

celle de cohésion. C'est un noyau exotique. Au-delà de cette limite d'existence, un noyau se désintègre par émission spontanée de particules (protons ou neutrons excédentaires). Tous les modèles utilisés, qui calculent les énergies de liaison des noyaux pour rendre compte de leur cohésion, prédisent que le noyau de nickel 48 est déjà au-delà de ces limites : il devrait se désintégrer rapidement et échapper à l'observation.

Curieusement, le fait que ce noyau existe résulterait de la force de répulsion électrostatique. Cette force crée, pour le système nucléaire, une barrière de potentiel qui tend à confiner les protons, chargés positivement, à l'intérieur du noyau. Plus il y a de protons, plus la barrière est importante. Avant que le noyau se désintègre en émettant des particules, les protons doivent franchir cette barrière. C'est probablement grâce à cet effet que nous avons observé ce noyau.

En septembre 1999, au Grand accélérateur national d'ions lourd (GANIL) de Caen, avec une équipe internationale de physiciens, nous avons violemment bombardé une cible de nickel naturel avec un intense faisceau de nickel 58 (mille milliards d'ions par seconde à 120 000 kilomètres par seconde). Les noyaux produits par fragmentation des ions projectiles sont triés et finalement interceptés dans une succession de détecteurs.

Après dix jours d'expérience en continu, nous avons décelé deux noyaux de nickel 48. Le dispositif expérimental, bien qu'optimisé pour la détection du nickel 48, a également permis l'observation d'autres noyaux exotiques, très déficients en neutrons, au voisinage du nickel 48 : environ 90 noyaux de nickel 49, 40 noyaux de fer 45 et 250 noyaux de chrome 42 ont ainsi été identifiés. Cette observation confirme les résultats d'une expérience menée il y a trois ans sur l'accélérateur de Darmstadt, où ces noyaux avaient été observés pour la première fois aux nombres de 5, 3 et 12 respectivement.

Selon les résultats des mesures, la limite inférieure de la durée de vie du nickel 48 est d'environ 500 nanosecondes (500 milliardièmes de seconde). Cette durée correspond à peu près au temps que mettent les ions secondaires produits dans la cible pour parcourir la distance qui les sépare des détecteurs. Ce résultat semble contredire les prédictions de plusieurs modèles nucléaires. Très efficaces pour décrire les noyaux classiques, ces modèles échouent pour les noyaux exotiques. Cependant, un si petit nombre de noyaux nickel 48 observés est encore insuffisant pour une révision des modèles nucléaires.

B. BLANK, M. CHARTIER, J. GIOVINAZZO,
CEN de Bordeaux-Gradignan

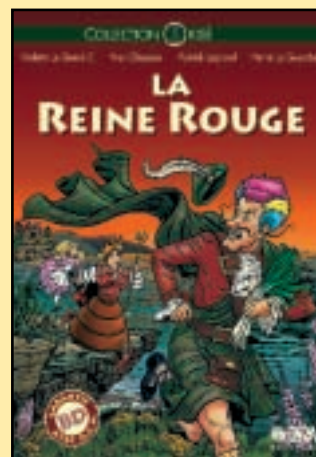


LA REINE ROUGE BD garantie avec OGM

Le Quéré C.V., Chupeau Y.,
Le Guyader H., Legrand P.

Écosse. Été 2022.

Pourquoi a-t-on voulu faire disparaître le Professeur Lautrec ? Enquête de routine pour le commissaire MacLeek ? Non ! Il ne s'attendait pas à en apprendre autant sur les Organismes Génétiquement Modifiés.



1999, 40 p., 79 F



1999, 210 p., 295 F

LA TRUFFE, LA TERRE, LA VIE

Callot G., coord.

La production de truffières sauvages, comme celle des truffières implantées, a considérablement diminué depuis le début du siècle. À partir d'observations de terrain et d'études de laboratoire, les auteurs de cet ouvrage abondamment illustré montrent que ce phénomène est lié à la dégradation biologique du milieu et en particulier à la disparition progressive de la faune du sol, indispensable pour décompacter et aérer le sol.

LE CAVIAR

Sternin V., Doré I., traduit par Bonhomme T.

Rare et mythique, le caviar est aussi un produit alimentaire dont la consommation et la fabrication se développent dans le monde entier. Pêche, traitement, qualité, étiquetage et emballage, stockage, conservation, préparation culinaire, tous les éléments techniques d'un précieux savoir-faire sont ici exposés clairement et en détail. Munis de ce manuel illustré, professionnels et amateurs sauront juger de la qualité d'un caviar et de son prix ; ils pourront lire les différentes étiquettes, connaîtront les défauts potentiels du produit... et quelques uns de ses secrets les plus jalousement gardés.



