

CHAPITRE DIX NEUF

LES ÉVOLUTIONS DANS LE DOMAINE DES FIBRES SYNTHÉTIQUES

1 - APPARITION DES NOUVELLES FIBRES.

Ainsi que nous l'avons vu au chapitre UN sur l'historique des fibres synthétiques, les fibres naturelles telles que le coton et la laine existent depuis plus de 4 000 ans alors qu'il n'y a un peu plus d'une centaine d'années que le Comte de CHARDONNET a inventé la soie artificielle et une soixantaine d'années que le Dr. CAROTHERS de Du PONT de NEMOURS découvrait le **Nylon** (1935 - 1938), "plus fin qu'un fil d'araignée, plus résistant que l'acier et plus élégant que la soie". Il suffit cependant de se reporter à la figure **19-25** pour voir que le Nylon est encore loin, du point de vue des performances, d'un fil d'araignée constituant la structure de la toile.

De façon globale on peut dire que les fibres naturelles représentent les fibres de la première génération des fibres textiles.

La seconde génération est représentée par les fibres synthétiques telles que les POLYAMIDES, les POLYESTERS, les POLYACRYLONITRILES et le POLYPROPYLENE qui apparaissent en masse sur le marché à partir des années 1950. Elles représentent une copie chimique des fibres naturelles dans le but de les remplacer.

L'apparition des fibres nouvelles de la troisième génération se situe à partir des années 1980 - 1985. Elles correspondent :

- D'une part à des évolutions importantes des fibres classiques (Polyamides, Polyesters) dans le sens d'une plus grande finesse des filaments, d'une diversification des sections, d'une modification des états de surface, de l'apport de propriétés déodorantes, etc., suite aux demandes de diversifications dans l'habillement et le sport de loisir par exemple. Les nouvelles fibres obtenues, à haute valeur ajoutée, impliquent un saut technologique dans les processus de filage et de mise en œuvre qui a représenté un effort considérable de R & D de la part des producteurs.
- D'autre part à l'apparition et à la production de nouveaux matériaux à hautes performances de module et de résistance pour un faible poids, suite aux demandes des industries aéronautiques et spatiales. Ces fibres telles que les POLYARAMIDES, les POLYARYLATES, le POLYÉTHYLENE haute ténacité, les fibres de CARBONE, exigent des technologies de préparation très élaborées. On les désigne souvent sous le nom de "fibres high tech." Elles ont déjà commencé à remplacer les métaux dans des applications où le ratio poids / performances est prépondérant : aéronautique, applications militaires et espace par exemple.

2 - ÉVOLUTIONS DES FIBRES CLASSIQUES.

Ces évolutions correspondent à la recherche de réponses plus agréables pour les sens humains tels que le toucher, la vue et l'ouïe.

- Le toucher d'une fibre est déterminé par sa résistance mécanique, son volume, sa douceur, sa raideur, C'est une notion très "sensuelle" qui subsiste malgré les tentatives du japonais S. KAWABATA, pionnier en la matière pour définir complètement le toucher, dès les années 80', par une série de 7 paramètres quantifiés. (système KES = Kawabata's Evaluation System avec des mesures de : stiffness, spread and antidrape, fullness and softness, crispness, scoopy feeling, smoothness et flexibility with soft feeling)
On notera également les travaux plus récents de F. PAYOT (ITF – aujourd'hui IFTH) qui a mis au point une échelle pour mesurer les propriétés tactiles d'une étoffe (rugosité, douceur, moelleux, sécheresse,)
- L'impression visuelle dépend de la teinte, de l'arrangement des couleurs, du volume, du lustre, de la forme des surfaces et des interactions avec la lumière, etc.
- Quant à l'ouïe, chacun sait que le frottement d'une étoffe en soie produit un son agréable. La finesse de la texture est un facteur déterminant sur la sensation auditive.

2 - 1 - FIBRE A ASPECT SOIE - SILK LIKE FIBERS.

La soie se caractérise par son lustre, ses couleurs vives, son toucher, son drapé et son crissement. On définira une fibre à aspect soie comme une fibre chimique qui possède la plupart ou la totalité de ces caractéristiques.

Les fibres synthétiques classiques initialement fabriquées (polyamides, polyesters, polyacryliques) présentaient des sections rondes avec un toucher "plat" semblable à celui du papier. Comme la soie présente une section sensiblement

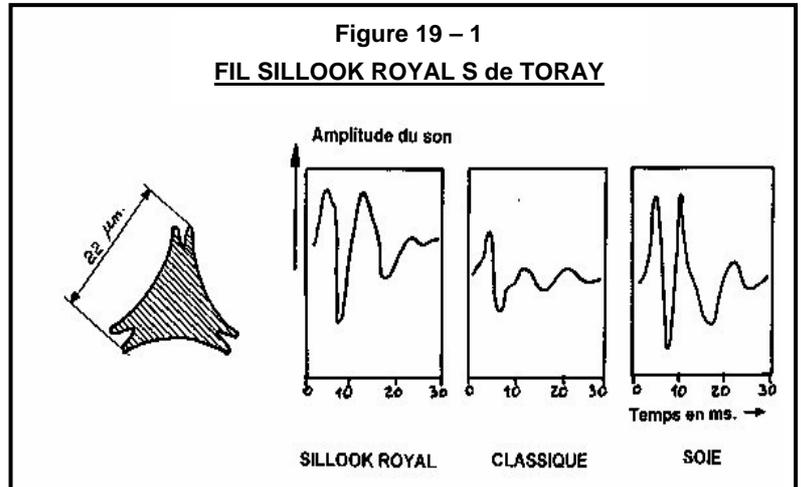
triangulaire, de nombreux producteurs se sont engagés dans l'obtention de fibres à section triangulaire ou non circulaire. Cette approche représente la première étape dans la recherche d'une fibre à aspect soie qui s'est progressivement focalisé, surtout au JAPON, sur le polyester.

On note les étapes suivantes à partir de 1970 :

- Le traitement alcalin pour affiner les titres (Dissolution de la matière périphérique du filament). Surtout industrialisé avec le polyester PET. (mercerisation)
- Le mélange de fibres à différents retraits pour améliorer la douceur.
- L'évolution des états de surface pour retrouver les irrégularités de la soie et son crissement.

A titre d'exemple TORAY a développé un polyester "silk like" dénommé SILLOOK ROYAL S à section trilobée avec une micro rainure d'environ 1 µm au sommet de chaque lobe. Ces micro rainures absorbent la lumière réfléchie, améliorent le lustre et la profondeur de la couleur. De plus elles améliorent le tombé des tissus et provoquent un crissement agréable par frottement.

La figure 19-1 ci-contre montre la section de ce fil et le son produit par frottement en comparaison avec celui de la soie et celui d'un fil conventionnel.



2 - 2 - LES FIBRES FINES ET ULTRA FINES.

Les fibres ultra fines ont été initialement développées pour produire du cuir artificiel puis leur usage s'est étendu aux tissus pour nettoyage (miroirs, dégraissage des surfaces, nettoyage d'appareillages informatique, polissage, ...) et enfin aux vêtements à toucher et confort améliorés.

Pour bien situer les microfibrés on se souviendra de l'échelle suivante :

Cheveux	50 à 60 µm de diamètre	Soie	environ 10 µm de diamètre
Coton	20 à 25 µm de diamètre	Microfibre	0,5 à 5 µm de diamètre
Laine	15 à 22 µm de diamètre		

Par ailleurs pour une masse volumique de 1350 kg./m³, on a les surfaces développées suivantes exprimées en m² / g.:

- filament de 0,1 dtex	1,81
- filament de 1,0 dtex	0,58
- filament de 5,0 dtex	0,26

On notera que le mot "microfibre" (microfiber) recouvre deux types de gammes de produits selon les zones géographiques :

- En EUROPE et aux USA une microfibre présente un titre unitaire inférieur à 1 dtex et en général compris entre 0,4 et 0,9 dtex., ce qui donne satisfaction aux marchés de ces parties du monde.
- Au JAPON, marqué par son passé avec la soie, le terme microfibre désigne plus spécifiquement des filaments extrêmement fins de titre unitaire inférieur à 0,4 dtex pouvant descendre en dessous de 0,1 dtex. Pour ne prendre que l'exemple de KANEBO, ce producteur a présenté en 1997-1998 :
 - * Le BELIMA T : fibre de polyester à large plage de finesse entre 0,1 et 0,6 dtex, la moyenne étant de 0,15 dtex.
 - * Le BELIMA KX : fil polyester avec 0,1 dtex par filament - Obtenu par splittage en 17 éléments d'un 70/30 PAT/PA.
 - * Le BELIMA SX : fibre polyester super micro avec en moyenne 0,05 dtex au brin.
 - * Le BELIMA KX : fil polyester teignable cationique avec 0,1 dtex par filament et également obtenu par splittage d'un bicomposé PET/PA.

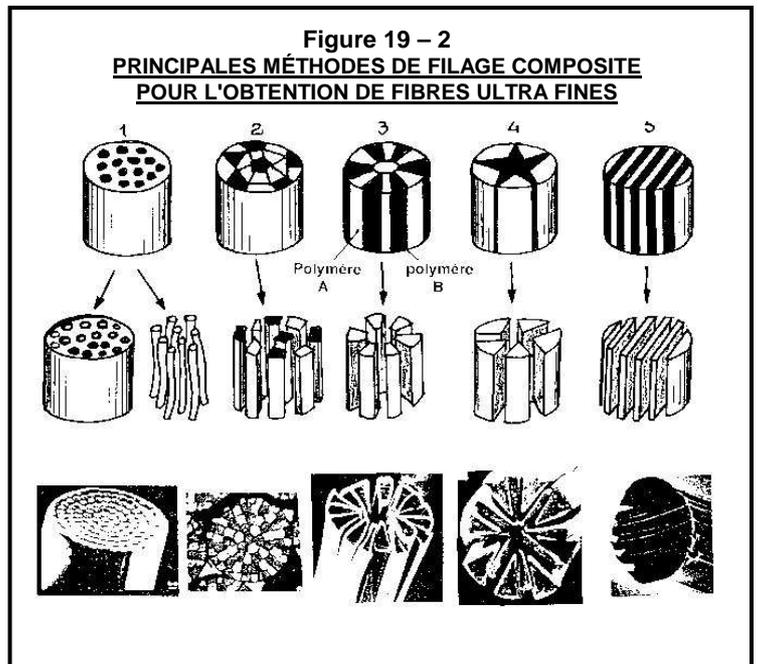
Trois grands types de technologie ont été élaborés, principalement au JAPON, pour produire des fibres fines et ultra fines de titre inférieur à 1 dtex.

- a) **Filages composites.** On utilise en général deux polymères **A** et **B** répartis selon cinq dispositions différentes au sein d'un filament primaire. Il y a ensuite séparation des filaments élémentaires, soit mécaniquement, soit par dissolution d'un polymère : polystyrène dans un solvant organique ou polyester dans une solution de soude par exemple. Il est évident que le polymère qui a été dissous pose le problème de son coût et celui de sa récupération.
- Voir la figure 19-2

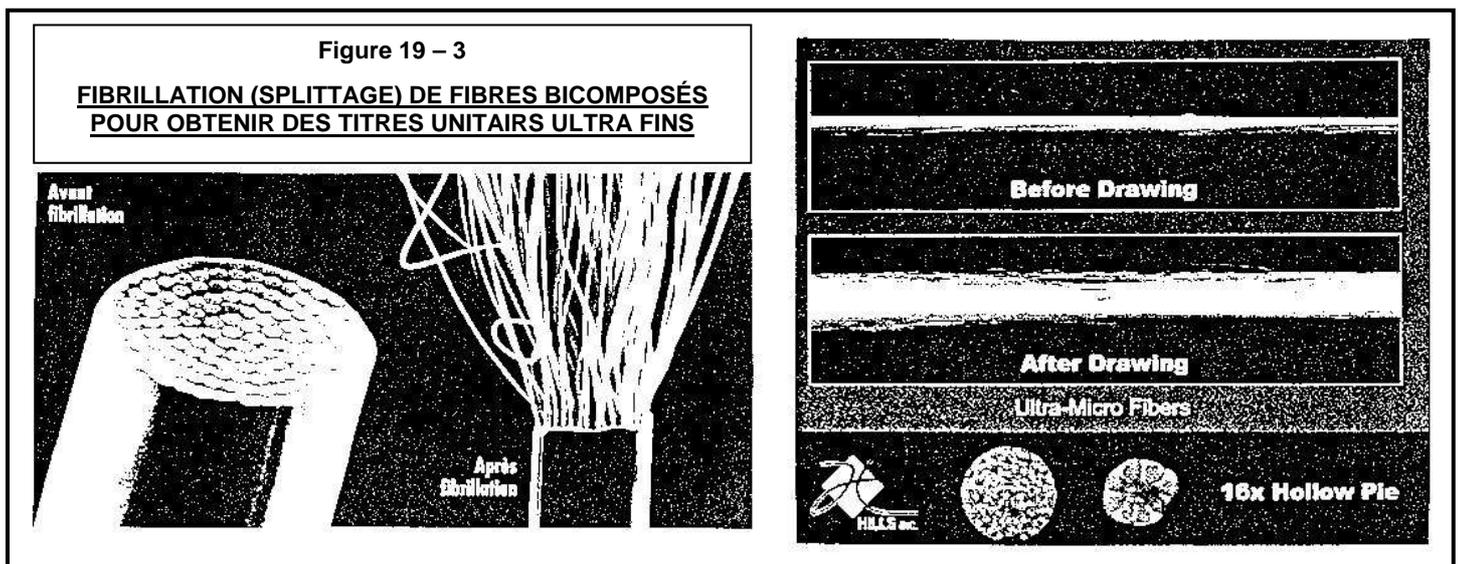
Dans le cas de la disposition No 1, dite "île / mer" (ou "sea / island"), selon que l'on dissout le polymère A ou le polymère B on obtiendra, soit une fibre poreuse, soit des microfibrilles (KURARAY). En ce qui concerne cette disposition TORAY fait un filage conjoint de polymères A et B pour obtenir un filament primaire de 3 à 5 dtex.

Après dissolution du polymère "mer" (polystyrène) il obtient des microfibrilles d'environ 0,1 dtex connues sous le nom de ECSAINE au JAPON, ALCANTARA en EUROPE et ULTRASUEDE aux USA.

Quant à KURARAY, il mélange les deux polymères dans une boudineuse avant le filage et obtient des microfibrilles très irrégulières allant de 0,01 à 1 dtex connues sous le nom de KURARINO.



Les dispositifs No 1, 2 et 3 se prêtent bien au splittage, ou fibrillation, par une action mécanique telle qu'un étirage, et à condition que les deux polymères ne soient pas compatibles. La société HILLS par exemple obtient des ensembles de 3 168 filaments de 0,2 dtex de titre unitaire.
Voir la figure 19-3ci-dessous



Parmi les réalisations qui relèvent des dispositions 3 et 4 de la figure 19-2, et qui conduisent à des filaments de 0,15 à 0,30 dtex, on peut citer :

- Le HIGHLAKE développé par TEIJIN.
- Le BELLESEIME et SAVINA développés par KANEBO.
- Le ZEPYR 200 (polyamide) développé par KANEBO.

b) Technologie du melt blown. Le polymère fondu est projeté par un violent courant de gaz chaud dès la sortie de la filière - Voir chapitre QUINZE sur les non tissés - On obtient des microfilaments discontinus et irréguliers dont le titre moyen est de l'ordre de 0,1 dtex qui sont surtout utilisés pour l'obtention de non tissés servant de filtres ou pour l'absorption d'huiles et de graisses

c) Technologie spéciale de filage à l'état fondu. LURGI ZIMMER a annoncé en octobre 2000 (4^{ème} World Congress Polyester) la mise au point d'un procédé de filage du polyester permettant d'obtenir des "super microfilaments" de 0,25 dtex par filament. Les modifications par rapport à un procédé conventionnel de filage portent essentiellement sur le réchauffage de la filière pour réaliser un profil de température équilibré sur une filière de 300 trous, et sur le dispositif de refroidissement qui assure également un profil de température symétrique dans la section du faisceau.

d) Super filage et super étirage. Il s'agit d'obtenir directement par filage d'un polymère fondu, des fibres fines de titre compris entre 0,4 et 0,8 dtex sans perte excessive de productivité par rapport aux filages de titres conventionnels. On évite ainsi l'inconvénient de l'utilisation d'un deuxième polymère qu'il faut ensuite éliminer et récupérer. Par contre la technologie est très pointue et ne fait, pour l'instant, l'objet d'aucune description précise de la

part des producteurs. C'est certainement la voie de l'avenir avec des limitations plus ou moins fortes vers les titres les plus fins.

La figure 19-4 montre deux exemples de l'intérêt des fibres très fines dans l'élimination d'une couche grasseuse d'une part et sur la sensation de toucher plus doux d'autre part.

La figure 19-5 indique quelques fibres fines et ultra fines qui étaient déjà fabriquées en EUROPE en 1992

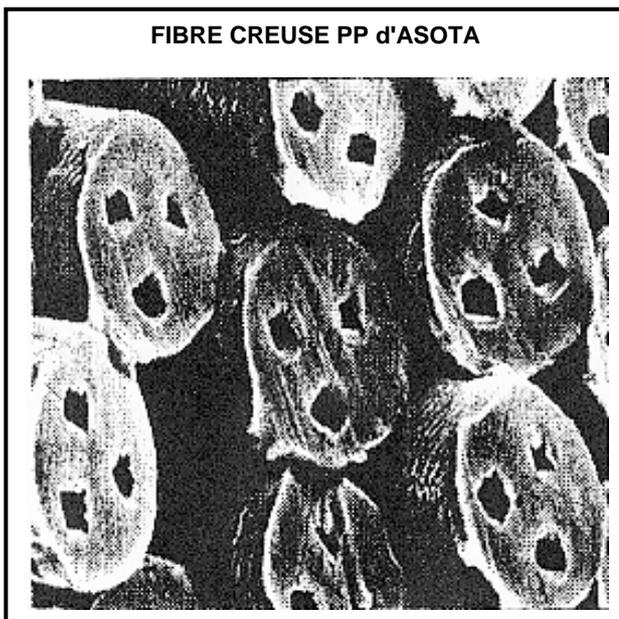
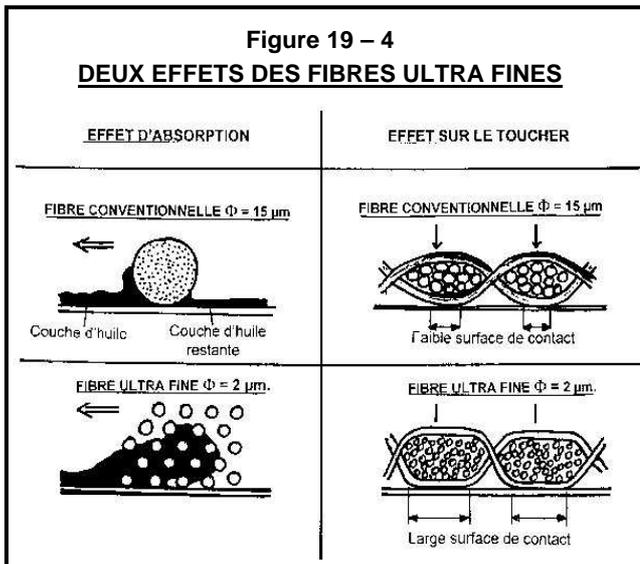


Figure 19 - 5
QUELQUES FILS ET FIBRES FINS ET ULTRA FINS DÉJÀ FABRIQUÉS EN EUROPE EN 1992

1 - FILS ET FIBRES POLYESTER.

