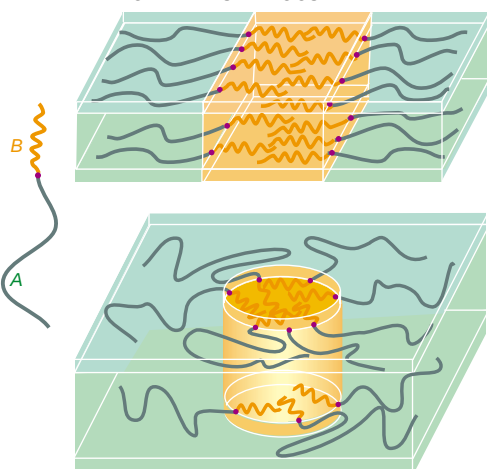
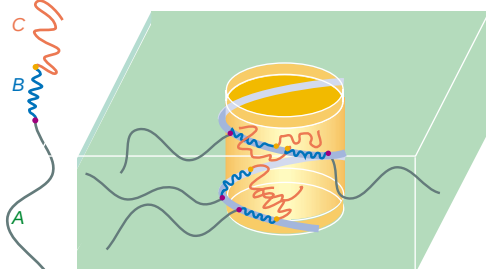


POLYMÈRES DIBLOCS



POLYMÈRES TRIBLOCS



Structurations en lamelles et en cylindres de copolymères diblocs (en haut). Les copolymères triblocs donnent une structure originale (en bas). À droite les structures observées.

Les copolymères diblocs polybutadiène-polyméthylmétaacrylate illustrent des structures possibles. Dans ces copolymères, les chaînes de polymères d'un même type s'attirent et tendent à s'agglutiner, mais la structuration résultante impose un étirement des chaînes. Quand les polymères A et B du copolymère ont des caractéristiques trop différentes (longueur, affinité), on sait créer, par exemple, des structures en cylindres où se rassemblent les chaînes du polymère A dans une matrice constituée par les chaînes du polymère B. Les configurations obtenues dépendent de la nature des constituants qui déterminent l'attraction entre les chaînes, des tailles respectives des chaînes, de la température, etc. Ces structures sont, de plus, organisées : les espacements des lamelles ou des cylindres sont réguliers, constituant un macrocristal. Quand l'asymétrie des concentrations de A et de B augmente encore, il apparaît des sphères de polymère, noyées dans une matrice de polymère B. Les recherches actuelles de l'Unité mixte portent aussi sur les polymères triblocs, où le paramètre ajouté, le bloc supplémentaire accroît considérablement la variété des formes possibles. Avec les poly-

mères triblocs, de nouvelles structures ont été découvertes dans le laboratoire de l'Unité mixte.

Les théories thermodynamiques élaborées prévoient les paramètres associés à ces configurations et permettent une conception de polymères à façon, en fonction des propriétés désirées du matériau final. Elles donnent aussi des guides précieux pour prédire le comportement élastique ou plastique du matériau obtenu et les qualités d'adhésion des différentes phases, facteur crucial pour la qualité du produit industriel.

Les hétérogénéités sont aussi fonction du degré de cristallisation, et les industriels en tirent profit pour diminuer la fragilité du matériau polymérique : la fissure développée dans une zone cristalline s'arrête dans une zone caoutchouteuse. Les physico-chimistes s'emploient à répartir ces zones absorbantes de façon optimale pour préserver la rigidité des zones cristallines et la résistance aux chocs conférée par les zones amorphes.

Mais on sait aussi structurer le matériau de manière encore plus subtile par la répartition des comonomères greffés le long de la chaîne afin d'obtenir, par exemple, des propriétés de mouillage et d'adhésion remarquables.

LES MATÉRIAUX STRUCTURÉS

Ces effets d'organisation créent des structururations à des échelles mésoscopiques (jusqu'à un micromètre typiquement). Il est possible de créer des arrangements macroscopiques à plus grande échelle par des conditions de mise en œuvre particulières, par exemple lors de la coextrusion.

Dans la bouteille de jus d'orange *Joker*, six couches de matériaux plastiques sont extrudées ensemble pour former le récipient. Certaines couches sont imperméables à l'eau, d'autres à l'oxygène, d'autres confèrent la résistance mécanique convenable. Dans une bouteille en verre, il y a, en poids, 46 pour cent de verre et 50 pour cent de liquide ; dans une bouteille plastique, 93 pour cent de liquide et 7 pour cent de plastique. La conclusion est écologique : le contenant est minimisé par rapport au contenu.