1998, 232 p., 290 F

Pour commander

Contactez votre libraire habituel

ou INRA Éditions - RD 10 - 78026 Versailles Cedex - FRANCE

Tél : (33) 01.30.83.34.06 - Fax : (33) 01.30.83.34.49

Minitel : 3614 INRA - web : <http://www.inra.fr/Éditions/>

e-mél : dessauva@versailles.inra.fr.

FRAIS DE PORT : France-CEE : 30 F pour 1 ou 2 exemplaires et ajouter **8 F** par exemplaire supplémentaire. Franco de port pour plus de 10 ex.

Autres pays : le tarif prioritaire sera systématiquement appliqué (nous consulter).

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE



Fibres, fils et tissus

THEO TERVOORT • PAUL SMITH

Les recherches portent à la fois sur la conception de fibres dont la structure physico-chimique confère les qualités souhaitées aux fils, et sur leur fabrication.

Au «fil» des millénaires, les textiles ont été perfectionnés pour se substituer aux premiers vêtements faits de peaux d'animaux. Le vêtement est une spécificité humaine (les anthropologues ont-ils pensé à cette définition de l'homme?), et l'on mesure le chemin parcouru depuis la préhistoire en détaillant le large éventail des protections à base de fibres. À l'exception de certaines déviations de Paco Rabanne, les vêtements sont faits de textiles, et les tissus nous préservent des intempéries sous forme de couvertures, de tentes et de parapluies ; les emballages souples protègent les fruits, les légumes et d'autres marchandises ; les produits tissés sont les éléments essentiels dans de multiples distractions (du filet de tennis au cordage des raquettes), et des fibres spécialisées aident le corps médical à réparer le corps humain, sous forme de

pansements pour les plaies ou de fils de suture pour les vaisseaux sanguins.

Moins apparent est le rôle protecteur des textiles dans d'innombrables produits industriels qui contribuent à notre sécurité : les filtres industriels, les tapis, les pneus, les câbles, les batteries, les composites légers et les gilets pare-balles sont quelques exemples des nombreuses applications qui tirent partie des qualités des textiles.

Les variétés des textiles

Les textiles (du latin *texeres*, signifiant tissage) sont des assemblages de filaments aux propriétés diverses. Ces propriétés sont déterminées par le choix des constituants, unique ou multiples, et par leur assemblage, éventuellement suivi d'un traitement. Ainsi, les textiles sont souples ou rigides, denses ou lâches, hydrophobes ou

hydrophiles, absorbants ou imperméables, isolants ou conducteurs, etc. Le constituant principal des textiles est bien sûr le fil, qui peut être de longueur infinie (fibre continue) ou composé de fibres relativement courtes, le plus souvent de taille supérieure à un millimètre de long. Le diamètre de la fibre est en général compris entre dix micromètres et un millimètre.

Les techniques de fabrication les plus courantes sont le tissage de fibres courtes ou de fils continus (qui sont souvent eux-mêmes obtenus par filage de courtes fibres), et l'entrelacement et la stabilisation de filaments courts dans des non-tissés. Les variantes de l'assemblage des fibres et des fils déterminent, pour un même type de filaments, les propriétés du produit final, comme la souplesse, le drapé, la porosité, etc.

Les fibres textiles sont classées en fibres naturelles, en fibres artificielles et en fibres synthétiques. Les différentes

1. DENIER ET TEX

L'une des caractéristiques dimensionnelles les plus importantes d'une fibre est l'aire de sa section, que l'on peut déterminer avec précision par microscopie. Malheureusement, la mesure au microscope est destructive et laborieuse. Une mesure plus accessible de la surface moyenne de la section d'une fibre consiste à diviser sa masse linéaire (masse divisée par la longueur) par sa masse volumique (masse par unité de volume). Dans l'industrie textile, on indique la masse linéaire par l'aire moyenne de la section ; dans le cas d'une section circulaire, on considère que cette masse linéaire mesure le diamètre. Deux unités de masse linéaire sont couramment uti-

lisées dans l'industrie textile pour indiquer la finesse : le denier et le tex. Le denier (du nom d'une monnaie romaine, le *denarius*, qui servait à peser les soies) est une unité ancienne : elle correspond au poids en grammes de 9 000 mètres

de fil. Il a été remplacé par le tex, qui correspond au poids en grammes par kilomètre de fil ; un tex est égal à neuf deniers. Afin d'utiliser des nombres plus commodes, on utilise un sous-multiple le décitex ou dtex ($1 \text{ dtex} = 0,1 \text{ tex} = 0,9 \text{ denier}$).

