluorescent, électroluminescence dans une LED, et bioluminescence chez un ver luisant – le préfixe désignant la cause de l'émission. Il existe bien d'autres types de luminescence. Depuis le XVI^e siècle, la luminescence a fait l'objet de nombreuses observations, mais contrairement à la lumière émise par incandescence, elle n'a été comprise qu'au XX^e siècle, après nombre d'interrogations et de controverses. Pourquoi n'y a-t-il pas de chaleur dégagée ou presque lors de l'émission ? Pourquoi la luminescence diffère-t-elle selon la nature du corps émetteur, au contraire des corps incandescents ?

Le cas de la photoluminescence mérite une attention particulière : ce terme réunit la fluorescence et la phosphorescence, deux phénomènes qui résultent d'une absorption préalable de lumière, mais dont la distinction ne sera précisée que dans les années 1920-1930, après plus de 300 ans d'observations et un siècle de discussions, grâce en particulier aux physiciens français Jean et Francis Perrin.

Selon la légende, en 1603, un cordonnier de Bologne, Vincenzo Cascariolo, ramassait des pierres au cours de ses promenades dans la région du Monte Paterno. Il les calcinaient chez lui avec du charbon, car, alchimiste à ses

heures, il recherchait la pierre philosophale pouvant transformer les métaux communs en or ou en argent. Après calcination, il constata que certaines pierres exposées à la lumière du soleil continuaient de luire dans l'obscurité de son four ou de sa maison. On leur donna le nom de phosphore de Bologne (du grec *phos*, « la lumière », et *phorein*, « porter »). Bien d'autres substances possédant cette propriété étaient connues ou furent découvertes par la suite. On les dénomma phosphores et, plus tard, ce type d'émission de lumière fut appelé phosphorescence.

Ces phosphores n'avaient rien à voir avec l'élément phosphore, isolé par l'alchimiste allemand Hennig Brandt en 1669. L'élément reçut ce nom parce qu'il émet des vapeurs qui luisent dans l'obscurité, mais on s'aperçut plus tard que le phénomène d'émission lumineuse en jeu – la chimiluminescence – est différent de la phosphorescence.

Au XIX^e siècle, les scientifiques sont aussi intrigués par la lumière colorée observée lorsqu'ils illuminent certaines substances. À la différence de celle des corps phosphorescents, cette émission disparaît dès que cesse l'illumination. Parmi ces substances figurent les décoctions d'un bois du Mexique, *Lignum nephriticum*, dont les « reflets » bleutés apparaissant sous certaines conditions d'éclairage étaient signalés dès 1565 par le médecin et botaniste espagnol Nicolas Monardes. En 1833, le physicien écossais David Brewster décrit les solutions alcooliques obtenues par extraction de feuilles : elles sont vertes (on sait aujourd'hui qu'elles contiennent des chlorophylles), mais lorsqu'un rayon du soleil

traverse la solution, Brewster observe, en regardant sur le côté, une superbe couleur rouge. De même, en 1845, l'astronome britannique John Herschel observe en surface d'une solution concentrée de sulfate de quinine, sous certaines incidences de la lumière, une belle couleur bleue, alors que la solution est transparente et incolore.

D'étranges lumières bleues

Ce sont surtout les cristaux de fluorine (à base de fluorure de calcium), dénommés à l'époque spath fluor ou fluorspar, qui retiennent l'attention (voir la figure 1). En 1819, Edward Clarke, professeur de minéralogie à l'Université de Cambridge, en Angleterre, décrit la beauté de cristaux de fluorine du comté de Durham : transparents, ils renvoient une lumière bleu saphir, alors que la couleur de la lumière transmise est vert émeraude. Clarke ne donne aucune explication de ces observations. En 1822, le minéralogiste français René-Just Haüy décrit les couleurs d'une autre fluorine anglaise, issue du comté de Derbyshire : violet par réflexion, vert par transmission. Selon lui, il s'agit d'un type d'opalescence, phénomène connu par ailleurs et résultant de la diffusion de la lumière par des microbilles de silice hydratée ; la couleur violette serait due à la diffusion de la lumière, alors que la lumière verte transmise ne serait pas diffusée. Explication incorrecte, mais le terme opalescence inspirera le mot fluorescence.

En 1852, la publication d'un mémoire intitulé *Sur la réfrangibilité de la lumière* marque