AKZO/ENKA	Fibre : DIOLEN Micro mat 0,8 dtex - L = 38 mm. Fil : DIOLEN Micro 50/72, 76/144 mat, 100/144, 240/288
HOECHST	Fibre : TREVIRA 140 brillant 1,1 dtex - L = 32 et 36 mm. Fil : FINESSE/MICRONESSE 50/80, 76/128, 100/128, 110/128, 100/160, 145/256, 167/256
MONTEFIBRE	Fibre : TERITAL MICROSPUN mi-mat 0,85 dtex Fil : TERITAL ZERO 4 45/96, 90/192, 180/384, 68/144, 135/288
NORDEFASER	Fil : AVITRON Micron 45/70, 56/70, 56/100, 112/200, 225/400
RHONE POULENC	Fil : TERGAL SETILA Micro 25/22, 25/44, 50/44, 50/88, 72/68, 76/68, 76/136, 100/88, 100/176, 152/272

2 - FILS POLYAMIDE.

ICI	TACTEL Micro (PA 6-6) 90/102, 130/136, 168/170, 65/68
NORDEFASER	SIKS Micron (PA 6) 58/100, 78/100, 156/200
SNIA	LILION Multi (PA 6) 44/36, 88/72, 176/144 LILION Coro (PA 6) 190/144
RHONE POULENC	MERYL Micro (PA 6-6) 78/68, 76/96, 110/96, 156/136, 220/192

3 - FIBRE ACRYLIQUE.

BAYER	DRALON X 160 0,6 dtex brillant L = 32 mm.
--------------	---

4 - FIBRES POLYPROPYLENE.

FASERWERK BOTTROP	VEGON 1,0 dtex L = 6, 35 et 40 mm.
POLY-STEEN AG	POLYSTEEN 0,7 et 1,0 dtex L = 40, 45, 50 et 60 mm.

5 - FIBRES VISCOSE.

HOECHST	DANUFIL F 1,0 dtex L = 36 mm.
KAMIRA SATERI	FIBRAFINN MS 1,0 dtex

6 - FIBRE MODACRYLIQUE

LENZING AG	LENZING MODAL 1,0 dtex
-------------------	------------------------

En ce qui concerne l'avenir, la recherche de titres unitaires plus fins peut conduire à des propriétés entièrement nouvelles. L'échelle nanométrique (millième de micron) a été atteinte expérimentalement en 1997 à l'Université Américaine d'AKRON par filage électrostatique (étirage du polymère fondu sous l'action d'un champ électrique d'une tension d'une dizaine de milliers de volts). On peut imaginer les propriétés optiques de filaments dont le diamètre se situerait dans la gamme des longueurs d'onde de la lumière visible (400 à 800 nanomètres)

Voir à la page 19-31 une illustration de l'effet géométrique de la diminution du titre unitaire sur l'aspect d'un fil de titre global donné.

2 - 3 - AUTRES TYPES DE MODIFICATIONS.

2 - 3 - 1 - Les fibres creuses.

Les fibres dites "creuses" comportant des canaux internes sont fabriquées depuis de nombreuses années. L'air emmagasiné dans les cavités joue le rôle d'isolant thermique et améliore le confort des vêtements qui sont confectionnés avec ce type de fibre. Selon le producteur, on peut compter de une à quatre cavités par filament.

On peut voir ci-dessus un exemple en microphotographie de sections d'un tel type de fibre (Fibre PP d'ASOTA)

2 - 3 - 2 - Structures à perméabilité contrôlée.

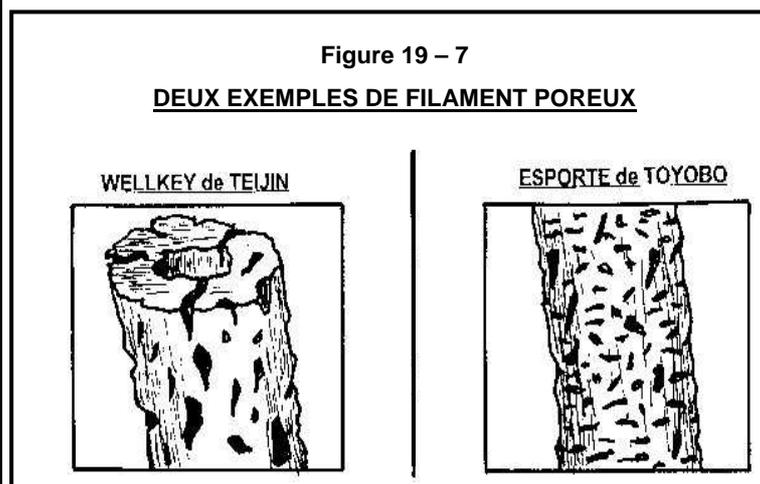
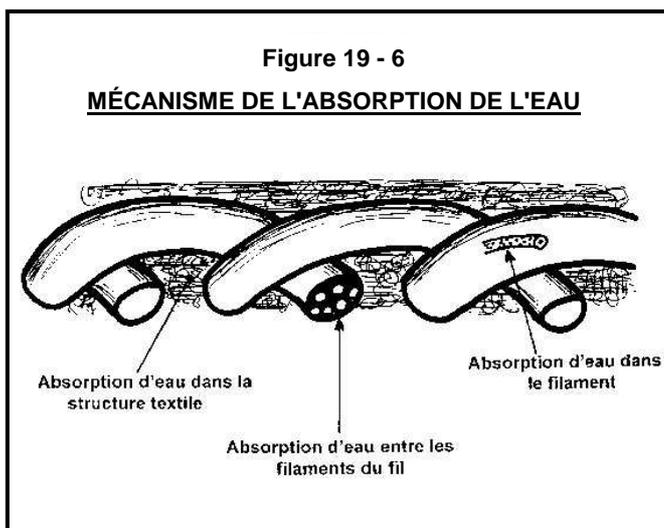
Trois principales fonctions sont à assurer par un vêtement de sport utilisé à l'extérieur dans des conditions climatiques variables :

- Aisance physique : élasticité, légèreté,
- Durabilité - sécurité : résistance mécanique, résistance aux taches et au feu,
- Confort : protection thermique, absorption et perméabilité à l'humidité corporelle.

Les deux premières fonctions sont assez bien assurées par les fibres et matériaux conventionnels mais ils n'assurent pas un bon confort, notamment vis à vis de l'élimination de la sueur qui se dégage au cours d'un exercice violent.

Le mécanisme de transfert de l'humidité corporelle est complexe et met en jeu la fibre élémentaire elle-même, la structure du fil composé de filaments élémentaires et la structure de la surface textile ainsi que le montre la figure 19-6.

Il en est résulté deux types de filaments actuellement sur le marché



- Les filaments poreux

Le WELLKEY présenté par TEIJIN est une fibre creuse polyester qui présente des micropores dont certaines traversent la fibre jusqu'au creux central. L'humidité est donc transportée jusqu'au centre.

L'ESPORTE présenté par TOYOBO fin 1990 est une véritable mèche qui pompe l'humidité de par sa très grande densité de micropores de 0,2 à 0,7 μm . Il s'agit d'une fibre polyester dont la ténacité est identique à celle d'un fil normal.
Voir la figure 19-7

- Les structures poreuses.

La structure GORE TEX a été proposée par Du PONT au milieu des années 1970. Elle est constituée par un film microporeux de polytétrafluoroéthylène qui est déposé sur la structure textile. L'ensemble peut ainsi respirer vers l'extérieur tout en étant imperméable.

La structure EXCELTECH a été développée plus récemment par TORAY pour une expédition à l'EVEREST et elle a été adoptée par de nombreux champions de ski. Elle consiste dans le dépôt d'un film de polyaminoacide sur un tissu conventionnel en polyamide ou en polyester. Le polymère protéinique choisi est analogue à la peau quant à ses constituants. Ses micropores de diamètre inférieur à 1 μm ., reliés entre eux, assurent une bonne adsorption/désorption de l'humidité corporelle.

2 - 3 - 3 - Structures à effet caméléon.

Pour obtenir des textiles qui changent de couleur comme un caméléon on utilise :

- Le photochromisme : changement de couleur induit par la lumière.
- Le thermochromisme : changement de couleur induit par la chaleur.
- Le solvatochromisme : changement de couleur induit par l'humidité.

Le photochromisme a été étudié par AMERICAN CYANAMID dans les années 60 pour les tenues de combat au VIET NAM. En 1989 KANEBO a commercialisé COMIC RELIEF constitué de micro capsules déposées sur le tissu et contenant un produit organique de la classe des spinopyranes. Le produit est incolore et vire au bleu sous l'action des U.V. de la lumière solaire (350 à 400 nm.). On peut ainsi faire apparaître des motifs variés sur des T-shirts exposés au soleil.

En fait c'est surtout le thermochromisme qui est à la base des réalisations commerciales. Par exemple les tissus SWAY pour vêtements de TORAY sont constitués de tissus polyamide ou polyester sur lesquels on dépose, à l'aide d'une résine polyuréthane, des microbilles de verre, de 3 à 4 μm . de diamètre, qui contiennent des colorants thermosensibles dont le changement de couleur est réversible. La plage de température de transition est adaptée à l'utilisation :

* Vêtements de ski	11 à 19 °C
* Vêtements tous usages	13 à 22 °C
* Chapeaux de lampe	24 à 32 °C

Il faut dire que les tissus thermochromes n'ont pas connu le succès escompté, on peut même parler de flop. Pourtant le mannequin Inès de la FRESSANGE a porté une robe dont la couleur changeait avec la température des différentes zones du corps : tout un programme. Par contre, il est envisagé actuellement d'intégrer à un maillot de bain de semblables molécules qui changent de couleur en fonction du rayonnement et peuvent prévenir de l'imminence d'apparition d'un coup de soleil.

2 - 3 - 4 - Textiles contenant des pigments nacrant.

Début 1999 la société Allemande MERCK a lancé de nouveaux pigments nacrant pour la peinture , les plastiques et les textiles. Ces pigments ont la propriété de diffracter la lumière différemment selon la longueur d'onde, ce qui produit un effet d'irisation. Le pigment, vendu sous le nom de SILICA FLEX, est constitué de minuscules écailles de verre revêtues d'une mince couche d'oxyde de titane (10 à 100 nanomètres d'épaisseur). Sous ces épaisseurs le TiO₂ est transparent et la différence d'indice de réfraction avec le verre sous-jacent provoque des irisations du même type que celles observées lorsqu'une pellicule d'huile est répandue à la surface de l'eau. L'effet d'irisation est particulièrement spectaculaire sur une surface courbe comme le pli d'un vêtement.

2 - 3 - 5 - Structures offrant une faible résistance à l'air.

Pour les vêtements pour cyclistes ou skieurs, TORAY a développé le COSMOPION qui est un double tricot dont la couche externe est extrêmement plate du fait d'un tricotage très serré de fibres ultra-fines de polyamide de 8 µm. de diamètre. Le développement a été réalisé en collaboration avec un Institut aéronautique.

Il faut signaler également que l'obtention d'une meilleure pénétration d'un élément textile dans l'air ou dans l'eau fait l'objet de travaux et de réalisations par des traitements de surface sur le vêtement terminé. (Société SPORETEC par exemple en France)

2 - 3 - 6 - Fibres et structures parfumées.

Les parfums rendent plus agréables le porté et l'utilisation des textiles : draps de lit, mouchoirs, sous vêtement , bas, T-shirts, chaussettes, etc.

Deux types de solution ont été proposées :

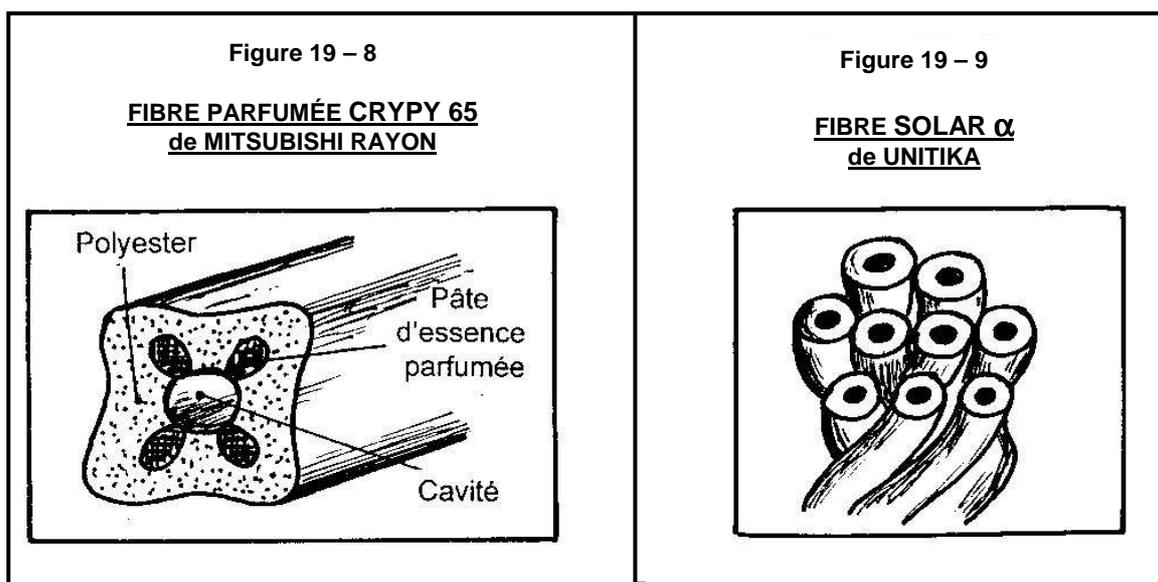
- Dépôt de parfums micro-encapsulés sur un tissu. C'est la solution ESPRIT de FLEUR de KANEBO. On dépose sur un tissu conventionnel un lit de micro-capsules en résine plastique de 5 à 10 µm. de diamètre et contenant une essence parfumée : citron, rose, jasmin, bois de santal, lis, etc.

Les micro-capsules se brisent pendant l'usage et libèrent le parfum. L'utilisation peut s'étendre sur deux ans et le tissu peut résister à plusieurs lavages en machine.

- Incorporation d'une essence parfumée dans la fibre elle-même. C'est la fibre CRIPY 65 proposée par MITSUBISHI RAYON. Il s'agit d'une fibre polyester creuse contenant quatre "pétales" d'essence parfumée sous forme pâteuse et tirée d'une gamme d'une cinquantaine de parfums : α pinène, cédro, β pinène, Les tests auraient montré "une notable amélioration du sommeil des personnes couchant dans un drap en CRIPY 65" !

Voir la figure 19-8

Le marché des fibres parfumées est en expansion, sans connaître encore un grand succès en EUROPE, et dépasserait largement les 100 MF annuels.



2 - 3 - 7 - Fibres stockant l'énergie solaire.

Il existe deux façons d'apporter de la chaleur au corps par l'intermédiaire des textiles : une passive et une active.

- Forme passive. On utilise la propre chaleur du corps, soit pour l'empêcher de s'échapper (isolation), soit pour la stocker puis la restituer sous une forme ou sous une autre. On aura, par exemple, les cas suivants de plus en plus élaborés :

- * Un tricot de laine garde la chaleur grâce à une couche d'air enclose et isolante.
- * Un dépôt d'aluminium sur un tissu permet la réflexion des I.R. thermiques du corps.
- * Des poudres de céramique (Zircone, MgO,) introduites dans des fibres synthétiques classiques : polyamide, polyester, absorbent la chaleur corporelle dans une phase d'utilisation en ambiance "chaude", et la restituent sous forme d'I.R. lointains au cours d'une phase suivante d'utilisation en ambiance "froide".
- * Des fibres creuses contiennent un produit dont le point de fusion est proche de l'ambiance et dont la chaleur de fusion est élevée. Il y a une succession de fusions / solidifications selon les phases d'utilisation. On utilise, par exemple, certains types de polyglycols.

- Forme active. On utilise une chaleur venue de l'extérieur.

- * L'énergie provient d'une batterie ou de piles transportées par le porteur du vêtement. Le vêtement contient une résistance électrique ou de la poudre de fer qui s'oxyde avec dégagement de chaleur.
- * La fibre absorbe la lumière du soleil, de longueur d'onde comprise entre 0,4 et 0,8 μm ., et réfléchit vers le corps du rayonnement I.R. proche et lointain. C'est le cas de la fibre SOLAR α développée par UNITIKA et adoptée pour les uniformes officiels de sept équipes pour les Jeux Olympiques d'hiver de 1988 - dont celles des USA, de la SUISSE, du CANADA et du JAPON

SOLAR α est une fibre cœur / peau. Dans le cœur, de la poudre de zirconium a été mélangée à du polymère. La partie extérieure est en polymère pur (polyamide ou polyester). Les vêtements réalisés en SOLAR α absorbent la lumière du soleil et la convertissent en I.R. qui se diffusent dans le vêtement. De plus, la chaleur corporelle émise sous forme d'I.R. est réfléchiée et ne peut s'échapper à l'extérieur

Voir la figure 19-9

2 - 3 - 8 - Structures répulsives pour l'eau.

En observant de quelle façon les gouttes d'eau s'écouaient facilement sur les feuilles de lotus, les chercheurs de TEIJIN ont constaté que la surface était très irrégulière à l'échelle microscopique et recouverte d'une substance cireuse de basse tension superficielle, les creux emprisonnant de l'air.

Il en est résulté la structure SUPER MICROFT sur laquelle les gouttes d'eau roulent comme des billes de mercure sur une surface dure.

Voir la figure 19-10 ci-contre

Voir également l'annexe deux de ce chapitre

La structure SUPER MICROFT est l'association :

- * De filaments synthétiques facilement texturables pour présenter une bonne voluminosité et emprisonner de l'air.
- * D'un tissage conduisant à une forte densité et à une bonne stabilité dimensionnelle.
- * D'un nouveau procédé de teinture permettant d'obtenir régulièrement des "micro-pics" sur la surface textile.
- * D'un nouvel ensimage permettant de réduire la tension de surface.