Le contrôle de l'extrusion et de la coextrusion est un problème délicat : il importe notamment d'assurer la régularité des couches déposées et leur adhésion. Les instabilités indésirables dans l'extrusion sont étudiées dans des systèmes plus simples à manipuler, comme les solutions. Les zones instables de l'écoulement sont détectées et étudiées par biréfringence optique.

Le papier est un autre matériau structuré à l'échelle macroscopique. Dans ce matériau composite, les fibres de cellulose forment un réseau enchevêtré, et l'on y ajoute différents additifs minéraux et polymères qui apportent de l'opacité, de la couleur et une bonne tenue mécanique. L'amélioration de la résistance au déchirement du papier humide est importante dans de nombreux secteurs de l'industrie : augmentation des cadences de l'imprimerie, fabrication de papier de spécialité (papier monnaie, papier peint, papier absorbant). L'analyse physico-chimique a autorisé la mise au point d'un nouvel additif augmentant la tenue du papier chargé d'eau.

Selon Pierre Avenas, directeur des recherches d'Elf Atochem, la coopération dans l'Unité mixte est fondée sur un dialogue exemplaire et fructueux, où les nécessités industrielles sont un moteur de réflexion pour le chercheur. ■

elf atochem
ATO

Les premiers exodes

IAN TATTERSALL

L'Afrique est le berceau de l'humanité, mais combien d'espèces humaines y ont-elles évolué ? Et quand l'ont-elles quittée ?

Tout paraissait très simple : la lignée humaine avait évolué en Afrique, et c'est relativement récemment que les premiers hommes, les *Homo erectus*, avaient quitté leur continent d'origine et avaient atteint l'Asie il y a un million d'années ; tous les types humains ultérieurs descendaient de cette espèce et avaient finalement formé notre propre espèce, l'*Homo sapiens*. Quand certains de ces hominidés différaient trop de nous, on les classait parmi les «*Homo sapiens* archaïques», tout en les considérant comme des membres de notre propre espèce.

Cette séduisante simplicité était hélas trop belle pour durer : les recherches paléontologiques récentes ont montré que les dernières étapes de l'évolution de l'homme furent beaucoup plus mouvementées qu'on ne le croyait. On n'a aujourd'hui aucune raison de penser que le genre humain est apparu ailleurs qu'en Afrique, car aucun fossile d'hominidé (le groupe de tous les primates bipèdes) n'a été trouvé en dehors de ce continent pendant la première moitié de l'histoire des hominidés. En revanche, des fossiles récemment découverts indiqueraient que les premiers émigrants d'Afrique n'étaient pas nécessairement des *Homo erectus* et que les pérégrinations des hominidés ont commencé plus tôt qu'on ne le supposait.

1. CE SQUELETTE EST CELUI DE LUCY, qui appartenait à l'espèce d'hominidés ou de précurseurs de l'homme la mieux connue, l'*Australopithecus afarensis*, souvent surnommé le «chimpanzé bipède». Ce squelette, âgé de 3,18 millions d'années, provient de la région du Hadar, en Éthiopie.

D. Fmin et J. Beckett

Une histoire primitive confuse

Des fossiles trouvés au Kenya et attribués à l'espèce *Australopithecus anamensis* ont fait reculer l'âge des premiers hominidés bipèdes jusqu'à environ 4,2 à 3,9 millions d'années. Des spécimens plus incertains, d'une espèce *Ardipithecus ramidus*, découverts en Éthiopie, pourraient faire reculer cet âge jusqu'à 4,4 millions d'années. Les fossiles d'*Australopithecus anamensis* ressemblent beaucoup à l'espèce plus tardive et beaucoup mieux connue d'*Australopithecus afarensis*, trouvée en Éthiopie et en Tanzanie, et datant de 3,9 à 3 millions d'années (le représentant le plus célèbre d'*Australopithecus afarensis* est Lucy, un squelette découvert dans la région du Hadar, en Éthiopie).

D'après la structure du bassin et des genoux, Lucy et ceux de son espèce étaient bipèdes, mais ils conservaient de nombreux caractères ancestraux, notamment les proportions des membres, ainsi que les mains et les pieds, qui faisaient d'eux d'habiles grimpeurs. Ces particularités, leur cerveau gros comme celui des singes et leur face prognathe les ont fait surnommer «chimpanzés bipèdes», dénomination également justifiée par leur mode de vie adapté aux habitats boisés. De toute évidence, ces primates avaient un mode de vie bien adapté, car, bien qu'ils fussent moins bons grimpeurs que les grands singes de la même époque et moins bons bipèdes que les hominidés qui leur succédèrent, ils subsistèrent pendant plus de deux millions

d'années, alors même qu'apparaissaient et disparaissaient des espèces appartenant à ce même grand genre.

