

UELC 2021-2022 & Université Ouverte



"Chaleur, froid, agents infectieux,
produits chimiques, gaz toxiques,
coups... : comment les nouveaux textiles
nous protègent-ils ? "

François RENAUD
Professeur honoraire

3 février 2022

Quelles fibres peut-on filer ?

Fibres animales

- La laine
- La soie



Quelles fibres peut-on filer ?

- Fibres végétales



Lin



Chanvre



Jute



Jonc



Kapoc



Raphia



Coco

Quelles fibres peut-on filer ?

- **Fibres artificielles**

Comte Hilaire de Chardonnet



Production de fils à partir de cellulose
extraite du bois et traitée (nitrocellulose)

Passage dans une filière

= viscose ou soie artificielle ou rayonne

1892 Société de la soie Chardonnet

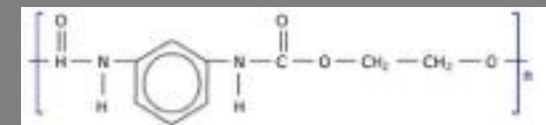
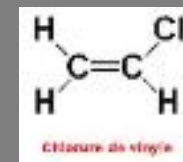
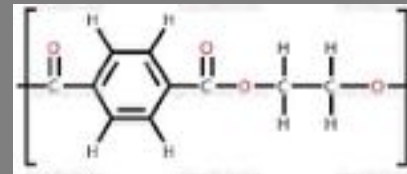
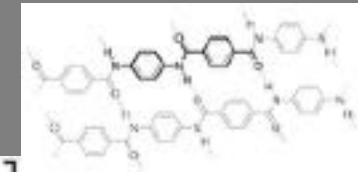
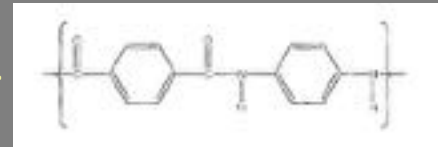
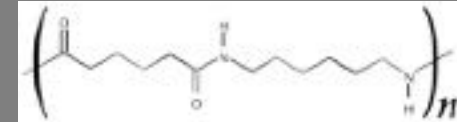
1952 Rachat par Rhodiacéta

1981 Fermeture

Fibres synthétiques

Synthèse chimique à partir produits pétroliers

- Polyamides
 - Polyamide 6,6 = **nylon** (granulés 260°C ,filière)
Bas, lingerie, textiles techniques : parachute, parapluies...
- Autres polyamides
 - **Aramide** (nomex)
 - résiste à la chaleur (300°C) et ne s'enflamme pas
 - **Kevlar**
 - résiste à l'étirement et au cisaillement
- Polyester
 - **Polyéthylènetéraphthalate** (PET)
 - Milieu marin (voile, cordage), ameublement
 - S'enflamme rapidement (retardant)
- **Acrylique**
 - fausse fourrure, pulls, ameublement
- **Chlorofibre**
 - ininflammable, isolant thermique, sous-vêtements, layette
- **Polyuréthane** (élasthanne)
- Téflon (Gore tex)
- Fibres de verre, fibres de carbone et fibres polylactiques (biocompatibles)





CORSE WOOL

FINE WOOL

ALPACA

CASHMERE

SILK

LINEN

COTTON

POLYESTER

Fonctionnalisation des textiles

- Apporter des propriétés supplémentaires pour
 - améliorer le confort,
 - faciliter son emploi ou son entretien,
 - lui donner des fonctions de sécurité et de santé...

Comment fonctionnaliser le textile?

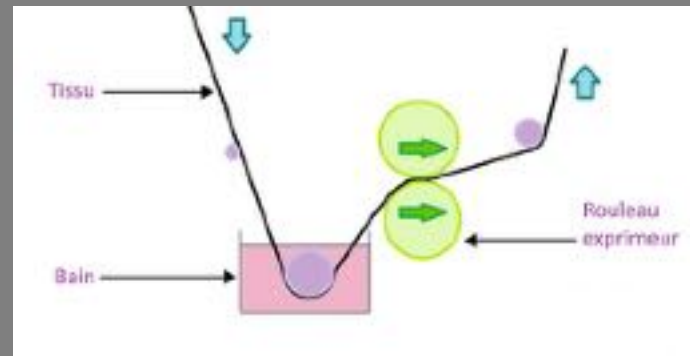
L'ennoblissement traditionnel

C'est 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

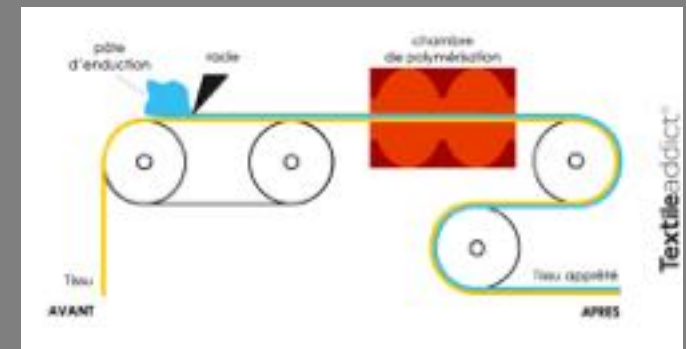
- Fils, pièces de tissu ou de tricot, non-tissés et articles assemblés
- Moins onéreux que de fonctionnaliser la fibre

Traitements chimiques

- Foulardage
- Plein bain
- Enduction (1 face)



- Autres
 - Pulvérisation
 - Imprégnation directe de poudre dans un champ électrique (Fibroline™)



Comment fonctionnaliser la fibre ?

- Plus onéreux que fonctionnaliser le tissu
- Au moment de la fabrication de la fibre chimique
 - Incorporation dans la masse
 - Incorporation en masse d'additifs spécifiques au moment de l'extrusion
 - Incorporation de matières organiques (triclosan) ou minérales (zéolithes)
 - Coloration en masse (pigments)
 - Microcapsules

Comment fonctionnaliser la fibre ?

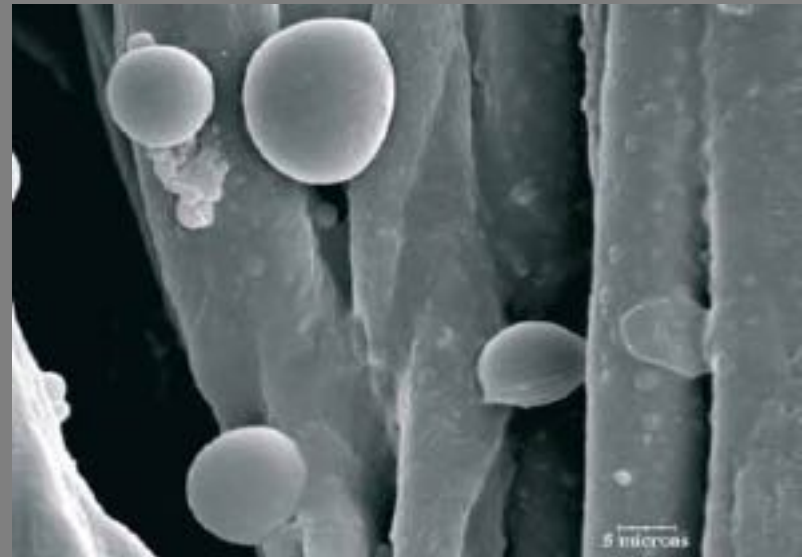
Inclusion



Inclusion de zéolithes

Comment fonctionnaliser la fibre ?

