

# Des textiles pour sportifs

## Apport de la chimie pour améliorer confort et performances

*« La capacité de performance sportive représente le degré d'amélioration possible d'une certaine activité motrice et, s'inscrivant dans un cadre complexe, elle est conditionnée par une pluralité de facteurs spécifiques », Jürgen Weineck.*

*Fabien Roland est professeur et chercheur en chimie textile à l'Institut Textile et Chimique de Lyon (ITECH-Lyon), et spécialiste de l'ennoblissement des textiles (colorimétrie, teinture, fonctionnalisation).*

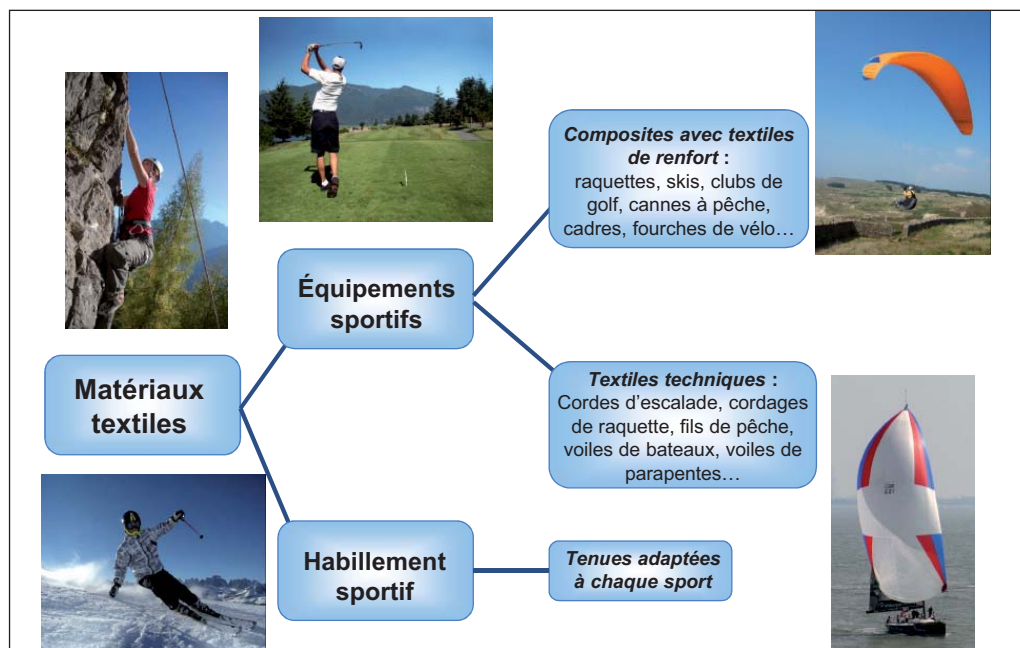
Le secteur « sports et loisirs » constitue un véritable banc d'essai pour les nouveaux matériaux auxquels les compétitions internationales et les exploits sportifs confèrent un retentissement qui leur ouvre de nouveaux marchés dans le loisir, l'habillement et même la mode. Il est l'un des cinq secteurs du développement des textiles techniques dans le monde, avec les transports, l'industrie, le médical et la maison, ... aménagement, décoration.

En quoi ce domaine ouvre-t-il d'immenses possibilités de créativité et d'expérimentation ?

### 1 Les textiles dans le sport

Des textiles pour quel usage ?

Les matériaux textiles sont ubiquistes et les fonctionnalités recherchées sont très variées : pour le sportif, on recherchera le confort dans l'action, l'accroissement de la performance et de la sécurité ; pour les équipements sportifs, on recherchera des qualités différentes selon les usages, raquettes de tennis, cordages, clubs de golf, skis, perches de saut, arcs et flèches, voiles, etc. (voir les [Chapitres de N. Puget](#) et [d'Y. Rémond et J.-F. Caron](#))



**Figure 1**

*Habillement, équipement... les textiles sont omniprésents dans le sport pour assurer confort et performance.*

(Figure 1). Légers, ils doivent résister à la déchirure, à la perforation, à l'abrasion.

Un des développements importants des matériaux textiles techniques concerne l'habillement. Chaque sport a besoin d'un habillement spécifique, fonction du sport lui-même et des conditions climatiques que le sportif affronte. Au cours des dernières décennies, les chercheurs et les industriels du sport ont réalisé des prouesses, et ces évolutions ont bénéficié non seulement au sport et aux sportifs, mais également à l'ensemble de la population : créateurs, designers, décorateurs, couturiers, etc., ont rivalisé d'inventivité pour que la maison, la rue, s'approprient ces nouveaux textiles.

