

LA CHIMIE ET LE SPORT

XXX^{es} Olympiades Nationales de la Chimie 2014

Inscription

Chimie et sport



Contact



Des épreuves académiques
dès janvier 2014



Deux concours

- Scientifique, les 9 et 10 avril 2014
- Communication, le 10 avril 2014

Mentions légales

patino@unice.fr
18/12/2014

CHIMIE ET SPORT : ANTINOMIE ?

Produits de synthèse
Pollution
Danger

« Esprit saint dans un corps sain »

Performance physique
Dimension éthique



LA CHIMIE ET LE SPORT

Biochimie du sport

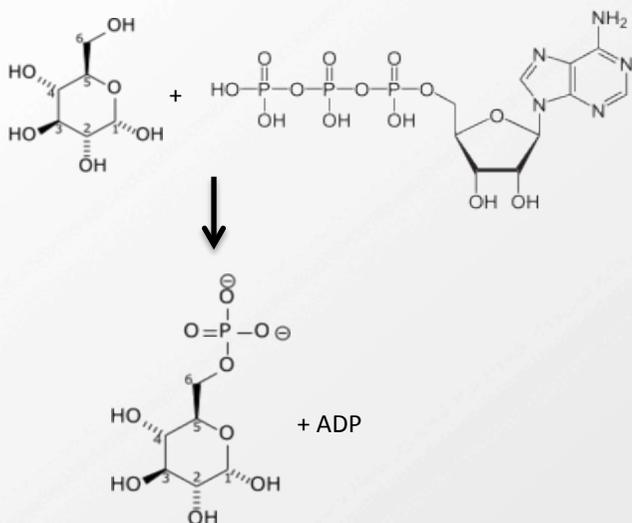
Exercice physique et entraînement



adaptations métaboliques et hormonales



Cascade de réactions chimiques



Phosphorylation du glucose

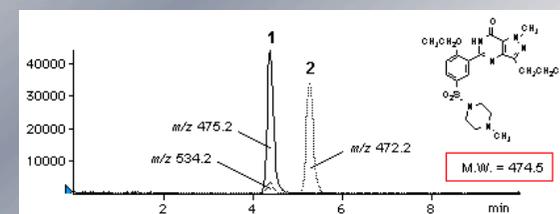
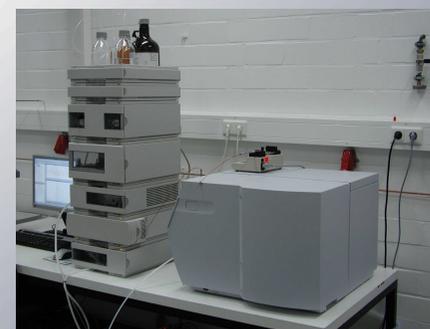


Dopage

capacités physiques et/ou mentales



Détection



LA CHIMIE ET LE SPORT

« **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, Biologie du sport, Ed. Vigot)