Micro-encapsulation

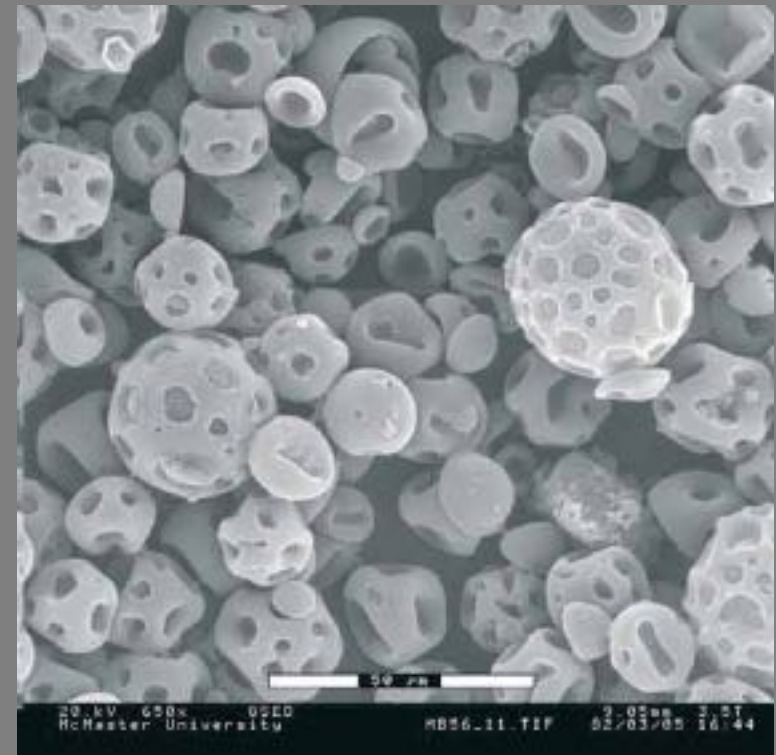
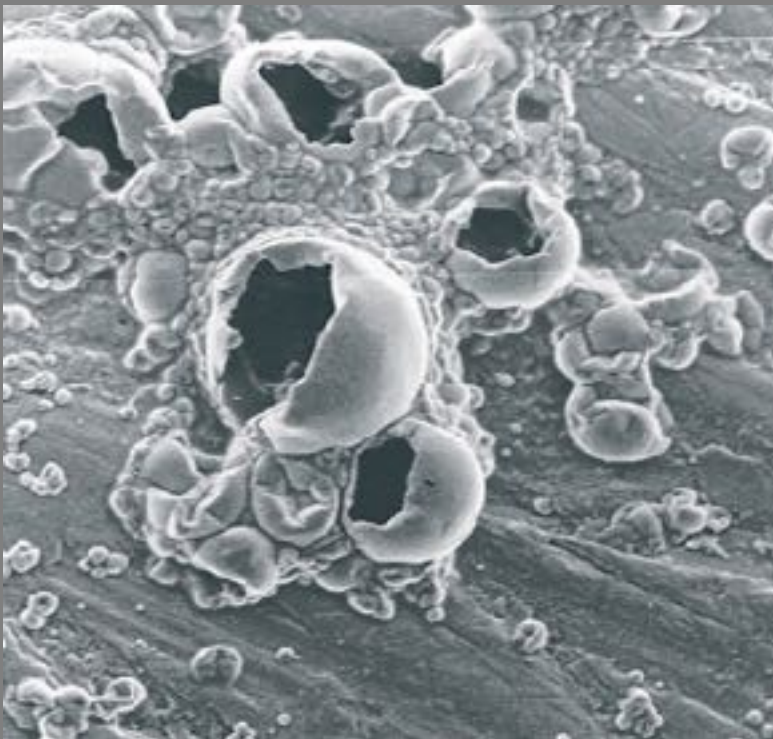


Fixation sur le textile support grâce à un « liant » (acrylique, polyuréthane, silicone, amidon...)

Dispersion du produit contenu

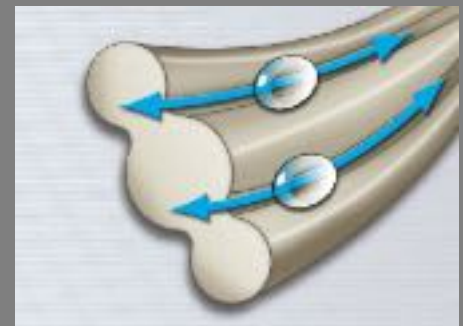
Deux principaux modes de dispersion des principes actifs :

- rupture de la membrane
- diffusion lente à travers la membrane



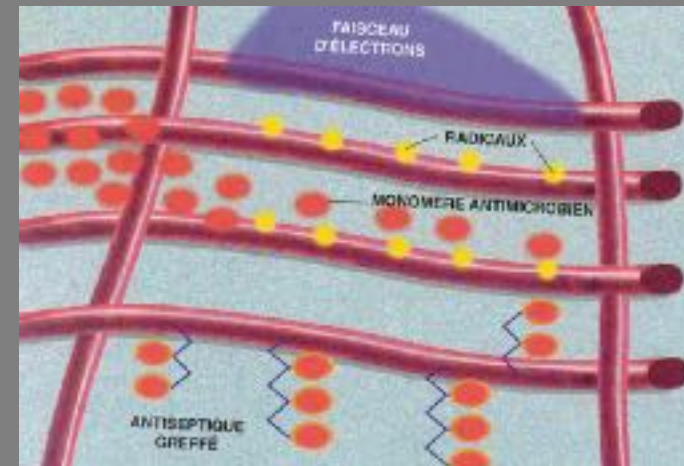
Comment fonctionnaliser la fibre ?

- Utilisation d'une filière particulière lors du filage
 - Microfibres ($< 1 \text{ detex} = < 1 \text{ g/10km}$) donne des qualités particulières d'essuyage
 - Fibre polyester creuse contenant de l'air = légèreté, isolation renforcée (Hollofil[®])
 - Canaux longitudinaux du polyester (évacuation de la sueur, séchage rapide (Colmax[®]))