Cette évolution est due en grande partie à la chimie : elle permet de réaliser, à la demande ou presque, des

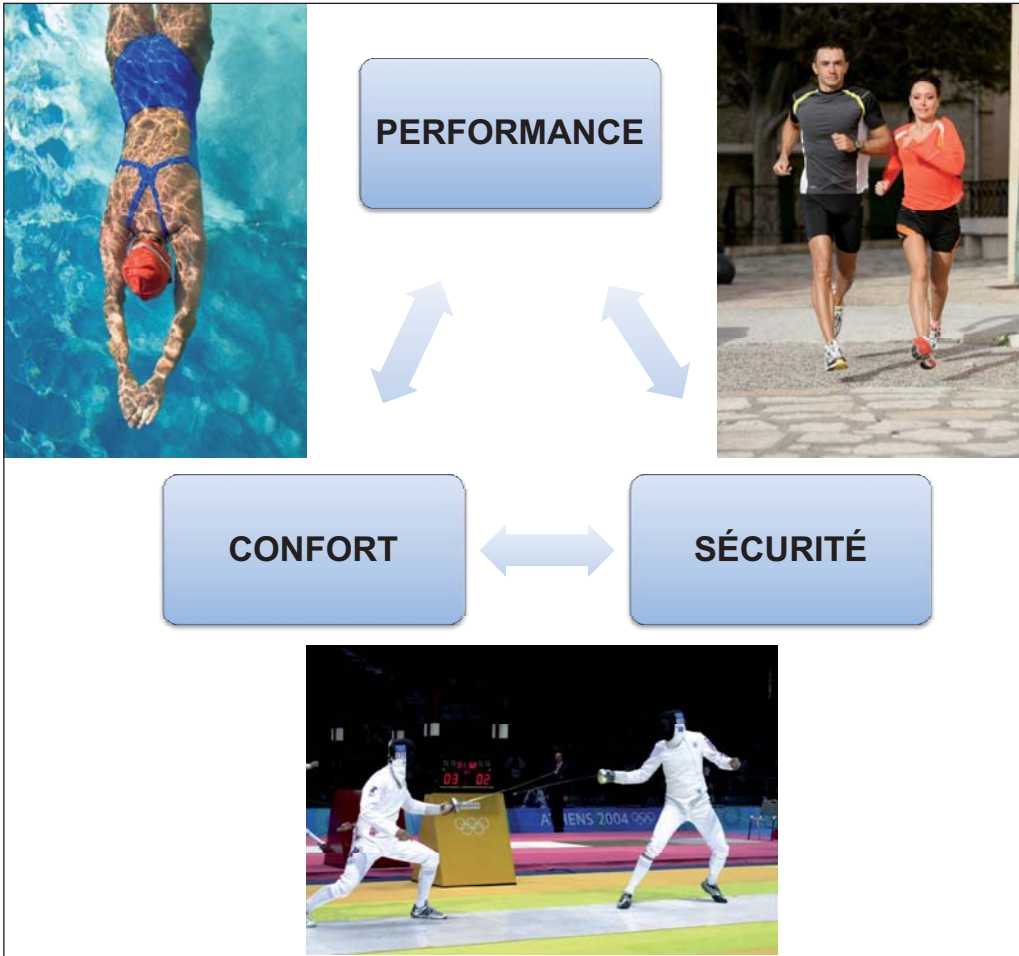
matériaux de plus en plus performants et dont la performance même viendra à la rescousse de celle du sportif.

## 1.2. Des textiles pour quelles fonctionnalités ?

Les fonctionnalités recherchées dans l'habillement sont d'abord ce qui aidera le sportif dans sa course à la performance (Figure 2) ; pour l'atteindre, le sportif va donc rechercher le confort, sans lequel il sera limité dans son effort. Pour être en confiance et donner le meilleur de lui-même, l'aspect sécuritaire, dans certains sports, conditionne la faisabilité même de l'exploit, et même de la simple pratique sportive (voir aussi le Chapitre d'après la conférence de D. Masseglia).

### 1.2.1. La performance

La relation entre performance et textile vestimentaire s'exprimera différemment et à



trois niveaux principalement (voir la **Figure 5**) :

- la performance en relation directe avec l'apport du vêtement textile : par exemple, l'élasticité du textile va permettre, grâce au phénomène de compression du corps de l'athlète, une activation de son flux sanguin. Une légère contention de diverses parties du corps, grâce au port de maillots, de chaussettes en élasthanne (voir la **Figure 8**), augmentera le rendement musculaire du sportif et sa récupération après l'effort ;

- l'ergonomie du vêtement : comme pour d'autres domaines tels que le travail, les loisirs, il s'agit d'une qualité, voire d'une nécessité qui a été découverte relativement récemment. Elle se définit comme l'adéquation d'un matériel, et pas uniquement d'un vêtement, à la fonction qui lui est assignée. Chaque sport va avoir ses besoins propres, donc ses vêtements propres, avec une constante : servir le sportif et notamment ne pas le gêner dans ses mouvements ;

**Figure 2**

*Performance, confort et sécurité sont les trois principales fonctions de l'habillement sportif.*

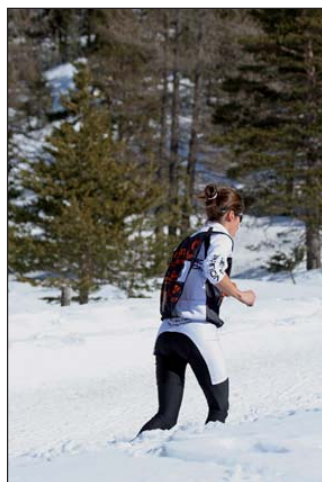


Figure 3

Quel que soit les conditions climatiques, le sportif doit se sentir protégé et à l'aise.

