

## GENERALITES SUR LES TECHNOLOGIES DE FONCTIONNALISATION

**Fabien ROLAND**

ITECH Lyon, Institut Textile et Chimique de Lyon

### Introduction

Actuellement on cherche à développer des textiles fonctionnels et innovants à la fois efficaces, confortables, esthétiques et durables. Chaque textile a déjà intrinsèquement des propriétés spécifiques. Par exemple les fibres naturelles apportent généralement de la douceur et du confort au porter, le polyamide est réputé pour sa forte résistance à l'abrasion et les méta-aramides au feu.

On va donc apporter des propriétés supplémentaires au support textile et on parlera alors de fonctionnalisation. Les fonctions recherchées se classent en trois catégories principales :

-Fonctions pour améliorer le confort : antibactérien, contrôle de l'odeur, thermo régulant, antistatique, imper-respirant...

-Fonctions pour faciliter son emploi ou son entretien : antitache, antistatique, défroissabilité, séchage rapide ...

-Fonctions de sécurité et de santé, pour répondre à de nouvelles réglementations : protection contre la chaleur et la flamme, le risque chimique, les UV (cancers de la peau), les acariens (allergies), les moustiques (paludisme)...

Le textile peut être fonctionnalisé à tous les stades de sa transformation, en particulier en amont par les chimistes au niveau de la synthèse du polymère et de son filage et en aval par les ennoblisseurs avec divers traitements de surface des étoffes. [1]

### La fonctionnalisation de la fibre

De nombreuses fonctions peuvent déjà être apportées lors de la fabrication des fibres chimiques. A ce stade on obtient une bonne durabilité de l'effet recherché dans le temps : capacité à conserver les propriétés initiales après plusieurs lavages ou nettoyages à sec.

-Par association de monomères spécifiques :

Les fibres modacryliques présentent un très bon comportement à la flamme alors que les fibres acryliques non. Ce sont pourtant dans les 2 cas des copolymères acrylonitrile-vinyle mais les modacryliques ont une proportion de vinyle chlorés très supérieure.

Certaines fibres polyesters peuvent être teintées avec des colorants cationiques, ce qui n'est pas le cas d'un polyester standard. Cette affinité différentielle est possible par l'apport de monomères anioniques dans la structure.

-Par incorporation en masse d'additifs spécifiques à l'extrusion :

De nombreuses fibres sont commercialisées avec la fonction antibactérienne. Les principes

actifs sont soit des agents organiques comme le triclosan : chlorofibre Rhovyl®AS, acétate Silfresh®, acrylique Amicor®... soit des agents d'origine minérale, zéolithes avec ions cuivre, argent ou zinc : polyamide Meryl Skinlife®, polyester Trévira Bioactive®...  
 D'autres fonctions peuvent être apportées comme la protection UV et la matité par incorporation de TiO<sub>2</sub>, la coloration en masse avec des pigments, la thermorégulation avec des microcapsules de paraffine dans les fibres Outlast®(figure1)...[2]

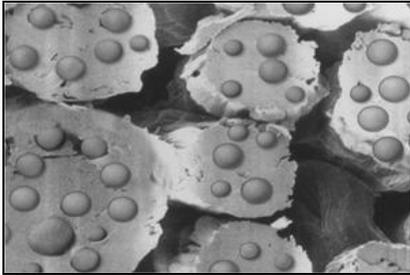


fig1:Fibres Outlast® (source Outlast)

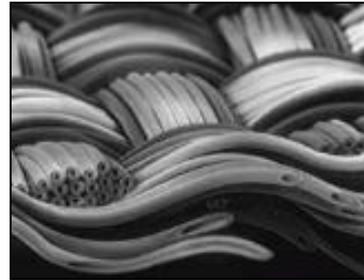


fig2:Fibres Meryl Nexten® (source Meryl Fiber)