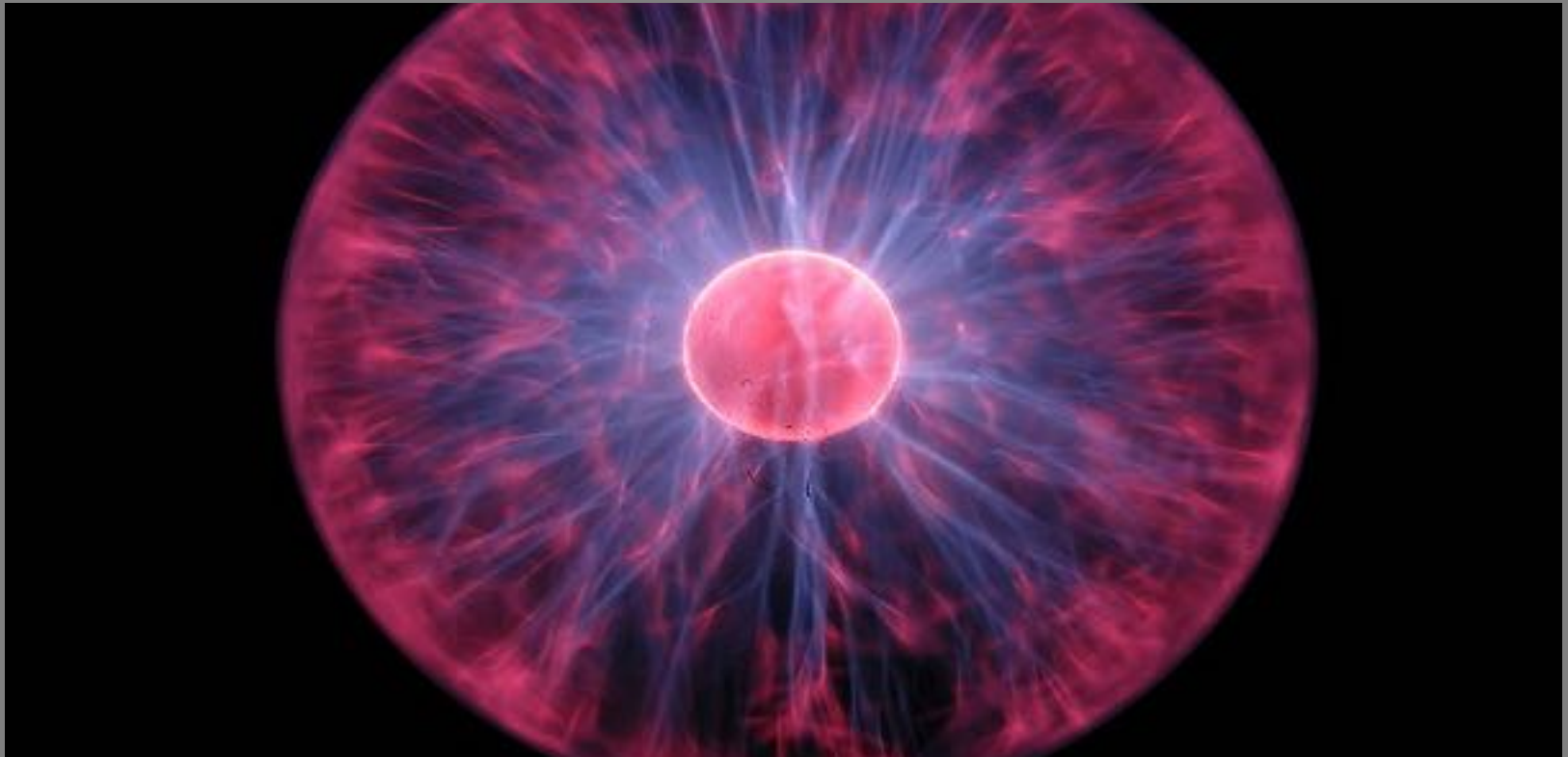
Comment fonctionnaliser la fibre ?

- Greffage moléculaire
- La molécule active est greffée à l'aide de liaisons chimiques, greffage radioactif, accélérateur d'électrons...



Comment fonctionnaliser la fibre ?

- Plasma



Comment fonctionnaliser la fibre ?

Les traitements sol-gel

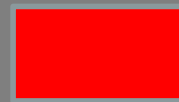
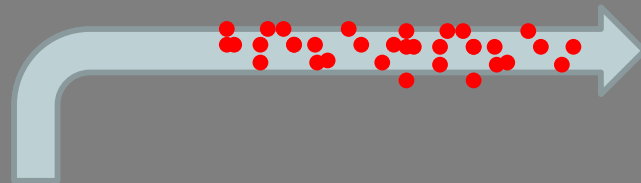
Pour obtenir des surfaces enduites inorganiques
(ex : TiO_2)

- Sol solution colloïdale d'oxyde métallique
- Gel phase produite après évaporation du solvant
- Résistance à l'abrasion, hydrophobe et oléophobe, antimicrobienne...

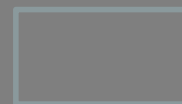
Application des microcapsules à la détection des contrefaçons

- Nocopi technologies : microcapsules contiennent un colorant
- Utilisation d'un solvant spécifique de la capsule libérant la couleur





+++



?

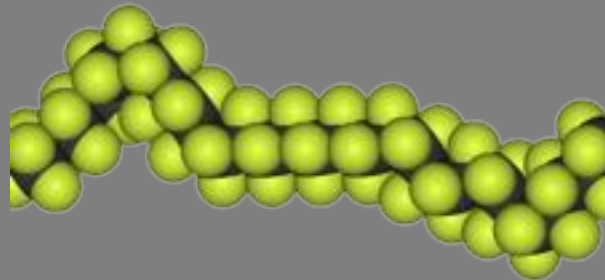
Confort, sport, bien-être

- **Thermorégulateurs**

- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
- Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent
- Textiles anti-UV protégeant les enfants.
- Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges. Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires

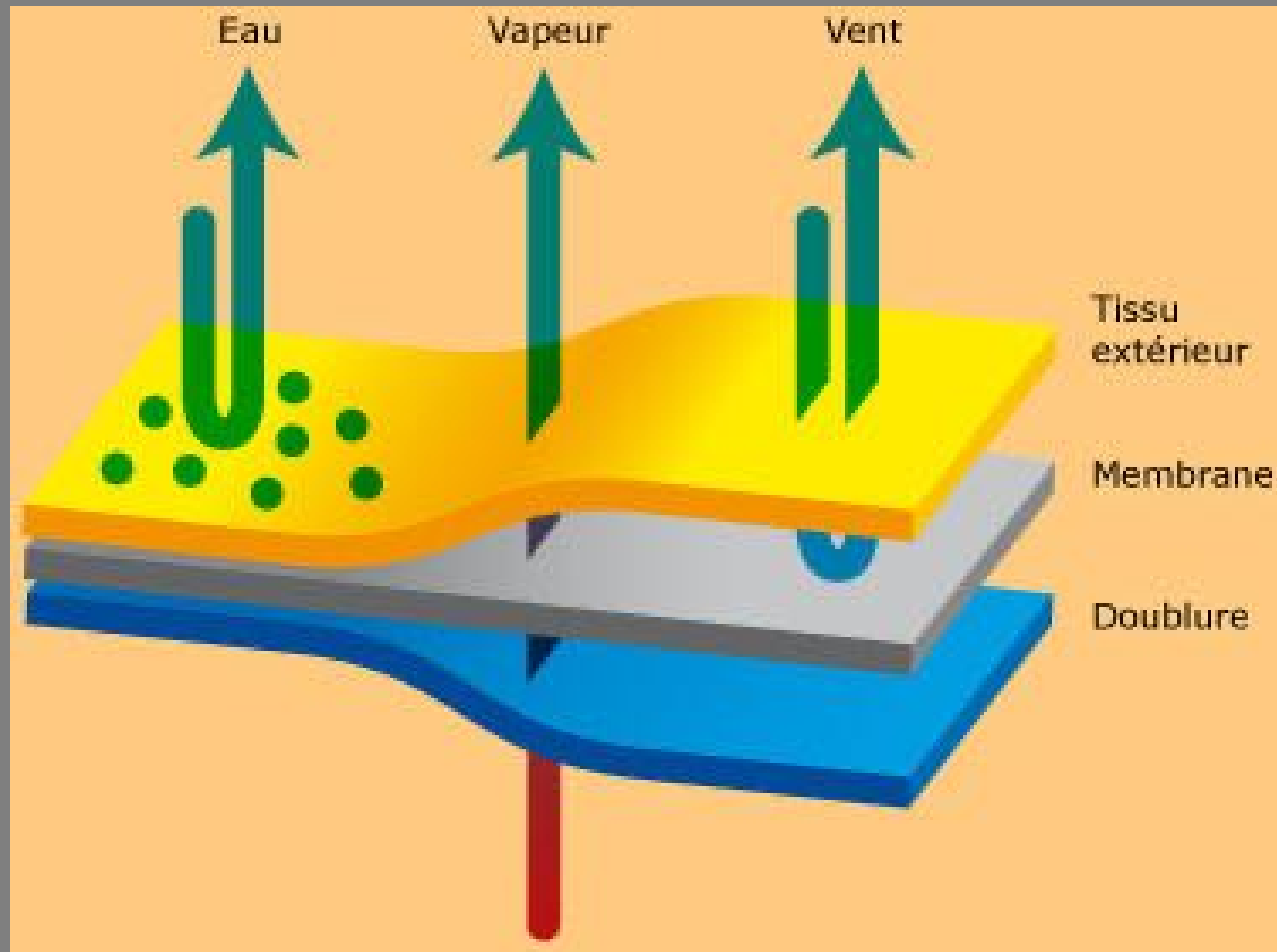
William Gore et le Gore-tex

- À 17 ans il travaille chez DuPont
- Responsable des applications du Téflon
- Souhaite l'appliquer aux vêtements
- Refus de la direction
- 1958 fonde sa société « W.L.Gore & Associates »
- 1969 étirage du téflon à chaud : nanopores laissent les gaz passer mais pas l'eau
- Gore-tex