- l'aspect « glisse » du vêtement : dans la plupart des cas, il est essentiel d'offrir au milieu extérieur le minimum d'aspérités, de frottement, et au contraire de privilégier la pénétration du fluide, l'air ou l'eau selon les sports, ce qu'on appelle l'aéro ou l'hydrodynamisme. Comme pour les avions, les voitures et les voiliers de course, c'est sur de telles bases que l'on gagne, en grappillant, dans certains sports, quelques centièmes de secondes, qu'on se retrouve sur un podium. Par exemple un sprinter, en course à pied ou en natation, battra un précédent record et obtiendra si possible une médaille d'or...

### 1.2.2. Le confort

Le confort est une notion assez complexe, dans laquelle entrent plusieurs paramètres, qui ne sont pas tous objectifs, c'est-à-dire qui peuvent parfois relever du ressenti individuel (voir la Figure 5). Les principaux critères sont :

- la régulation thermique, qui permettra de ressentir une température à peu près constante et agréable tout au long de la compétition, équilibrée entre les sensations de chaud et de froid ;

- la respirabilité et le séchage quasi instantané, qui évitent au sportif de baigner dans sa transpiration. Outre le sentiment désagréable que

peut provoquer l'humidité, le sportif risque de rapidement se refroidir et perdre ainsi au niveau de ses performances ;

- une autre sensation de déplaisir provient des mauvaises odeurs, contre lesquelles il est nécessaire de lutter, en particulier dans les sports exigeant un effort de longue durée. Quand on « mijote » dans la transpiration, les bactéries de notre peau, de l'environnement confiné, vont se multiplier exponentiellement, et les mauvaises odeurs exploser ;

- et puis il y a la protection vis-à-vis de l'environnement dans lequel se meut le sportif : froid, chaud, pluie, vent, neige, les conditions climatiques peuvent se succéder au cours d'une même épreuve (Figure 3). Des équipements vestimentaires existent qui permettront de combiner toutes les exigences, tous les besoins ;

- un aspect particulier du confort est celui du plaisir que l'on a à porter un vêtement, la légèreté et la douceur, le « confort au porter » ou l'aspect « seconde peau », évoqué aussi bien dans les revues techniques que dans les journaux de mode.

### 1.2.3. La sécurité

Les aspects sécuritaires sont essentiels dans de nombreux sports, et pas seulement les risques encourus en escrime, les chocs et les chutes en cyclisme, ski, hockey, etc., mais aussi des risques de feu, par exemple dans le karting ou la Formule 1 sur laquelle on reviendra (Figure 4). Il est évidemment nécessaire que le sportif soit protégé, tout

Figure 4

Dans les sports comme le hockey, le karting, etc., les sportifs doivent être protégés des chocs et chutes.



### Participation active du textile à la performance

- Élasticité et compression : activation du flux sanguin
- Ergonomie dans le vêtement
- Surface aéro/hydrodynamique (glisse)



### Confort dans l'action pour améliorer la performance

- Régulation thermique (froid/chaud)
- Respirabilité, séchage rapide
- Lutte contre les mauvaises odeurs
- Protection face à l'environnement climatique (froid, vent, pluie, neige, soleil, chaleur...) : imperméabilité à l'eau, déperlance, coupe-vent, isolation thermique, protection UV...
- Seconde peau : léger et agréable au porter



### Sécurité pour se surpasser

Protection face aux risques : chocs, chutes, feu...



en gardant la possibilité de porter ses performances au plus haut niveau (Figure 5).

## 2 La chimie dans les textiles

Pour répondre à toutes ces exigences, dont certaines sont antinomiques, il va falloir trouver des compromis et faire preuve d'une grande capacité d'innovation. La multiplicité des textiles inventés ces dernières années, leurs caractéristiques et leurs spécificités vont le permettre.


La chimie textile intervient à différents stades. D'abord, au niveau des **fibres**. Certes, de nombreuses fibres naturelles possèdent des propriétés intéressantes, mais l'éventail couvert reste limité. En revanche, les fibres synthétiques ouvrent des perspectives presque infinies puisque les polymères, qui en sont

la base avant filage, peuvent être modulés à la demande en jouant sur la structure des monomères constitutifs, les conditions de la polymérisation et même la technique de filage. Ces fils textiles auront ainsi des caractéristiques, des propriétés spécifiquement définies pour une application souhaitée. Leur structure chimique, leur morphologie, et par conséquent leurs propriétés mécaniques, thermiques, physiques vont permettre d'atteindre ces performances.

Avec ces diverses fibres, différents types de surfaces seront fabriqués et l'on va pouvoir les associer pour créer des **structures** composites complexes. C'est particulièrement vrai pour un vêtement complet. En effet, on a besoin de caractéristiques différentes en fonction des zones du corps. Par exemple les caractéristiques

Figure 5

Le textile est un acteur dans la performance du sportif.




**Microfibres**

- Titre <1dtex (=1g/10000m) : grande finesse ( $\varnothing < 10\mu\text{m}$ )
- Confort : agréable au porter et légèreté
- Imperméabilité : tissus avec contexture serrée

**Fibres avec canaux en surface**


- Confort : évacuation transpiration, séchage rapide

Fibre à 4 canaux pour favoriser l'évacuation de l'humidité (coolmax®).