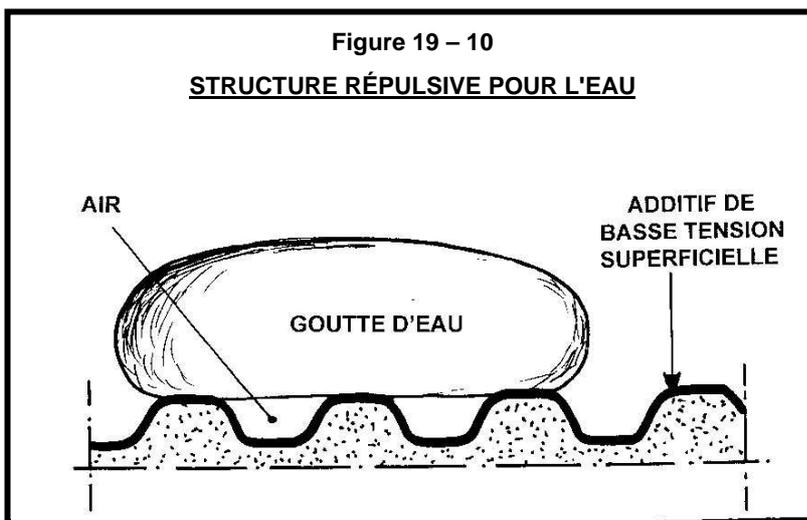
2 - 3 - 9 - Fibres ou structures thermo-régulées.

La division acrylique fibres de COURTAULDS - maintenant ACORDIS - a étudié l'incorporation de microcapsules à changement de phase (brevet OUTLAST) directement dans la fibre. L'opération s'effectue par injection au moment du filage. Le fil le plus fin produit en 1998, contenant des microcapsules et conservant les propriétés de la fibre originale, avait un titre de 2,2 dtex. Le mécanisme est identique à celui décrit en 2 - 3 - 7.

Voir sur la figure 19-11 page suivante une coupe de la fibre avec incorporation de 5 à 10% de microcapsules ainsi que le mode d'action d'une structure OUTLAST.

2 - 3 - 10 - Structures à réflexion variable de la lumière.

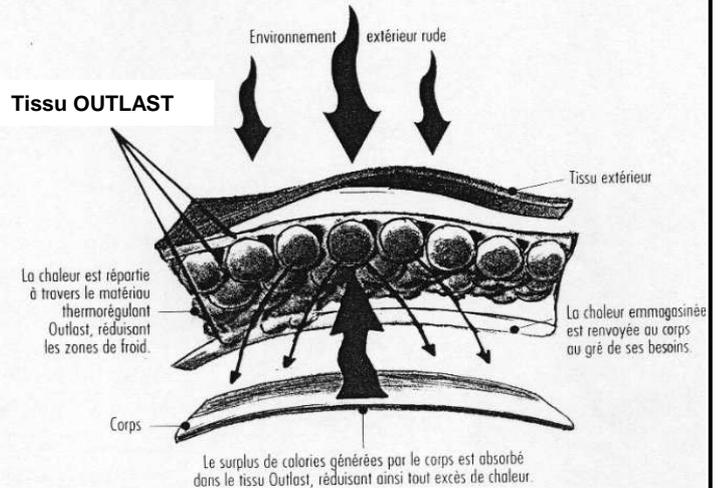
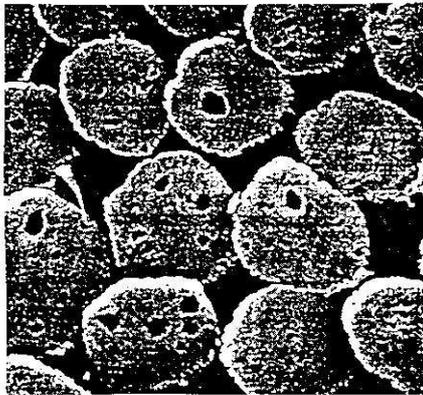
En étudiant pour quelle raison les ailes du grand papillon amazonien MORHO ALAE présentaient des couleurs



changeantes selon l'angle d'observation, les chercheurs de KURARAY ont conçu une structure dite MORPHO STRUCTURED FABRICS basée sur des fils à section plate fortement tordue (effet bilame d'un bicomposé ?) puis fixés thermiquement. C'est le fil DEPHORL.

Figure 19 – 11

FIBRE ACRYLIQUE de COURTAULDS CONTENANT DES MICROCAPSULES THERMORÉGULANTES

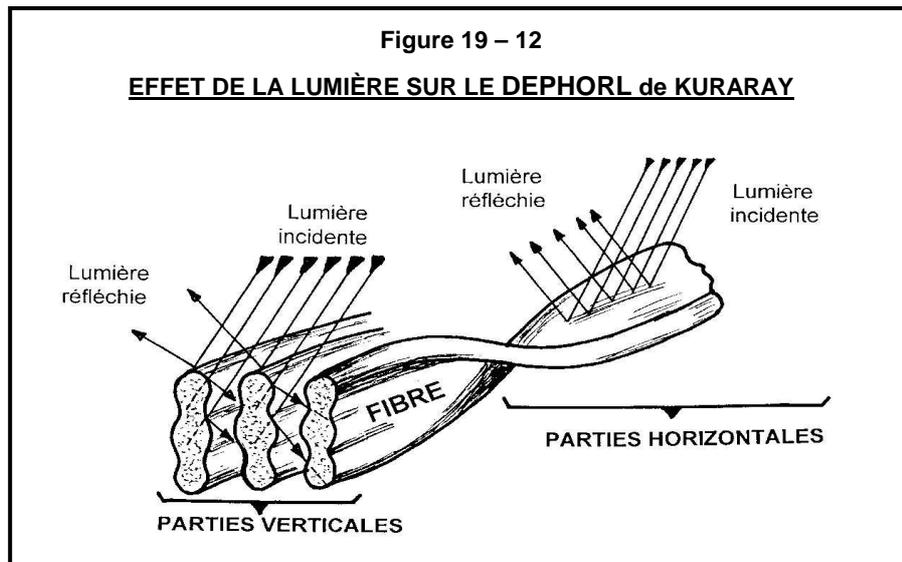


Les couleurs brillantes et profondes que présente MORPHO STRUCTURED FABRICS sont le résultat de l'alternance des alignements horizontaux et verticaux des surfaces planes qui provoque des absorptions / réflexions répétées de la lumière incidente, tout en réduisant la réflexion directe. On obtient de plus un nouveau type de drapé.

Voir la figure 19-12

Figure 19 – 12

EFFET DE LA LUMIÈRE SUR LE DEPHORL de KURARAY



On rappelle également la structure multicouche MORPHOTEX de TEIJIN décrite au paragraphe 12 du chapitre DIX HUIT (Projet "papillon")

2 - 3 - 11 - Fibres et fils anti U.V.

Ces fibres présentent un effet barrière aux **U.V.** B les plus dangereux pour la peau. Elles permettent d'obtenir des tissus de couleur claire, plus légers et plus ouverts pour être porté en été. On relève actuellement deux types de solutions :

- Incorporation d'un produit minéral dans la fibre. C'est notamment l'oxyde de titane qui est utilisé à des teneurs de 1,5 à 2,0% en poids. Il joue alors un rôle anti U.V. en plus de sa fonction de matifiant → produits présentés par TORAY, TOYOBO, KURARAY et NYLSTAR par exemple.
- Imprégnation du tissu ou du tricot (en fibres cellulosiques ou synthétiques) par un bain contenant un produit absorbeur des U.V. qui s'incorpore au textile à raison de 2 à 3% en poids (RAYOSAN de CLARIANT par exemple). Ce produit contient des noyaux aromatiques qui absorbent bien les U.V.

Signalons également, à l'opposé, les fibres et les tissus anti **I.R.** (infrarouge) qui intéressent les militaires pour le camouflage. L'effet est obtenu par utilisation de pigments, de dopants, qui réfléchissent ou absorbent les I.R.

2 - 3 - 12 - Fibres désodorisantes et anti-microorganismes.

Les premières réalisations ont utilisé la voie enzymatique. En effet les enzymes sont capables de produire des réactions chimiques à température et à pression ambiantes sans causer de pollution. Elles peuvent être utilisées sur les fibres pour combattre les odeurs corporelles qui proviennent de décompositions chimiques. Cependant les enzymes naturelles ne supportent pas les conditions d'usage des vêtements, lavages notamment, et peuvent être contaminées par de nombreuses bactéries.

Les recherches ont porté sur des enzymes artificielles sélectives et résistantes. En remplaçant par exemple le centre réactif de l'ématorphyrine IX naturelle par un complexe de Fe³⁺phtalocyanine, on obtient une enzyme artificielle résistante, bien que 50 fois moins active que le modèle, tout en maintenant son activité 100 fois plus longtemps que du charbon actif vis à vis de certaines odeurs.

Une première utilisation commerciale a été lancée avec de la rayonne amorphe contenant 3 % en poids de l'enzyme décrite ci-dessus pour réaliser des semelles intérieures de chaussures et des emballages à utiliser dans les réfrigérateurs. Les travaux en cours devraient conduire à un élargissement des applications à tous les types de fibres.

Ce ne sont pas les fibres à enzymes qui ont justifié les campagnes de publicité qui sont faites depuis 1998 pour lancer des produits textiles désodorisants et antibactériens en EUROPE, avec quelques années de retard sur les USA et le JAPON. Trois types de solutions sont mis en œuvre :

- **Incorporation d'un agent bactéricide dans le polymère fondu ou en solution.** Il s'agit le plus souvent d'ions métalliques tels que l'Ag inclus dans une zéolithe ou sur un autre support. Le BACTIKILLER de KANEBO en polyester a été le premier produit commercial pour cette voie. Tous les grands producteurs de fibres présentent aujourd'hui des produits. En 2000 on trouve : (Melliand International 6 – 2000)

FIBRES ANTIBACTERIENNES			FILS ANTIBACTÉRIENS		
Produit	Producteur	Marque	Produit	Producteur	Marque
<u>Polyester</u>	MONTEFIBRE	Terital/Saniwear	<u>Polyester</u>	BRILEN	Bacterbril
<u>PAN</u>	ACORDIS	Amicor	<u>Acétate</u>	MITSUBISHI	Silfresh Microsafe
	KANEBO	Biosafe		NOVACETA CELANESE	
	MITSUBISHI	Leacryl/Saniwear Bactikiller Crabyon Chitopoly	<u>Polyamide</u>	KANEBO	Livefresh
	MONTEFIBRE			RHODIA	Meryl skin life
	TOYOBO		<u>PP</u>	DRAKE	Permafresh
OMIKENSHI	EXTRUSION				
FUJI	ASOTA	AM Sanitized			
<u>PP</u>	DRAKE	Gymlene Permafresh			
	EXTRUSION PLASTICIZERS				
<u>Chlorofibre</u>	RHOVYL	Rhovyl AS+			
<u>Viscose</u>	LENZING	Lenzing Viscose			

On peut voir page suivante la publicité pour la chlorofibre RHOVYL AS+ de RHOVYL

Le fil en PA 6-6 que RHODIA a lancé en 2000 sous la marque MERYL SKIN LIFE est dit "bactériostatique". L'additif, dont la nature n'a pas été révélée, diffuse lentement à travers la fibre sans entrer trop directement en contact avec la peau, ce qui respecte la faune bactérienne cutanée. La difficulté consiste à obtenir un additif sans influence sur les propriétés mécaniques du polyamide.

- **Dépôt d'un apprêt sur fibres ou sur étoffes.** Il existe de nombreux apprêts antimicrobiens vendus dans le secteur textile. L'additif est d'abord appliqué sur fibre ou sur étoffe puis insolubilisé in situ.

On trouve, entre autres, sur le marché :

- * le PREVENTOL de BAYER.
- * le KATHON de ROHM & HAAS.
- * le SANIGARD de SANITIZED.
- * le polyester BIOSIL de TOYOBO.
- * l'acétate MICROSAFE de CELANESE.

- **Greffage radiochimique** (greffage sous faisceaux d'électrons). Le greffage radiochimique permet d'obtenir des matériaux aux propriétés nouvelles à partir de matériaux standards et de monomères actifs et antimicrobiens. Le greffage crée une véritable liaison chimique covalente, ce qui confère un caractère de permanence aux propriétés conférées. Cette technique n'est cependant pratiquement pas industrialisée car le coût d'un accélérateur d'électrons est élevé et il n'y a que très peu de monomères fonctionnels sur le marché.

Le paragraphe 3 suivant exposera des détails complémentaires sur les techniques de greffage

Dès 1999 on pouvait trouver en France des produits tels que chaussettes et sous-vêtements de KINDY, bas et collants WELL, pelotes de laine OXYGENE de PHILDAR, fils DMC pour la lingerie, le chaussant, le linge de maison et l'habillement,

**Fibre Rhovyl'AS®
antibacterial.
Là où elle passe,
les bactéries
ne passent plus.**

La fibre Rhovyl'AS® est particulièrement adaptée aux contraintes d'hygiène de la vie moderne. Conçue spécialement pour empêcher le développement des bactéries à l'origine des mauvaises odeurs et des irritations, elle conserve ses propriétés en permanence grâce à son agent antibactérien situé au cœur de la fibre.

Chaque produit fini subit un test de validation effectué par un laboratoire indépendant, pour une garantie totale de l'efficacité antibactérienne. Les qualités de la fibre Rhovyl'AS® la destinent idéalement à de multiples secteurs d'applications : l'habillement, l'ameublement, l'industrie.

Aujourd'hui, tous ceux qui souhaitent se passer définitivement des bactéries ne pourront plus se passer de Rhovyl'AS®.

Pour toute information :
Tél. : +33 (0) 329 766 100
Fax : +33 (0) 329 766 101

**Rhovyl'AS®
La fibre antibactérienne.**

2 - 3 - 13 - Fibres pour vêtements portés dans les salles blanches.

Les industries de la biotechnologie et surtout de l'électronique avec la production de circuits à très haut degré d'intégration, exigent des locaux dans lesquels l'atmosphère doit contenir des quantités de plus en plus réduites de poussières en suspension.

On rappelle que le degré de pureté est évalué par le nombre de particules de moins de 5 µm. de diamètre contenu dans un cubic foot de l'atmosphère. (1 ft³ = 0,028 m³ et 1 m³ = 35,3 ft³) On parlera de locaux de classe 1 pour une teneur inférieure à 1 particule par cubic foot, de classe 10, de classe 100, de classe 1000, etc.

Les principaux critères pour les vêtements portés par les travailleurs dans les salles blanches sont les suivants :

- * Aucune poussière ou impureté provenant de la peau, des cheveux et des sous vêtements ne doit traverser le vêtement de protection.
- * Le vêtement ne doit pas générer lui-même de poussière.
- * Le vêtement doit être antistatique et anti-poussières.
- * Le vêtement doit être confortable et perméable à l'humidité.
- * Les propriétés doivent se maintenir après lavage.

Les fibres naturelles telles que le coton et la laine ne satisfont pas à ces exigences et c'est actuellement le polyester qui y répond le mieux. Parmi les réalisations industrielles, où la confection des vêtements voisine avec la fabrication de garnissages, on peut citer :

- * HEPAWEAR et HEPACLOTH d'ASAHI constitués par un sandwich tissu polyester / non tissé à fibres très fines / tissu polyester.

* SELGUARD C de TEIJIN constitué par un sandwich de deux tissus polyester et d'un film perméable à l'humidité mais antistatique car contenant des particules de carbone. Le film a une épaisseur de 25 à 30 µm.

La demande de vêtements pour salles blanches est actuellement de plusieurs millions d'unités chaque année.

2 - 3 - 14 - Fibres pour air-bags automobiles.

Par principe un airbag est un sac replié qui contient un générateur de gaz relié à un détecteur électronique de choc. Quand celui-ci est sollicité (choc à partir de 20 km/h) il transmet un courant au générateur de gaz qui, en 50 millisecondes, remplit le sac. Celui-ci se dégonfle ensuite grâce à des événements, entre 1 et 5 secondes, suivant qu'il s'agit d'un airbag frontal, latéral ou rideau. Le gaz nécessaire est le résultat d'une réaction chimique, initiée par un allumeur à poudre, de décomposition de nitrure de sodium NaN_3 en présence de nitrate de potassium et de silice.

Le sac est en général un tissu en polyamide 6-6 enduit d'une résine silicone.

Du fait de la généralisation des règlements de sécurité, le marché des systèmes air-bag dans les automobiles est en expansion comme le montre le tableau ci-après qui donne le nombre d'unités installées (Source : Man Made Fiber book - September 1998).

Région	Emplacement du système	1997	1999	2001
Europe de l'Ouest	conducteur	11 593	12 730	13 756
	passager	8 102	9 406	10 605
	latéral	3 964	7 144	12 516
U.S.A.	conducteur	14 550	16 313	16 748
	passager	14 196	16 313	16 748
	latéral	3 276	6 700	9 266
Asie	conducteur	6 307	6 807	7 215
	passager	4 204	4 805	6 032
	latéral	1 051	3 203	5 104

Il en est résulté la mise au point de fibres particulièrement adaptées aux conditions particulière de cette utilisation, que l'on peut classer d'ailleurs dans les fibres techniques (chapitre DOUZE) et qui exigent :

- * Une bonne ténacité car la contrainte au moment du gonflement peut atteindre 100 N./ cm (en fait la norme de mesure porte sur 5 cm → 500 N./ 5cm)
- * Une grande souplesse, donc un module assez faible, et une bonne ténacité pour réaliser une structure la plus légère possible. Il convient en effet de réduire les effets d'inertie pour un gonflement qui intervient en 30 à 50 ms.
- * Une bonne capacité calorifique pour atténuer l'élévation de température lors du gonflement. (La température flash peut atteindre 600 à 800°C)
- * Une bonne stabilité des caractéristiques dans le temps car la structure ne sert (heureusement) pas souvent mais doit être efficace pendant 20 ans.
- * Un maintien des caractéristiques de -30°C à + 80°C (Températures extrêmes dans l'habitacle)

Bien entendu la structure tissée doit être telle que la perméabilité à l'air soit minimale.

C'est le PA 6-6 qui constitue l'essentiel des fibres utilisées. Le PA 4-6 a une meilleure capacité calorifique et une meilleure ténacité mais il est plus cher, quant au polyester, qui est moins cher, son module est plus élevé et il est thermiquement moins intéressant

A titre d'exemple le tableau ci-après donne quelques caractéristiques de la gamme ENKA NYLON LDPF (Low Denier Per Filament) spécial air-bag.

Valeurs Septembre 1998	EN 449 HRST	EN 449 HRST	EN 447 HRT	EN 447 HRT
Titre	110/36	470/144	235/72	470/144
Ténacité (cN./ tex)	80,1	73,4	69,7	67,7
Allongement (%)	20,4	25,3	21,2	21,5
Retrait air sec 15 min. 190°C (%)	7,3	3,4	8,4	8,1

2 - 3 - 15 - Les fibres et structures intumescents.

Les exigences concernant l'ignifugation de nombreux matériaux dont les textiles se sont renforcées au fil des années. Par ailleurs les normes et directives européennes ont tendance à limiter la présence des halogènes et des métaux lourds dans les formulations ignifuges afin de respecter l'environnement.