polytétrafluoroéthylène (PTFE)¹

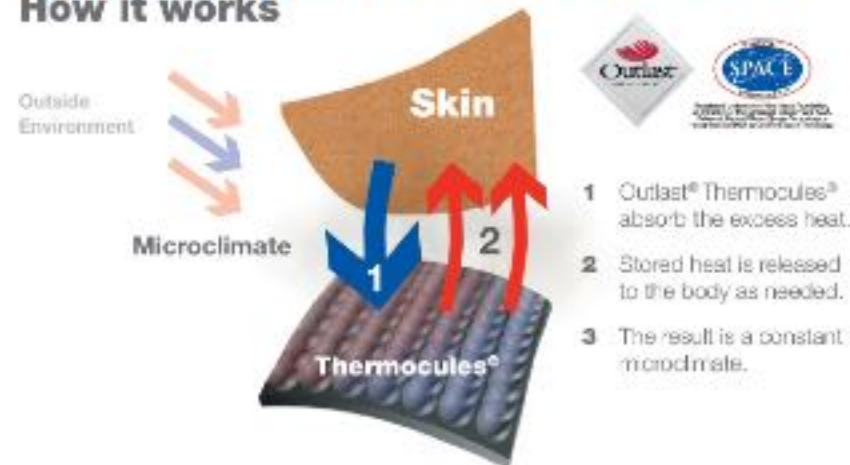
Tissu respirant : le Gore-Tex®



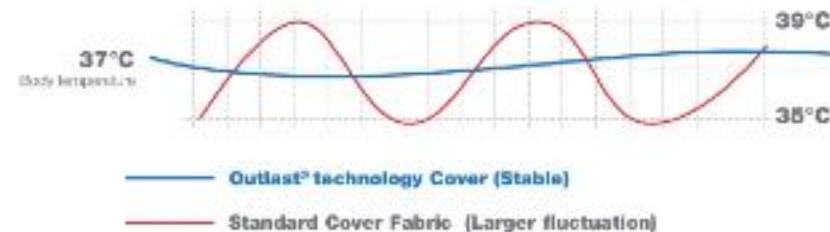
Thermorégulation

Outlast® Adaptive technology

How it works

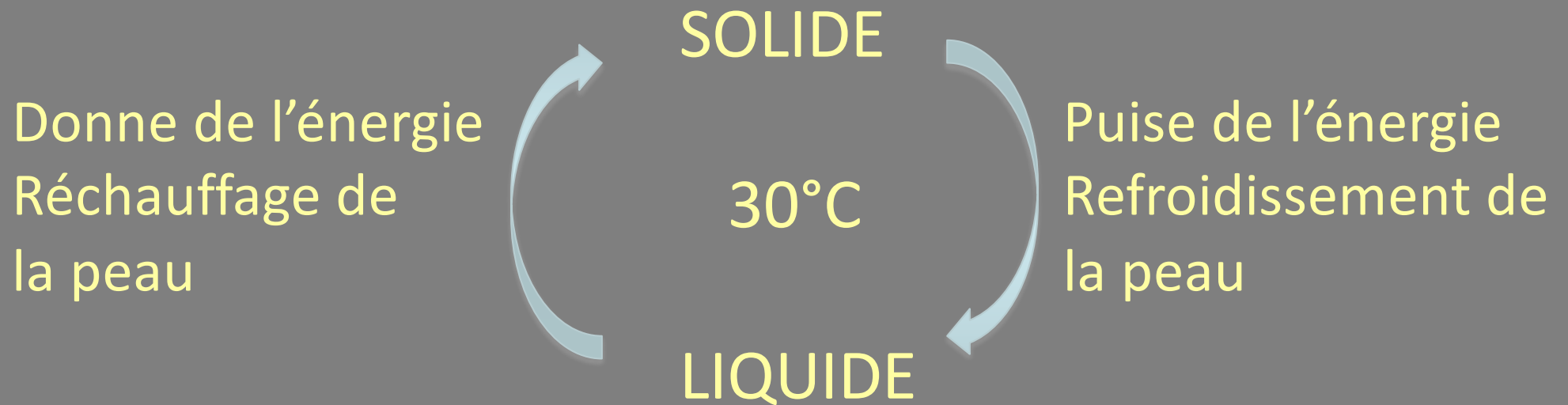


Temperature stability of products with and without Outlast® technology



Thermorégulation

Microcapsules



Confort, sport, bien-être



- Thermorégulateurs
- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
Fibre polyester creuse = légèreté, isolation renforcée(Hollofil[®])
- Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent
- Textiles anti-UV protégeant les enfants.
- Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges. Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires

Confort, sport, bien-être



- Thermorégulateurs
- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
- **Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent. Les gants sont chauffés avant de les enfiler**
- Textiles anti-UV protégeant les enfants. Pastilles thermosensibles qui changent de couleur en fonction de la température ou des UV.

A placer sur le chapeau des enfants

- Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges. Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires

Confort, sport, bien-être



- Thermorégulateurs
- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
- Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent
- Textiles anti-UV protégeant les enfants.

Pastilles thermosensibles qui changent de couleur en fonction de la température ou des UV. À placer sur le chapeau des enfants

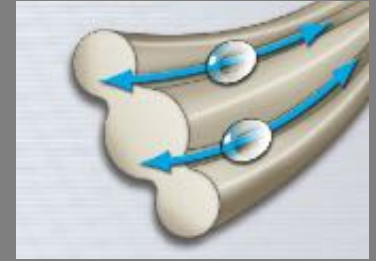
- Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges.
Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires

Anti-UV et autres rayonnements

- Dioxyde de titane (TiO_2), céramique, dioxyde de zinc : réfléchit les rayons UV d'une manière permanente et même lorsque le textile est mouillé
- Protection contre infrarouge (industrie chauffage),
- Protection contre rayonnements spatiaux,
- Protection contre rayonnements nucléaires,
- Protection contre les rayonnements électromagnétiques : mélange de nanofibres de cellulose et de nono-fils d'argent = blindage électromagnétique (antennes, portables, wifi)



Confort, sport, bien-être



- Thermorégulateurs
- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
- Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent
- Textiles anti-UV protégeant les enfants.
- **Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation**
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges. Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires



Confort, sport, bien-être

- Thermorégulateurs
- Tissus isolants anti-froid. Fibres creuses contenant de l'air
- Textile chauffant. Non tissé chauffant avec des fibres d'argent
- Textiles anti-UV protégeant les enfants.
- Textiles anti-humide. Fibres munies de canaux d'évacuation
- Tissus anti-courbature. Membrane de polyuréthane + oxydes métalliques qui absorbent et accumulent la chaleur pendant l'effort et redonne la chaleur sous forme de rayons infrarouges. Amélioration de la microcirculation sanguine soulageant les douleurs musculaires

Confort, sport, bien-être

- **Cosmétotextiles**

- Tissu anti-odeur, antibactérien
- D-shirt : cardiofréqencemètre, GPS, altimètre, centrale inertielle, information sur smartphone
- Textiles biomimétiques
- Tissu parfumé
- Tissu à mémoire de forme ex pantalon +
Alliage nickel-titane + elasthane pour les pantalons de
Femme enceinte