**Fibres creuses**

- Confort : légèreté
- Isolation thermique par l'air



**Fibres antibactériennes**

- Principe actif incorporé en masse : Ag, Cu, Zn, triclosan...
- Confort : réduction des mauvaises odeurs (transpiration)

Figure 6

On conçoit des fibres textiles synthétiques aux propriétés diverses.

et les propriétés demandées pour couvrir les jambes, ne sont pas nécessairement bonnes pour le torse... En assemblant différentes pièces pour optimiser le vêtement, on réalise ce qu'on appelle du « body mapping », littéralement cartographie du corps.

Les **traitements de surface** permettront aussi d'améliorer les caractéristiques des textiles en en renforçant certaines, en en modulant d'autres, en en apportant de supplémentaires. C'est ce que nous appelons les « apprêts chimiques »<sup>72</sup>, les enductions<sup>73</sup>.

72. Formulation de produits chimiques appliquée sur les tissus.

73. L'enduction est un traitement de surface qui consiste à appliquer

## 2.1. Les fibres textiles synthétiques

### 2.1.1. Les microfibres

Différentes techniques de filage permettent d'accéder à des fibres très fines (de diamètre inférieur à  $10\mu\text{m}$ ) qu'on appelle des microfibres. Les propriétés de confort obtenues sont très intéressantes, particulièrement en ce qui concerne le « porter » et la légèreté (Figure 6). Cela donnera des vêtements dont la sensation sur le corps sera de ne presque pas exister, avec une amélioration de la performance. Les tissus

un revêtement sur un support textile (dans notre cas) avec une préparation spéciale afin de lui donner certaines qualités.

fabriqués à partir de ces microfibres conduisent à des surfaces qui possèdent une bonne imperméabilité, même sans traitement chimique superficiel.

### 2.1.2. Les fibres avec des canaux en surface

Une filière spécifique permet d'obtenir une fibre dont la surface présente des canaux qui facilitent l'évacuation de la transpiration. Le vêtement assure ainsi un transfert vers l'extérieur, ce qui évite d'avoir un textile humide en contact avec la peau. La matière de départ est une fibre synthétique très classique dans le textile comme le polyester par exemple. Ce matériau est commercialisé, notamment, par la marque Coolmax® (*Figure 6*).

### 2.1.3. Les fibres creuses

On utilise aussi des fibres creuses, c'est-à-dire des fibres qui vont emprisonner de l'air (*Figure 6*). Comme l'air est un excellent isolant, on obtient un effet d'isolation thermique efficace, particulièrement important pour la protection du sportif vis-à-vis du froid et du vent. De plus, la présence d'air au cœur de la fibre apporte au vêtement une légèreté tout à fait appréciable.

### 2.1.4. Les fibres antibactériennes

Contre les mauvaises odeurs dues à la transpiration, on utilise de plus en plus, et pas uniquement dans le sport, des fibres aux propriétés antibactériennes (*Figure 6*). Pour cela, on incorporera des principes actifs variés comme des sels d'argent, un composé fongi-

cide et bactéricide, ou à base de triclosan, etc., dans des fibres de polyester, de polyamide... le vêtement possédera les propriétés désirées, avec un confort significativement accru.

Enfin, rien n'empêche, comme on fabrique des composites tels que décrits dans les *Chapitres de N. Puget et Y. Rémond et J.-F. Caron*, d'associer entre elles, et à volonté, toutes ces fibres techniques pour aboutir à des matériaux aux caractéristiques multiples et soigneusement choisies.

### 2.1.5. Des exemples de type de fibres

Les divers types de fibres possèdent différentes caractéristiques (*Figure 7*). Il en existe une multitude, voici quelques exemples :

- le **polypropylène** est une fibre de plus en plus utilisée, qui possède deux caractéristiques très intéressantes pour le sport : la légèreté, grâce à sa densité très faible, et le fait d'être très hydrophobe, donc de « rejeter » l'eau, d'où un séchage rapide du vêtement ;
- les **polyéthylènes** haute ténacité sont un autre type de fibre, utilisés par exemple pour les combinaisons d'escrime. Ces fibres techniques résistent aux tentatives de perforation et assurent aussi une protection vis-à-vis des projectiles et notamment des impacts balistiques. C'est pourquoi ils servent, par exemple, à la fabrication des gilets pare-balles. D'autres textiles, les para-aramides (comme le Kevlar®, décrit dans le *Chapitre d'Y. Rémond et J.-F. Caron*), présentent les mêmes propriétés anti-perforations. Pourquoi utilise-t-on

<p><b>Polypropylène</b> <math>[\text{CH}_2\text{-CHCH}_3]_n</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Légèreté : <math>d=0,91</math></li> <li>• Séchage rapide car très hydrophobe</li> </ul>
<p><b>Polyéthylène HT</b> <math>[\text{CH}_2\text{-CH}_2]_n</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anti-perforation : combinaison d'escrime (800N – FIE)</li> <li>• Légèreté (<math>d=0,97</math>) / para-aramide (Kevlar®)</li> </ul>
<p><b>Aramides</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyméthaphénylène isophthalamide (méta-aramide, Nomex®) et Polyamide imide (Kermel®)</li> <li>• Protection feu (ILO=29-32%)</li> </ul>




Figure 7

Les fibres synthétiques possèdent des propriétés adaptées à chaque sport : celles en polyéthylène haute ténacité (HT) dans les combinaisons d'escrime protègent contre les coups de fleuret.

majoritairement le polyéthylène haute ténacité ? Il est en fait plus léger que le para-aramide, ce qui est important pour un vêtement de sport ;

- les **aramides**. Différents types d'aramides sont utilisés : les méta-aramides comme le Nomex® (la marque est souvent plus connue du public que le nom chimique !) utilisées par exemple pour la combinaison du coureur de Formule 1. On trouve aussi des aramides de type polyamide imide, utilisés pour les cagoules ou les sous-vêtements. Ces aramides vont tous apporter une protection contre le feu, mais les fibres type

Kermel® ont un contact avec la peau plaisant, apportant un confort supplémentaire.