Equipement du sportif

Boissons/aliments
énergétiques

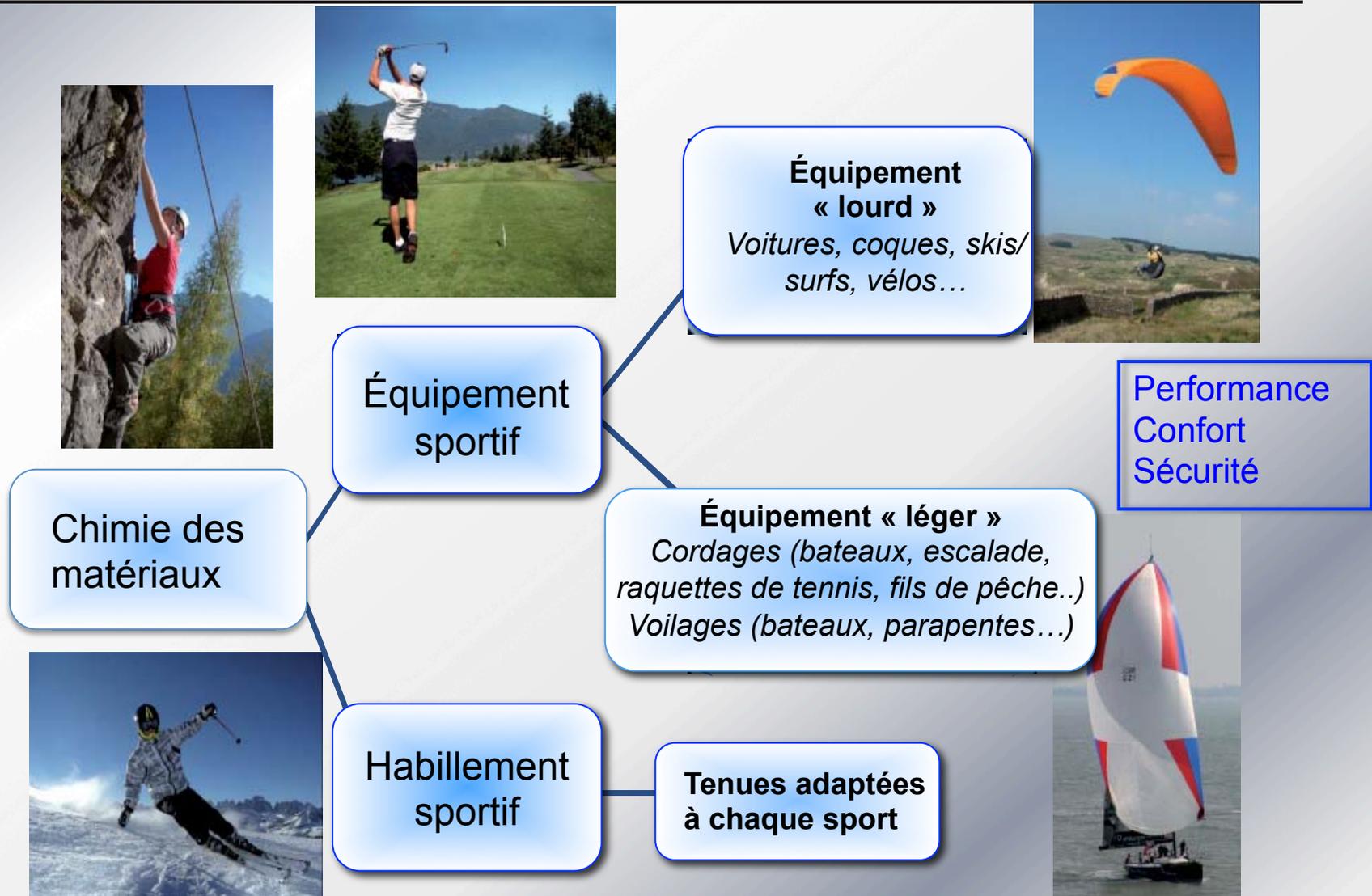
Vêtements/protection



instruments

chaussures

LA CHIMIE DES MATERIAUX



LA CHIMIE DES MATERIAUX

R et D en chimie des matériaux



Innovations en matière d'équipement sportif



Amélioration des performances



qq pièces
métalliques

bâtons en
bambou

Ski en bois

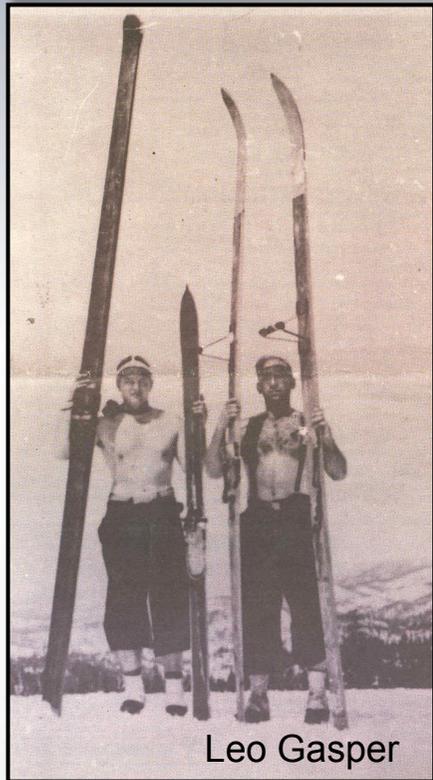
Chaussures/lanières en cuir



- Matériaux synthétiques
- Composites

LA CHIMIE DES MATERIAUX

Le kilomètre lancé



1931
136,6 km/h



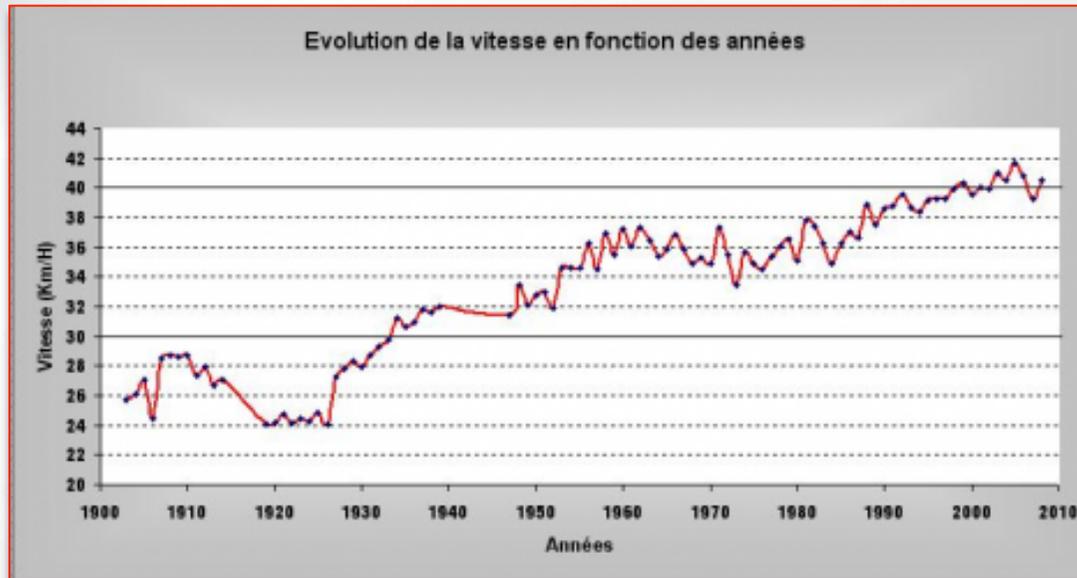
1978
200,2 km/h



2006
251,4 km/h

LA CHIMIE DES MATERIAUX

Le cyclisme



Maurice Garin

1903 (1^{er} Tour de France) :
 $v = 25 \text{ km/h}$; $P_{\text{vélo}} : 20 \text{ kg}$

2003

$v = 42 \text{ km/h}$
 $P_{\text{vélo}} : 7,7 \text{ kg}$



Lance Armstrong

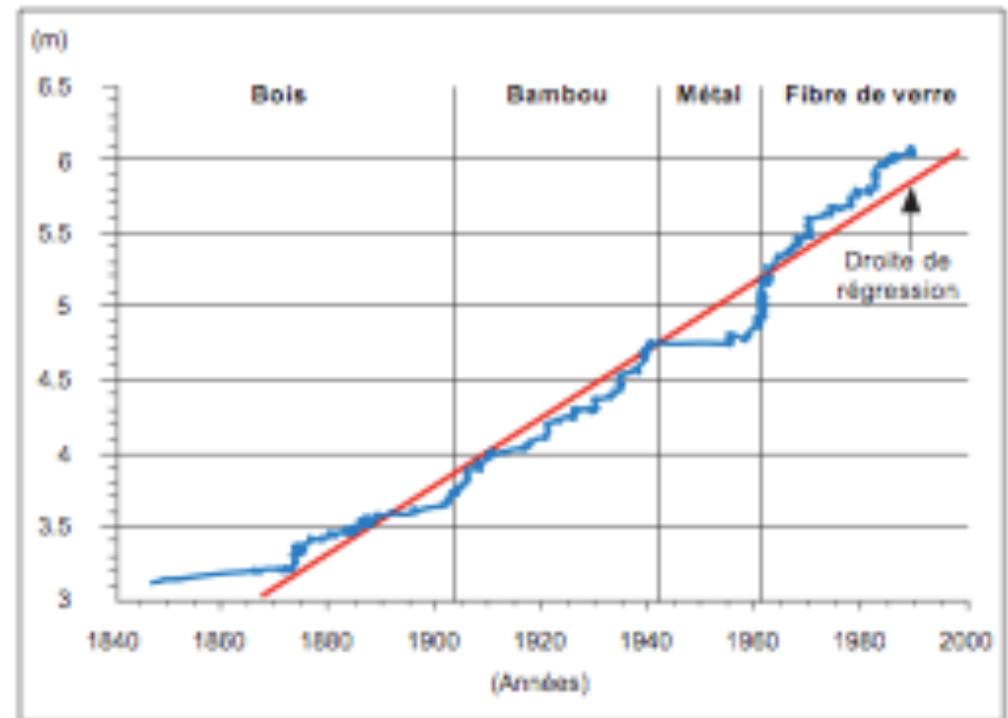
LA CHIMIE DES MATERIAUX

Saut à la perche



mélange de résines synthétiques, de fibres de verre et de carbone, lui conférant à la fois élasticité et flexibilité, permettant l'« effet catapulte ».