Les cosmétotextiles

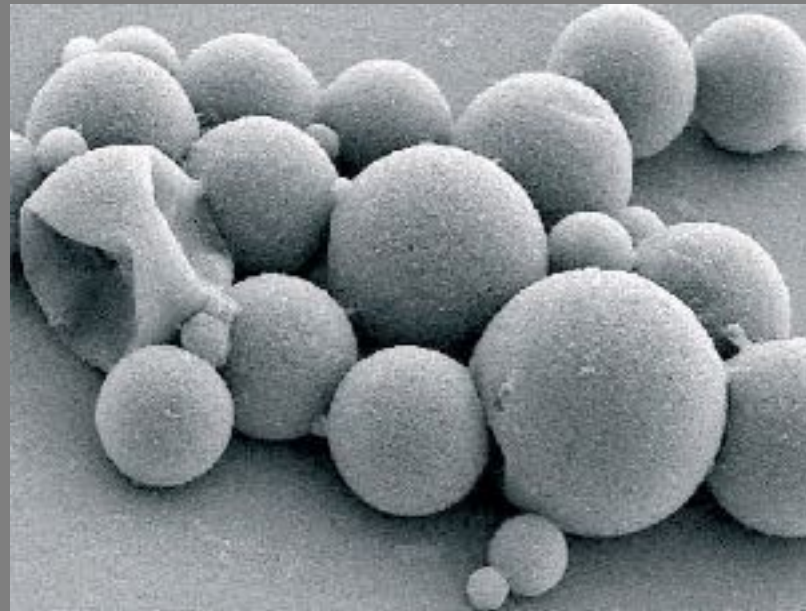
- Le textile contient un produit actif libéré au niveau de la peau comme un produit cosmétique



Les cosmétotextiles

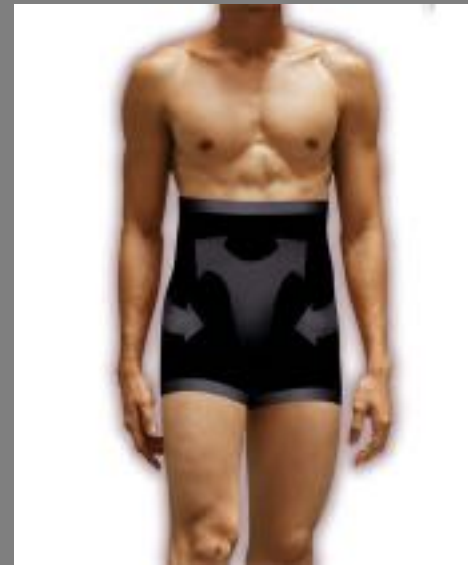
- Microcapsules contenant des substances parfumantes ou hydratantes.

Parfums : musc, civette, pin, huiles de citron



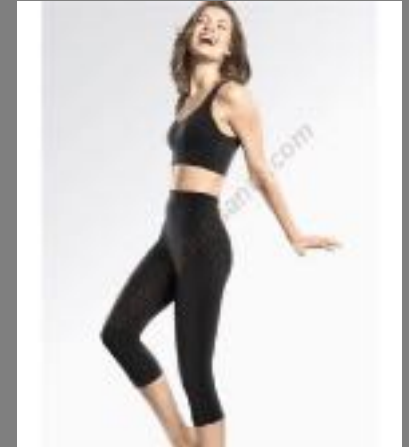
Les cosmétotextiles

- Corsaires amincissants : les microcapsules contiennent de la caféine (rechargeables par aérosol)



Les cosmétotextiles

- Vêtements autobronzants
(microcapsules avec huiles naturelles
facilitant le bronzage. Libération avec les
mouvements
- Vêtements apaisants (pyjama, taie d'oreiller).
Encapsulation d'huiles essentielles



Les cosmétotextiles

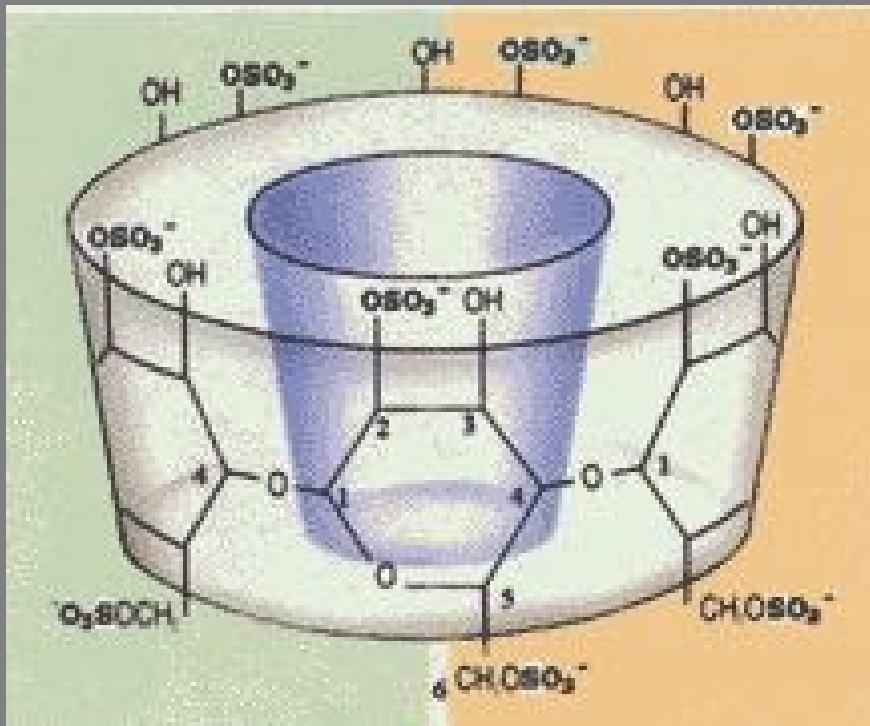
- Aloe vera : cicatrisante, hydratante...
- Algues : antidouleur, hydratante, relaxante
- Caféine : stimulante, amincissante...
- Cétone de framboise : anti-inflammatoire
- Huile d'abricot : émolliente, anti-inflammatoire
- Vitamine E : hydratante, anti-oxydante

Confort, sport, bien-être

- Cosmétotextiles
- Tissu anti-odeur, antibactérien
- D-shirt : cardiofréqencemètre, GPS, altimètre, centrale inertielle, information sur smartphone
- Textiles biomimétiques
- Tissu à mémoire de forme ex pantalon +

Alliage nickel-titane + elasthanne pour les pantalons de femme enceinte

Textiles anti-odeurs



Cyclodextrines



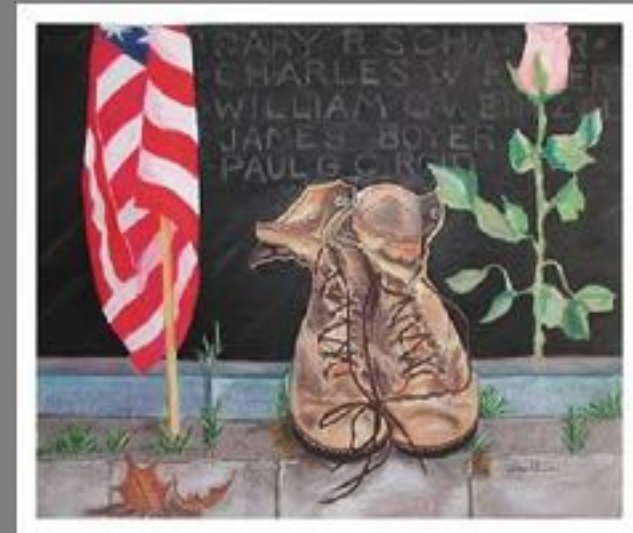
Textiles antimicrobiens

- 3 effets indésirables des textiles
 - Altération du textile (champignons)
Couleur et structure physique
 - Hygiène et odeur
 - Réservoir de maladies nosocomiales



Textiles antifongiques

- Protection du textile : applications
 - Toiles de tente, toiles de parasol, liners de piscine



Textiles antibactériens

- Odeurs

- La sueur est inodore
- Les bactéries de la peau (Corynéformes) produisent des métabolites malodorants
- Inhibition du développement de ces bactéries



Textiles antibactériens

- Hygiène
 - Serviette de bain
 - Linge de corps pour sportifs
 - Chaussures de ski





Japon, il y a une quinzaine d'an-
les recherches sur les tissus fonc-
nt débuté. Aujourd'hui, les textiles
rs y rencontrant un franc succès.