## 2.2. Les structures textiles

### 2.2.1. Les fils d'élasthanne pour des textiles « stretch »

Une fibre existant depuis longtemps, mais qui a permis d'énormes améliorations de la qualité des équipements sportifs, ce sont les fils élasthannes (Figure 8). L'élasthanne appartient à la famille des polyuréthanes avec des zones appelées linéaires segmentées (avec des segments alternativement souples et rigides). Ce polymère a comme principale caractéristique sa forte élasticité. Comme l'élasthanne ne peut pas se travailler directement, on va le guiper, c'est-à-dire l'« entourer » d'autres matières (par exemple de polyamide ou de polyester). Cela aura aussi l'avantage de lui fournir des propriétés complémentaires. Avec ces fils, on fabriquera des textiles, qu'on appelle usuellement « stretch ». Ils collent bien à la peau, donc vont être très agréables à porter (Figure 9). Beaucoup de tricotés avec des fils élasthannes sont sur le marché et l'on développe dorénavant de plus en plus de tissus appelés bi-élastiques. Par exemple, une société lyonnaise, ESF, développe une matière, Aquatech®, bi-élastique, et dont l'effet seconde peau est particulièrement remarquable, car les allongements simultanés selon plusieurs axes le rendent apte à suivre les courbes du corps du sportif. Cet effet seconde peau est la résultante de plusieurs propriétés.

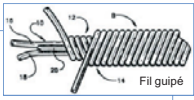


**Fil élasthanne**

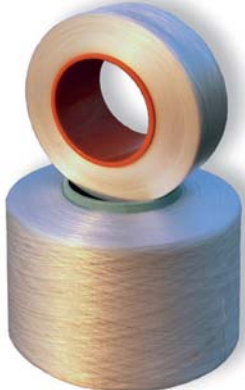
- **Polyuréthane** linéaire segmenté (souples/rigides)
- Polycondensation polyol (polyester ou polyéther) et diisocyanate avec extenseur de chaîne (diol ou diamine)
- Forte élasticité : 400 à 800 %
- Guipage avec fils synthétiques : protège l'élasthanne, limite l'élasticité et apporte d'autres propriétés

**Textiles « stretch », confort au porter**

- L'élasticité est habituellement obtenue par un tricot (type charmeuse), étirage possible dans une seule direction à la fois.
- Le tissu **Aquatech®** (ESF) comparé au tricot :
  - Allongements simultanés possibles sur plusieurs axes : capacité à suivre les courbes du corps, **effet seconde peau**
  - allongement 20 % supérieur
  - gain en légèreté : 130g/m<sup>2</sup> au lieu de 200g/m<sup>2</sup>
  - Allongement linéaire : meilleure compression



Fil guipé



Comparés à un tricot classique avec des fils élasthanne, ces tissus bi-élastiques ont des allongements supérieurs d'à peu près 20 %. Un gain en légèreté est aussi important à noter.

### 2.2.2. Les effets

Par leur élasticité, ces fibres offrent de plus des propriétés de compression (Figure 10). La compression musculaire est en effet essentielle. Elle permet une meilleure oxygénation grâce à l'accélération de la circulation sanguine et permet donc de prolonger l'effort ; elle aide sensiblement le sportif à récupérer. Le port de chaussettes, de jambières ou de cuissards permet en outre de bien maintenir les muscles, ce qui réduit les vibrations musculaires. La déperdition d'énergie est ainsi limitée et les performances en sont améliorées. Les muscles sont aussi protégés vis-à-vis d'éventuelles micro-lésions.

Le confort hygrothermique (Figure 11), qui concerne à la fois l'aspect chaud/froid et l'aspect humidité, est un autre exemple de l'intérêt de

ces textiles. En effet, le corps humain est une machine thermique, il va dégager de la chaleur ainsi que de l'humidité par la transpiration. Donc pour être performant, il faut compenser la perte de chaleur. Les phénomènes d'isolation et de régulation thermique vont permettre de limiter les pertes de chaleur et d'améliorer l'isolation. Mais il ne faut pas trop améliorer non plus l'isolation, car on risque la surchauffe du corps et un excès de transpiration, ce qui engendrera une sensation d'inconfort. Pour trouver un bon équilibre, des matériaux appelés textiles imper-respirants ainsi que des matériaux thermorégulants ont été développés.