Le but de l'ignifugation n'est pas de supprimer la combustion du matériau mais de la contrôler et de la limiter en agissant sur les paramètres suivants :

- * réduction de l'inflammabilité.
- * diminution ou suppression de la propagation de la flamme.
- * évitement de la post-inflammation et de la post-incandescence.
- * réduction de l'émission de fumées.
- * évitement de la chute de gouttes de gouttes enflammées.

Le rôle de l'agent ignifuge, ou plus rigoureusement de l'agent retardateur de flamme, est donc avant tout préventif.

Les solutions consistent soit à ajouter dans les fibres des charges inertes telles que **talc** ou **carbonate de Ca**, soit à incorporer des systèmes **Sb₂O₃**/dérivés halogénés, soit enfin à introduire des **hydroxydes d'Al** ou de **Mg** qui absorbent l'énergie thermique par déshydratation en oxyde.

Une nouvelle tendance consiste à utiliser un système qui développe une structure carbonée expansée à la surface du matériau. Il se forme une structure isolante qui limite les transferts de chaleur et la diffusion de l'oxygène vers la matière combustible. Un tel système est dit "intumescent". Il est constitué par :

- * un acide inorganique ou un sel de cet acide (sel d'ammonium d'acides phosphoriques)
- * un composé polyhydrique riche en carbone (glucose - maltose)
- * un agent de gonflement ou d'expansion (urée - mélamine -)

L'application peut se faire sur les fibres, les tissus ou les structures non tissées par foulardage d'un bain (AFLAMMAN et AFLAMMAN PCS de la société THOR plus un liant RHENAPPRET RA par exemple) puis séchage à 150°C pendant 2 minutes. (L'industrie Textile - No 1307 - Mars 1999)

Les marchés pour cette nouvelle génération d'agents retardateurs de flamme sont le textile, le papier, l'automobile, l'aéronautique, la peinture,

3 – APERÇU SUR LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE GREFFAGE SUR TEXTILES

Le greffage a pour objectif soit de modifier l'état de surface d'une fibre pour obtenir une propriété particulière, soit de préparer cette surface pour fixer de façon plus ou moins durable un agent de modification qui apporte une propriété particulière. La modification superficielle apportée ne modifie pas les propriétés de base de la fibre support (ténacité, module, ...etc). On distingue trois grandes classes de technologie :

3-1 – Les procédés plasma. Ces procédés sont apparus dans les années 90. Un plasma est obtenu en apportant de l'énergie à un gaz qui en s'excitant devient réactif et apte à modifier les surfaces avec lesquelles il est en contact, mais à une très faible profondeur.(quelques monocouches d'atomes) On confère donc une propriété sans modification des autres propriétés. Il existe plusieurs techniques :

- Décharge Corona – généralement dans l'air – conduit par exemple à une amélioration de la mouillabilité. Le coût est faible mais la durabilité est limitée.
- Plasma basse pression – procédé essentiellement discontinu avec des effets variables selon le gaz utilisé. Les possibilités sont étendues : réticulation, dépôt d'une couche mince,
- Plasma atmosphérique – plus simple que le plasma basse pression mais avec une consommation de gaz beaucoup plus importante

3-2 – Traitements par faisceaux d'électrons. On soumet la matière à un faisceau d'électrons considéré comme une source d'énergie au même titre que la chaleur. Le traitement peut rompre certaines liaisons et conférer une réactivité chimique permettant une réticulation, un greffage ou une polymérisation/réticulation (curing)

- Réticulation : le niveau de réticulation dépend de la nature du polymère constituant la fibre. La réticulation donne en général une bonne résistance à la déformation à chaud, aux solvants aux acides et aux bases. On traite par réticulation des bouteilles plastiques.
- Polymérisation/réticulation : on dépose en surface des mélanges de monomère/prépolymère pour réaliser par exemple des vernis magnétiques ou obtenir des composites bois-résine.
- Greffage : traitement le plus sophistiqué mais offrant le plus de possibilités. On peut créer de véritables composites macromoléculaires "à la carte" qui combinent les propriétés mécaniques du support et les propriétés chimiques des greffons de surface. Support et greffons peuvent être totalement incompatibles.

La technique des faisceaux d'électrons est encore très coûteuse et on ne connaît qu'une seule application industrielle en URSS de 1978 à 1989.

3-3 – Traitement par le fluor gazeux. On utilise les propriétés oxydantes du fluor gazeux. On travaille avec un mélange de 0,6 à 2% dans l'azote. Le procédé peut être continu. On peut améliorer la mouillabilité de surface des fibres. On connaît des applications aux non-tissés en Polypropylène.

4 - SITUATION ACTUELLE SUR LES MODIFICATIONS DES FILS ET DES FIBRES.

Les trois principales modifications qui connaissent un grand succès commercial sont l'affinement des titres (microfibres entre 0,4 et 0,8 dtex), les modifications de section et plus récemment les fibres déodorantes et anti-microorganismes : le surcoût par rapport aux fibres conventionnelles reste en effet modéré et acceptable par le marché. Les autres modifications connaissent des développements beaucoup plus contrastés et certains fils très exotiques sont produits avec des tonnages confidentiels du fait de leur prix de revient (et de vente !)

On trouvera en annexe de ce chapitre un certain nombre de microphotographies de fils et fibres japonaises nouvelles en polyester résultant de la démarche du SHINGOSEN de la fin des années 80. Pour une bonne part de ces produits le développement reste très limité hors du JAPON.

On notera qu'en France, l'organisme le plus en pointe pour la promotion des fibres modifiées dites "intelligentes" est l'**Institut Français du Textile et de l'Habillement (I.F.T.H.)** – ex **Institut Textile de France** - dont le siège est à ECULLY, près de LYON.

5 - LES FIBRES ÉLASTIQUES.

Les fibres synthétiques élastiques dites "**élastomères**" sont nées récemment du désir de copier les propriétés élastiques du caoutchouc tout en pouvant réaliser des surfaces réellement textiles.

En général le segment mou est un polyéther linéaire de type **polybutylène-diol** ou **polyéthylène-diol** et le segment dur est un polyester semi aromatique de type **polyéthylène téréphtalate**. On obtient une structure du type :



5 - 3 - LES POLYESTER - ESTERS.

En remplaçant la partie polyéther d'un polyéther-ester par un polyester aliphatique à longue chaîne, on peut également obtenir des produits élastomères résistant mieux aux U.V. et à l'oxydation mais qui restent cependant sensibles à l'hydrolyse.

Les segments durs seront, par exemple, constitués par du **polyéthylène téréphtalate**, alors que les segments mous proviendront de **polyéthylène adipate**. La liaison entre les blocs oligomères polyester pourra se faire :

- Soit par polycondensation contrôlée pour éviter le risque de formation d'un copolyester statistique par réarrangement.
- Soit par couplage avec un **diisocyanate**. On parlera alors plus précisément de "polyester-ester-uréthane".

5 - 4 - LES POLYÉTHER - AMIDES.

Ces produits sont commercialement connus pour les emplois de plastiques pour moulage.: le DINYL de RHODIA NYLTEC, le PEBAX d'ATOCHEM par exemple. Ils sont obtenus à partir d'un **polyéther diol**, tel que le polytétraméthylène diol, ou d'une **polyéther diamine** comme segment mou et d'un **polyamide** comme segment dur : PA 6, PA 6-6, PA 11,

Aucun fil n'est aujourd'hui présenté sur le marché, mais les propriétés potentielles paraissent intéressantes pour des usages textiles. Des travaux sont menés sporadiquement, essentiellement chez les producteurs de polyamides, pour la mise au point d'un produit techniquement et économiquement viable mais l'arrivée du **PTT** (voir ci-dessous au paragraphe 4 – 7) pourrait freiner ces travaux..

5 - 5 - PROCÉDÉS DE FILAGE - PROPRIÉTÉS.

Les fibres élasthannes sont uniquement produites sous la forme de fils continus multifilamentaires. Trois procédés de filage sont utilisés :

- * **Filage à sec** : On extrude au travers d'une filière possédant un grand nombre de trous, une solution très visqueuse (30 à 200 Pa.s.) d'élastomère à une concentration de 23 à 32% dans le D.M.F. (diméthylformamide) ou le D.M.A.C. (diméthylacétamide). La vitesse de filage est comprise entre 200 et 1 000 m./ min. et le fil est étiré d'environ 200%. Plus de 80% des fibres élastiques sont obtenues selon ce procédé.
- * **Filage à l'humide** : La solution d'élastomère à 20-25% est extrudée à 30°C dans un bain de coagulation. Ce procédé est peu utilisé.
- **Filage par voie fondue** : Un grand nombre de producteurs travaillent pour développer cette technologie qui ne demande pas l'utilisation d'un solvant. Les voies sont l'amélioration du polymère de base soit l'utilisation de copolymères polyester-éther (TEIJIN, UNITIKA, AKZO). Après extrusion-refroidissement les filaments sont post-traités thermiquement.
- * Il faut également signaler le **filage par réaction** utilisé par un seul producteur (société GLOBE aux USA) qui consiste à extruder le produit de la réaction **macroglycol + diisocyanate** (en solution dans un solvant inerte) dans un bain de coagulation qui contient une **diamine**, laquelle réagit avec les groupes isocyanate.

Les figures **19-13** montrent des microphotos de coupes de fibres obtenues par ces divers procédés ainsi que quelques courbes caractéristiques.

Les fils élastiques ne sont pratiquement jamais utilisés seuls. Ils servent essentiellement à la confection de fils "guipés" dont ils constituent l'âme, l'entourage est constitué par une fibre conventionnelle (souvent un polyamide).

La figure **19-14** donne deux exemple de procédé de guipage.

5 - 6 - PRODUCTION ET PRODUCTEURS.

La production mondiale 1998 qui était d'environ 130 000 tonnes a atteint 170 000 tonnes en 2000 dont plus de 40% pour le LYCRA (Du PONT). En 2001 les capacités de production dépassaient 220 000 tonnes. Plus de 60% de ces capacités mondiales sont situés en ASIE. Le tableau de la page suivante donne les principales productions mondiales.

On notera qu'en 1999, Du PONT avait annoncé la mise en chantier de plusieurs unités de LYCRA à travers le monde pour augmenter ses capacités de production.

5 – 7 – FIBRE A ÉLASTICITÉ ATTENUÉE.

SHELL Chemical fabrique industriellement un polyester, le polypropylène téréphtalate (PTT) sous la marque CORTERRA. (on trouve également la marque CORTENA au Japon) Ce polymère est notamment été transformé jusqu'en 2001 en France par la société SETILA mais la production de fil a été stoppée du fait de la mauvaise qualité du polymère livré par SHELL

Principaux producteurs de fils élastiques

Source :Man-Made Fiber Year Book - September 1998

Marque déposée	Producteur	Type de produit
FILAGE A SEC		
Dorlastan - type X200 et X220 - type V400 et V420	BAYER AG-Allemagne Bayer ag-Allemagne	PES/dérivé d'une semicarbazide PES/MDI/diamine
Lycra - type 123 et 124 - type 121-126-127 - type 128	Du PONT USA et Irlande Pays bas - Canada Brésil	Polyéther/MDI/hydrazine Polyéther/MDI/diamine PES/MDI/diamine
Roica	ASAHI - Japon	Polycaprolactonester/MDI/diamine
Espa	TOYOBO - Japon	Polyéther/MDI/diamine
Neolon	TEIJIN - Japon	Polyéther/MDI/dérivé d'une aminohydrazide
Opelon	Du PONT / TORAY	Polyéther/MDI/hydrazine Polyéther/MDI/diamine
FILAGE A L'HUMIDE		
Fujibo Spandex	FUJI Spinning - Japon	PES/Polyéther/MDI/diamine
Lynel	FILIATICE - Italie	Polycaprolactonester/MDI/diamine
FILAGE VOIE FONDU		
Rexe	TEIJIN - Japon	Base Polyéther-ester
Spantel	KURARAY - Japon	Base Polyuréthane
Mobilon	NISSHINBO - Japon	Base Polyuréthane
Lubell et Novac	KANEBO - Japon	Base Polyéther et Polyester - Polyuréthane
FILAGE PAR RÉACTION		
Glospan,	GLOBE Mfg Co - USA	PES ou Polyéther uréthane/TDI/diamine
MDI = diphenylméthane-4,4'-diisocyanate		- TDI = toluylène diisocyanate

Figure 19 - 13

COUPES DE FIBRES ÉLASTIQUES OBTENUES SELON DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE FILAGE

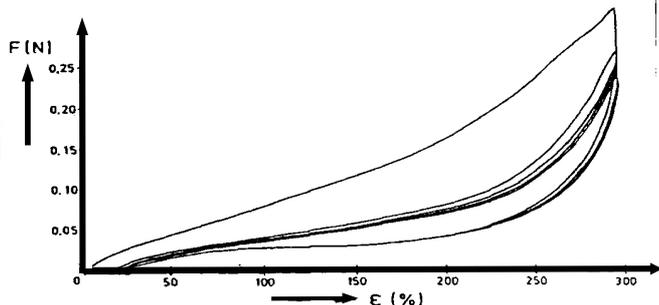
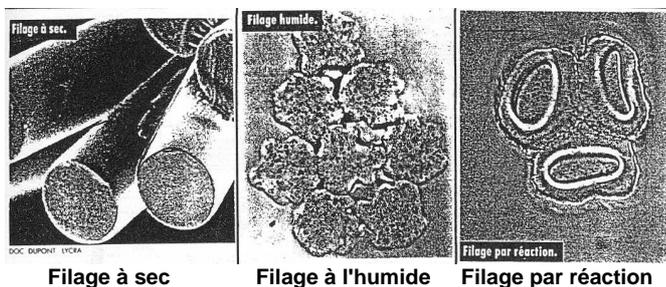
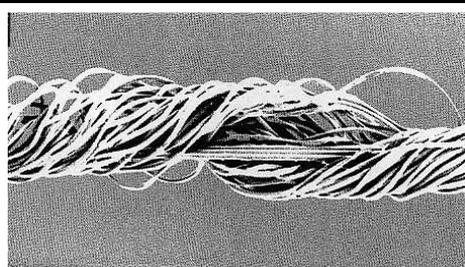


Diagramme d'hystérésis d'un fil DORLASTAN 195 dtex



Exemple de fil guipé

Figure 19 - 14

PRINCIPES DU GUIPAGE DES FILS

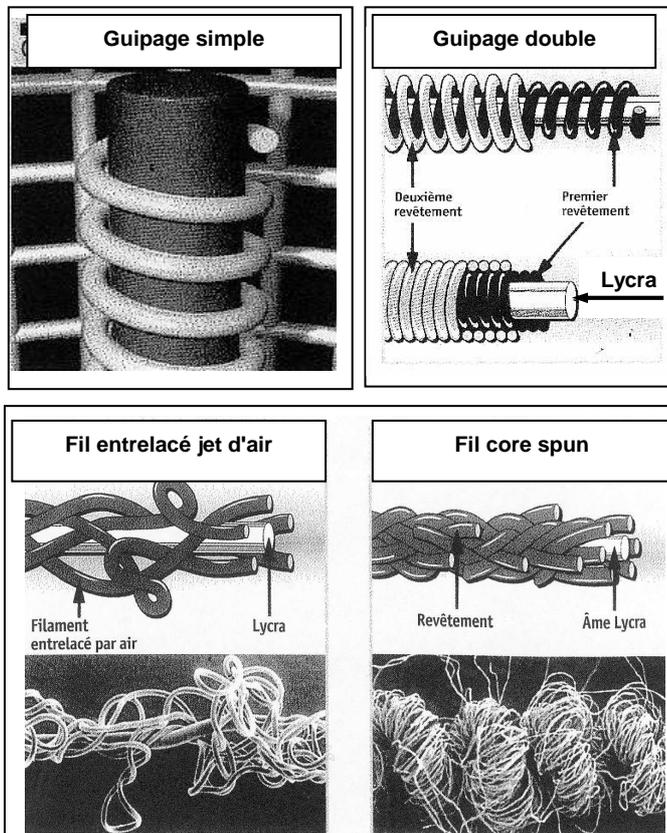
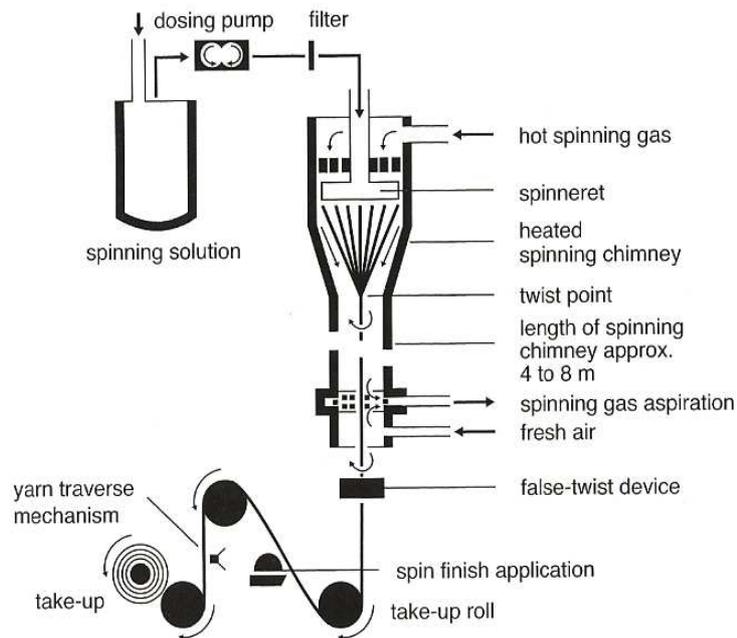
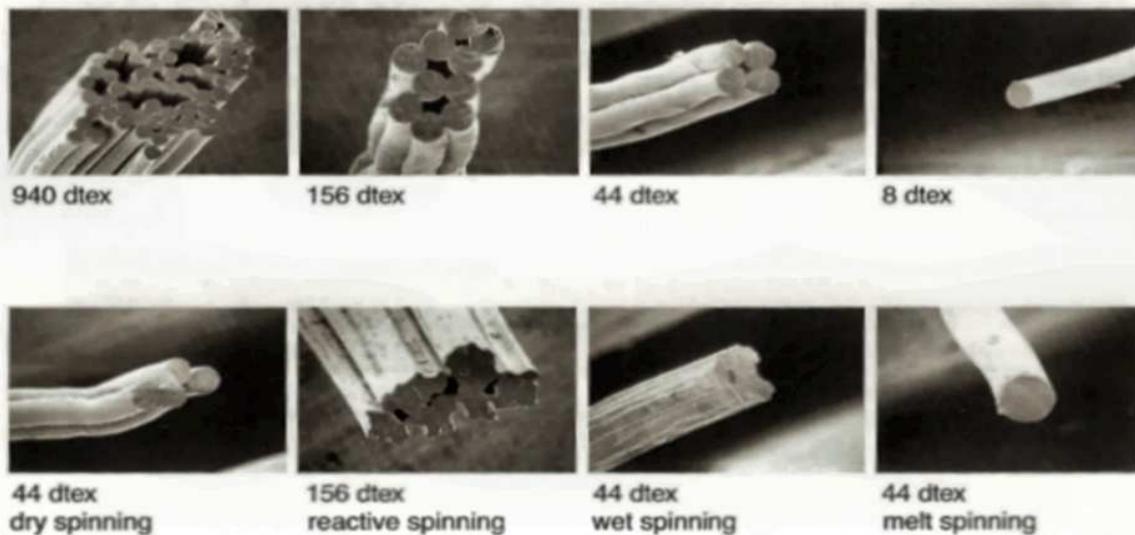