On ignore comment les modes de vie ont été modifiés par l'invention des outils de pierre, il y a 2,5 millions d'années. Aucun fossile humain n'a hélas été trouvé avec les premiers outils de pierre, lesquels proviennent du Kenya et d'Éthiopie. En outre, les plus anciens fossiles associés à des outils de pierre et à des ossements de mammifères consommés proviennent de plusieurs types d'hominidés différents. Tous vivaient il y a deux millions d'années en Tanzanie, dans les gorges d'Olduvai et à l'Est du lac Turkana, au Kenya. Certains des premiers hominidés ayant fabriqué des outils de pierre dans ces régions étaient à peine plus grands et plus évolués que Lucy ; d'autres étaient plus grands, avaient un cerveau plus développé et une constitution corporelle plus moderne. Combien d'espèces d'hominidés vivaient là ? Lesquels fabriquaient des outils ? Comment marchaient-ils ? Voilà de grandes énigmes de l'évolution humaine.

Puis, il y a 1,9 million d'années, une espèce qui nous ressemble apparaît au Nord du Kenya. On connaît notamment cette espèce par l'«Adolescent du Turkana», un étonnant squelette complet âgé de 1,6 million d'années découvert en 1984. Ces hommes possédaient une constitution corporelle essentiellement moderne indiquant qu'ils avaient une démarche d'homme moderne, des crânes à face moyennement large et un cerveau deux fois plus gros que celui des grands singes (mais deux fois moins volumineux que celui de l'homme moderne). Si l'Adolescent avait atteint l'âge adulte, il aurait mesuré 1,80 mètre ; ses membres étaient longs et minces, comme ceux des habitants des régions chaudes et arides d'Afrique, mais cette adaptation commune ne détermine aucune relation particulière entre eux. Cette fois, il s'agit d'hominidés ayant clairement élu domicile dans la savane.

Une tradition paléanthropologique ancienne cherche à minimiser le nombre d'espèces de fossiles humains et à tracer une généalogie linéaire entre les rares espèces reconnues. Conformément à cette pratique, l'Adolescent du Turkana et ses congénères ont initialement été classés comme des *Homo erectus*, espèce décrite pour la première fois il y a un siècle, à partir d'une calotte crânienne et d'un fémur trouvés à Java.

Ultérieurement, on avait inclus dans ce groupe les fossiles découverts en Chine (notamment l'Homme de Beijing, âgé de 500 000 ans, malheureusement perdu durant la Seconde Guerre mondiale) et en d'autres sites de Java, si bien que, finalement, l'espèce *Homo erectus* comprenait des hominidés variés, tels ceux dont provenait la boîte crânienne massive, trouvée dans les gorges d'Olduvai référencée sous le code OH9. Cette pièce, qui a été finalement datée d'environ 1,4 million d'années, semblait initialement beaucoup plus jeune. Tous ces hominidés possédaient des cerveaux relativement petits (environ 900 à 1 200 centimètres cubes contre 1 400 centimètres cubes pour l'homme moderne moyen et 400 centimètres cubes pour les grands singes), logés dans des crânes allongés, à voûte basse, présentant un occiput anguleux et de fortes arcades sourcilières. Les rares os de membres trouvés étaient d'une grande robustesse, mais essentiellement semblables aux nôtres.

On s'est longtemps demandé si l'*Homo erectus* avait occupé l'Europe ou si les plus anciens fossiles humains de cette région (qu'on datait de 500 000 ans) étaient des représentants d'*Homo sapiens* archaïque. Comme les fossiles de Java dataient de 700 000 à un million d'années et que l'âge des plus anciens fossiles chinois était estimé à un million d'années au plus, la conclusion s'imposait : l'espèce *Homo erectus* (telle que caractérisée par le fossile OH9, l'Adolescent du Turkana et d'autres fossiles associés, un peu plus âgés) avait évolué en Afrique, puis avait quitté ce continent il y a un peu moins d'un million d'années, pour atteindre rapidement l'Extrême-Orient et pour engendrer tous les groupes humains ultérieurs, y compris ceux d'Europe.

Puis l'étude approfondie des spécimens du Kenya montra que la boîte crânienne était nettement différente de celle des *Homo erectus* classiques, d'Asie orientale. En particulier, certaines zones anatomiques qui portent des caractères dérivés spécialisés chez l'*Homo erectus* asiatique sont dans un état primitif chez les fossiles africains du même âge. Par conséquent, deux groupes devaient être distingués.

2. L'ADOLESCENT DU TURKANA, de l'espèce *Homo ergaster*, date d'environ 1,6 million d'années. Il est un représentant des premiers hominidés dont la silhouette rappelle celle de l'homme moderne.



D. Fmin et J. Beckett