### 2.2.3. Les textiles imper-respirants

Qu'est-ce qu'un textile imper-respirant ? C'est un textile à la fois imperméable à la pluie (eau liquide) et perméable à la transpiration, c'est-à-dire capable d'évacuer la vapeur d'eau. Pour obtenir cette propriété, on utilisera différents types de matières : les

Figure 8

L'élasthanne est une fibre synthétique élastique mise au point par la société américaine DuPont en 1959, dérivée du polyuréthane et connue sous la marque Lycra®.

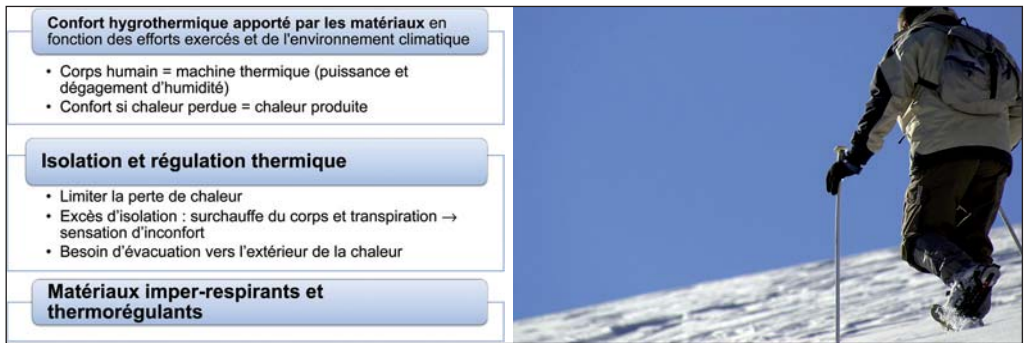
Figure 9

Les textiles « stretch » collent bien à la peau et sont très agréables à porter, comme une seconde peau.





**Figure 10**  
 Les textiles sont conçus pour assurer élasticité et compression, pour un confort optimal.



**Figure 11**  
 Des textiles sont conçus pour gérer l'aspect chaud/froid et l'humidité. La randonnée, le ski, etc., sont particulièrement concernés par ces propriétés de confort.

microfibres, les enductions (il existe différents types d'enduction, par exemple les enductions de polyuréthane qui sont très performantes), et les membranes. Dans la pratique, on utilisera différents types de membranes qui vont être contrecollées.

Sur la base de principes différents, on peut atteindre un même résultat ; par exemple, utiliser des membranes qui sont soit microporeuses et hydrophobes, des membranes en polytétrafluoroéthylène (PTFE) expansé [du type Gore-Tex®] ; ou des membranes

qui sont non poreuses mais hydrophiles (du type polyesters Sympatex®).

Une membrane microporeuse est truffée de micropores permettant le passage de la vapeur d'eau mais interdisant, car elle est hydrophobe, la pénétration de la pluie ; le principe de l'évacuation de l'humidité est physique.

Les membranes hydrophiles sont des polymères de type polyuréthane, polyester, etc. Non poreuses, elles permettent le transfert de l'humidité vers l'extérieur par un processus chimique. Dans

l'un et l'autre cas, c'est la différence de pression entre la face en contact avec le corps, et l'extérieur qui est à l'origine du transfert des molécules de vapeur d'eau vers l'extérieur. Ces imper-respirants se retrouvent notamment dans les vêtements de ski, les chaussures de golf, les tenues des pompiers...

#### 2.2.4. Les textiles thermorégulants

Les matériaux à changement de phase sont un autre exemple des prouesses de la recherche-développement dans le domaine des textiles techniques (**Encart « Comment régler la température selon les besoins ? »**). De nombreuses substances présentent naturellement la propriété de chauffer quand il fait froid et de rafraîchir quand il fait chaud. Si on les encapsule et qu'on les fixe sur les fibres, leur effet sera pérennisé et évitera un contact souvent gras et désagréable. Ainsi, quand on incorpore ces microcapsules de paraffine, elles agissent selon un méca-

nisme de changement d'état, analogue au passage glace-eau et inversement. Le corps va produire de la chaleur lors de l'effort, et la liquéfaction du contenu de ces microcapsules entraînera une absorption de la chaleur dégagée, évitant ainsi au sportif un effet d'échauffement. À l'inverse, quand la température va diminuer, de la chaleur sera libérée et la résultante sera la régulation de la température du corps.

#### 2.3. Les traitements de surface (exemple de l'effet de déperlance)

La déperlance est un phénomène très important. Il ne suffit pas d'être imperméable, il faut aussi que les gouttes d'eau n'adhèrent pas au tissu. On dit alors qu'il est déperlant (**Encart : « L'effet de déperlance »**). En effet si l'eau extérieure ne s'éliminait pas, la capacité d'évaporation de la transpiration diminuerait. Pour cela on va réduire l'énergie de surface des textiles (la notion d'énergie de surface,

#### COMMENT RÉGLER LA TEMPÉRATURE SELON LES BESOINS ?

Ces matériaux comportent des microcapsules de paraffine (un mélange d'hydrocarbures saturés dont les températures de fusion sont comprises entre 22 et 37 °C) incorporées dans les fibres ou dans les enductions, permettant une régulation thermique. Ce sont des matériaux à changement de phase.