Le tex est aujourd'hui l'unité standard de masse linéaire des fibres textiles. Les masses linéaires vont de 1 dtex à 2 tex (10 à 50 micromètres à une densité de 1 g/cm^3). On sait aujourd'hui fabriquer des filaments de PES de 10^{-5} tex , ce qui correspond à 0,1 micromètre de diamètre ; 4,16 grammes seulement de ce filament suffisent pour couvrir la distance de la Terre à la Lune !



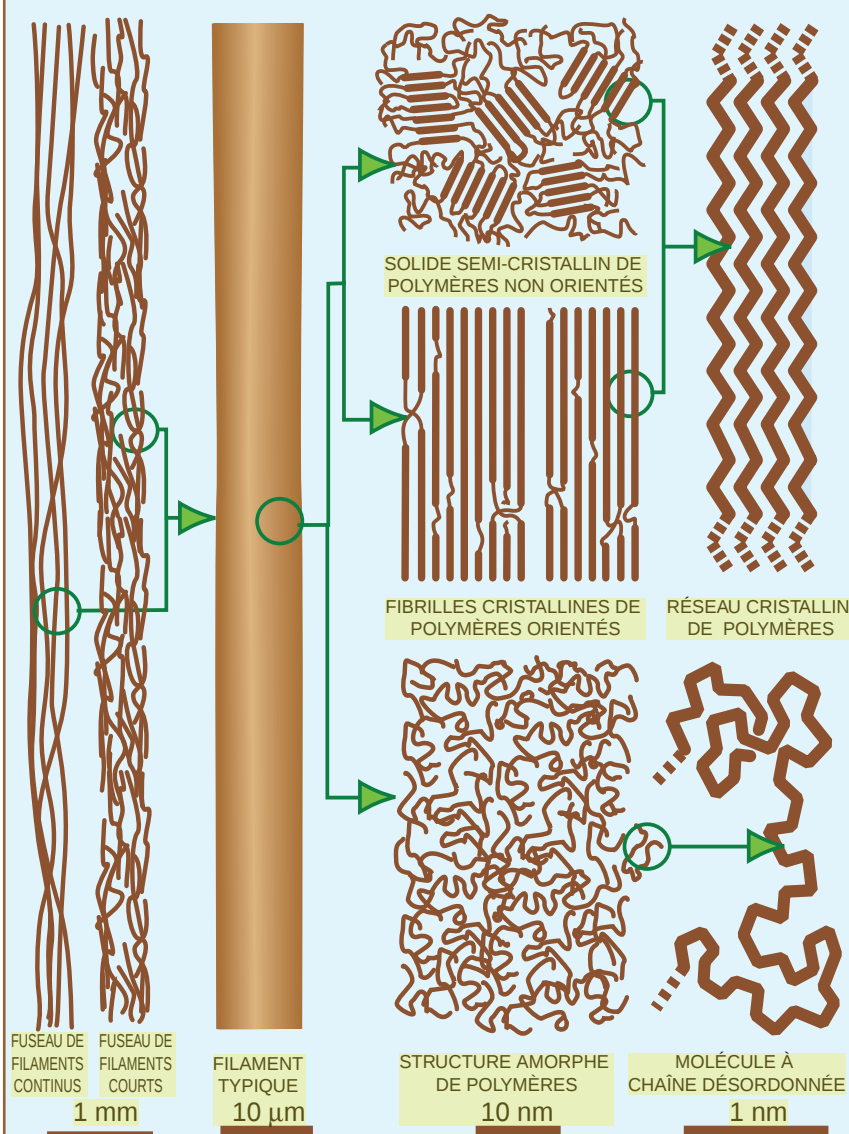
Denarius d'argent (157 av. JC)

fibres naturelles sont elles-mêmes subdivisées en fibres animales, végétales et minérales. Les fibres animales les plus connues, la laine et la soie, sont constituées principalement de protéines. Les fibres végétales familières sont le coton, le lin, le jute et le chanvre, dont le principal constituant chimique est la cellulose. Une fibre minérale de sinistre mémoire est l'amiante, qui, pour des raisons de santé publique, est abandonnée, mais qui a longtemps été utilisée pour son ininflammabilité : les Anciens l'utilisaient pour en faire les mèches des lampes à huile. Ces matières fibreuses naturelles ne sont pas de longueur infinie, et elles sont entrelacées et mélangées pour produire des fibres textiles.