Évolution du record du monde de saut à la perche



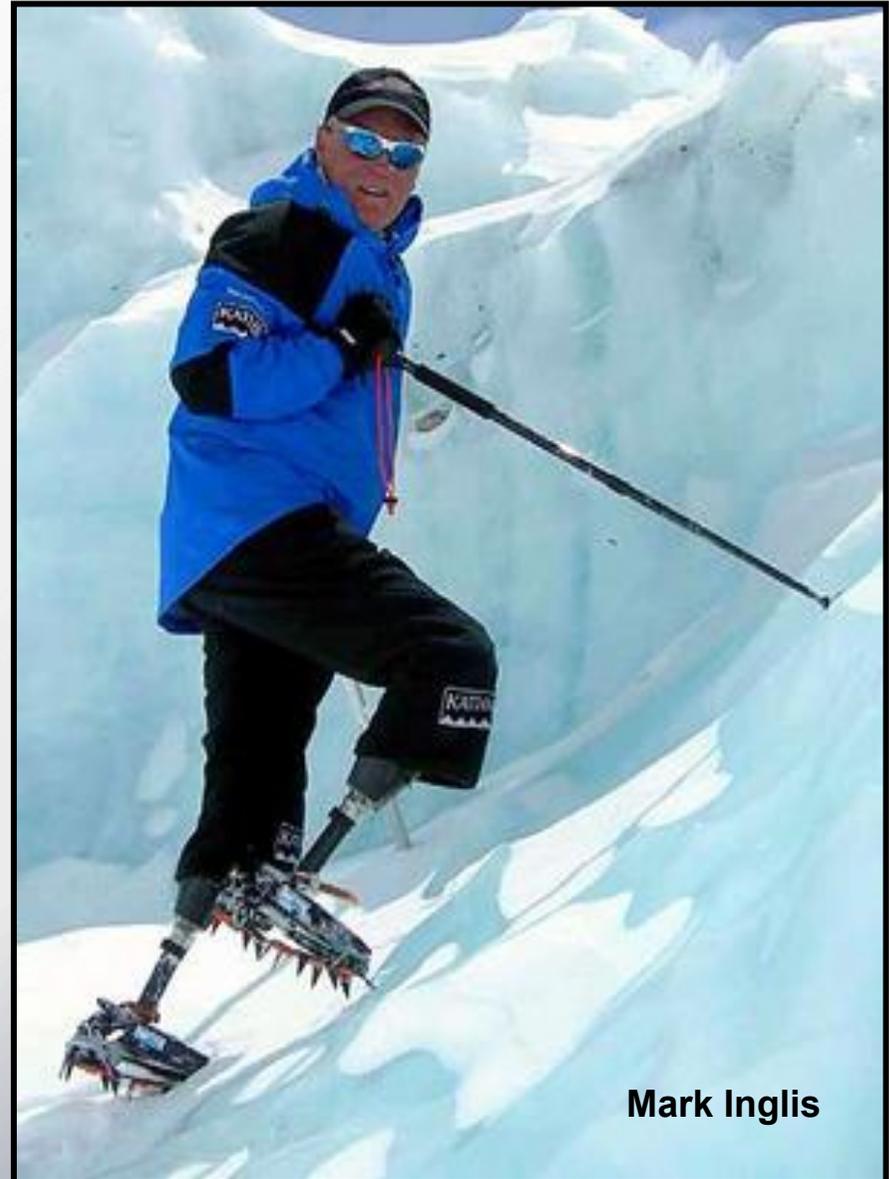
LA CHIMIE DES MATERIAUX



Oscar Pistorius

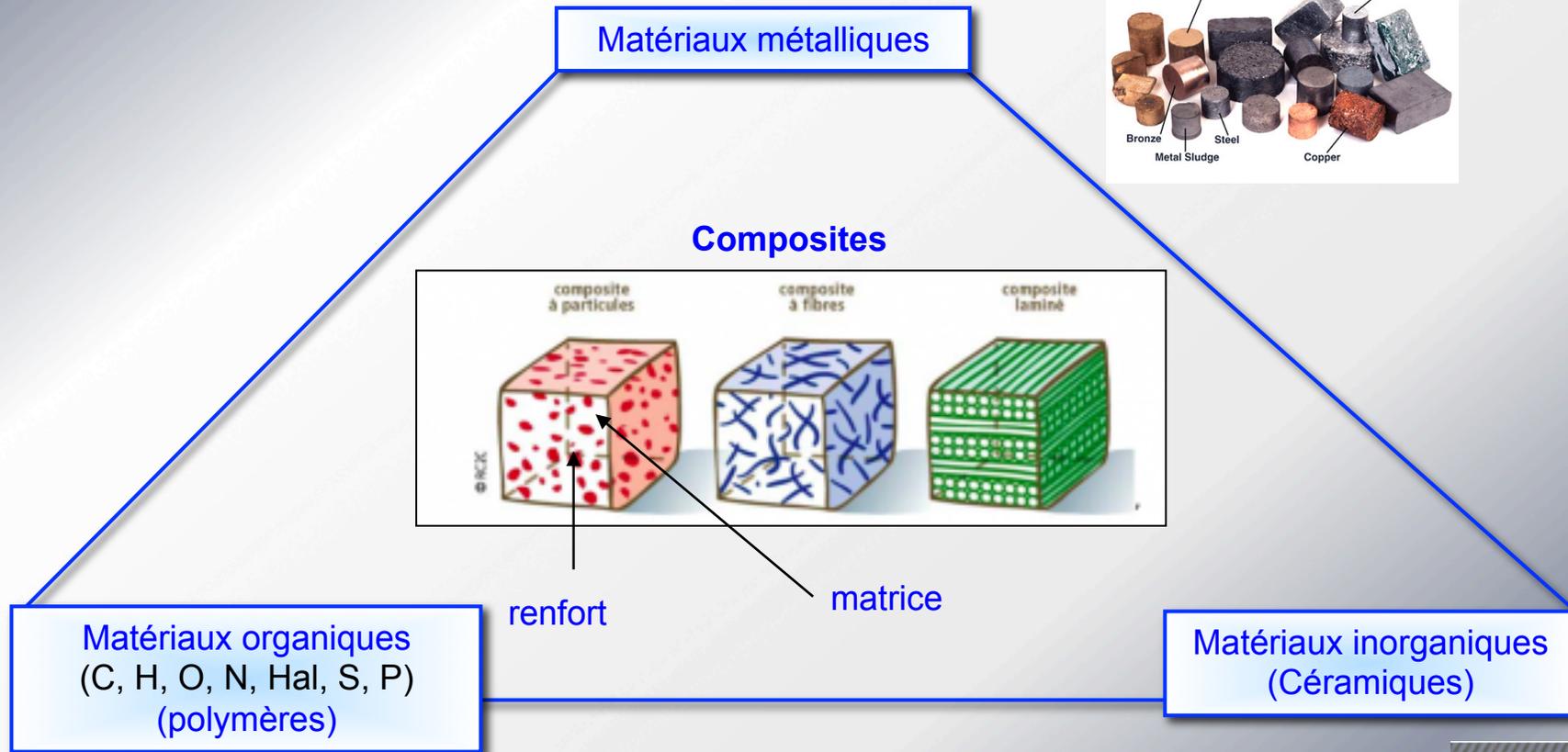


Arnaud Assoumani



Mark Inglis

LES DIFFERENTS MATERIAUX

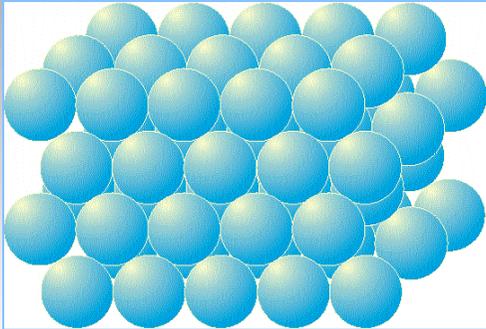


Composite
Au moins deux constituants [matrice (colle ou polymère) + renfort] dont les qualités respectives se complètent pour former un matériau aux performances globales améliorées.



LES DIFFERENTS MATERIAUX

Les matériaux métalliques

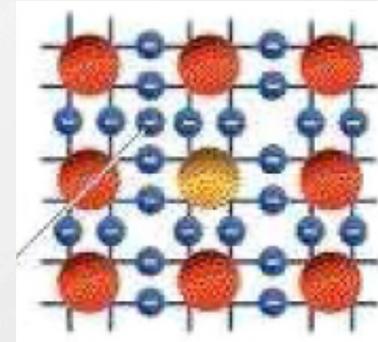


Structure cristalline composée
d'atomes du métal correspondant

Solides, durs, peu déformables (sauf Al)

Densité +/- élevée

Très grande résistance thermique



Liaisons métalliques très fortes
Conducteurs thermiques et électriques

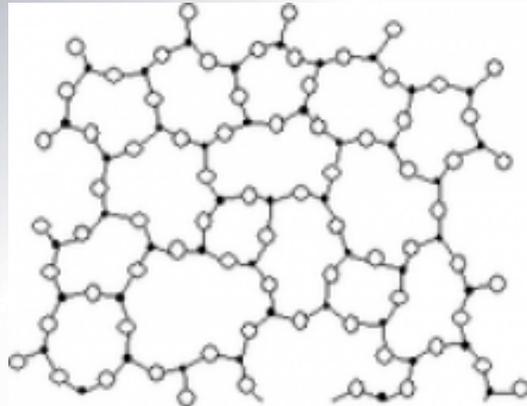


Mélange de Magnesium, Silicium et Titanium
légèreté (Mg), force (Ti) et élasticité (Si)

LES DIFFERENTS MATERIAUX

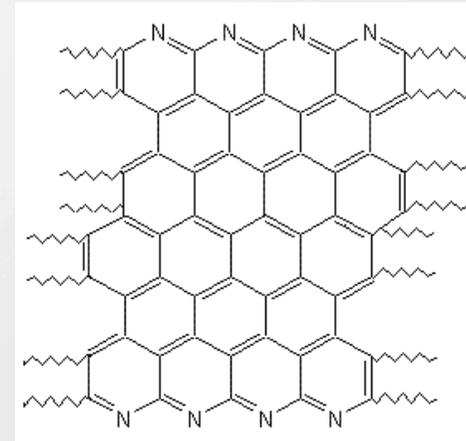
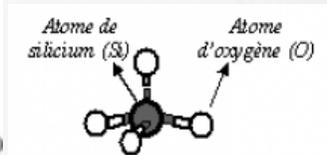
Les matériaux inorganiques

Mélange de divers composés inorganiques (très durs mais fragiles)

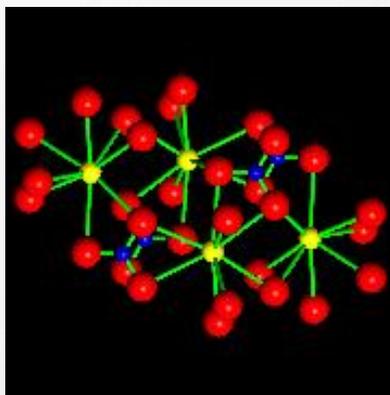


Verre (SiO_2 , état amorphe)