-En choisissant une filière particulière lors du filage :  
 L'utilisation de fibres très fines et très légères appelées microfibras ( fibres de titre < 1 dtex, c'est-à-dire de poids < 1g/10Km ) permet d'obtenir des textiles ayant une très grande douceur ou une qualité d'essuyage supérieure ( pour lingettes...)  
 La géométrie de section spéciale d'une fibre lui confère des propriétés souvent très intéressantes. Par exemple la section creuse du polyester Hollofil® ou du polyamide Meryl Nexten® (figure2) procure légèreté et isolation thermique renforcée. La section à canaux longitudinaux du polyester Coolmax® facilite l'évacuation de la transpiration et le séchage rapide du textile.[3]

### Les technologies d'ennoblissement traditionnelles

Les traitements d'ennoblissement fonctionnalisent également le textile et sont réalisés sur les fibres, fils, pièces de tissu ou de tricot, non-tissés et articles assemblés. En effet, par définition l'ennoblissement regroupe l'ensemble des opérations mécaniques et chimiques qui apportent au textile son aspect final (apparence et toucher) et lui confère des propriétés qu'il n'avait pas au départ. La fonctionnalisation par ce type de traitement est beaucoup moins cher que par l'utilisation de fibres fonctionnalisées.

Les procédés d'ennoblissement se classent en 3 groupes :

- les traitements de préparation et de blanchiment
- les traitements de coloration : la teinture et l'impression
- les traitements de finition : les apprêts mécaniques et chimiques, les enductions

La fonctionnalisation du textile est surtout obtenue par les traitements de finition.

Un traitement peut apporter plusieurs fonctions : par exemple l'application de certains silicones confère à la fois au textile une grande douceur et un effet hydrofuge.

Un traitement peut aussi selon le domaine d'application être utilisé pour obtenir une fonction différente, voire opposée: par exemple la coloration d'un vêtement de protection (EPI) sert aussi bien à se rendre « invisible », cas des tenues militaires de camouflage, qu'à être facilement vu, cas des gilets de haute visibilité utilisés sur les chantiers.

Ces traitements sont soit chimiques, par application de différents produits, soit mécaniques, par modification de l'état de surface des tissus.

Les apprêts mécaniques sont réalisés sur des machines spécifiques. Par exemple les textiles appelés « polaires » sont en fait des tricotés grattés sur une gratteuse (figure3): les fibres sont ébouriffées en surface par l'action de brosses métalliques et on obtient un textile plus épais et plus doux ayant une très bonne rétention calorifique.

Le tableau T1 donne les principaux apprêts mécaniques et les propriétés apportées au textile.[4][5]

<i>Apprêts mécaniques</i>	<i>Actions</i>	<i>Propriétés</i>
CALANDRAGE	Pression, friction, température	Toucher, brillant, lustre, réduction de la perméabilité à l'air
GRATTAGE, LAINAGE	Carde métallique	Confort, douceur, accroissement du pouvoir de rétention calorifique
FOULAGE	Feutrage de la laine	Isolation thermique, aspect feutre
EMERISAGE	Frottement avec toile émeri	Toucher et aspect peau de pêche, qualité d'essuyage, adhésion
FLAMBAGE	Carbonisation des fibrilles	Surface lisse, réduction de la pilosité
DEROMPAGE	Brassage mécanique avec ventilation d'air	Toucher plus souple

T1 : principaux apprêts mécaniques

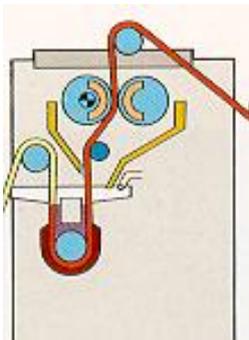


fig4 : foulard (source Küsters)