Textiles antimicrobiens

- Hygiène hospitalière : lutte contre les infections nosocomiales
- Pyjama, drap, blouse des infirmières...



Principaux agents antibactériens utilisés dans les textiles

Type d'agent	Exemple	Propriétés	Textiles
Métaux et sels métalliques	Ag ⁺	Condensation de l'ADN (arrêt de la réplication) Inactivation des protéines par action sur le groupe thiol	Nylon, laine, Polyester
	TiO ₂ , ZnO	Synthèse de composés oxygénés actifs	
Phénol halogéné	Triclosan	Rupture de la paroi bactérienne	Polyester, Nylon, Acrylic, Polypropylene, Acétate de cellulose
Ammonium quaternaire	Plusieurs, en fonction de la longueur de la chaîne	Surfactant. Large spectre d'action Principale cible la membrane bactérienne	Coton, laine, nylon, polyester, acrylic
PHMB	Mélange hétérodispersé de polyhexamethylene biguanide	Action sur la membrane cellulaire	Nylon, polyester, coton
N-halamines régénérables	N-chloramine	Action par oxydation	Laine, Nylon, coton, polyester
Peroxyacides régénérables	Acide peroxyacétique	Action par oxydation	Coton, polyester
Chitosan et dérivés	Chitosan	Altération de Perméabilité membranaire et liaison à l'ADN	Laine, polyester and coton
	Carboxymethyl Chitosan,		
	N,N,N,-trimethyl chitosan (TMC)		
	Chitosan nanoparticules (CSNP).		

Textiles anti-insectes



- Imprégnation perméthrine, huiles essentielles, (citronnelle)
- Encapsulation d'huiles essentielles (citronnelle)



Textiles anti-acariens



- Textiles anti-acariens
 - Literie, rideaux, canapés moquettes
 - Déjections sensibilisantes phénomènes cutanés et/ou respiratoires
- Destruction
 - Pyrèthre de Dalmatie
 - Perméthrine (détruit levures et moisissures)



Textiles antiviraux

- Mise au point de textiles empêchant le passage des virus à travers un masque et le tuant de préférence (épidémies de grippe, Covid-19)



- Utilité pour se protéger et/ou protéger les autres

Confort, sport, bien-être



- Cosmétotextiles
- Tissu antiodeur, antibactérien
- D-shirt : cardiofréqencemètre, GPS, altimètre, informations sur smartphone

- Textiles biomimétiques

- Tissu à mémoire de forme ex pantalon +

Alliage nickel-titane + élasthanne pour les pantalons de

Femme enceinte

Surveillance médicale

- Chemise équipée de capteurs
 - ECG
 - rythme respiratoire
 - température
 - taux de sucre dans le sang
 - ...



Confort, sport, bien-être

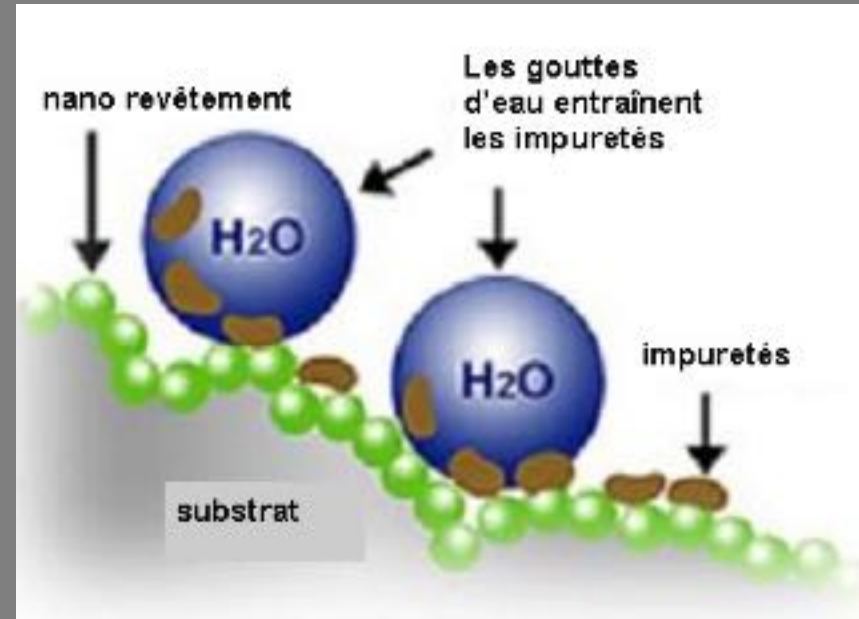
- Cosmétotextiles
- Tissu antiodeur, antibactérien
- D-shirt : cardiofréqencemètre, GPS, altimètre, centrale inertielle, information sur smartphone

- **Textiles biomimétiques**

- Tissu à mémoire de forme ex pantalon +

Alliage nickel-titane + élasthanne pour les pantalons de femme enceinte

Effet Lotus



Vitrage, baignoire, cuisine
Textiles anti-tache

Effet pomme de pin

- Effet pomme de pin
 - Ouverture de microvolets pour une meilleure respiration (sport)

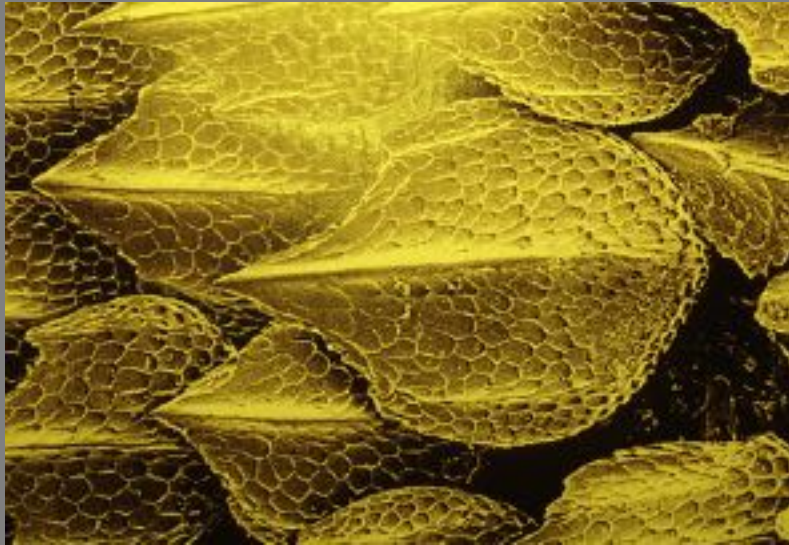


Effet aile de papillon

- Effet aile de papillon
 - Biocristaux photoniques



Effet peau de requin



Michael Phelps : combinaison en polyuréthane
8 médailles d'or à Pékin et 6 records du monde

Effet Gecko



20 fois par seconde
Ruban adhésif x 500



Micropoils de kératine

Effet Gecko

- Bandes adhésives
- Adhésion des tissus
(opération chirurgicale)