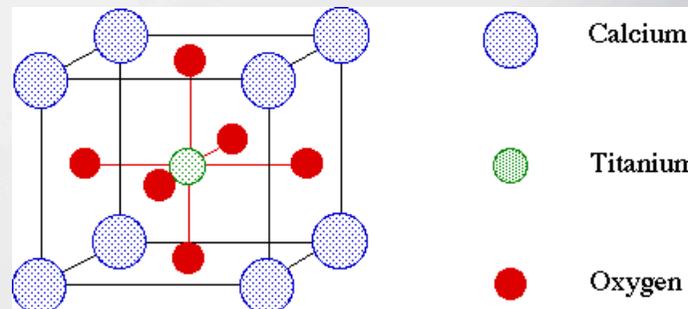
Liaisons covalentes



fibres de carbone (organisées)



PbCO_3



Pérovskite (CaTiO_3)

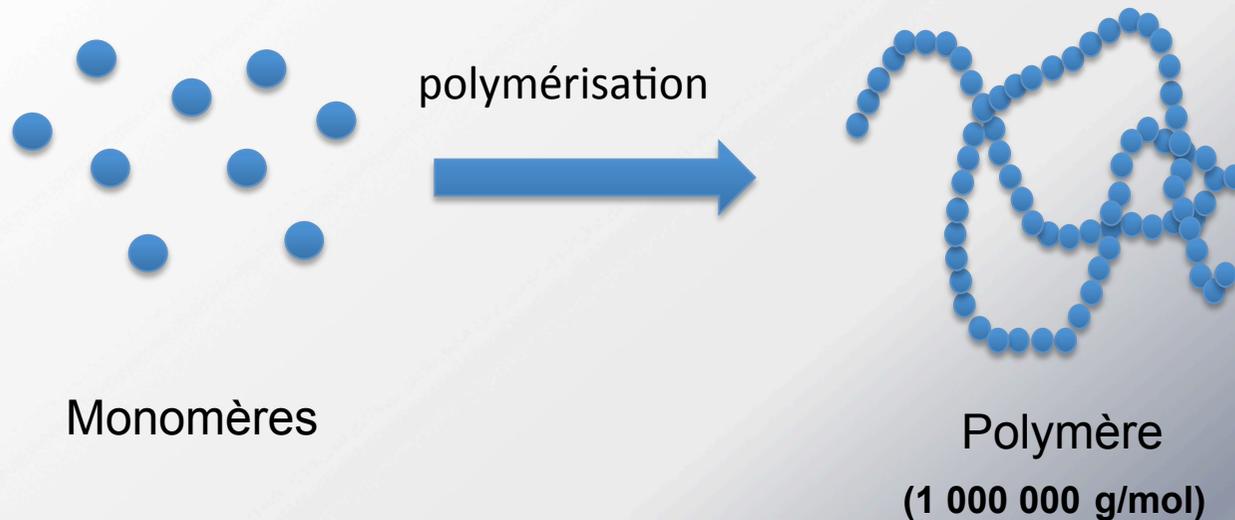
(Structures cristallines)

liaisons ioniques
(électrostatiques)

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

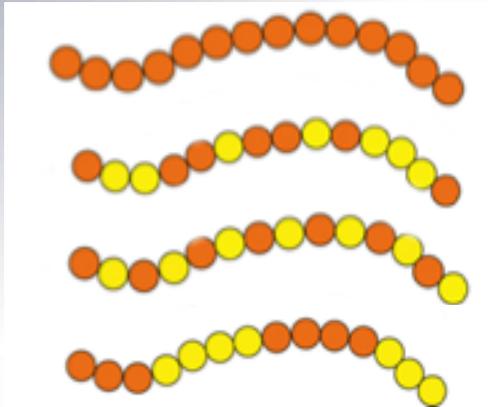
du grec : « *polus* » = plusieurs et « *meros* » = partie »

Polymère : macromolécule, de masse moléculaire élevée, constituée d'un enchaînement de motifs monomériques, identiques ou différents (unités répétitives), liés de façon covalente.



LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Polymères linéaires



Homopolymère (1 unité de répétition)

Copolymère statistique

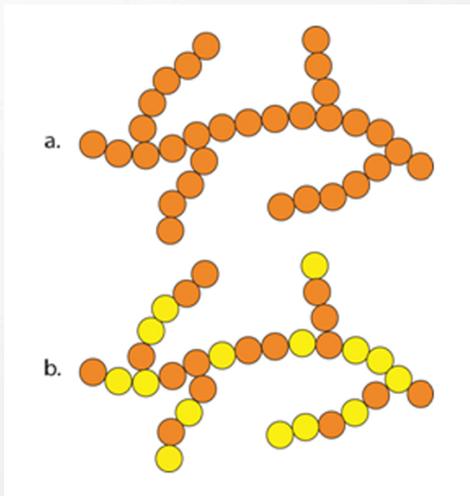
Copolymère alterné

Copolymère séquencé (à blocs)

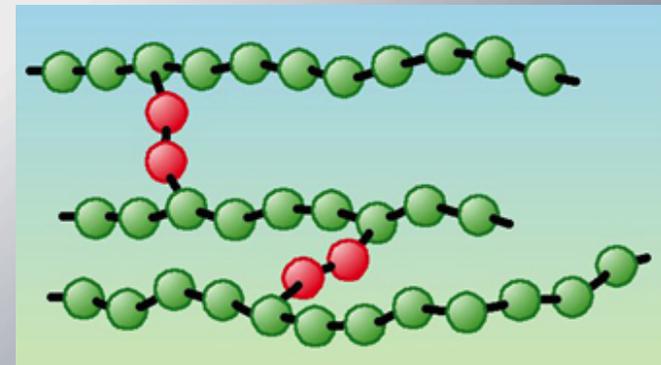
Copolymère :

- différents motifs monomères
- propriétés mécaniques moyennées

Polymères greffés



Polymères réticulés



Liens covalents inter-chaînes

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Structures supramoléculaires

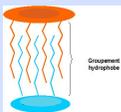
Organisation spatiale : compacité et ordre d'empaquetage » des chaînes, orientation, enchevêtrement...

Interactions inter-chaînes

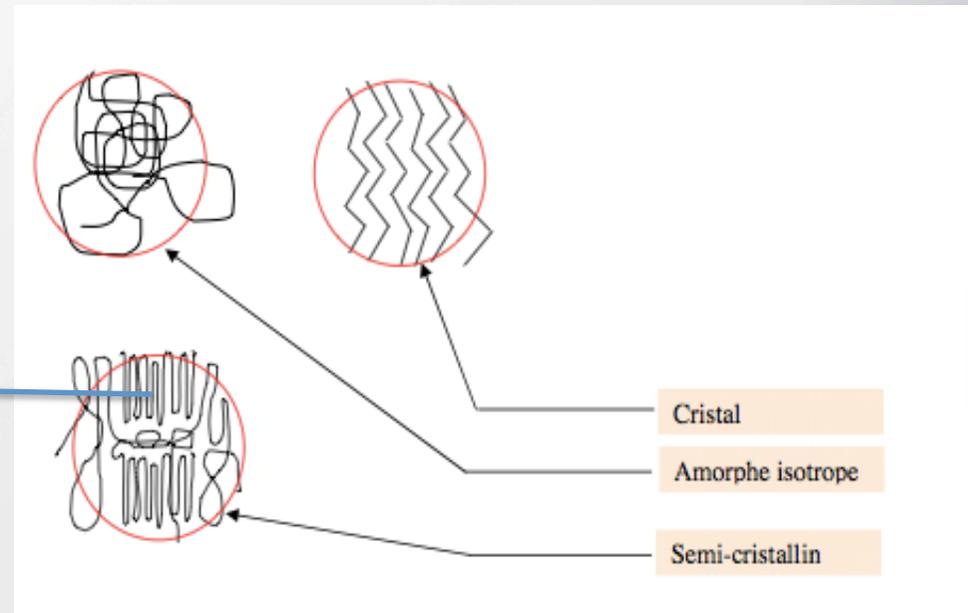
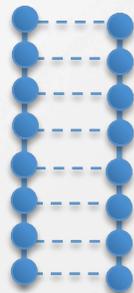


π -stacking

Interactions hydrophobes



Groupe hydrophobe



La rigidité augmente avec le **taux de cristallinité**.