#### QUEL EST LE MÉCANISME DE CETTE RÉGULATION THERMIQUE ?

Lorsque le corps produit de la chaleur, la substance se liquéfie en absorbant cette chaleur et crée ainsi un effet fraîcheur. Lorsque la température diminue, lors d'une pause dans l'activité sportive par exemple, le liquide contenu dans les microcapsules redevient solide et émet la chaleur préalablement stockée.

## L'EFFET DE DÉPERLANCE

Comment faire pour que les gouttes de pluie ne s'accrochent pas au tissu ? Il faut réduire l'énergie de surface du textile. Pour cela, on peut réaliser un traitement de surface avec des molécules fluorées, en utilisant des polymères possédant des chaînes latérales perfluorées (**Figure 12A**). Mais leur effet n'est pas permanent, surtout après un lavage ou suite à une abrasion.

En revanche, les traitements avec des silicones assurent une bonne durabilité de la déperlance. On peut utiliser des polysiloxanes (**Figure 12B**) et formuler des silicones pour assurer une adhésion sur le tissu, donc une durabilité (technologie Advantex™). Les silicones sont appliquées par imprégnation à cœur (gainage de la fibre), assurant douceur et souplesse. Cette technologie trouve une application dans les vêtements de sports de montagne « *soft shell* » trois couches :

- extérieur : tissu traité par le silicone Advantex™ ;
- membrane : polyuréthane imper-respirant ;
- intérieur : textile gratté.



Figure 12

Afin de conférer au textile des propriétés de déperlance, on le traite avec des polymères possédant des chaînes perfluorées  $[(CF_2)_x]$  avec  $x = 8$  à  $10$  (A), ou avec des polysiloxanes (B) : les  $CH_3$  ont une configuration « parapluie » (orientés vers l'extérieur).

de « tension superficielle », est expliquée dans le **Chapitre de P. Letellier**. Les principaux traitements de surface sont réalisés avec des polymères fluorés. Ces matières ont aussi des propriétés anti-taches, avec les avantages qui en résultent pour l'entretien de ces textiles. Leur inconvénient est que la durée de l'effet du traitement est quelque peu limitée. Les traitements type Advantex™, avec des silicones, sont plus durables et permettent donc de conserver plus longtemps les propriétés de déperlance du matériau.

### 2.4. Quelques exemples

Pourquoi choisir la combinaison de triathlon comme exemple ? Le triathlon, comme son nom l'indique,

se compose de trois activités sportives très différentes : natation, cyclisme et course à pied (**Encart : « Les combinaisons de triathlon »**). À chacune de ces disciplines correspondent des exigences spécifiques vis-à-vis du textile. Il fallait imaginer un textile « de compromis », susceptible de répondre au mieux aux propriétés, qui peuvent être partiellement contradictoires, nécessaires dans la pratique successive de ces trois sports. On utilise souvent des textiles en polyamide et élasthanne avec un effet « seconde peau » et un séchage rapide. En effet quand le sportif sortira de l'eau au terme de la première épreuve, il devra enfourcher son vélo et s'élancer. Il faudra donc qu'il soit très

## LES COMBINAISONS DE TRIATHLON

Une combinaison unique pour la natation, le cyclisme et la course à pied (**Figure 13**) doit avoir un effet « seconde peau » et permettre un séchage rapide. Elle peut se caractériser par :

- un tissu en polyamide/élasthanne 80/20 (comme Aquatech®) avec un traitement chimique fluoré, qui permet un effet « seconde peau » et garantit un séchage en trois minutes !
- des coutures extra-plates qui assurent un aérodynamisme ; des emplacements optimisés qui facilitent les mouvements ;
- une chamoisine réduite et confortable, utile pour le vélo, mais qui ne doit pas gêner pour la natation et la course ;
- des galons en silicone empêchent la glisse et la remontée de la combinaison le long des cuisses.



Figure 13

Les combinaisons de triathlon et leur effet « seconde peau ».

rapidement au sec. Sur le vélo, il faudra alors gagner en aérodynamisme. Pour cela, on minimise les rugosités, les aspérités en jouant sur les coutures : on choisit des coutures extraplates ou, mieux, des coutures soudées pour éviter les effets d'épaisseur (**Figure 13**).

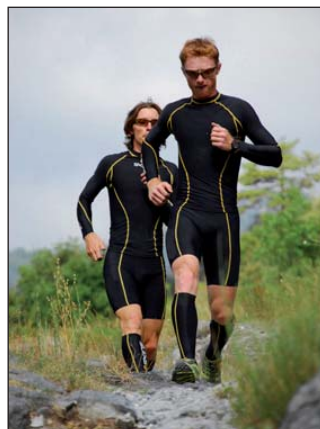
Les combinaisons de trail sont un autre exemple intéressant. Le trail est une course à pied qui se déroule en pleine nature, sur des terrains variés et accidentés (**Figure 14**). Les propriétés des textiles utilisés doivent offrir respirabilité et confort quelques soient les conditions climatiques. Une propriété supplémentaire est demandée au textile : comme

Figure 14

Les combinaison de trail offrent des propriétés de respirabilité et de confort quelques soient les conditions climatiques. Par exemple, les tissus en polyamide/polyuréthane (80/20) avec traitement fluoré sont imperméables, légers, permettent un séchage rapide et assurent un effet seconde peau.

ce sont des épreuves assez longues, la combinaison doit autoriser une bonne circulation veineuse grâce à des zones de compression bien ciblées (au niveau des mollets, cuisses et épaules).

