

équidistantes. En 1953, K. Roth a calculé le nombre maximal de billes que l'on peut poser avec une densité δ , de façon qu'aucun triplet prélevé au hasard ne soit composé de billes équidistantes. Ce nombre est très élevé ; les enfants joueront quelques semaines en posant une bille par seconde !

T. Gowers a calculé récemment le nombre limite de billes qui ne contient pas quatre billes équidistantes, en fonction de la densité δ . L'intérêt de sa méthode réside dans son application possible pour des groupes de billes plus importants. Le calcul du nombre limite de billes ne contenant pas de groupe de plus de quatre billes est aujourd'hui en cours de vérification.

Laissons les billes aux enfants. Ces résultats intéressent les mathématiciens

lorsque la ligne de jeu est remplacée par l'ensemble des entiers naturels et les billes par des entiers. Des billes équidistantes signifient alors des nombres successifs d'une suite arithmétique où l'on calcule un terme en ajoutant une constante au précédent (par exemple, la suite 4, 9, 14, 19, 24,...). Le résultat de T. Gowers indique que dans la suite des entiers de 1 à N où N est supérieur à la limite calculée, chaque sous-ensemble de δN nombres contient au minimum une suite arithmétique de quatre termes. Anodin en apparence, ce résultat est le premier pas dans la résolution d'un problème soulevé par P. Erdős : l'ensemble des nombres premiers (divisibles uniquement par 1 ou par eux-mêmes) contient-il des suites arithmétiques de longueur quelconque ?

Nouveau regard sur des fards

Il y a 4 000 ans, les Égyptiens synthétisaient des cosmétiques à usage thérapeutique.

Un trait de maquillage noir qui souligne et allonge l'œil : la fréquence de cette caractéristique sur les portraits peints et sculptés dans l'Égypte ancienne y témoigne de l'importance du maquillage. Des tombes ont effectivement livré des coffrets de toilette qui contenaient, outre des miroirs, des épingles à cheveux et des stylets, des récipients encore remplis de poudres colorées. Les Égyptiens se maquillaient avec des fards verts, blancs, gris ou noirs, mélanges de minéraux colorés et de matières grasses. Outre des préoccupations esthétiques, ces produits avaient des fonctions thérapeutiques, qui motivaient des procédés de fabrication longs et complexes.

Le Musée du Louvre conserve, dans ses collections égyptiennes, de nombreux flacons à fard, en pierre, en roseau ou en bois, qui pouvaient contenir 50 à 100 grammes de poudre. Notre équipe, en collaboration avec la Source européenne de rayonnement synchrotron (ESRF) à Grenoble, a caractérisé les constituants des poudres cosmétiques noires contenues dans 49 de ces flacons, datés de 2000 à 1200 avant notre ère.

La microscopie électronique et la diffraction des rayons X révèlent que la couleur noire est due à la présence de galène (sulfure de plomb). La teinte est parfois éclaircie par de la cérusite, carbonate de plomb blanc.

La plupart des produits analysés contiennent aussi en abondance deux chlorures de plomb, la laurionite et la phosgénite. Ces minéraux ont été introduits intentionnellement par les fabricants : le bon état de conservation des poudres exclue une formation par des phénomènes d'altération lors du vieillissement des produits. Par ailleurs, ils ont été synthétisés : leur rareté naturelle aurait empêché les Égyptiens de les inclure dans des cosmétiques pendant plusieurs siècles comme ils l'ont fait. Enfin, la présence de laurionite et de phosgénite n'a certainement pas de motivations esthétiques : ces minéraux sont blancs et ils sont la plupart du temps associés à la cérusite, blanche aussi et beaucoup plus facile à se procurer. Les Égyptiens les ont-ils donc synthétisés pour conférer aux fards des propriétés particulières ?