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Thermoplastiques

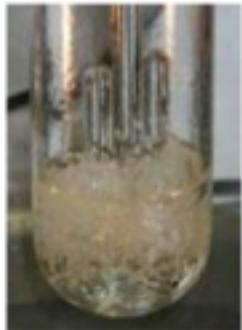
Fond quand il est chauffé (réversible)

Moulage à chaud

Flexible

Faible résistance mécanique

(ex : PE, PVC, Polyuréthanes Thermoplastiques (TPU))

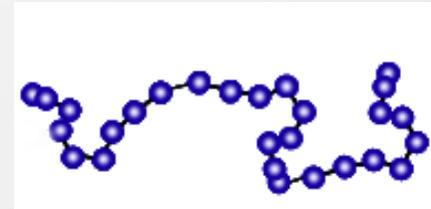


Polyamide fondu
en cours de fabrication



Granulés ou poudres
de polyamide

Polymères linéaires



Structure semi-cristalline

Liens inter-chaînes de faible énergie

flexibilité du matériau
dépend de la flexibilité
des chaînes (donc de leur
mobilité)

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

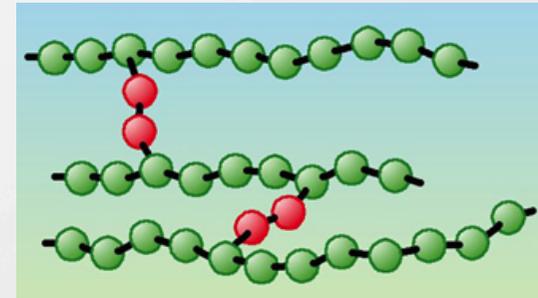
Thermodurcissables

Durcit quand il est chauffé
Mise en forme par chauffage (irréversible)

ex) résines phénol/formol ; bakélite, galalith



Polymères très réticulés



l° covalentes inter-chaines

➔ Moins de flexibilité

Rigidité et résistance mécanique
>
polymères thermoplastiques

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

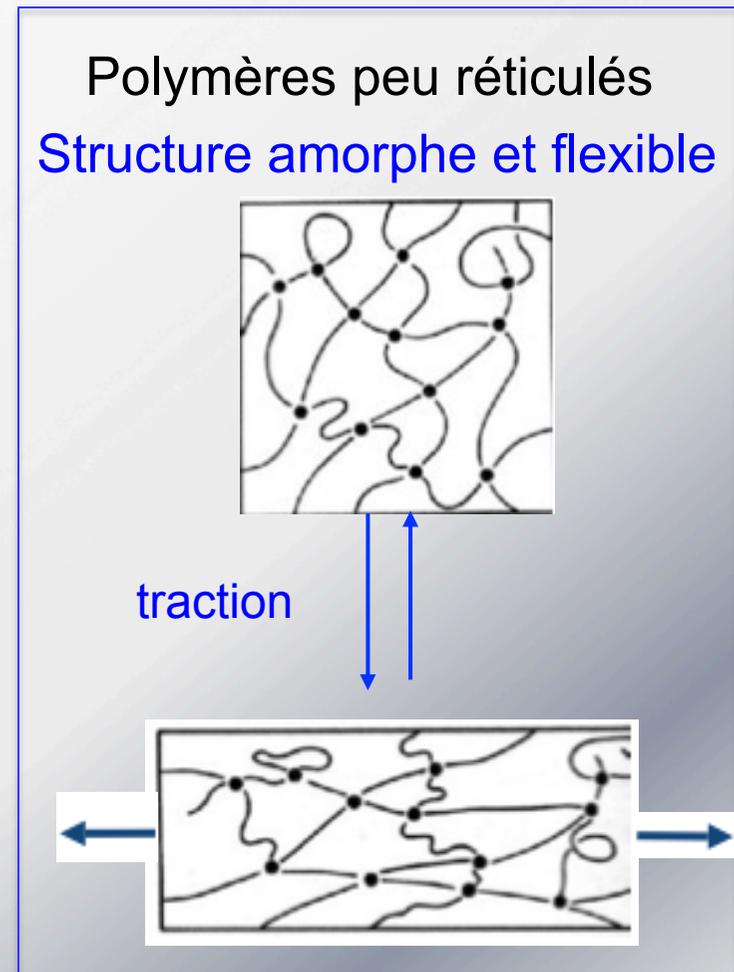
Elastomères

Propriétés élastiques réversibles
Très déformables

(ex: copolymère styrène-butadiène(SBR), polyisoprène (caoutchouc), polyuréthanes (TPU), polyacryliques...).

Comportement élastique :

- Etirable, grandes déformations
- Réticulation => retour à la forme initiale après déformation

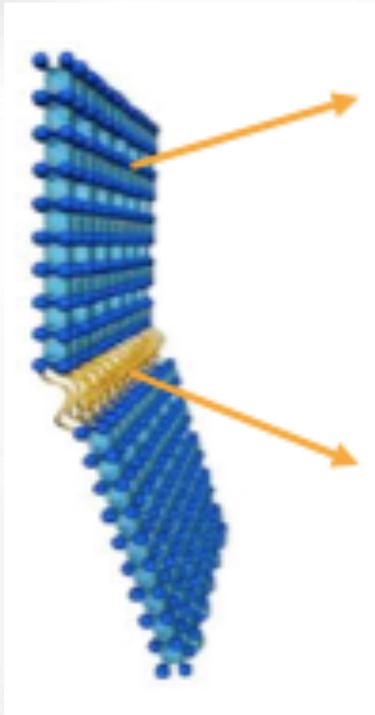


LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Elastomères thermodurcissables

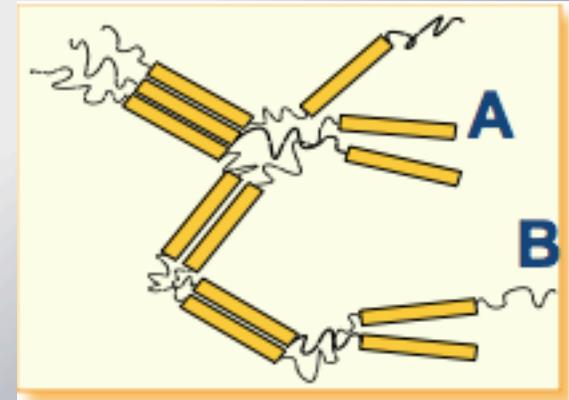
copolymère à blocs: $-(AAAAA-BBBBBBBB)n-$

Comportement d'un **elastomère** ET d'un **thermoplastique**



Polymère **A** rigide semi-cristallin
=> comportement thermoplastique

Polymère **B** amorphe et flexible
=> comportement élastomère



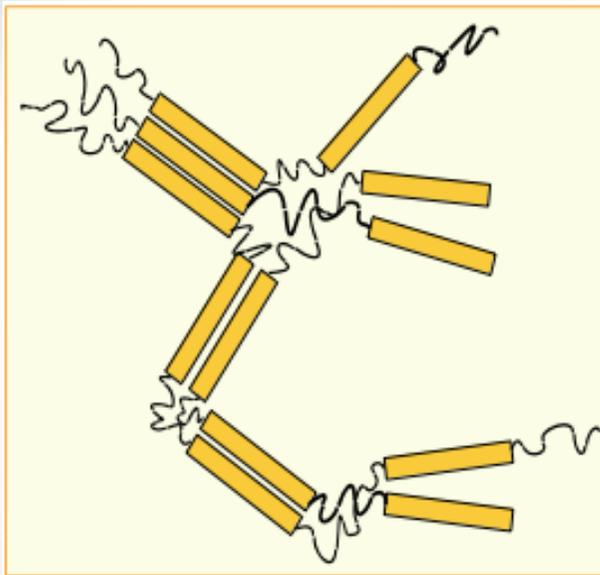
LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Elastomères thermodurcissables