SCHÉMA D'UNE POSITION DE FILAGE A SEC D'UNE FIBRE ÉLASTIQUE



EXEMPLES DE FIBRES ÉLASTIQUES



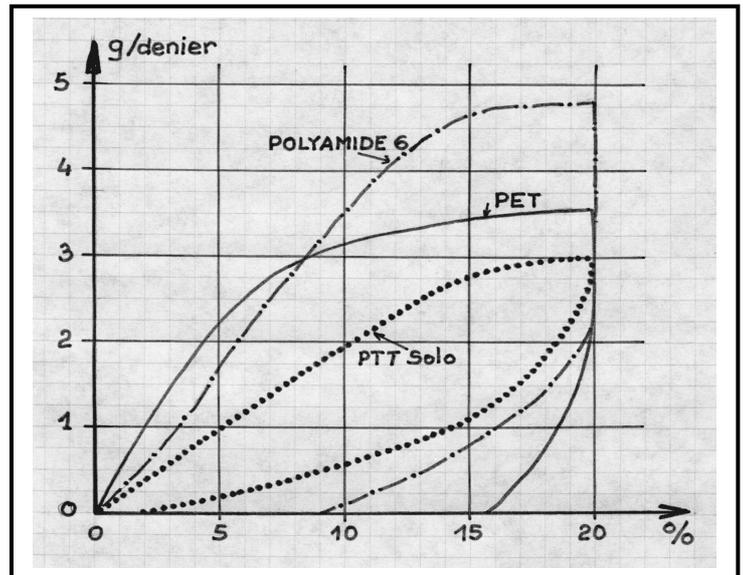
Comparaison des propriétés entre le caoutchouc et une fibre élastique

	Ruban de caoutchouc	Fibre élasthanne
Titre (tex)	20 – 30 000	1 – 5 000
Ténacité max – rapportée au titre initial (cN/tex)	1,6 – 3,7	4,5 – 12,0
Élongation maximale (%)	600 - 900	420 – 570 (normal) 600 – 800 (long stretch)
Aptitude à la teinture	impossible	Bonne
Résistance à l'oxydation	faible	satisfaisante
Résistance à l'hydrolyse	bonne	satisfaisante

Néanmoins, lorsque la qualité du polymère est maîtrisée, les propriétés semblent intéressantes. L'allongement élastique du CORTERRA est sans doute bien moindre que celui des fibres en polyuréthane par exemple, mais son élasticité, et surtout sa récupération élastique, lui permette de donner aux maillots de bain et autres articles d'habillement en mailles ou en tissu un confort élastique notable. Un des avantages annoncés est que ces fils peuvent être utilisés "en pur" sans guipage avec une autre fibre. Voir ci-contre les courbes de récupération élastiques du PTT, du PET et du PA 6 après une déformation d'allongement de 20%

(International Textile Bulletin 5/2000)

Les Japonais paraissent très actifs dans le développement du PTT : ASAHI Chem. a lancé mi-99 la production commerciale de 1 000 t./an de fibre PTT et TEIJIN et TORAY veulent développer une fibre PTT en important le polymère SOLONA de Du PONT. On aurait les propriétés comparées suivantes :



	PTT (japon)	PET	PA 6-6
Ténacité (cN/tex)	33,6 – 37,2	37,2 – 44,2	41,6 – 45,1
Allongement rupture (%)	36 - 42	30 - 38	32 - 44
Module initial (cN/tex)	230	975	550
Récupération élastique après allongt de 20%	88%	29%	62%
Masse spécifique (kg/m ³)	1 340	1 380	1 140
Absorption de l'humidité (% en poids)	0,4	0,4	4,5

6 - LES "SUPER FIBRES".

Le domaine des fibres à hautes performances s'étend chaque jour mais il s'écarte sensiblement de celui des fibres synthétiques à usages textiles classiques pour aborder, par exemple, les tissus techniques à haute résistance au feu et les structures composites solides. Sans chercher à dresser une liste exhaustive des super fibres, nous nous attacherons dans ce sous chapitre, et au travers de deux exemples : **PE haute masse moléculaire** et **aramides**, à montrer les techniques de conformation utilisées, qui sont très différentes du filage de polymères à l'état fondu.

6 - 1 - LA RECHERCHE DE FIBRES A HAUTES PERFORMANCES.

C'est la recherche spatiale qui a initié aux U.S.A. la mise au point de fibres à hautes performances pour remplacer les métaux par des matériaux beaucoup plus légers mais à performances mécaniques égales. Les estimations du bénéfice retiré d'une diminution de poids de **1 kg.** étaient les suivantes en 1995 :

- | | | | |
|---------------|-------------------|----------------------|------------|
| - Satellites | 1 000 à 1 200 KF. | - Hélicoptères | 2 à 9 KF |
| - Missiles | 9 KF. | - Avions commerciaux | 0,4 à 2 KF |
| - Automobiles | < 0,03 KF. | | |

Classiquement les fibres de renfort sont caractérisées par leur module et leur ténacité. Elles ont un module supérieure à 55 GPa. et une ténacité d'au moins 2,5 GPa.

Voir la figure 19-15 page suivante

Rappelons que le GPa (Gigapascal) est une unité internationale de module et de ténacité. Pour se raccorder au cN / tex utilisé habituellement pour les fibres conventionnelles on utilise la relation :

$$\text{GPa} = (d / 100) \cdot (\text{Ténacité ou module en cN / tex}) \quad \text{avec } d = \text{densité en g./ cm}^3$$

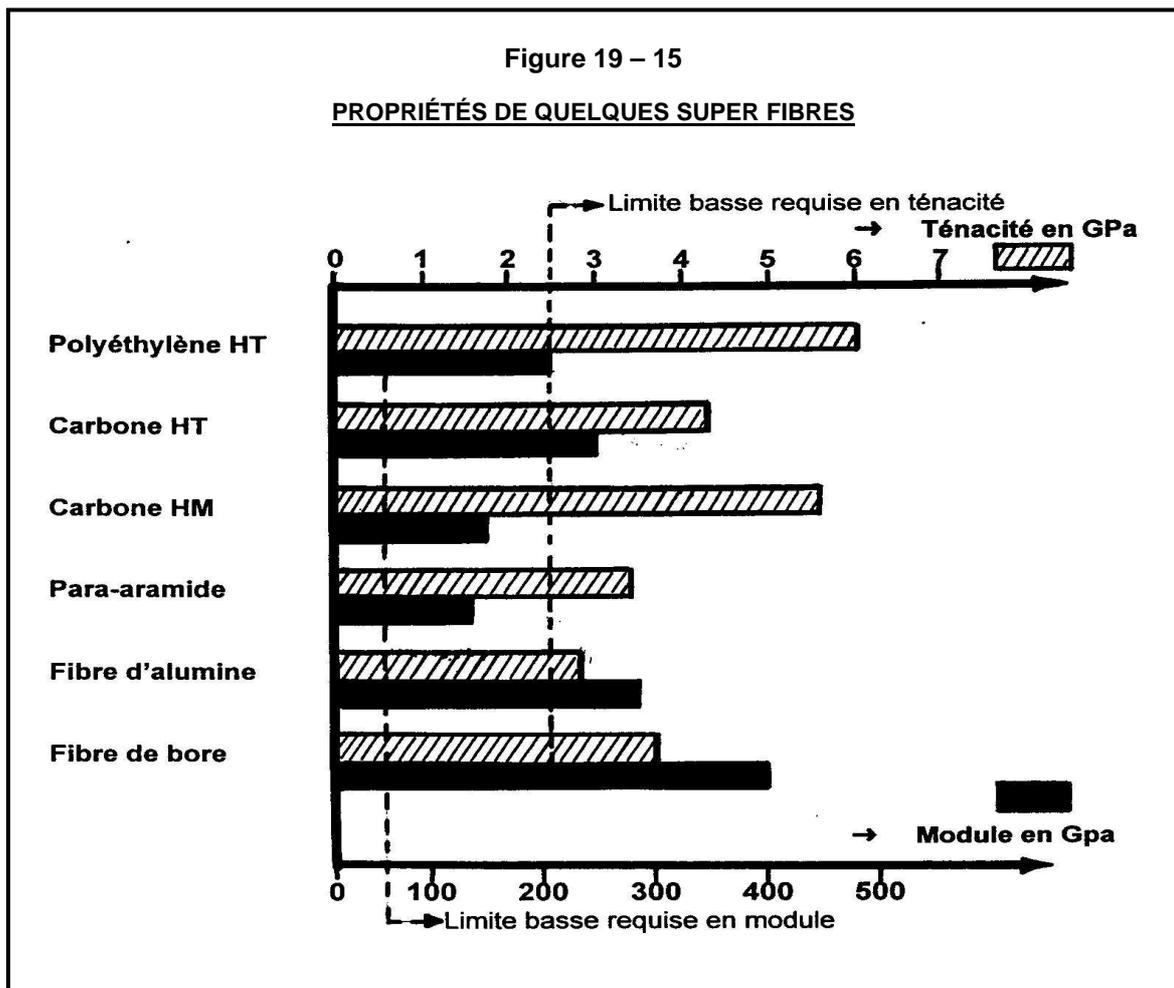
Ainsi pour une fibre de densité 1,0 ($\rho = 1\,000 \text{ kg./ m}^3$) avec une ténacité de 250 cN/tex et un module de 5500 cN/tex on aurait :

- Une ténacité de 2,5 GPa $[(1,0/100).250]$
- Un module de 55 GPa $[(1,0/100). 5\,500]$

En terme de ténacité cela représenterait un rapport de 7 à 1 à poids égal par rapport à l'acier.

Une autre mesure de la résistance est donnée par la longueur en kilomètres du fil suspendu par un bout et pour laquelle il se rompt sous son propre poids. On a les valeurs moyennes suivantes :

Acier	37	Fibre de carbone	171	Polyamide	92
Fibre de verre	76	Aramide	193	PE H.T.	336



6 - 2 - DU SHISH KEBAB AU GEL SPINNING.

Le polyéthylène basse et haute densité utilisé par exemple pour la fabrication de bouteilles ou d'emballages présente une masse moléculaire d'environ 10 000. Il est possible d'obtenir des masses moléculaires considérablement plus élevées de l'ordre du million, mais les propriétés physiques sont fortement modifiées. C'est ainsi que la viscosité à l'état fondu est telle que le filage devient impossible.

A.J. PENNING, de la compagnie hollandaise DSM a observé, en 1966, des cristaux en forme dite "shish kebab" alors qu'il agitait une solution diluée (quelques %) de PE de très haute masse moléculaire. Dans la cristallisation shish kebab on a des cristaux qui présentent alternativement une partie mince "shish", dans laquelle les chaînes sont parfaitement alignés, et une partie renflée "kebab" où la cristallisation est moins organisée.

PENNING se demanda comment il pourrait obtenir une fibre à très haute résistance constituée uniquement de parties "shish". Ce n'est que 10 ans plus tard, en 1976, que DSM réussit avec P. SMITH et P.J. LEMSTRA à obtenir une fibre par la nouvelle technique du **gel spinning**.

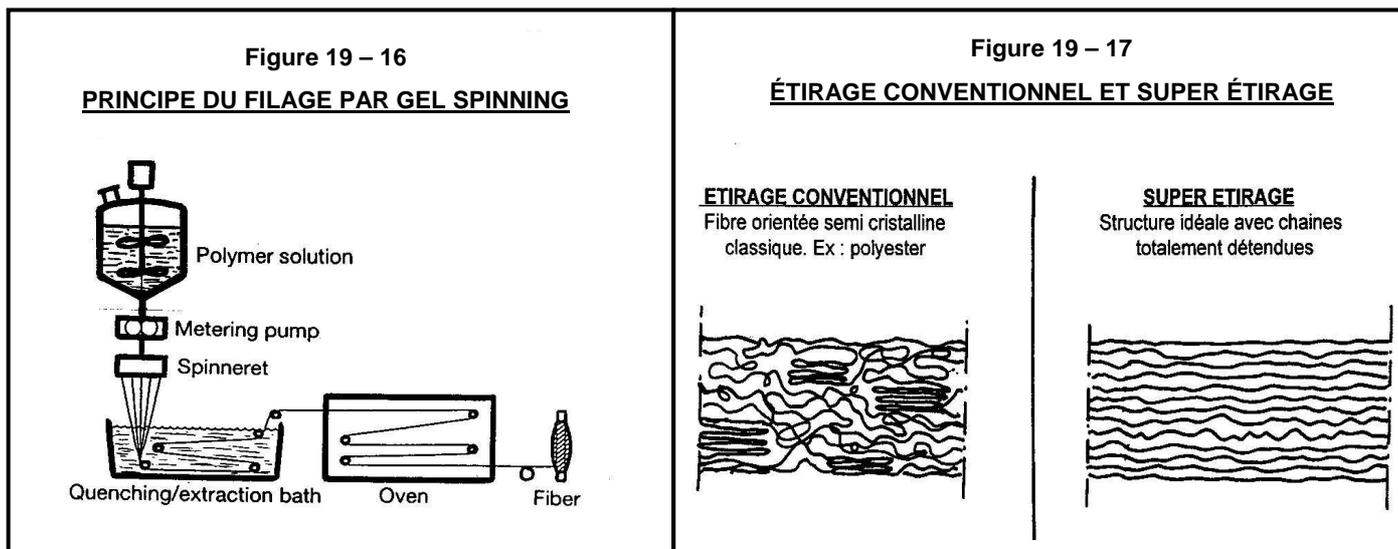
Le gel spinning peut se décomposer en trois étapes :

- Préparation d'une solution diluée de PE haute masse moléculaire (avec une concentration de quelques %) afin de commencer à désenchevêtrer les très longues chaînes du polymère. Le solvant joue un rôle important pour ce processus : les meilleurs résultats sont obtenus avec le xylène et la décaline.
- Extrusion à basse vitesse de quelques m./ min., de la solution dans l'eau. Il se forme des fibres gélifiées.
- Chauffage et très fort étirage d'environ 30 fois, suffisamment progressif pour que les chaînes macromoléculaires se parallélisent et acquièrent une structure presque parfaite.

Voir les figures 19-16 et 19-17

Le gel spinning est la première méthode permettant d'obtenir, pour le PE, des ténacités et des modules qui s'approchent de ceux que l'on peut calculer théoriquement pour les cristaux idéaux.

DSM a développé les fibres DYNEEMA au début des années 80. D'autres producteurs ont tenté sans succès de contourner le brevet maître de DSM sur le gel spinning. TOYOBO a conclu un joint venture avec DSM pour produire le DYNEEMA à partir de 1986 alors qu'ALLIED achetait une licence pour produire le PE haute ténacité sous le nom de SPECTRA, en changeant le solvant pour de l'huile de paraffine. Plus récemment MITSUI, HOECHST et HERCULES se sont engagés dans la production de PE haute ténacité.



Les utilisations de cette fibre sont très variées, seule ou en renfort : câbles, gilets pare-balles, parachutes, skis, raquettes de tennis, etc. Cependant le bas point de fusion, qui varie de 145 à 155 °C, interdit toutes les applications qui nécessitent une certaine résistance à la chaleur : espace par exemple.

6 - 3 - LES CRISTAUX LIQUIDES.

Les projets spatiaux qui débutèrent dans les années 60 aux U.S.A. entraînèrent des recherches intenses pour développer de nouveaux matériaux et la R&D de Du PONT se distingua avec plusieurs succès. Tout d'abord avec la résine polyimide CAPTON puis avec deux types de polyamides aromatiques : une macromolécule en zigzag nommée NOMEX, obtenue à partir d'une méta diamine, et une macromolécule linéaire extrêmement rigide nommée KEVLAR, obtenue par réaction catalysée entre le chlorure de téréphtaloyle et la paraphénylène diamine.

Le NOMEX de DU PONT a connu un grand succès dans la confection de vêtements de protection contre le feu car sa résistance thermique permet une utilisation jusqu'à 300°C.

Stefany KWOLEK, de Du PONT, trouva accidentellement que les aramides (Nom donné génériquement aux polyamides aromatiques) pouvaient se dissoudre dans l'acide sulfurique contenant un sel - sel de Li par exemple – Elle constata également qu'avec les macromolécules de KEVLAR elle obtenait spontanément en solution diluée une mésophase lyotrope, c'est à dire que les chaînes s'organisaient en "cristaux liquides". On notera que, par opposition à une phase **lyotrope**, une phase **thermotrope** s'organisera sous l'influence de la température.

Lorsque la solution sulfurique de KEVLAR est extrudée à basse vitesse dans un bain de coagulation, les chaînes cristallines s'orientent dans l'axe de la fibre. Il n'est donc plus nécessaire d'opérer un étirage pour obtenir une meilleure orientation. Cette méthode révolutionnaire a pris le nom de filage des cristaux liquides et le KEVLAR a connu depuis un très grand succès du fait de la conjugaison d'un haut module, d'une haute ténacité et d'une grande stabilité thermique.

Voir les propriétés physiques de polyamides et polyesters aromatiques à la figure **19-19**

Du PONT a investi plus de 275 K€ sur 10 ans pour lancer son produit et depuis le lancement initial plusieurs types de KEVLAR ont été développés.

Parallèlement à Du PONT, AKZO a débuté en 1969 des recherches sur une fibre para-aramide. Il en est résulté le TWARON. Après une très longue bataille juridique avec Du PONT, car le TWARON est assez analogue au KEVLAR sinon que le solvant utilisé est moins délicat à mettre en œuvre que l'acide sulfurique, AKZO a pu commencer une production industrielle en 1986.

Pour compléter ce panorama des polyamides aromatiques, il faut citer le para-aramide TECHNORA développé par TEIJIN. Pour tourner les brevets Du PONT, TEIJIN a introduit des enchaînements éther dans la chaîne qui est de ce fait moins rigide que celle du KEVLAR. On n'obtient plus l'effet "cristaux liquides" et le TECHNORA doit être étiré après son filage en solution.

Suite à la découverte des cristaux liquides, les recherches on conduit à une autre classe de polymères donnant des cristaux liquides, mais cette fois sous l'action de la chaleur : les polyesters aromatiques thermotropes. Le grand avantage de ces polymères est que leur viscosité à l'état fondu est relativement basse, eu égard à leur structure, de telle façon qu'ils peuvent être filés à des vitesses de 1 000 à 1 500 m./min. par des techniques s'approchant de celles utilisées pour les fibres synthétiques conventionnelles mais à des températures qui dépassent 300°C. En fait un post traitement aux environs de 300°C est réalisé pour obtenir une polycondensation complémentaire.