La saga des combinaisons de natation et de leur évolution mérite un développement particulier ! (**Encart « Les combinaisons de natation »** ; voir aussi les **Chapitres de D. Masseglia, J. Queval et J.-F. Toussaint**). De nombreuses



matières synthétiques ont été expérimentées. Le polyamide d'abord, qu'on a ensuite « dopé » avec de plus en plus d'élasthanne, actuellement jusqu'à 36 %. On a aussi recherché des assemblages performants et réduit au maximum les coutures, qui créent des hétérogénéités de surface, défavorables à une glisse optimale ; c'est-à-dire que les combinaisons sont désormais taillées en une seule pièce, avec le minimum de coutures résiduelles. Pour améliorer l'hydrodynamisme, on a utilisé les traitements de déperlance. La combinaison de Laure Manaudou, avec laquelle elle avait gagné

de très nombreuses compétitions, était appelée la « peau de requin ». Il s'agissait de tissus micro-nervurés, conçus pour que la surface de contact textile/eau soit la plus faible possible, facilitant ainsi le glissement du nageur. Ensuite, un panneau polyuréthane puis plusieurs ont été ajoutés à la combinaison. Enfin pour les dernières combinaisons, celles qui ont été finalement interdites, toute la combinaison était en 100 % polyuréthane. Elles ont été interdites, parce qu'on améliorait la flottabilité du nageur et la réglementation de la Fédération française de natation (FINA) n'était alors plus du tout respectée.

## LES COMBINAISONS DE NATATION

Les combinaisons de natation ont connu de nombreuses évolutions :

### Évolution des matières

- de nouvelles fibres : polyamide, polyamide/élasthanne, polyéthylène/polybutylène téréphtalate (PBT) ;
- le pourcentage d'élasthanne est de 20 à 36 % ;
- des fibres fines et légères (environ 100 g/m<sup>2</sup>) ;
- une contention intelligente de la cheville au torse : les vibrations musculaires sont réduites, pour une nage stable et efficace.

### Évolution de l'assemblage

- les coutures sont réduites (ce qui réduit turbulences et frictions) : mises à l'intérieur, soudures ultra-sons ou pièces thermocollées ;
- les combinaisons sont taillées dans une seule pièce.

### Évolution de la surface pour l'hydrodynamisme

- un traitement avec résines fluorées permet la déperlance ;
- un tissu micro-nervuré (« peau de requin » : **Figure 15**) assure une meilleure glisse sur l'eau ;
- des panneaux en polyuréthane qui épousent les muscles ;
- des combinaisons entièrement revêtues de polyuréthane améliorant la flottabilité.



Figure 15

Les combinaisons de natation : de véritables peaux de requin !

## Et au-delà du sport, quelle réalité et quelles perspectives pour les textiles du XXI<sup>e</sup> siècle ?

L'importance stratégique des nouveaux textiles techniques et fonctionnels, voire adaptatifs (également dits intelligents), n'est plus à démontrer. Déjà le nez du Concorde en composite, avec son radôme en cône, fut tissé sur un métier Jacquard avec des fils de verre ; l'avion de combat Rafale est pour une grande part en composite carbone-carbone... Le marché mondial des textiles techniques est évalué, en 2010, à 22 millions de tonnes, soit environ 100 milliards d'euros, en augmentation constante de plus de 3 % par an. En termes de production et de consommation, la France occupe le 2<sup>e</sup> rang européen derrière l'Allemagne, l'Europe elle-même étant au 3<sup>e</sup> rang mondial, derrière l'Asie et l'Amérique.

Les fibres, d'origine naturelle ou synthétique, sont transformées en fils par la filature et constituent la base des futures étoffes, obtenues par tissage, tricotage, tressage, ou formation de non-tissés. Ces étoffes peuvent subir ensuite divers traitements d'ennoblissement ou d'enduction.

La collaboration des industriels (grands groupes et PME/PMI), des écoles et des centres techniques (qui proposent de la recherche-développement et des formations de tous niveaux), comme les laboratoires de l'ITECH Lyon (laboratoire GFMP, « Génie de la Fonctionnalisation des Matériaux Polymères »), du CEA, du CEA/LETI et de la plate-forme Minatec, favorise le transfert des dernières innovations technologiques dans la conception et la mise en œuvre de nouveaux textiles. Les nanotechnologies ont véritablement révolutionné l'industrie des textiles à haute

performance, qu'il s'agisse des nanofibres, des nanoparticules ou des nanotubes incorporés, des nanocouches déposées et des surfaces nanostructurées, aboutissant à un accroissement significatif de leurs qualités, voire à l'obtention de propriétés nouvelles (mécanique, thermique, optique...).

Le musée d'Art et d'Industrie de Saint-Étienne et le musée de Bourgoin-Jallieu ont présenté une exposition d'octobre 2009 à mars 2010 sur les textiles du <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle<sup>72</sup> pour faire connaître au grand public les multiples applications techniques des textiles, pour le médical, le transport, l'aéronautique... mais aussi dans le domaine du sport.

---

72. Site de l'exposition : <http://www.textilesdu21esiecle.com/>



# Crédits photographiques

Fig 7 : Licence CC-BY, Wilson  
Dias/Abr.