Cette présomption est renforcée à la lecture de recettes de produits médicaux, décrites par Dioscoride et Pline l'Ancien au I^{er} siècle de notre ère. Ils décrivent, en particulier, comment l'«écume d'argent purifiée» (l'oxyde de plomb) était broyée et mélangée dans de l'eau avec du sel gemme et parfois du natron (des carbonates de sodium principalement), puis filtrée ; la procédure était répétée chaque jour pendant plusieurs semaines. Lorsque nous avons suivi ce mode opératoire et mélangé de l'oxyde de plomb et du chlorure de sodium dans de l'eau, une lente réaction a produit une solution basique que les remplacements quotidiens d'eau ont régulièrement neutralisée. Nous avons ainsi obtenu une très fine poudre de laurionite blanche. En présence de carbonates, on obtient, avec le même procédé, de la phosgénite. La préparation de tels composés par voie aqueuse met en jeu des réactions



C. RAMEL, VIGIERS-T. BOREL

La poudre noire, visible sur le bord intérieur de ce flacon de quelques centimètres de diamètre en albâtre, du Nouvel-Empire égyptien (environ 1500 avant notre ère), et sur le couvercle, est un cosmétique à base de galène (sulfure de plomb). Il contient aussi des chlorures de plomb, obtenus par synthèse chimique. Sur la radiographie (à gauche), les zones claires correspondent aux composés de plomb, qui absorbent fortement les rayons X. Ces cosmétiques avaient une fonction esthétique, mais ils servaient aussi à protéger l'œil contre des maladies.

chimiques assez simples mais un procédé long et répétitif sans doute élaboré après de nombreux tâtonnements.

Au I^{er} siècle de notre ère, ces produits servaient à soigner des maladies des yeux. Le médecin romain Celse préconisait ainsi un collyre qui mêlait de la gomme, de la galène, de la céruse et de l'«écume d'argent traitée». Il conseille aussi cette dernière pour des soins de la peau et des cheveux.

Ces vertus thérapeutiques étaient-elles déjà connues en Égypte 2 000 ans auparavant? Le climat égyptien a été, et est toujours, cause de nombreuses infections oculaires, que le fard pouvait contribuer à prévenir ou à traiter. Des papyrus médicaux indiquent de nombreuses préparations pour soigner les yeux. Ainsi, le papyrus d'Ebers, daté d'environ 1550 avant notre ère, cite des traitements de maladies oculaires à base de galène, et d'autres matières minérales dont nous ne savons pas traduire les noms. Une tombe contemporaine de ce document a toutefois livré trois flacons en roseau, dont l'un portait l'inscription «vrai fard à paupière noir» et les deux autres «collyre à dis-

soudre, bon pour la vue». D'anciennes analyses chimiques ont montré que ces deux derniers contiennent un carbonate et un chlorure de plomb, sans doute la phosgénite.

La cohésion des fards était, comme aujourd'hui, assurée par un support gras, surtout d'origine animale. On distingue trois textures de fard, obtenues par des concentrations plus ou moins grandes de matières grasses. Certains échantillons n'en contiennent que des traces infimes, sans doute introduites involontairement lors de la préparation des produits minéraux. À l'inverse, les cinq à sept pour cent présents dans d'autres échantillons témoignent de la volonté d'ajouter un liant. On trouve enfin des cas intermédiaires, qui contiennent 0,1 à 0,5 pour cent de matières grasses. Ces trois catégories ressemblent étonnamment à celles que l'on trouve aujourd'hui dans les lignes de cosmétiques : les poudres libres, sans ou avec très peu de matières grasses, les fards à paupières et les crayons khôl, les plus gras.

Philippe WALTER, LRMF-CNRS-Culture
René BRENIAX, Société L'Oréal

Un ancêtre venu du froid

La vie est-elle née dans un milieu tempéré?

A la fin des années 1980, une équipe de généticiens américains a construit l'arbre généalogique des espèces vivantes. Les formes les plus primitives semblaient être des micro-organismes vivants dans des eaux chaudes (plus de 80 °C), et l'on en a déduit que la vie était apparue en milieu aquatique chaud, peut-être à proximité des failles volcaniques, au fond des océans. Cependant, Nicolas Galtier et Manolo Gouy, de l'Université de Lyon, et Nicolas Tourasse, de l'Université du Texas, ont montré que l'ancêtre des formes vivantes actuelles ne pouvait vivre dans un environnement chaud.