Ex) PEBA[®]



« PEBA » : copolymères à blocs **PolyEther Bloc Amide**



 **Polyamide (bloc Rigide : la brique)**

polymère semi-cristallin et rigide
→ point de fusion (133°C à 172°C)

Tenue mécanique – caractère thermoplastique

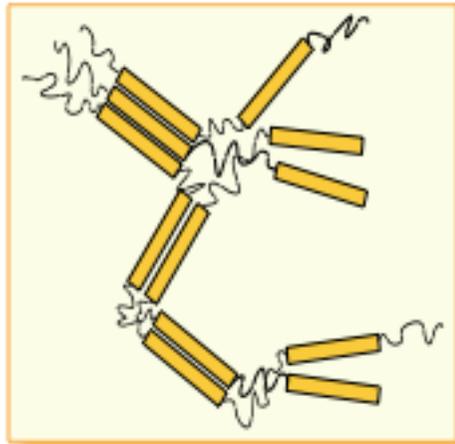
 **Polyether (bloc souple : le ressort)**

polymère amorphe et flexible
température de transition vitreuse très basse (-60°C) →

Propriétés à basse température – caractère élastomère

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Elastomères thermodurcissables



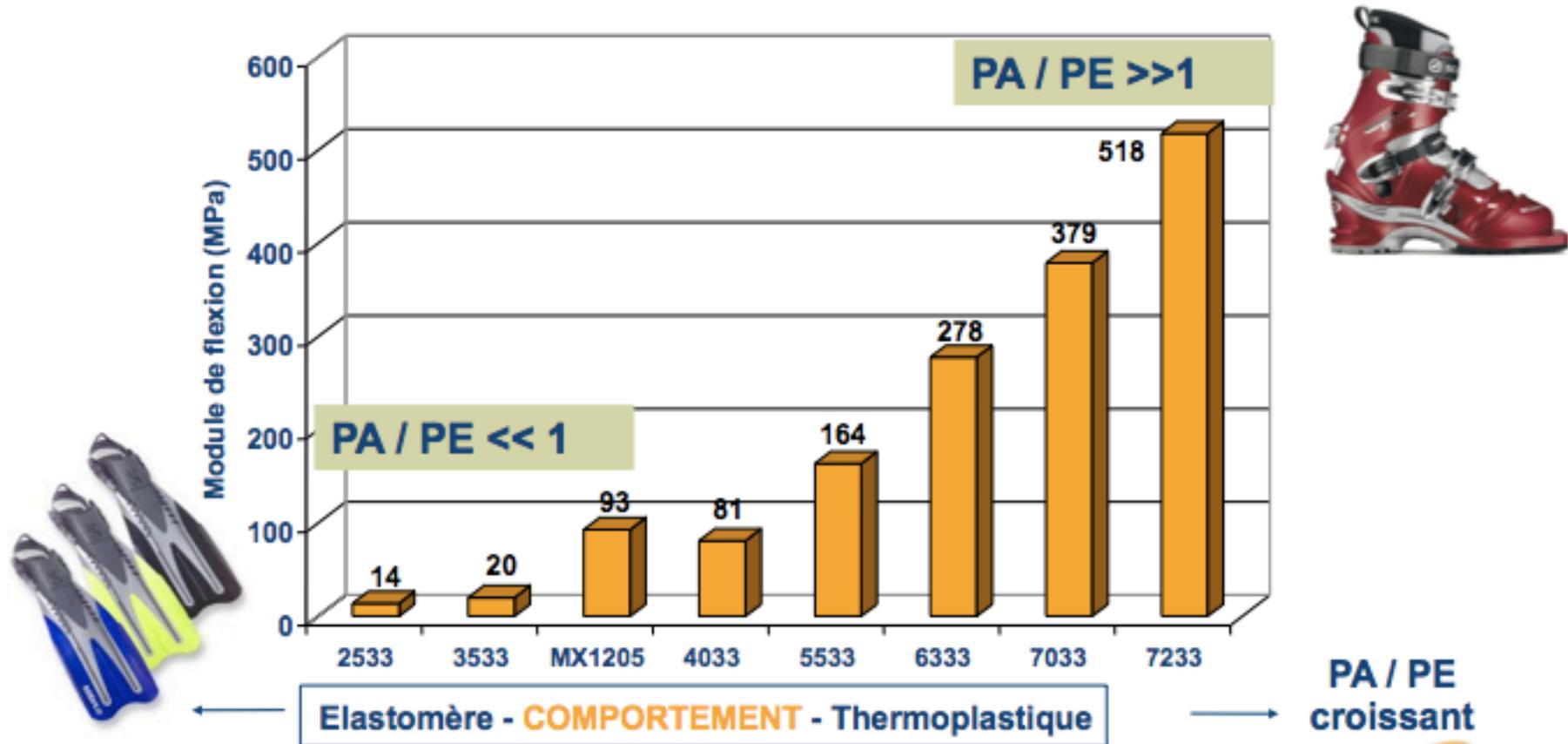
 Polyamide Bloc rigide
 Polyether Bloc souple

Paramètres	Propriétés
Rapport PA/PE Longueurs respectives des blocs	Rigidité
Nature des segments PA	Point de fusion Densité Résistance chimique
Nature des segments PE	Sensibilité à l'environnement (hydrophilie /hydrophobie)
Longueur totale des chaînes macromoléculaires	Viscosité état fondu propriétés mécaniques