L'avantage économique de ces procédés est néanmoins très important sur les procédés de filage des aramides en solution diluée.

On peut classer les polyesters aromatiques en trois types pour lesquels les propriétés physiques, initialement égales ou éventuellement supérieures à celles des aramides, décroissent alors que la facilité de mise en œuvre s'améliore.

Voir les figures **19-18, 19-19 et 19-20**

Figure 19 – 18

CLASSIFICATION DES POLYAMIDES ET POLYESTERS AROMATIQUES

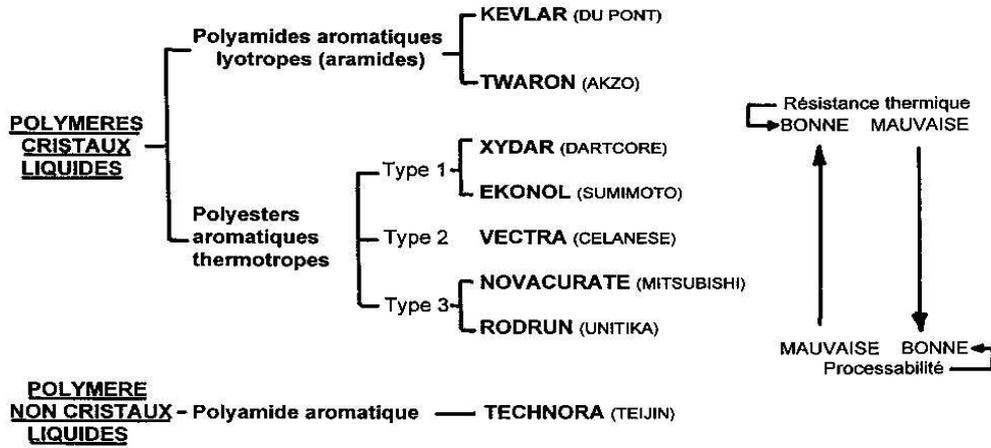


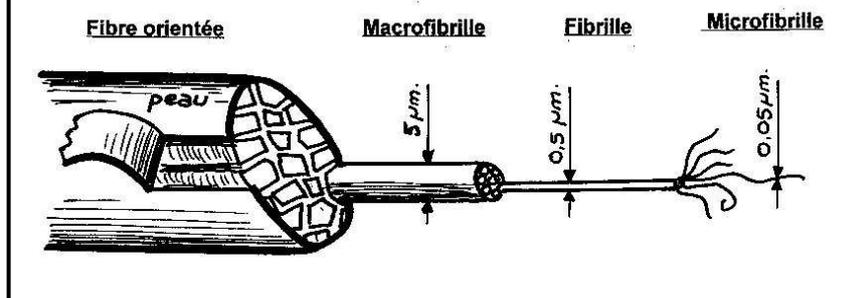
Figure 19 – 19

QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE POLYAMIDES ET DES POLYESTERS AROMATIQUES

	POLYAMIDES AROMATIQUES (aramides)			POLYESTERS AROMATIQUES	
	KEVLAR 29 (DU PONT)	KEVLAR 49 (DU PONT)	TECHNORA (TEIJIN)	ECONOL (SUMITOMO)	VECTRA (CELANESE)
Densité g./ cm ³	1,44	1,45	1,39	1,40	1,40
Ténacité cN / tex	195	205	220	270	195 220
Module cN / tex	4 650	7 100	5 050	9 500	5 300 6 200
Allongement %	4,0	2,7	4,4	2,9	2,0 5,0
Reprise d'eau %	7,0	2,0	3,0	0,0	0,01

Figure 19 – 20

STRUCTURE FIBRILLAIRE D'UN POLYESTER AROMATIQUE



6-4 – LES FIBRES DE CARBONE.

Les fibres de carbone sont apparues dans les années 50 aux U.S.A. où elles étaient obtenues par pyrolyse de fibres de rayonne puis du PAN, la production industrielle ne démarrant réellement que vers 1964-1965. Les fibres issues de brai sont apparues quant à elles dans les années 1970

. Les fibres de carbone occupent une place un peu particulière dans la classe des "super fibres" du fait de leur potentiel de développement.

Voir la figure 19-21 ci-contre.

Plus d'une trentaine de sociétés dans le monde assurent la production de tonnages importants. On remarquera que, malgré le développement des applications, la capacité de production mondiale restait en 1999 très supérieure à la consommation : 30 400 t./ an de capacité pour 13 300 t. de consommation. (Chemical Fiber International - Vol 50 - May 2000) Néanmoins les premières années du XXIème siècle ont vu un développement foudroyant des applications et en 2010 on estime le marché à 43 000 tonnes /an

Les fibres obtenues à partir de la **rayonne** ayant une résistance insuffisante, les travaux ont porté sur l'utilisation du **polyacrylonitrile** comme précurseur, puis plus récemment du **brai**.

On notera cependant que des travaux ont repris, surtout en Europe et avec un projet d'industrialisation, pour utiliser à nouveau la rayonne comme précurseur. (C'est sur ce principe qu'EDISON a réalisé le premier filament de lampe

6 - 4 - 1 - Obtention à partir du polyacrylonitrile.

La macromolécule de polyacrylonitrile est linéaire :



La pyrolyse des fibres conduit à une structure uniquement constituée d'atomes de carbone.

La fibre de PAN initiale étant thermoplastique, il faut la réticuler par une oxydation partielle obtenue par chauffage à l'air à 250°C pendant 2 à 3 heures. Vient ensuite une étape de carbonisation effectuée à 1 000 - 1 500°C. A 1 500°C il ne reste que des atomes de carbone arrangés parallèlement à l'axe de la fibre. La pureté est de 97 à 98 % et la structure est poreuse. Ces fibres sont dites "à haute résistance" (HR) ou "à haute ténacité" (HT). La résistance à la traction évolue entre 3 et 5 GPa et le module entre 250 et 500 GPa.

Pour obtenir des fibres à haut module (HM) on effectue un traitement complémentaire dans un four dit de graphitisation à 2 500 à 3 000°C. La structure devient alors proche de celle du graphite. Le module atteint 500 à 550 GPa mais, en raison de la cristallinité, la ténacité diminue et se situe seulement entre 2 et 3 GPa.

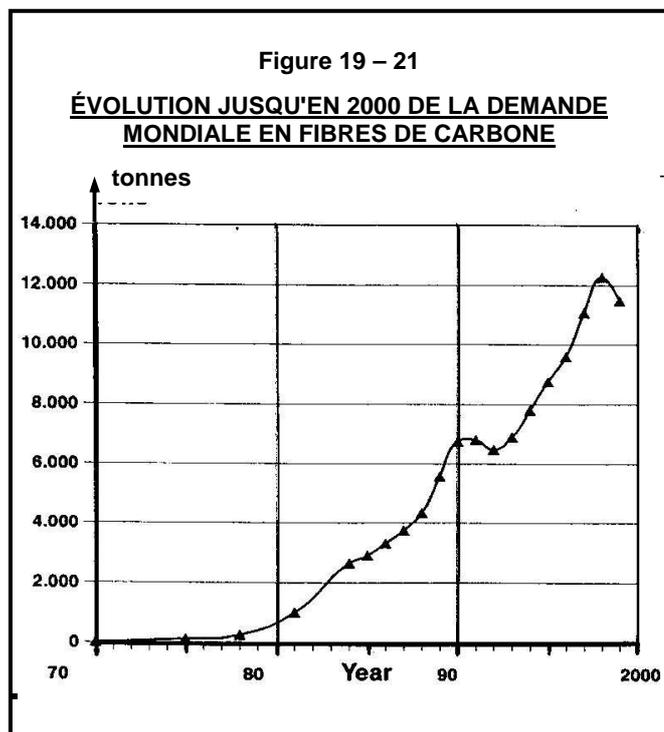
De gros efforts ont été consacrés au développement de fibres de carbone à partir du brai (Pitch Based Carbon Fiber) notamment au JAPON. On estime en effet qu'à terme le prix de revient par cette voie sera notablement inférieure à la voie PAN (- 40% ?) pour une fibre "General Purpose" (GP)

6 - 4 - 2 - Obtention à partir du brai.

Les étapes de la transformation sont les suivantes :

- * Précarbonisation sous atmosphère inerte à 350-450°C pour transformer le brai de nature isotrope en brai dit "mésophase" constitué par une structure de type cristal liquide fortement orientée.
- * Filage par voie fondue et étirage. Le filage du brai mésophase est réalisé entre 350 et 450°C puis les filaments sont étirés de 300 à 500% avant d'être bobinés.
- * Oxydation entre 150 et 250°C en présence d'oxygène afin de rendre la matière infusible avant l'étape de carbonisation.
- * Carbonisation et graphitisation. Les traitements thermiques s'effectuent dans des conditions pratiquement semblables à celles des fibres issues de PAN.

La fibre de carbone est noire. Le diamètre unitaire classique est de 7 µm. et la masse volumique est comprise entre 1 750 et 1 800 kg / m³. La reprise d'humidité est faible et proche de zéro. Le module de traction peut évoluer dans une large plage de 200 GPa (usage général) à plus de 600 GPa (très haut module). La conductivité électrique dépend directement de la microstructure et les fibres issues de brai ont un avantage sur celles issues de PAN. La conductivité thermique longitudinale (en W / m,K) est également à l'avantage des fibres issues de brai :



TORAYCA T 300 type haute résistance - issu de PAN.	6,3 W / m,K
TORAYCA M 40J type haut module - issu de PAN.	40 " "
THORMEL P 55-S type haut module - issu de brai.	100 " "
THORMEL P 75-S type haut module - issu de brai.	520 " "
Graphite monocristallin	2600 " "

Les fibres de carbone sont très stables thermiquement en atmosphère inerte (> 2 500°C) mais elles sont sensibles à l'oxydation avec une cinétique qui dépend de la microstructure.

Les principaux producteurs mondiaux sont les suivants :

- **A partir de polyacrylonitrile** : AKZO USA - AMOCO Performance Products USA - HERCULES USA - HEXCEL Corp USA - MITSUBISHI Rayon USA et Japon - SGL-SIGRI Great Lakes Allemagne - SOFICAR France - TENAX Fibre Allemagne - TOHO Rayon Japon - TORAY Japon et ZOLTEK Corp USA.

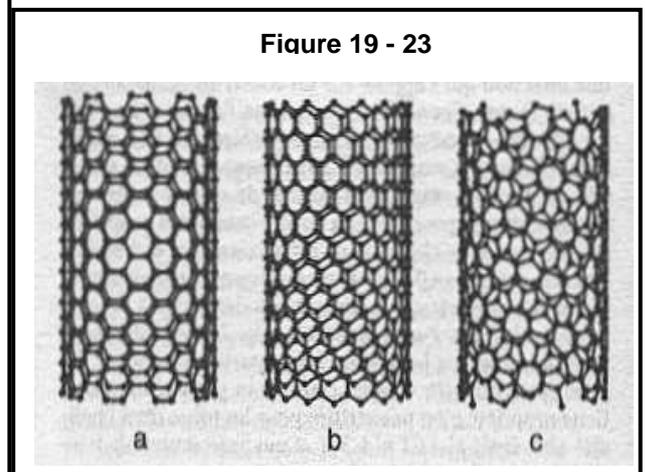
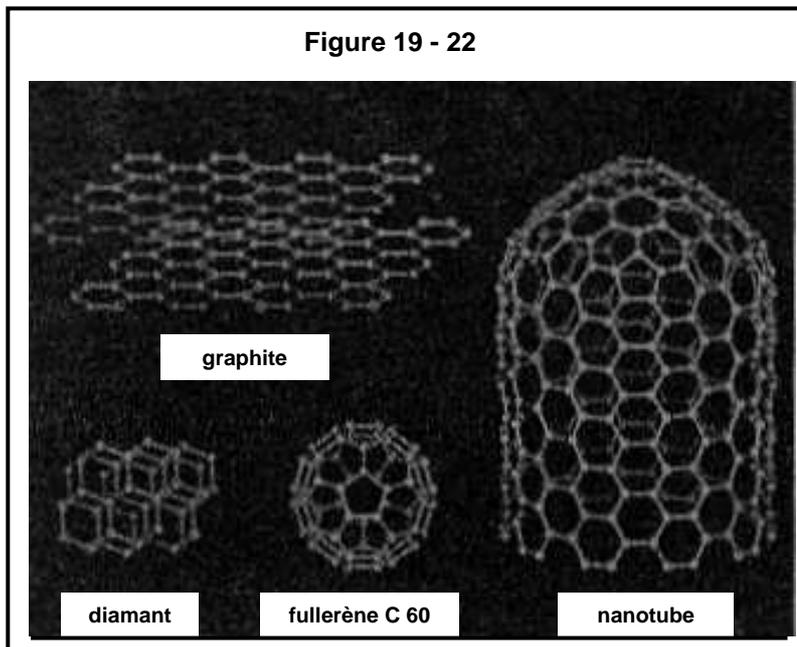
- **A partir de brai** : AMOCO Performance Products USA - KUHEHA Chemical Japon et MITSUBISHI Chemical Japon.

6 – 4- 3 – Les nanotubes de carbone.

Bien que s'éloignant notablement des domaines textiles classiques, la classe récente des nanotubes de carbone ne peut être passée sous silence étant donné les potentialités très importantes qu'on peut imaginer dans le futur. en tant que super fibre.

Depuis le XVIII^{ème} siècle on savait que le carbone pouvait exister sous deux formes cristallines : le graphite et le diamant. En 1985, cette situation a été profondément modifiée par la découverte par H. KROTO, R. SMALLEY et leurs collègues d'une nouvelle forme d'organisation du carbone : la molécule C₆₀. Cette molécule est composée de 60 atomes de carbone disposés aux sommets d'un polyèdre régulier de 0,7 nm. de diamètre dont les facettes sont des hexagones et des pentagones. Elle a été appelée **fullerène** par référence au dôme construit par l'architecte Buckminster FULLER. Un procédé de synthèse a été mis au point en 1990, et en 1991 S. IJIMA a eu la curiosité d'examiner au microscope un sous-produit de synthèse qui se présentait comme un dépôt noirâtre dur et filamentaire. Il y a découvert les nanotubes, objets tubulaires fermés à leurs extrémités et constitués de carbone cristallisé. Voir la figure 19-22.

L'appellation de ces tubes est justifiée par leurs dimensions : la longueur peut atteindre plusieurs microns alors que leur diamètre est typiquement compris entre 1 et 10 nm. (on rappelle qu'un diamètre de 1 nm. est de l'ordre de celui de la double hélice de la molécule d'ADN)



Comme le montre la figure 19-22, la molécule C₆₀ et les nanotubes de carbone présentent d'évidentes parentés avec la structure du graphite. La structure atomique du nanotube s'obtient en effet en considérant un plan d'hexagones de la structure graphite, que l'on appelle graphène, que l'on roule sur lui-même pour obtenir un cylindre. Cet enroulement se fait selon une certaine hélicité pour obtenir un raccordement parfait des hexagones sur une génératrice. Selon l'angle d'hélicité on peut avoir différentes structures comme le montre la figure 19-23.

On sait maintenant réaliser des nanotubes soit par sublimation de graphite dans un arc électrique à 3 200°C, soit par ablation d'une cible de graphite par un rayonnement laser de forte énergie.

Les applications des nanotubes de carbone font encore l'objet de travaux intensifs. Elles peuvent se définir selon trois catégories :

- Utilisation des propriétés électriques : Suivant leur hélicité, les nanotubes sont ou non un bon conducteurs.

Dans ce dernier cas ils peuvent être considérés comme un modèle de ce seront les fils conducteurs de la microélectronique des années 2010-2015. Des transistors à effet de champ et des écrans plats à pointes ont déjà été réalisés en 2000.

- Utilisation des propriétés mécaniques : Les nanotubes présentent une très grande résistance à la déformation dans le plan des hexagones (10^{12} Pa) tout en restant très souples. Ces performances pourraient en faire une microfibre de renfort bien supérieure au kevlar et à l'acier lorsque la production en quantité se sera développée. On pense aussi à la conception de muscles artificiels.
- Utilisation de la microgéométrie des nanotubes : La cavité intérieure des nanotubes peut les faire considérer comme des "nanocontainers". Il est possible de les remplir par capillarité avec des produits de façon à obtenir des nanofils encapsulés. On peut également greffer des molécules à la surface des nanotubes pour les fonctionnaliser et les utiliser comme support de synthèse.

7 - PROPRIÉTÉS DES PRINCIPALES FIBRES HAUTES PERFORMANCES.

Le tableau ci-dessous offre une vue synthétique de quelques propriétés des principales fibres à performances élevées.

	Twaron standard	Twaron HM	Rayonne	PA 6-6	PET	Acier	Carbone HT	Carbone HM	Verre E
ρ (kg/m ³)	1 440	1 450	1 530	1 140	1 380	7 850	1 780	1 830	2 580
θ décomposit. (°C)	500	500	200				3 700	3 700	
θ fusion (°C)				255	260	1 600			825
Ténacité (cN/tex)	210	210	52	85	85	33	191	123	78
(Gpa)	3,02	2,94	0,80	0,95	1,16	2,59	3,40	2,25	2,01
Module (cN/tex)	6 000	7 500	1 200	500	1 000	2 000	13 400	25 600	2 800
(Gpa)	86,4	108,7	18,4	5,7	13,8	216,6	238,5	468,5	72,2
Allongement (%)	3,6	2,5	13,0	20,0	13,5	1,9	1,4	0,5	2,0
Reprise H ₂ O (%)	6,5	2,0	12,0	4,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
Tenue thermique	bonne	bonne	mauvaise	moyenne	moyenne	bonne	bonne	bonne	bonne
Retrait hot air (%)	0,7	0,05	0,2	4,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0

8 - ÉVOLUTIONS FUTURES.

Les figures 19-24, 19-25 et 19-26 montrent les types de chaînes polymère et les structures de plusieurs super fibres commerciales. La figure 19-27 donne une idée de tous les champs de développement offerts aux fibres de l'avenir.

Outre ce qui a été déjà exposé, la vague d'innovations qui s'initie à l'ouverture du troisième millénaire explore des pistes telles que :

- Les cosmétotextiles : Avec la mode *stretch* le consommateur apprécie le contact intime entre la peau et le textile. Avec des fibres dont la surface spécifique peut dépasser 100 m² par gramme, le textile est devenu un lieu d'échange avec la peau. Ils permettent de délivrer tout au long de la journée des arômes, des amincissants, des veinotoniques, des hydratants, des dépilatoires, des vitamines, etc. Ce qui risque de poser de jolis problèmes de législation !
- Les texticaments : Dans la mouvance de ce qui précède, et en dépassant le concept de "patch", les textiles actifs peuvent rejoindre la para-pharmacie et même le domaine de la pharmacie. (analgésique, anti-inflammatoire, anti-infectieux, ...). Cela exigera de maîtriser les interfaces et de développer les techniques d'accrochage des molécules actives. Les texticaments n'échapperont évidemment pas aux rigoureux essais cliniques requis avant la mise sur le marché.
- Les vêtements communicants : On commence à voir des tentatives pour l'intégration dans les vêtements de toutes les technologies nouvelles de communication depuis le téléphone portable jusqu'à l'écran de télévision. Dans la mesure où se développent, ainsi que le font les fibres optiques pour le transfert de signaux lumineux, des fils conducteurs d'électricité, des fils inductifs (ferromagnétiques gainés de verre isolant par exemple) et que de tels fils peuvent être facilement tissés, tricotés ou tressés, on débouche sur des textiles réellement communicants intégrant des systèmes électroniques "embarqués".