Ils ont comparé, parmi 40 espèces, la composition des acides ribonucléiques ribosomaux (ARNr), des molécules présentes chez tous les organismes vivants. Les ribosomes, qui participent à la synthèse des protéines, sont de petits éléments cellulaires, constitués de deux sous-unités composées de protéines et d'ARN. Ce dernier est une chaîne de molécules nommées bases azotées (adénine, uracile, guanine et cytosine), reliées par une trame d'acide phosphorique et d'un sucre, le ribose. Ces bases azotées s'apparient spécifiquement pour former deux types de paires de bases : adénine et uracile ; cytosine et guanine. Des apparie-

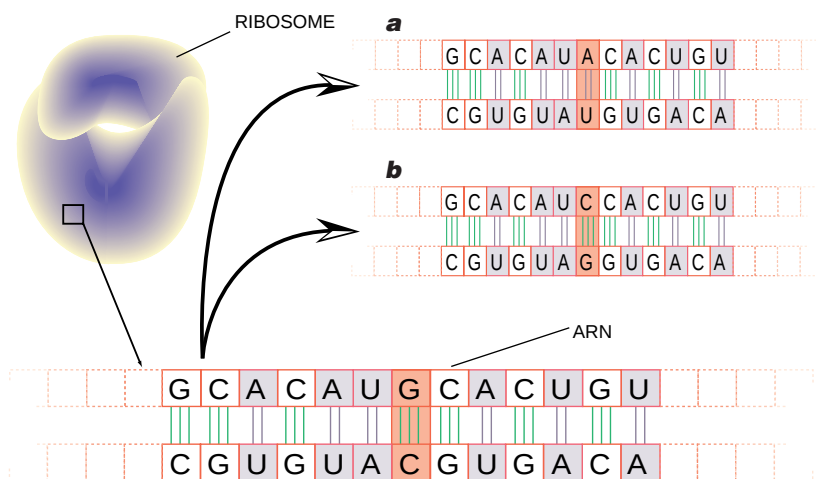
ments apparaissent au sein d'une même molécule d'ARN qui se replie et acquiert ainsi la structure tridimensionnelle indispensable à sa fonction.

La chaleur détruit l'activité des ARN en rompant les appariements de bases. Or, alors que l'adénine et l'uracile sont reliées par deux liaisons, la guanine et la cytosine le sont par trois : un ARN riche en paires guanine-cytosine est plus résistant qu'un ARN riche en paires adénine-uracile.

Les généticiens français ont tout d'abord calculé les proportions de guanine et de cytosine dans deux des trois ARN que contient un ribosome, chez des espèces telles que des bactéries vivant en milieu chaud, des bactéries moins résistantes à la chaleur, des plantes, des champignons, des animaux uni- et pluricellulaires.

Puis, N. Galtier, M. Gouy et N. Tourasse ont élaboré un modèle d'évolution des ARN ribosomaux. Ils ont quantifié les probabilités des différents remplacements d'une base par une autre et ont ainsi déterminé la proportion de guanine et de cytosine dans les ARN du plus récent ancêtre commun des formes qui vivent aujourd'hui. Selon leurs calculs, elle n'atteint que 54 pour cent, tandis que 60 pour cent sont nécessaires à la survie dans un milieu chaud : l'ancêtre commun vivait donc en milieu tempéré.

La résistance à la chaleur de certains organismes ne serait pas un caractère ancestral, mais plutôt une adaptation tardive à des conditions extrêmes. Aussi, si une chaleur importante semble avoir été nécessaire à l'apparition des premières molécules biologiques, le dernier ancêtre commun des espèces vivant aujourd'hui évoluait en milieu tempéré.



Un ribosome est composé de deux sous-unités, elles mêmes constituées de protéines et d'acide ribonucléique (ARN). Les bases azotées qui le composent s'apparient spécifiquement en deux types de paires de bases : adénine-uracile (A-U) reliées par deux liaisons ; et guanine-cytosine (C-G) reliées par trois. Plus les liaisons sont nombreuses, plus l'ARN résiste à la chaleur. Un ARN riche en paires G-C est plus résistant qu'un ARN riche en paires A-U. Au cours de l'évolution, certains changements de bases modifient la résistance des ARN à la chaleur (a), d'autres ne la changent pas (b).