LES POLYMÈRES ORGANIQUES

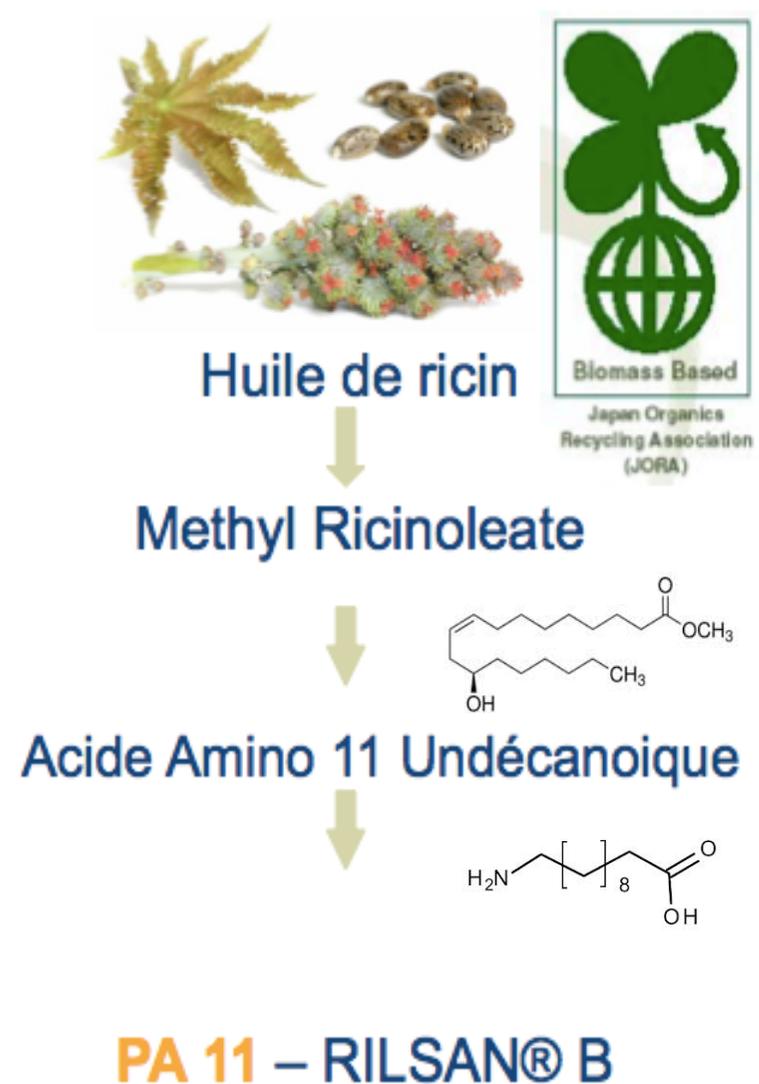
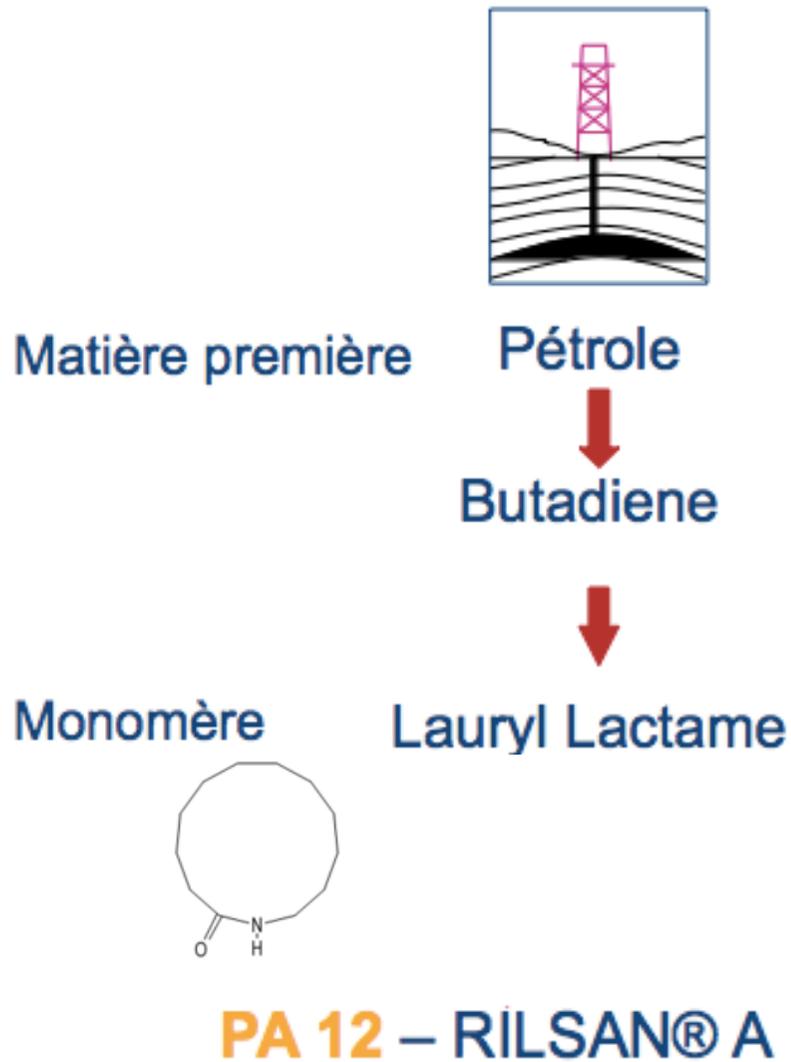
Elastomères thermodurcissables

Variation rapport PA/PE => gamme de modules adaptée à chaque application



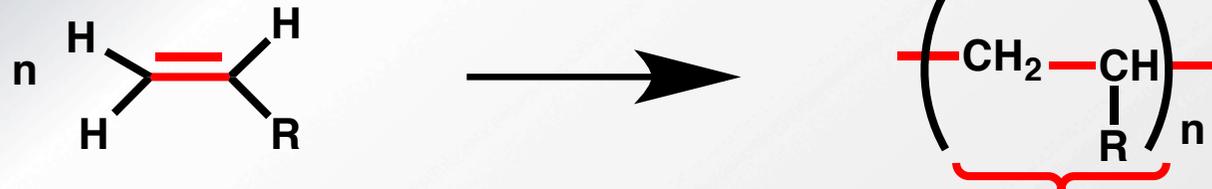
LES POLYMÈRES ORGANIQUES

Des PEBA « verts » !)



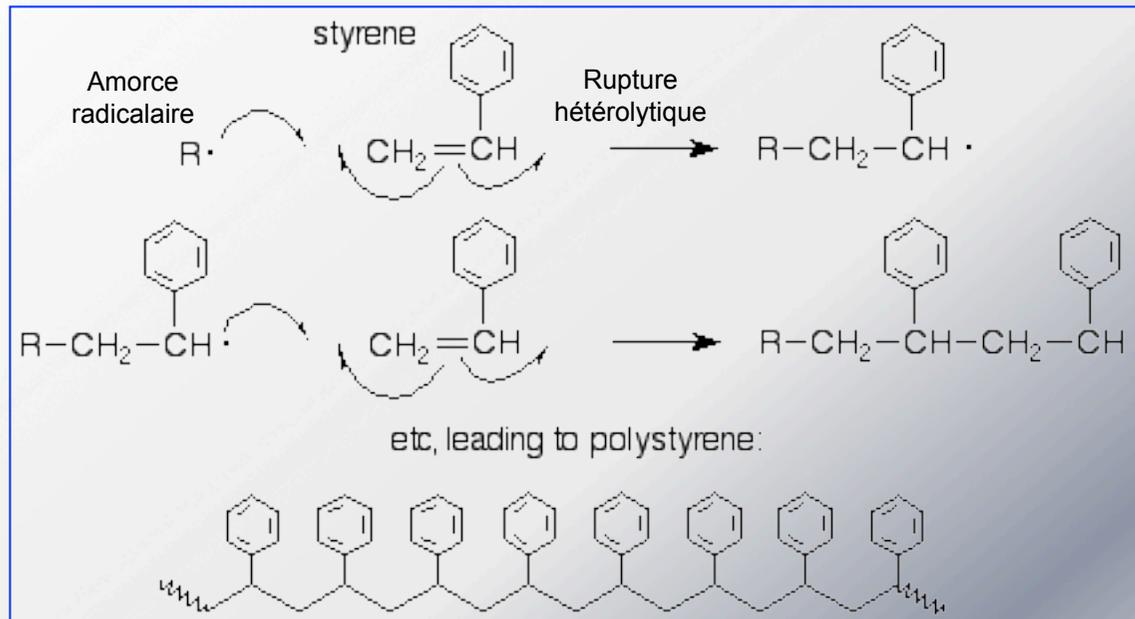
POLYMÉRISATION

Polyaddition :



(R= alkyle $(\text{CH}_2)_n$ - ou R= aryle (C_6H_5) -)

unité (motif) de répétition



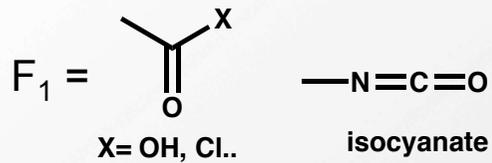
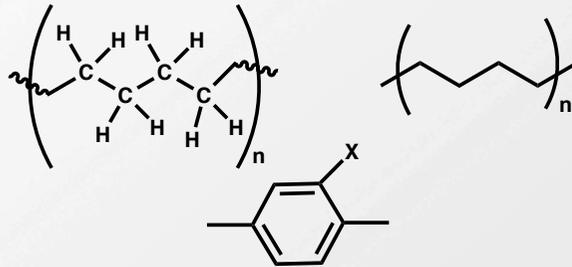
Mécanisme radicalaire

POLYMERISATION

Polycondensation :

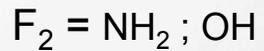
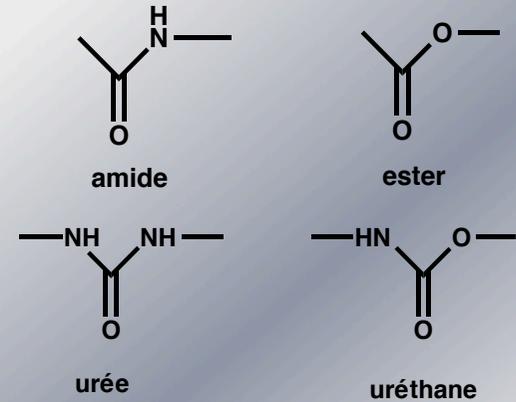


Gpts aliphatiques $[-(\text{CH}_2)_n-]$
et/ou aromatiques $[-(\text{C}_6\text{H}_4)-]$