Pour terminer sur ce que l'on appelle les textiles, ou plutôt les vêtements, "intelligents", signalons les essais de tenues de combat équipées de minuscules caméras commandant au tissu des changements de couleurs et de motifs de façon à ce que le fantassin du futur se fonde en permanence dans son environnement.

Dans un domaine moins guerrier, le couturier français Ted LAPIDUS et son fils Olivier ont déposé de très nombreux brevets et réalisé des robes de haute couture à partir de ces textiles intelligents, qui peuvent changer de couleur ou porter des ornements se modifiant en fonction de l'ambiance dans laquelle on se trouve.

Voir la figure 19-28 ci-contre



9 - LE CAS DE LA CELLULOSE.

On ne peut pas évoquer les fibres textiles du futur sans examiner les fibres issues de la **cellulose naturelle** qui, par définition, est une matière première renouvelable au contraire du pétrole.

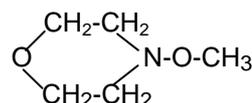
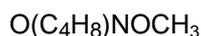
Le déclin actuellement constaté pour les fibres cellulosiques au profit des fibres synthétiques provient pour ces dernières de la facilité d'approvisionnement en matières premières de qualité régulière, de coûts de production plus bas des polymères et de procédés moins polluants (utilisation de sulfure de carbone dans l'extraction de la cellulose par exemple).

Il convient de suivre avec attention le développement de la fibre cellulosique LYOCELL lancée par LENZING à partir de 1993 - 1994 avec une montée continue en tonnage. Cependant la crise asiatique qui s'est déclarée en 1997 et le ralentissement de la demande en tissus "denim" fabriqués à partir de LYOCELL-TENCEL ont refroidi momentanément les ambitions des producteurs depuis 1998. Ces producteurs sont, ou seront, les suivants :

(Source : ITB International Textile Bulletin 5/98)

Appellation commerciale	Producteur et volume de production	genre de fibre produite
"TENCEL" ou "COURTAULDS LYOCELL"	COURTAULDS environ 85 000 t. en 1997	fibre courte
"LENZING LYOCELL"	LENZING environ 12 000 t. en 1997	fibre courte
"NEWCELL"	AKZO environ 5 000 t. à partir de 2000	filament
"ALCERUS"	ALCERUS SCHWARZA GmbH installation en projet	fibre courte et filament

Les fibres de LYOCELL sont obtenues par régénération de la cellulose depuis une solution dans un solvant organique : la N-méthyl morpholine oxyde (NMMO) :



Le procédé d'obtention serait caractérisé par une faible consommation d'énergie et par un fort respect de l'environnement : 99,7 % du solvant est recyclé

L'un des points marquants de la fibre LYOCELL repose sur son aptitude à la fibrillation et sur le toucher ainsi que sur l'aspect exceptionnel que peut lui conférer cette propriété. La fibrillation est liée à la présence importante de zones cristallines dans le polymère par rapport aux zones amorphes. On note en effet un taux de cristallinité de 90 % pour la fibre LYOCELL par rapport à 60 % pour une viscose classique. La fibre se transforme aisément en microfibrilles car elle peut être filée puis tissée dans son état initial et devenir fibrillaire sous faible contrainte lors de l'ennoblissement.

Des traitements spécifiques tels le gommage enzymatique ont été mis au point pour la fibre LYOCELL afin de conférer aux étoffes des touchers particuliers comme celui du type "peau de pêche" ainsi qu'un drapant fluide. Toutefois ce traitement ne serait pas nécessaire pour obtenir les mêmes effets avec la fibre NEWCELL.

La fibre LYOCELL présente un caractère naturel d'infroissabilité, ce qui permet des économies au niveau des traitements d'entretien.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- * Titre initial de 1,3 à 3,3 dtex (avant fibrillation - fibrilles = 0,10 à 0,13 dtex)
- * Ténacité à sec = 33 cN/tex.
- * Ténacité à l'humide = 28 cN/tex.
- * Allongement = 14 %
- * Grande stabilité dimensionnelle.
- * Mélangeable avec polyester, polyamide, coton, lin ou laine.

La fibre LYOCELL se teint facilement en peu de temps à 80 °C à l'aide de colorants directs. Cependant des températures supérieures à 80 °C et une durée supérieure à 30 minutes sont toutefois nécessaires pour atteindre une pénétration complète de la matière colorante.

Par ailleurs il a été nécessaire de trouver une solution pour réduire la défibrillation au cours des lavages domestiques afin de conserver l'aspect "peau de pêche". La solution consiste à utiliser un réticulant sous la forme d'une résine glyoxal à faible teneur en formol et un adoucissant permanent à base de silicone. En fait pour les filaments LYOCELL l'ennoblissement est essentiel.

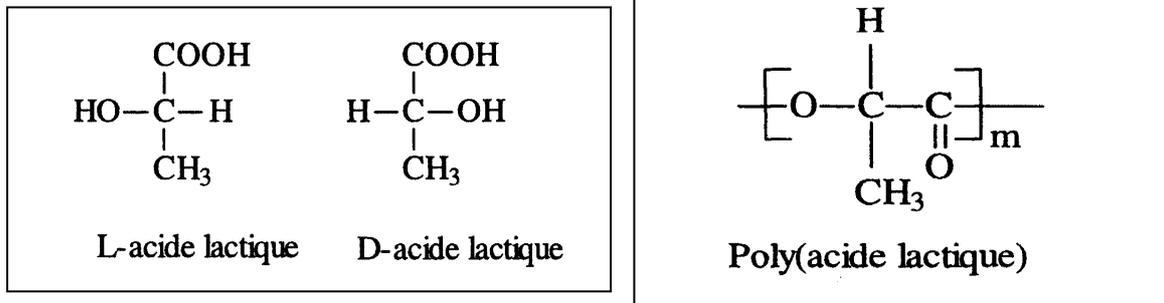
Le nom de LYOCELL a été reconnu par le BISFA à BRUXELLES et par la FEDERAL TRADE COMMISSION aux Etats Unis en tant que nom de fibre textile.

10 – APPARITION D'UN POLYMÈRE BIODÉGRADABLE INDUSTRIEL : LE P.L.A.

Depuis 2001 la société américaine CARGILL DOW mène une intense campagne pour promouvoir un nouveau polymère et une nouvelle fibre "biodégradable" issue du maïs, matière première renouvelable contrairement au pétrole. Une usine de 100 à 140 000 t/an a démarré à BLAIR dans le Nébraska qui transforme le maïs en une substance que

CARGILL appelle **NatureWorks PLA**. COCA COLA s'en sert déjà pour ses gobelets à soda, McDONALD'S pour ses plats à salade et PACIFIC COAST FEATHER comme garniture pour oreillers et pour couettes. Selon les dirigeants de CARGILL DOW le nouveau matériau fera directement concurrence aux polyesters d'origine pétrolière, tant du point de vue du prix que de celui de la qualité. En fait de quoi s'agit-il ?

Les **poly (acide lactique)**, ou nommés le plus souvent **polylactone** ou **P.L.A.**, sont des polymères constitués d'unités de répétition chirales du type lactate dérivées des **L-(S) ou D(R)-acide lactiques** et reliés entre eux par des liaisons ester aliphatiques. L'acide lactique est l'une des plus petites molécules chirale car il est doté d'un carbone asymétrique ce qui induit deux configurations opposées L et D :



Les PLA présentent des propriétés qui varient fortement selon la masse moléculaire et la cristallinité, allant de l'huile visqueuse à un produit solide transparent ou opaque. Ils ne sont pas à proprement "biodégradables" comme le clame la publicité car s'ils se dégradent en acide lactique en présence d'humidité, il faut les maintenir de 54 à 60 jours au dessus de 140°C (Il est d'ailleurs évident qu'utilisés dans des vêtements, ils doivent pouvoir supporter des lavages à l'eau bouillante). Ensuite des micro-organismes peuvent casser la molécule d'acide lactique en CO₂ et en eau.

10 – 1 – OBTENTION DES ACIDES LACTIQUES.

Comme le nom l'indique, c'est dans le lait qu'en 1780 Carl Wilhem SCHEELE découvrit un acide qu'il sépara par cristallisation sous forme de sel de Ca. Hors l'usine récente de CARGUILL DOW, il se produit actuellement environ 80 000 t/an dans le monde dont 90% sont issues d'une fermentation bactériennes, les 10% restant étant synthétisés chimiquement.

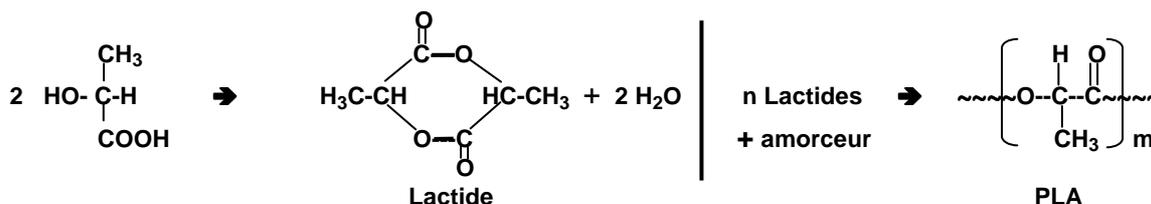
- ❑ **Synthèse chimique.** Basée sur l'hydrolyse du **lactonitrile** obtenu à partir de l'**acétaldéhyde**, lui-même issu du pétrole via l'oxydation de l'**éthylène**. L'acide obtenu est racémique, c'est à dire qu'il contient une égale quantité d'acide L et D lactique. La principale production est le fait de la firme japonaise MUSHAHINO.
- ❑ **Obtention par fermentation** On utilise des bactéries lactiques du genre *Lactobacillus* pour transformer des substrats hydrocarbonés. Dans le cas du PLA de CARGILL, les sucres sont obtenus à partir de l'amidon formé par chauffage du maïs broyé pendant 30 à 40 heures à 50°C en milieu aqueux. La fermentation peut être conduite en continu ou en discontinu et les meilleurs résultats sont obtenus en séparant l'acide lactique par électrodialyse au fur et à mesure qu'il se produit. On obtient essentiellement la forme L.

10 – 2 – OBTENTION DU POLYMÈRE.

Dès 1932, CAROTHERS avait exploré la possibilité de synthétiser des polyesters aliphatiques du type **poly(α-hydroxyacide)** mais à cette époque les composés obtenus avaient des masses molaires trop faibles pour être exploitables. C'est en 1954 qu'un procédé de synthèse de polymères de haute masse moléculaire à partir des **α-hydroxyacide** a été décrit par des chercheurs de Du PONT.

La conversion de l'acide L-lactique obtenu par fermentation en poly(acide lactique) semi-cristallin de hautes masses molaires est de nos jours effectuée industriellement selon deux procédés :

- ❑ CARGILL aux USA utilise un procédé sans solvant, avec une distillation sèche, qui passe par la formation du dimère cyclique de l'acide lactique, le **dilactide** ou plus communément appelé **lactide** (d'où le nom de **polylactide** donné souvent au polymère). Le cycle du dimère est ensuite ouvert par un amorceur du type **octanoate de zinc** ou **lactate de zinc**, et le polymère se forme par polyaddition



Comme l'acide lactique utilisé contient toujours une petite quantité configuration D, la température de transition vitreuse T_g est relativement faible, et de l'ordre de 50°C. Par ailleurs le point de fusion est également assez bas et compris entre 120 et 170°C selon la masse moléculaire et la structure spatiale des chaînes. Il est de l'ordre de 170°C pour le produit fabriqué par CARGILL-DOW qui vise, du moins selon les déclarations de ses dirigeants, à concurrencer sévèrement le polyester PET.

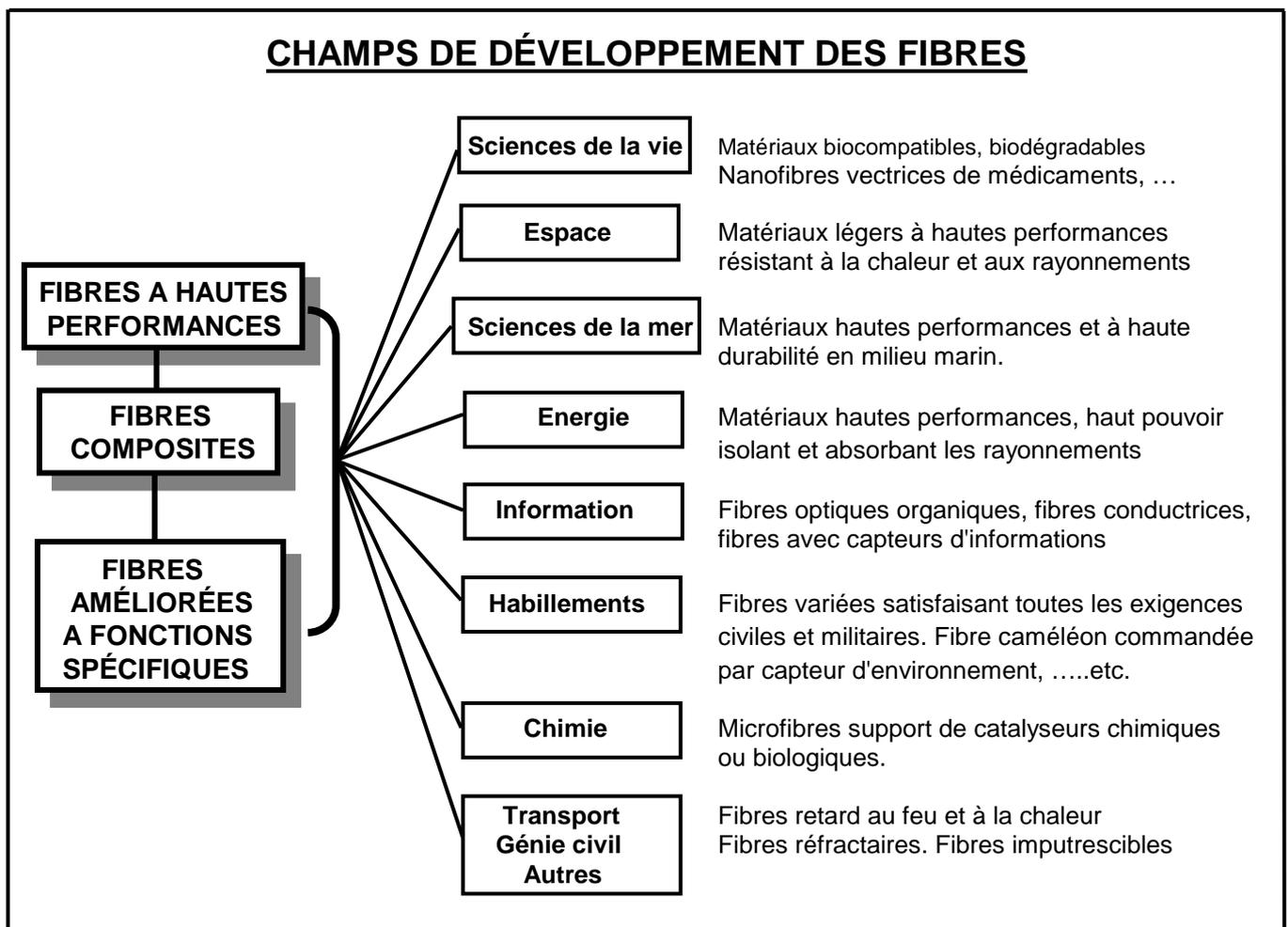
- ❑ MITSUI TOATSU, au Japon, utilise un procédé qui inclut un solvant à haut point d'ébullition avec distillation azéotropique pour convertir l'acide L-lactique en polymère par condensation en continu en présence de catalyseurs analogues à ceux utilisés pour la polyaddition avec ouverture de cycle des lactides.

10 – 3 – UTILISATIONS DU PLA.

Dans ses documents CARGILL DOW indique des utilisations en film pour emballage, en produits moulés légers tels qu'emballages pour produits alimentaires, en fibres textiles procurant un confort identique au coton ou à la soie, et en fibres pour tapis et revêtements de sol

10 – 4 – DERRIÈRE LES FIBRES, LES O.G.M. !

Il est une chose qui ne donne pas lieu à commentaires à propos des matériaux produits par CARGILL DOW, c'est qu'il sont issus de maïs transgénique, mais la controverse ne fait que commencer. GREENPEACE USA a déjà déclaré "*il est extrêmement hypocrite de proclamer que ces nouveaux produits sont écologiques (biodégradables) alors qu'ils contiennent du maïs transgénique*". Il est certain que la Chine, qui produisait déjà 40 000 t/an de PLA en 2005, ne s'embarrasse pas de ces considérations pour développer sa production.



ANNEXE UNE AU CHAPITRE DIX NEUF

QUELQUES EXEMPLES DE PRODUITS JAPONAIS NOUVEAUX RÉSULTANT DE LA DÉMARCHE SHINGOSEN

CEO_α de TORAY.
Filaments PET de différentes sections



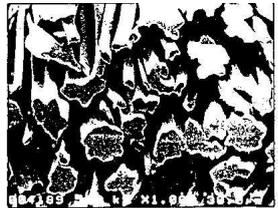
SILLOOK TIFFARA de TORAY
Filament PET trilobé de 0,2 denier contenant de la poudre fine de céramique.



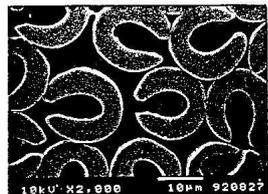
PICEME de TORAY
Cofilage de polyamide / polyester
Séparation durant le processus textile.



NACLE de KANEBO
Filament PET avec sections aléatoires et ensimage spécial.



KILATI de KANEBO
Filaments PET à creux ouverts
Texturation possible.



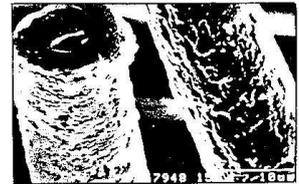
ROMIEL de KURARAY
Fil PET core-sheath avec périphérie en filaments 0,4 denier



SILLOOK CHATELAINE de TORAY
Filaments PET trilobés avec microcratères
Retrait en plusieurs étapes



LOUVRO de TOYOBO
Fibre PET creuse avec une fine dispersion de céramique de même indice de réfraction que le polyester.



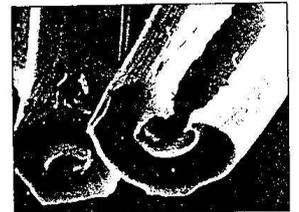
SHANDEL de TOYOBO
Filaments PET creux de titre variable avec dispersion de céramique.