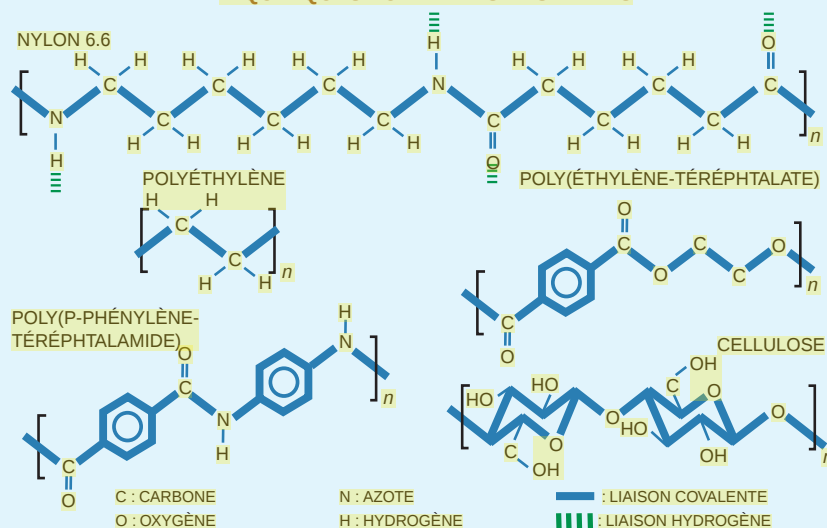
Les fibres artificielles et synthétiques sont réparties selon leur origine en trois groupes : minérales, animales ou végétales, et entièrement synthétiques. Le premier groupe comprend les fibres de verre, utilisées notamment pour l'isolation thermique, les matériaux composites et les télécommunications, ainsi que les fibres métalliques et les câbles. Les fibres artificielles à base de matières animales et végétales incluent, entre autres, la chitine (constituant par exemple la cuticule des coléoptères, voir *Du crustacé au tissu*, page 124), la cellulose régénérée (rayonne) et l'acétate de cellulose. Enfin, les fibres entièrement synthétiques, la grande majorité, sont faites de macromolécules obtenues par synthèse chimique. Ces très longues molécules (polymères), formées par enchaînement de sous-unités (monomères), ont plus de 5 000 atomes de diverses natures, solidarisés par des liaisons covalentes. Les atomes constitutifs des macromolécules synthétiques, comme la cellulose et la chitine naturelles, sont du carbone, de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène. D'autres éléments, comme le soufre, le chlore et le fluor, sont moins fréquents.

L'ère des «fibres tout synthétique» est née avec l'introduction par la Société *Du Pont de Nemours*, à l'Exposition universelle de New York de 1939, du «Nylon 6.6». Cette fibre, toujours de première importance, résulte de la condensation de l'hexaméthylènediamine et de l'acide adipique. Elle fut synthétisée, ainsi que des matières apparentées, en 1934 par l'ingénieur Wallace Carothers et ses collaborateurs Peterson et Coffman

2. STRUCTURES DE FIBRES DE POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES



2. QUELQUES POLYMÈRES DES FIBRES



(brevets américains 2.130.947 et 2.130.948). Ces chercheurs désiraient prouver l'existence (initialement très contestée) de molécules géantes à chaîne linéaire, postulées par Herman Staudinger. D'autres exemples de fibres entièrement synthétiques sont le polyéthylènetéréphtalate (polyester, Dacron), le polyacrylonitrile (Orlon, Dralon), le polypropylène isotactique et les copolymères élastomériques à base de polyéthylène glycol et de diisocyanates (Spandex, Lycra).

Les fibres synthétiques offrent aujourd'hui une extraordinaire panoplie de propriétés, de l'ultra-haute résistance (dix fois celle de l'acier) à d'exceptionnelles propriétés ignifuges. On ajuste ces propriétés en choisissant la composition chimique des molécules de la chaîne et en les disposant judicieusement à l'intérieur de la fibre.

Structures et propriétés des fibres

Pour comprendre et choisir les propriétés des fibres, nous prendrons en compte une hiérarchie de niveaux d'organisations dont les dimensions vont de la taille d'un atome à la longueur d'un câble transatlantique.