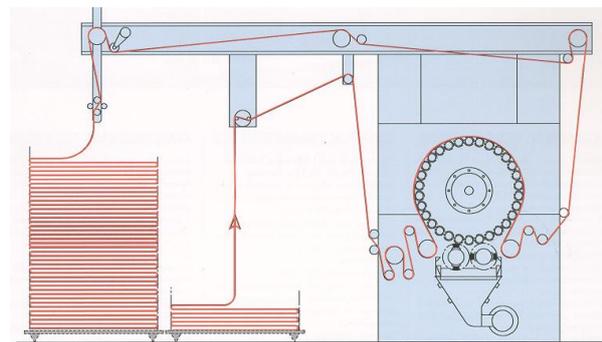


fig3 : gratteuse(source Unitech)

Les traitements chimiques sont appliqués par les techniques de foulardage, plein bain, enduction et pulvérisation.

Le foulardage (figure4) est de très loin la plus utilisée. Cette technique est relativement simple et permet l'application de nombreux produits chimiques. Il faut veiller tout de même à la stabilité des

bains si l'on combine plusieurs produits. Le principe est d'imprégner le tissu d'un bain contenant une formulation de produits chimiques en solution ou en dispersion, et de l'exprimer, c'est-à-dire faire pénétrer le produit et enlever le surplus de bain du tissu en exerçant une pression entre 2 rouleaux recouverts d'élastomères. Cela permet de maîtriser la quantité de bain déposé, on parle du taux d'exprimage ou taux d'emport. La matière est traitée à cœur et sur les 2 faces et garde son aspect textile. Reste ensuite à passer dans un séchoir ou une rame pour éliminer l'eau. Certains produits nécessitent un traitement thermique supplémentaire de fixation. On parle communément de « polymérisation » ; cela peut être par exemple une réticulation de liant, une polycondensation de résine, une formation de liaisons chimiques entre le produit et certains groupements de la fibre (par exemple les -OH des fibres cellulosiques). La durabilité du traitement dépend des liaisons fibres-produits (liaisons physiques et/ou chimiques) et est généralement plus ou moins limitée : la propriété peut être non permanente et n'avoir donc aucune tenue même à un simple trempage, ou être permanente à un nombre donné de lavages sous certaines conditions. Les principaux apprêts chimiques sont donnés dans le tableau T2. [4][5][6]

Apprêts chimiques	Fonctions
Apprêts « infroissables » (résines thermodurcissables : composés N-méthylolés)	Défroissabilité, raideur, easy care, wash and wear, stabilité dimensionnelle
Hydrofuges (silicones, mélamines chaîne grasse, fluorés)	Protection eau, déperlance, antitache (taches aqueuses)
Oléofuges (fluorés)	Protection huile, antitache
Ignifuges (composés phosphorés, azotés, halogénés..., traitements Proban® et Pyrovatex®)	Protection feu : rendre le textile difficilement inflammable
Adoucissants (produits condensation acides gras, dispersions de polymères – PE,PU..., silicones)	Confort : adoucissage, Résistance abrasion , repassage facile: par effet lubrifiant
Enzymes (cellulases, protéases)	Confort : adoucissage par biopolissage
Anti feutrants (silicones, polyuréthannes...)	Anti feutrage, adoucissage et stabilité dimensionnelle de la laine
Antistatiques (silicones hydrophiles, dérivés aminés)	Confort, anti poussière par augmentation de la conductivité électrique du textile

d'acide phosphorique...)	
Antibactériens / Antifongiques (ammoniums quaternaires, éthers phénoliques...)	Confort : anti odeur, Protection, santé en milieu médical : empêcher le développement de microorganismes (bactéries / champignons)
Anti acariens (perméthrine)	Protection, santé : empêcher le développement d'acariens pour lutter contre les allergies
Antimites (perméthrine)	Protection laine : fibre rendue non comestible pour les larves de mites
Absorbants UV (oxalanilide, triazine...)	Protection solaire (UV) contre les effets néfastes pour la peau

*T2 : principaux apprêts chimiques*

La technique en plein bain a pour principe de mettre en contact le textile et le bain contenant les produits utiles dans différents types de machines adaptées pour travailler la matière en fils, pièces, articles... Ces machines fonctionnent par circulation du bain au travers du textile, du textile dans le bain ou les 2 en même temps. Par exemple on utilise des appareils à circulation de bain, communément appelés « autoclaves » (figure5) qui peuvent traiter des pièces au large ou des bobines de fils. On peut travailler les pièces aussi en boyau sur des machines de type overflow (figure6).