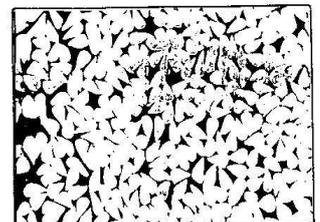
IEPLA de TEIJIN
Filament PET à section variable de façon aléatoire.



AEGE de MITSUBSHI RAYON
Mélange de filaments PET à creux fermés et creux ouverts.



ESY de UNITIKA
Fibre composée de deux types de PET à solubilités différentes dans les alcalis.



ANNEXE DEUX AU CHAPITRE DIX NEUF

L'EFFET LOTUS : SURFACES AUTONETTOYANTES SELON L'EXEMPLE DE LA NATURE

Extrait de International Textile Bulletin 1/2001

Le lotus est le symbole de la pureté dans les religions asiatiques : les feuilles sont capables de traverser la boue de façon propre et sèche. L'exemple biologique des microstructures et des nanostructures peut être appliqué et a conduit ces dernières années à un changement de paradigme dans la technologie des surfaces.

Les choses les plus intéressantes dans la nature vivante et morte se passent au niveau des surfaces limites : l'interface entre le corps fixe et son environnement. Les technologies de surface et surtout les traitements de surface jouent de plus en plus un rôle central dans la science des matériaux.. Depuis toujours **lisse** signifie propre, mais quelle erreur quand on regarde des exemples dans le monde biologique. Dans le cas de la fleur de lotus, la nature a développé, au cours de presque 100 millions d'années, des surfaces avec des caractéristiques antiadhésives extraordinaires : non seulement l'eau, mais également des matières à viscosité élevée comme le miel s'égouttent, le suie et d'autres impuretés s'éliminent par simple jet de douche.

A la différence de la plupart des surfaces techniques, les surface biologiques ne sont presque jamais planes. Il s'agit le plus souvent d'une structure double superposée à un micro- et à un nanoniveau. Voir la figure **19-29**

C'est en 1992 qu'a été découvert, sous le nom d'"effet lotus", une relation remarquable entre la chimie, l'ultrastructure, la salissure des surfaces et la mouillabilité. On rappelle que la mouillabilité d'un corps fixe avec l'eau peut être caractérisé à l'aide d'un angle entre une surface du corps fixe et la tangente avec une goutte d'eau se trouvant sur cette surface. Un angle de contact de 0° signifie une mouillabilité de 100% et la goutte d'eau s'écoule en un film monomoléculaire. Un angle de contact de 180° signifie une non-mouillabilité à 100%, la goutte forme une boule et touche la surface seulement en un point. Ces deux cas extrêmes n'existent pas dans la nature. Une surface lisse permet d'avoir un angle de contact d'environ 110°. Des angles de contact plus élevés demandent une surface plus rugueuse. Dans le cas de telles surfaces, et pour autant que le matériau soit hydrophobe, la goutte se pose sur les pointes de la structure, alors que les microstructures contiennent de l'air. Voir la figure **19-30**

Figure 19 – 29

Cette structure permet de minimiser les surfaces de contact et d'atteindre un degré de non salissure élevé

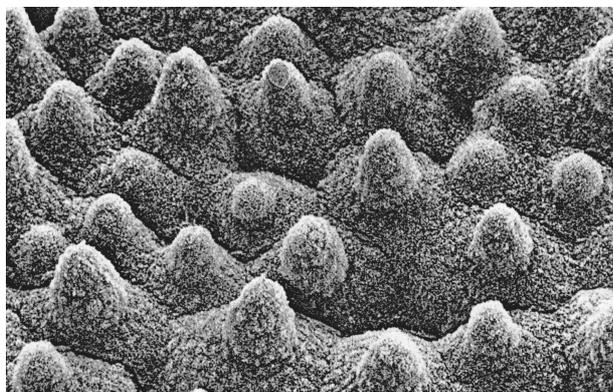
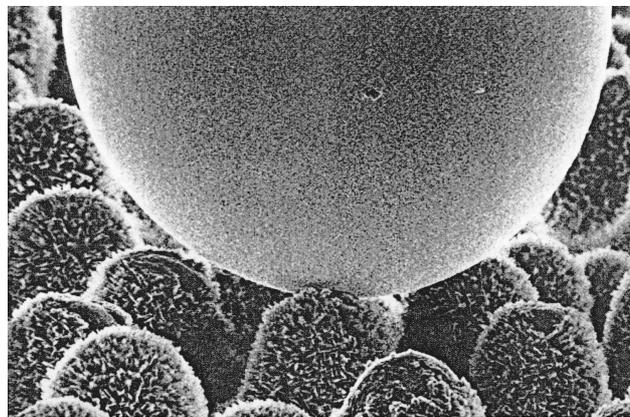


Figure 19 – 30

Une goutte de liquide sur une surface superhydrophobe



Autonettoyage des surfaces microstructurées.

Curieusement, il n'a pas été remarqué que la superhydrophobie puisse être liée avec des caractéristiques antiadhésives beaucoup plus puissantes de la surface. En principe les relations valables pour la goutte d'eau peuvent être transférées à des particules contaminantes. La saleté repose sur la surface comme le fakir sur la planche à clous. La surface de contact est minimisée si une goutte d'eau passe sur une telle particule de saleté, la surface limite eau/air se réduit : la goutte gagne en énergie d'adsorption et par conséquent la particule adhère à la goutte. Elle ne pourra se détacher que si la force d'adhésion entre la particule et la goutte devient plus faible que la force d'adhésion entre la particule et la surface du corps fixe. Mais la surface limite entre la particule et la surface rugueuse est minime. La goutte d'eau fixe ainsi fortement la particule de saleté et l'entraîne avec elle lors de son roulage.

Voir la figure **19-31**

Les surfaces techniques autonettoyantes.

Jusqu'en 1995, la science des surfaces des matériaux ne connaissait qu'un seul but : obtenir du lisse et de l'ultra lisse. De rares auteurs ayant travaillé l'effet lotus déposèrent une première demande de brevet en 1994 pour des surfaces imitant les surfaces biologiques, ce qui fut initié par toute une série de travaux et d'autres brevets dans le monde avec, depuis 1999, les premières applications pratiques comme les peintures pour façades de bâtiments. Par contre, comme

l'effet lotus est une interaction tripartite entre un corps fixe, un liquide et un gaz, on ne peut pas songer à des applications pour des corps fixes immergés (coques de bateau par exemple)

Dans le textile, on imagine un grand nombre d'applications innovantes. De nombreux tissus ont déjà une excellente microstructure qui reçoit, avec une nanostructuration et un traitement hydrophobe, de nouvelles propriétés antisalissures. C'est ainsi que le tissu pour costume prototype montré à la figure 19-32 permet d'enlever de la saleté avec du ketchup !

On peut ainsi prévoir des possibilités entièrement nouvelles comme des textiles pour le génie civil qui restent sec même sous une forte pluie et qui restent propres dans un environnement salissant.

Figure 19 - 31

La goutte qui roule sur la surface entraîne les particules d'impuretés qui sont posées sur la feuille et nettoie la surface

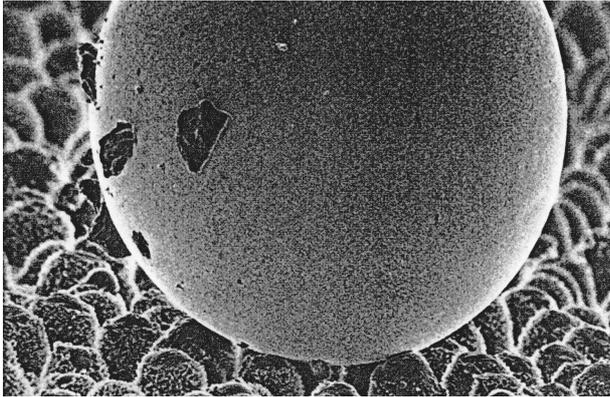
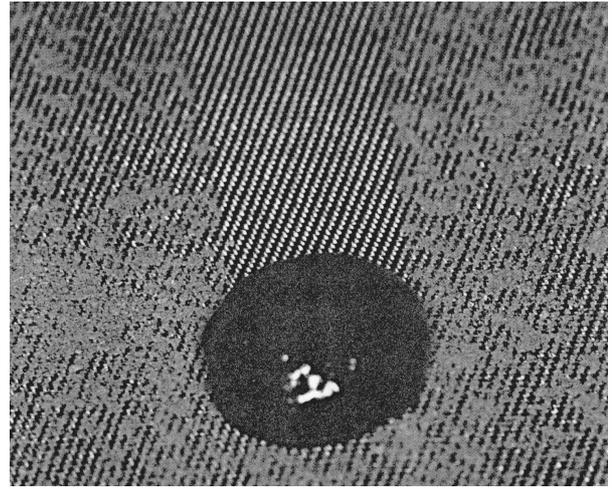


Figure 19 – 32

Prototype d'un nouveau tissu autonettoyant, dont la poussière d'argile qui le recouvre peut être nettoyé par du ketchup



ANNEXE TROIS AU CHAPITRE DIX NEUF

QUELQUES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE FIBRES ET SUPERFIBRES COMPARÉS A D'AUTRES MATÉRIAUX

1 – PRINCIPE DE L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES MÉCANIQUES.

Une avancée notable dans le développement de fibres à hautes performances a été la découverte de moyens de produire des fibres ayant une phase unique paracristalline plutôt que des fibres semi-cristallines à deux phases. Deux procédés ont permis d'atteindre cet objectif :

- Le filage de gel de polymère (gel spinning) suivi d'un surétirage des chaînes macromoléculaires.
- La mise en œuvre de polymères en phase cristalline de type nématique.

Les hautes performances de telles fibres dépendent d'une combinaison entre une haute orientation des chaînes étirées en conformation linéaire, de leur élasticité ainsi que d'une résistance élevée des liaisons interchaînes selon la formule :

$$1/E_{th} = 1/e_c + \langle \sin^2 \theta \rangle / 2g$$

avec : E_{th} = module d'élasticité théorique de la fibre – e_c = module d'élasticité de la chaîne polymérique – g = module de cisaillement interchaînes et θ = angle moyen entre l'axe des chaînes et l'axe de la fibre (orientation).

Ainsi, avec seulement de faibles liaisons de Van der Waals interchaînes, une haute résistance en traction de 5,5 à 6 Gpa est obtenue uniquement avec de très longues chaînes et une distribution étroite de l'orientation dans le cas du polyéthylène de très haute masse moléculaire ($M_n = 1,5 \cdot 10^6$)

Par contre, pour les aramides de type paraphénylène-téréphtalate (PPTA), une fibre de 4,5 Gpa de résistance est obtenue grâce à un fort module de chaîne de 240 Gpa associé à de fortes interaction hydrogène et de Van der Waals.

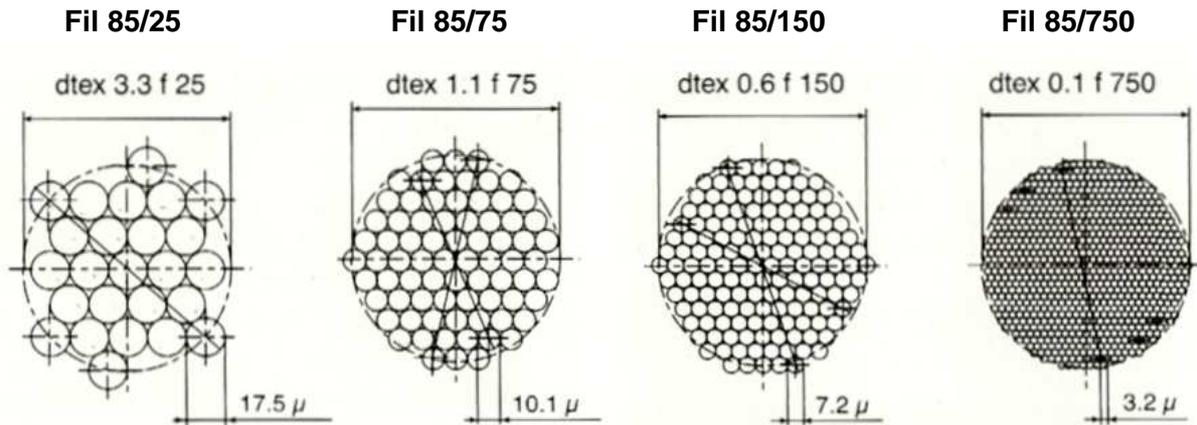
2 – PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE QUELQUES FIBRES A HAUTES PERFORMANCES.

Fibre	Masse volumique ρ (kg/m³)	Module d'YOUNG E (Gpa)	Contrainte de rupture σ (Mpa)	Allongement (%)	Module spécifique E_{sp} (N/Tex)	Résistance spécifique R_{sp} (N/Tex)
Fibres organiques						
Acrylique HT	1180	22	960	12	18,6	0,81
Alcool polyvinylique	1300	30	1200	7	23,1	0,90
Para-aramide	1440	60	2900	3,8	41,7	2,01
Para-aramide HM	1450	120	2900	1,9	82,8	2,00
Polyamide 6-6 HM	1140	6	960	20	5,3	0,84
Polyester HT	1380	13,8	970	16	10,0	0,70
Polyéthylène HT	970	90	2700	3,5	92,8	2,78
Polypropylène HT	920	6,4	736	15,5	7,0	0,80
Viscose HT	1460	19	730	8	13,0	0,50
Fibres inorganiques						
Acier	7800	200	2800	1,8	25,6	0,36
Bore	2580	400	3600	0,8	155,0	1,36
Carbone HM(M40)	1810	392	2740	0,7	216,6	1,51
Carbone HM (M50)	1910	490	2450	0,5	256,5	1,28
Carbone HT (T300)	1760	230	3530	1,5	130,7	2,01
Carbone HT (T800)	1810	294	5490	1,9	162,4	3,03
Carbure de silicium	2550	200	2900	1,5	78,4	1,14
Céramiques (SiO ₂ , Al ₂ O ₃)	2700	152	1700		56,3	0,83
Silice	2200	78	3540		35,5	1,61
Verre E	2600	73	2500	3,5	28,1	0,96
Verre R	2530	86	3300	3,3	34,0	1,30

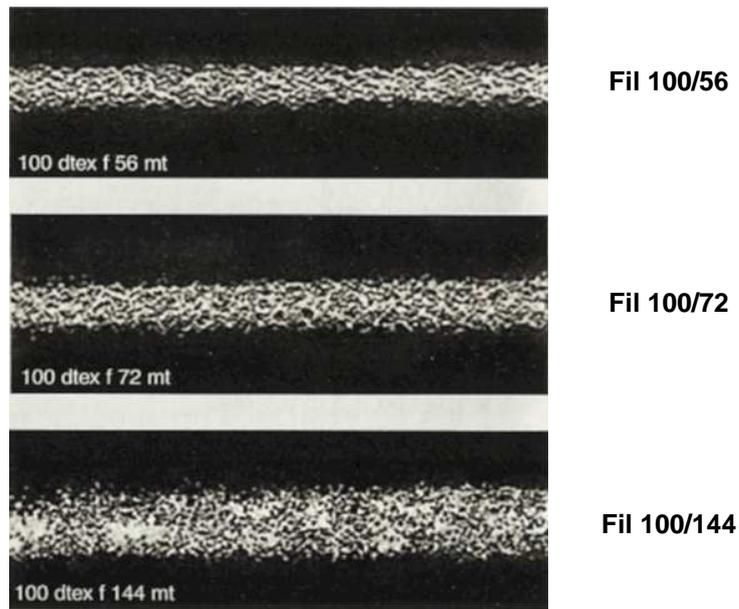
3 – MODULE D'YOUNG DE QUELQUES POLYMÈRES ET MATÉRIAUX.

MATÉRIAU	E (Mpa)	MATÉRIAU	E (Mpa)
Polystyrène PS	3 200	Diamant	1 000 000
Polychlorure de vinyl PVC	3 000	Carbure de silicium	450 000
Polycarbonate PC	2 600	Aciers	190 000 – 207 000
Poly Me méthacrylate PMMA	2 000	Alliages de titane	80 000 – 130 000
Polyester PET	1 900	Alliages d'aluminium	69 000 – 79 000
Polyamide PA	1 500	Verre de silice	69 000 – 94 000
Polyéthylène PE	800	Béton	45 000 – 50 000
Polypropylène PP	900	Bois // fibres	9 000 – 16 000
Caoutchouc	1 à 100	Bois ⊥ fibres	600 – 1 000

Modification de la section d'un fil de titre global 85 dtex en fonction du titre unitaire des filaments



Aspect longitudinal d'un fil polyester de titre global 100 dtex en fonction du titre unitaire des filaments



ANNEXE QUATRE AU CHAPITRE DIX NEUF

INFLUENCE DE LA DIRECTIVE REACH SUR LES MODIFICATIONS ET LES TRAITEMENTS DES FIBRES TEXTILES

La directive REACH (Registration, Evaluation, Autorisation and Restriction of Chemicals) de l'Union Européenne, née en 2007 et entrant en application en 2007, recense et enregistre environ 30 000 produits chimiques sur une période de 10 ans pour en autoriser ou non l'utilisation.

- Le nouveau règlement vise progressivement à supprimer dans l'Union européenne les substances chimiques les plus dangereuses. Pour cela, la charge de la preuve de l'innocuité des produits chimiques couramment utilisés est inversée : c'est à l'industriel (et l'importateur) de démontrer l'innocuité de ces substances pour l'homme et la nature, par des études sur les risques sur la santé humaine et sur l'environnement, avant leur mise sur le marché ou leur utilisation.

Article Premier :

Il incombe aux fabricants, aux importateurs et aux utilisateurs en aval de veiller à fabriquer, mettre sur le marché ou utiliser des substances qui n'ont pas d'effets nocifs pour la santé humaine et l'environnement. Ses dispositions reposent sur le principe de précaution.

- REACH vise toutes les substances chimiques, produites ou importées, existantes ou nouvelles, à partir d'un volume annuel supérieur à une tonne, soit 30 000 substances (parmi les plus de 100 000 utilisées en Europe). Les procédures d'agrément des dossiers pour chaque produit sont très complexes et ne seront pas décrites ici.

REACH peut poser deux types de problèmes pour l'industrie textile :

- Tout d'abord, et bien que les polymères n'aient pas à être enregistrés, il est certains que des dossiers devront être déposés par les producteurs de monomères utilisant évidemment des processus chimiques impliquant des produits entrant dans le champ de REACH ou par les producteurs de polymères utilisant des produits chimiques pour catalyser ou modifier les propriétés de toutes natures des polymères.
- Les traitements aval des textiles sont très utilisateurs de produits chimiques pour, par exemple, la teinture, la finition ou la modification des propriétés : anti-feu, toucher, antistatique, avec parfois la mise en œuvre de solvants. Bien que les quantités mises en œuvre soient généralement faibles, tout dépend des doses acceptables qui seront tolérées.