L'élément primordial est la composition et l'organisation atomique et moléculaire, à l'échelle de 0,1 à 1 nanomètre (ou milliardième de mètre). La nature des atomes détermine les propriétés intrinsèques et les caractéristiques physiques et chimiques. Ces atomes sont regroupés dans une entité de base, le monomère, simple dans le polyéthylène, complexe dans le Nylon.

Les groupes amides ($-C(O)NH-$) du Nylon établissent des liaisons hydrogène entre les différentes chaînes ; ces liaisons relativement fortes (environ un dixième de la force des liaisons covalentes entre les atomes de la chaîne principale) font que les nylons, même ceux à chaînes relativement courtes ont des bonnes propriétés mécaniques et ne gonflent pas en présence d'eau. En outre, la réactivité des groupements amides permet de colorer aisément les nylons avec des teintures ou, au contraire, de les rendre intachables, par réaction avec des composés fluorés, par exemple (voir *Halte aux taches*, page 102). En revanche, le polyéthylène

n'est constitué que d'unités $-CH_2-$ qui interagissent par des forces de Van der Waals (environ 100 fois plus faibles que les liaisons covalentes). Par conséquent, les fibres constituées de ce polymère ne sont pas affectées par la présence d'eau, sont difficiles à teindre, flue facilement et les propriétés mécaniques souhaitables n'apparaissent qu'avec des chaînes longues.

Verre ou cristal

La seconde caractéristique de la structure des fibres, et donc de leurs propriétés, apparaît à l'échelle du nanomètre. À cette échelle, les paramètres critiques sont la régularité et la flexibilité des liaisons chimiques entre les monomères du polymère. La régularité ou l'irrégularité des éléments de la chaîne déterminent notamment la capacité du polymère à s'ordonner en une structure cristalline (régulière) ou amorphe (désordonnée).

L'absence d'ordre n'est pas sans conséquence : un polymère non ordonné est généralement transparent et ne présente qu'une seule température de ramollissement au-delà de laquelle le matériau est un liquide dont la viscosité dépend de la longueur des chaînes et en dessous de laquelle le matériau est cassant. Un exemple classique de tels polymères amorphes est le polyméthacrylate de méthyle, utilisé dans les fibres optiques.

Les polymères comprenant des monomères qui se répètent régulièrement et qui sont solidarisés par le même type de liaison forment des domaines tridimensionnels ordonnés, c'est-à-dire des zones cristallines ou «cristallites» ; au-dessus de leur température de fusion, ces zones cristallines fondent et donnent une masse visqueuse. Toutefois la formation d'un ordre cristallin tridimensionnel nécessite un réarrangement complexe et souvent très lent des chaînes moléculaires, et toutes les parties des molécules ne se réarrangent pas à la même vitesse lors de la formation de la fibre (durée de l'ordre de quelques secondes). Même les polymères bien cristallisables n'engendrent que des matériaux semi-cristallins où seulement 30 à 70 pour cent de la matière est ordonnée.

Par conséquent, les fibres sont hétérogènes : elles présentent des zones cristallines dont les dimensions sont de



l'ordre de dix nanomètres, auxquelles des zones amorphes sont associées par liaisons covalentes.

Ces matériaux semi-cristallins présentent deux températures de transition, la température de fusion cristalline et la température de transition vitreuse, située entre 0,5 et 0,8 fois la valeur de la température de fusion (en kelvins ou degrés au-dessus du zéro absolu). Entre ces deux températures, la matière est résistante et supporte d'importants allongements sans rompre. De tels polymères sont le polypropylène isotactique, les Nylons 6.6 et 6, le poly(éthylènetéréphtalate) et le polyéthylène linéaire.

La plus ou moins grande flexibilité de la liaison entre les monomères de la chaîne du polymère détermine sa rigidité. Aux deux extrêmes, le Nylon 6.6 est très souple, et l'aramide poly (para-phénylènetéréphtalamide) (PPTA), utilisé dans des fibres hautes performances (par exemple, le Kevlar et le Twaron), est très rigide. En l'absence de forces extérieures (pas de cisaillements dus à un écoulement qui oriente les molécules), les polymères souples s'enroulent en pelote, alors que les polymères rigides conservent leur structure linéaire. Les polymères les plus communs sont souples. Depuis leur découverte à la fin des années 1960 par Stéphane Kwolek, de la Société *Du Pont de Nemours*, quelques autres macromolécules «rigides» ont été synthétisées.