Effet bardane

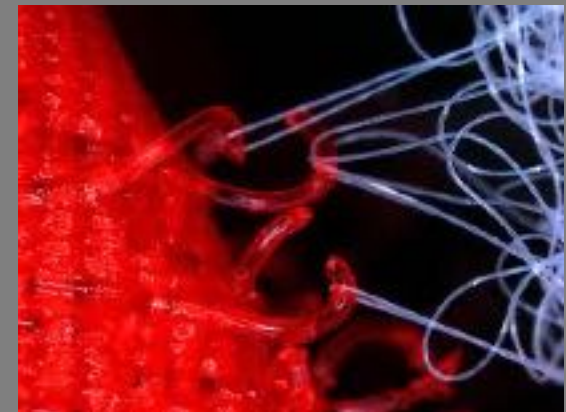


Velcro (graines de bardane)

Velcro-conducteurs

Nano-velcro

Velcro-élastiques



Confort, sport, bien-être



- Cosmétotextiles
- Tissu antiodeur, antibactérien
- D-shirt : cardiofréqencemètre, GPS, altimètre, centrale inertielle, information sur smartphone
- Textiles biomimétiques

• Tissu à mémoire de forme ex pantalon +

Alliage nickel-titane + élasthanne pour les pantalons de femme enceinte

Textiles de santé

- **Texticaments**
- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS) Envoi des données au médecin
- Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture)
- Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Les texticaments

- Textile délivrant un médicament
- « Intrusion » dans le domaine de la santé
- Actuellement : textile délivrant de l'ibuprofène pour traitement d'un « tennis elbow »



Texticaments

- Vitamines
- Antimicrobiens (antibiotiques...)
- Hormones
- Mesure de la glycémie (sueur) = Insuline
- Ag pour soulager les démangeaison (psoriasis, eczéma...)
- Anticancéreux (adénocarcinome)

Tissus et pansements à l'argent

- Agent antibactérien connu : collyre au nitrate d'argent
- Pansement pour ulcères (*P. aeruginosa*, *S. aureus*, Streptocoques β -hémolytiques)
- Hydrocolloïdes et hydrogels + Ag
- Favorise la cicatrisation



Chaussettes antidouleur



- Soulagement temporaire des douleurs musculaires et articulaires associées aux foulures, aux entorses, à l'arthrite, aux contusions, aux crampes, aux raideurs ou aux douleurs.
- Fibre nylon ou polyester sur lesquelles il y a de la capsaïcine + laine pour le confort

Bandage libérant des médicaments d'une façon contrôlée

- Fibres électriquement conductrices revêtues d'un hydrogel qui contient un médicament (antibiotiques, facteurs de croissance, analgésique)
- Un microcontrôleur envoie un courant électrique, des fibres sélectionnées chauffent et le gel libère le médicament.
- Contrôle à distance (smartphone)
- Capteur de pH et glucose



Textiles de santé

- Texticaments
- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS) Envoi des données au médecin
- Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture)
- Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Textiles de santé



Textiles de santé



- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS). Envoi des données au médecin
- Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture)
- Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Textiles de santé



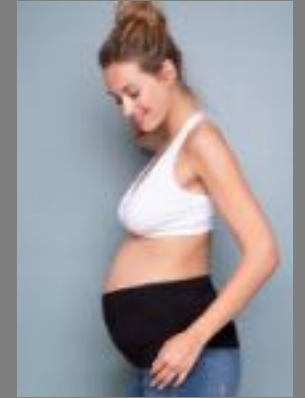
- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS) Envoi des données au médecin
- **Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture). Résorbable**
- Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Textiles de santé



- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS) Envoi des données au médecin
- Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture)
- **Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale**
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Textiles de santé



- Couverture LED bleus pour traiter la jaunisse des nourrissons
- T-shirt pour suivi postopératoire (rythme cardiaque et respiratoire + GPS) Envoi des données au médecin
- Prothèses et implants textiles. Patch qui colle une fois introduit dans le corps humain (remplace les agrafes et les fils de suture)
- Bonnet de détection des crises d'épilepsie. Enregistre l'activité cérébrale
- Ceinture ventrale pour détecter les mouvements fœtaux

Les textiles de protection

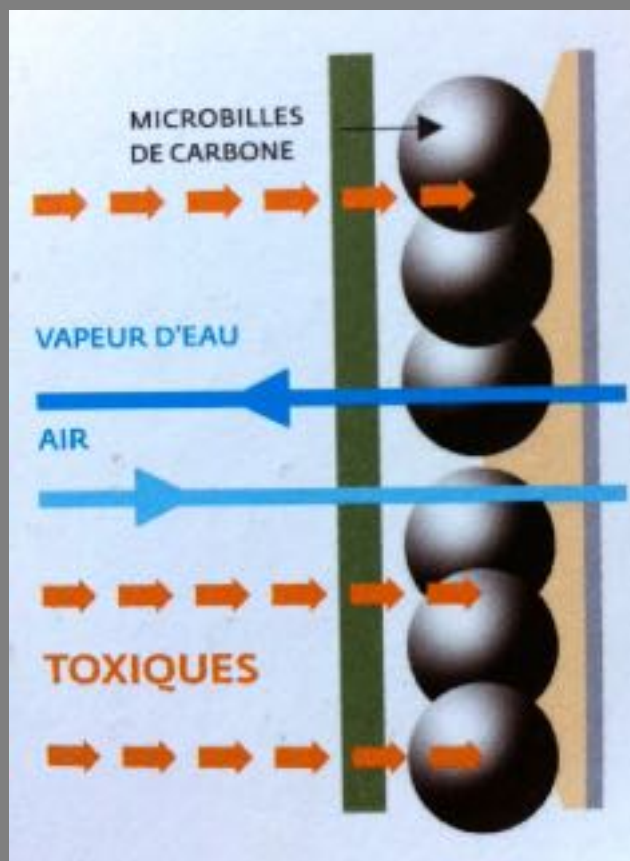
Les EPI

- Tenue plastique
 - Pas d'évacuation de la chaleur
 - Effet de pompage
- Textile respirant
 - Couche externe hydro-oléophobe
 - Une couche de carbone
 - Évacuation de la chaleur
 - Pas d'effet de pompage
 - Protection contre produits chimiques toxiques (gaz et projections liquides)



Les EPI

- Textile NRBC



Les conditions extrêmes

- Chaleur et flammes
- Ex : tenue de pompier
 - Casque, cagoule, veste de protection, gants, sur-pantalon, bottes
 - Protection au feu (flammes et chaleur)
 - Résistant à l'eau et aux objets tranchants
 - Confortable (souple et imper-respirant)



Les conditions extrêmes

- Couche extérieure en fibres aramides
 - Résistant à la chaleur, aux flammes, à l'abrasion
- Couche intermédiaire
 - Membrane imper-respirante
(confort hygrothermique)
- Couche intérieure en fibres aramides
 - Doublure thermique
- Para-aramide et méta-aramides + fibres antistatique pour plus de confort



Suivi du pompier



Température extérieure
Température corporelle
CO
Position de l'homme
Coordonnées GPS