Dans ce cas les produits chimiques utilisés doivent avoir de l'affinité pour la matière textile afin d'être adsorbés puis diffuser et se fixer. Cette technique est très utilisée pour la coloration des textiles. On l'utilise aussi par exemple pour l'application d'adoucissants cationiques ou de certains absorbants d'UV, pour le procédé « zirpro » d'ignifugation de la laine (avec sels de zirconium), mais elle ne fonctionne pas pour tous les apprêts chimiques fonctionnels.

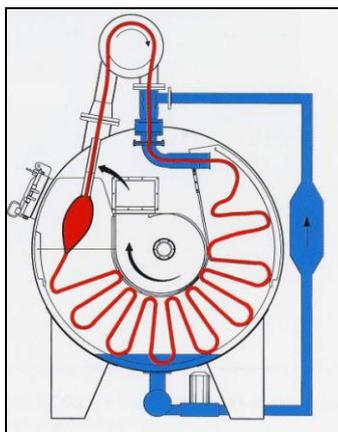


fig6 : overflow (source Alliance)

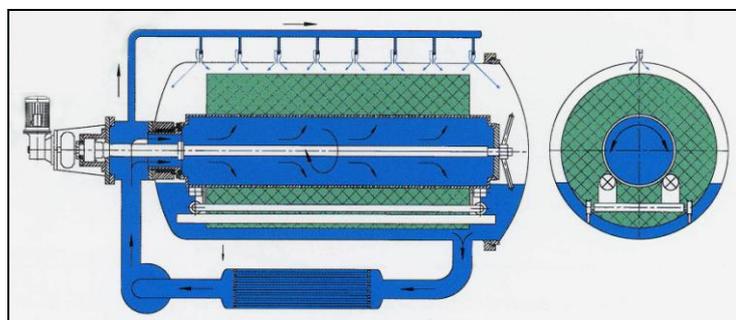


fig5 : autoclave horizontal (source Alliance)

On peut aussi souhaiter réaliser le traitement sur une seule face du tissu ou avoir des fonctionnalités différentes sur chacune des 2 faces. Dans ces cas, les produits peuvent être incorporés dans des pâtes plus ou moins visqueuses et appliqués par les techniques d'enduction. En fonction de l'épaisseur déposée, la matière peut garder ou non son aspect textile. Dans le premier cas, on parlera de traitements d'apprêts appliqués par enduction et dans le second cas, nous réalisons un composite souple et le textile joue le rôle du matériau de renfort, on parlera d'enduction (« coating ») proprement dite. Les principales techniques d'enduction sur textile sont :

- l'enduction à la racle : en l'air, sur bande transporteuse ou sur cylindre (figure7)
- l'enduction au cadre rotatif (sérigraphie)
- l'enduction par cylindres : reverse roll ou cylindre « kiss-coating »
- l'enduction transfert : application sur papier siliconé puis calandrage

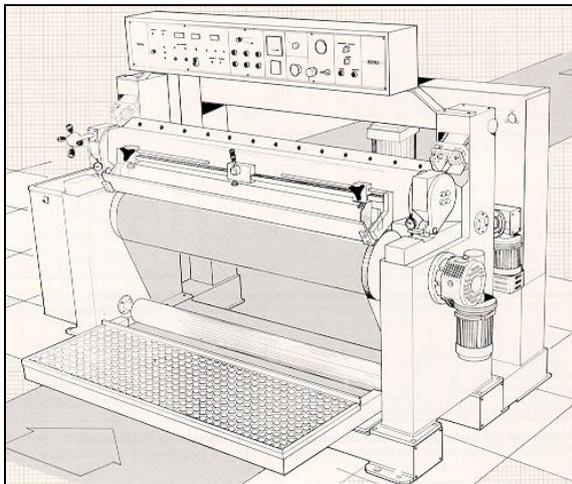


Fig7 : machine enduction racle sur cylindre (source Isotex)