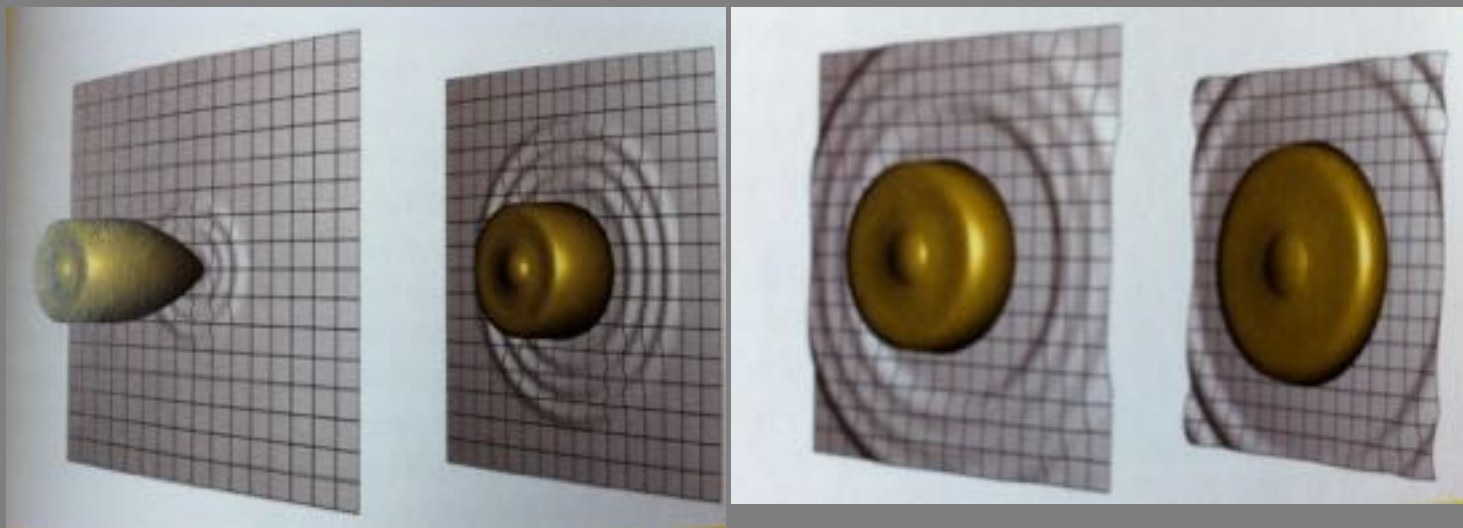
Stéphanie Kwolek : le kevlar

- 1923
- Chimiste
- 1946 DuPont
- 1971 :Fibre 5 x résistante
que l'acier, élastique, résiste au cisaillement,
et à la chaleur
- 1975 policier de Seattle
- Club de 3 000 membres rescapés grâce au kevlar



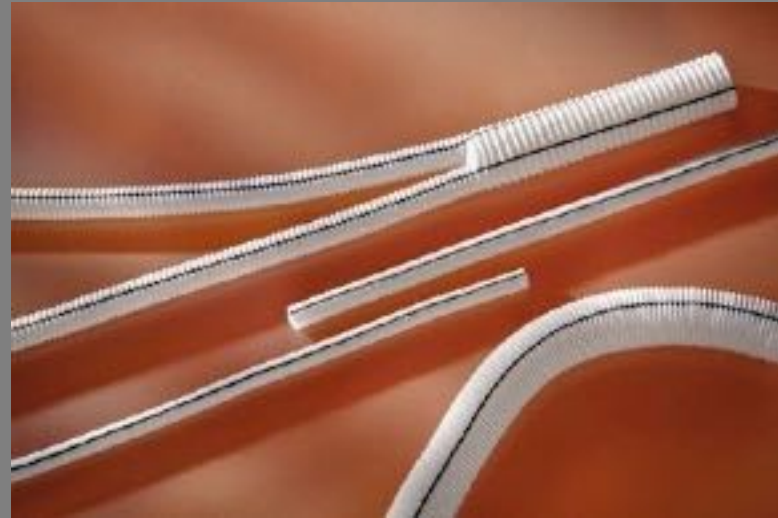
Le kevlar

- Les risques mécaniques
 - Gilet pare-balle (kevlar)



Les textiles à usage interne prothèses et implants

- Matières synthétiques : polyester, polyamide 6.6, polypropylène
- Polymères naturels : chitosan, collagène biodégradable
- Développement de textiles biocompatibles
- Biodégradabilité pour les implants à fonction provisoire
- Ex : prothèses vasculaires en polyester

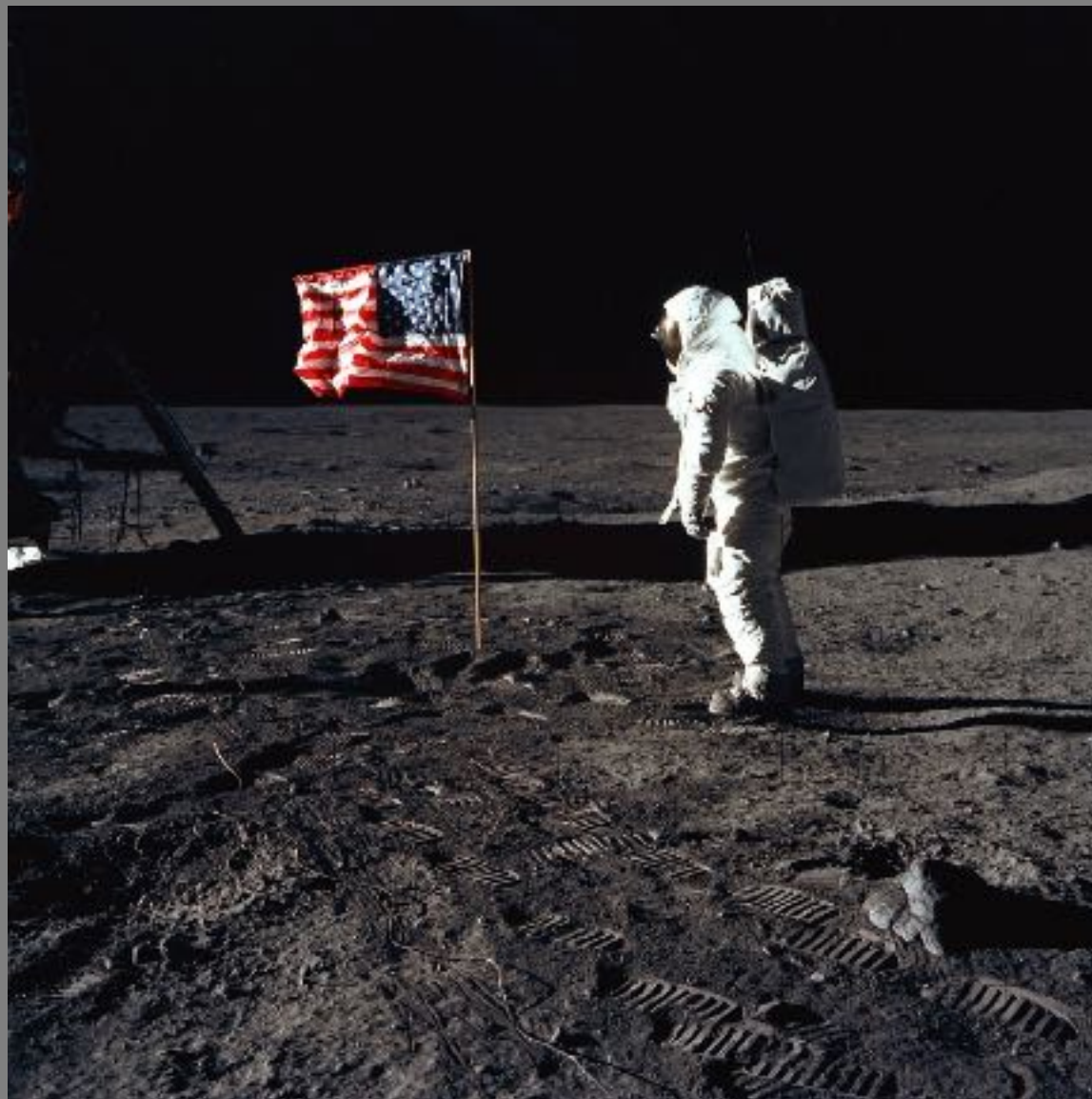


L'extimité

Humidité et conductance : LED



Je vous remercie pour votre attention



fnrrenaud@gmail.com