Les grandes familles de produits chimiques appliqués par enduction sont des formulations de plastisols (PVC), d'acryliques, de polyuréthanes, d'élastomères caoutchoutiques, de silicones et de fluorés. Pour des raisons environnementales, dans l'industrie textile on utilise de plus en plus des enductions en phase aqueuse et peu en phase solvant.[4][5][7][8]

La méthode par pulvérisation de fines gouttelettes d'apprêts sur le tissu est peu développée car il est difficile d'obtenir un dépôt uniforme, elle est surtout utilisée pour l'humidification des textiles. Nous pouvons par contre citer la technologie Fibroline™. C'est un procédé d'imprégnation directe de poudres sèches à l'aide d'un champ électrique, en particulier pour les structures de non-tissés.

La structuration du textile par assemblage de pièces, contre-collage de plusieurs couches ou laminage d'une membrane imper-respirante, permet aussi de conférer des propriétés que n'aurait pas une surface textile simple. Nous raisonnons de plus en plus en systèmes multicouches. Dans les vêtements, on recherchera une facilité d'évacuation de la transpiration et un toucher doux pour la couche en contact direct avec la peau, une forte capacité d'isolation thermique pour la couche intermédiaire et une protection face aux intempéries (pluie, vent, ...) pour la couche extérieure. La membrane imper-respirante (types Gore-tex® - figure8, Sympatex®, Proline®...) dans les parkas ou les chaussures aura pour fonction d'empêcher la traversée de l'eau (pluie) tout en laissant s'évacuer la vapeur d'eau (transpiration). [4][9]

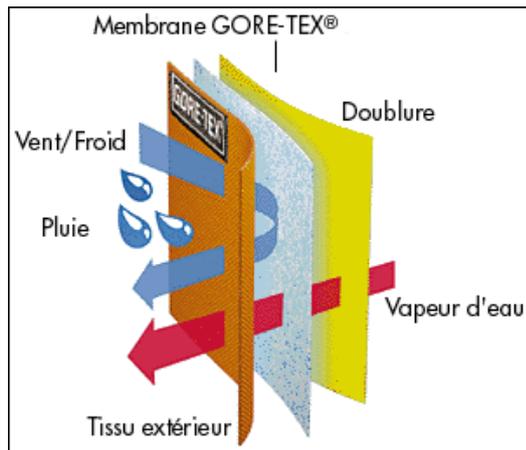


Fig8 : action membrane (source WL Gore & associés)

### Les technologies dites nouvelles ou émergentes

On recherche des technologies permettant d'obtenir des textiles aux caractéristiques nouvelles et étant plus respectueuses de l'environnement, qui utilisent des produits moins polluants et consomment moins d'eau et d'énergie. Elles se développent d'abord sur des marchés de niches à haute valeur ajoutée.

Certaines sont encore pour l'instant peu développées industriellement. Elles peuvent nécessiter des investissements en matériels nouveaux non négligeables et engendrer des coûts de traitements qui restent chers. Parmi ces technologies voici les principales que l'on se doit de citer:

-La microencapsulation : technique qui permet d'isoler une substance active du milieu extérieur et d'éventuellement la libérer progressivement par diffusion à travers la paroi microporeuse ou par destruction de cette paroi : citons les exemples des textiles thermorégulants avec microcapsules de matériaux à changement de phase (PCM) et des cosmétotextiles parfumants, hydratants, amincissants...[10][11]

-La technique plasma: c'est un gaz ionisé par des décharges électriques ou des ondes électromagnétiques de haute fréquence capable de modifier la chimie de surface des fibres en conservant leur apparence et leurs propriétés intrinsèques. Par exemple l'amélioration de la mouillabilité et de l'adhésion des surfaces en polypropylène par plasma facilite les traitements ultérieurs de ces types de textiles (impression, enduction)... Il existe plusieurs catégories de traitements plasma : décharge couronne (corona), plasma atmosphérique et plasma basse pression. [12][13][14]

-Les traitements sol-gel : traitements pour obtenir des surfaces enduites inorganiques. Le Sol est une solution colloïdale d'oxyde métallique et le Gel est la phase produite après évaporation du solvant. Les sol-gel étudiés actuellement sont surtout à base d'oxyde de silicium pour des propriétés de résistance à l'abrasion, hydrophobe et oléophobe, antimicrobienne...[14][15][16]

-les nanotechnologies de façon générale : ce sont des procédés permettant de travailler la matière, à l'échelle nanométrique, c'est-à-dire en dessous de 100 nanomètres. L'échelle

nanométrique dans les matériaux textiles se présente sous différentes formes. On trouve des nanofibres, des nanoparticules ou des nanotubes incorporés, des nanocouches déposées et des surfaces nanostructurées. Les propriétés que l'on peut obtenir sont là aussi multiples : mécaniques, thermiques, optiques, électriques... Grâce à la miniaturisation, on peut aussi incorporer dans les textiles des systèmes chimiques, physiques, biologiques ou électroniques les rendant interactifs et adaptatifs, on parle alors de « textiles intelligents » ou « smart textiles ». [14]

## Conclusion

Il y a de nombreux traitements et techniques associées pour fonctionnaliser un textile. Ces propriétés sont apportées lors de la fabrication des fibres ou lors de l'ennoblissement des textiles. Dans le premier cas, le point fort est principalement la permanence de l'effet réalisé et dans le second, la simplicité du traitement et son relatif faible coût. Certaines technologies utilisées dans d'autres secteurs d'application comme les plasmas, les sol-gels, les nanotechnologies... sont en développement en textile. Elles sont encore peu utilisées comparées aux traitements traditionnels et sont encore souvent réservées à des marchés de niches ou de haute valeur ajoutée. Les raisons sont surtout liées au coût en investissement machine et /ou surcoût du traitement, ou à des difficultés d'industrialisation (reproductibilité à grande échelle). On peut penser que l'évolution de ces technologies fera que ces freins n'en seront plus et qu'elles auront dans un avenir plus ou moins proche une place prépondérante dans la fonctionnalisation des textiles.

## Références

- [1] Les textiles modernes, l'innovation par la fonctionnalisation – A. Ungidos – chimie magazine N°452
- [2] Intelligent textiles and clothing – HR.Mattila – 2006
- [3] New fibers – T.Hongu, GO.Phillips – 1997
- [4] Handbook of technical textiles – AR.Horrocks, SC.Anand – 2004
- [5] Textile finishing – D.Heywood – 2003
- [6] Chemical finishing of textiles – WD.Schindler, PJ.Hauser – 2004
- [7] Coated and laminated textiles – W.Fung – 2002
- [8] Coated textiles: principles and applications – AK.Sen – 2001
- [9] Membranes imper-respirantes – JF.Dhennin – L'industrie textile N°1292 – 1997
- [10] Nanomatériaux, traitement et fonctionnalisation des surfaces : la microencapsulation – C.Roques-Carmes, C.Millot - 2008
- [11] Microencapsulation – E.Delays – l'industrie textile N°1363 – 2004
- [12] Plasma technologies for textiles – R.Shishoo – 2007

[13] Atmospheric pressure plasma, a new technology for modifying textile fabrics – B.Severich – Melliand international vol.2 – 2008

[14] Surface modification of textiles – Q.WEI – 2009

[15] Applications sol-gel en textile – K.Stevens - l'industrie textile N°1402 – 2010

[16] Nanosols and textiles – B.Mahltig – 2008