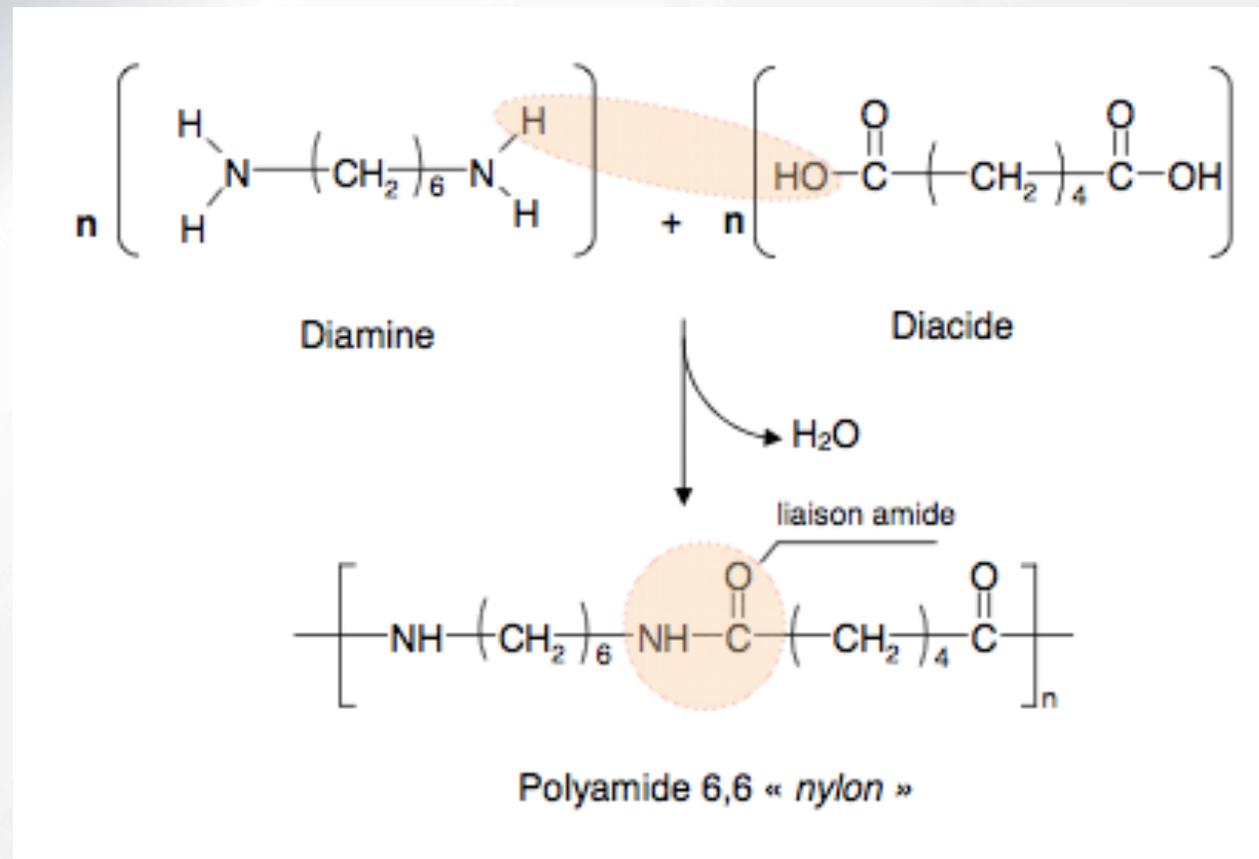
Condensation

F₃ =



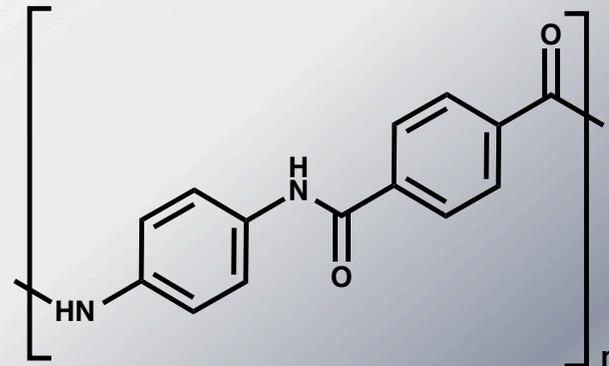
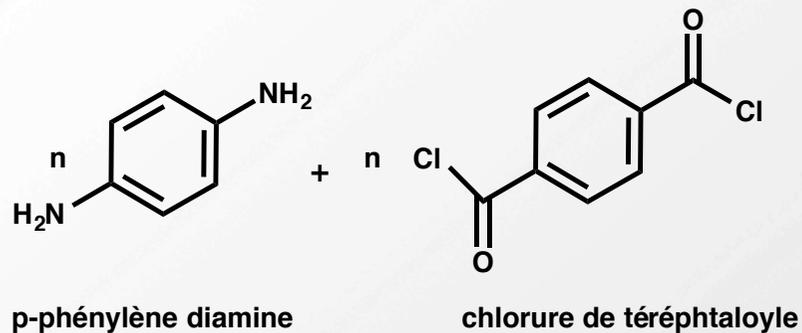
POLYMERISATION

Polycondensation :



Exemple de thermoplastique : LE KEVLAR[®]

1965 : Stéphanie Kwolek et Herbert Blades
(Dupont de Nemours)



poly-para-phénylène téréphtalamide

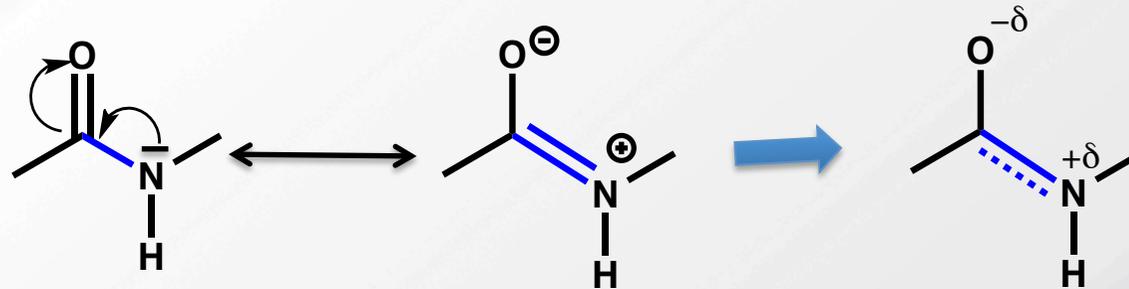
Homopolymère linéaire

(fibre d'aramide : **polyamides aromatiques**)

Exemple de thermoplastique : LE KEVLAR[®]

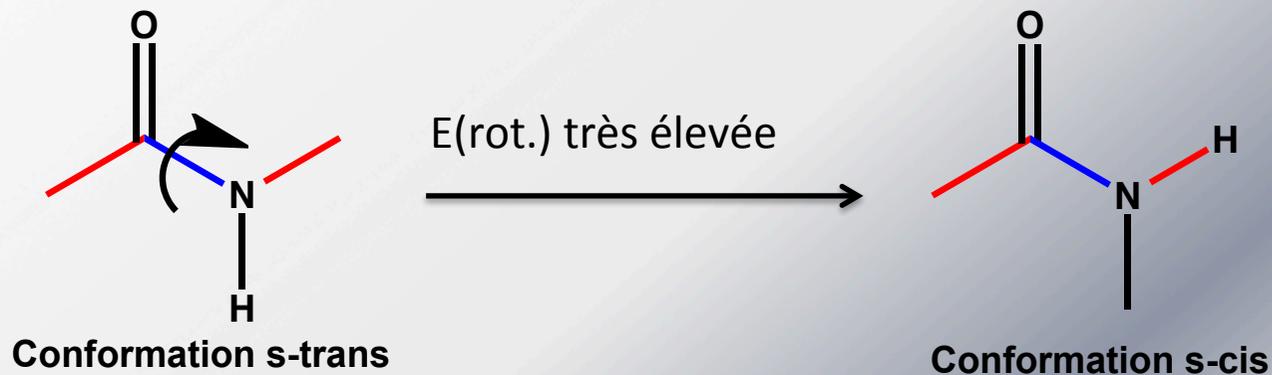
CONFORMATIONS

Liaison amide



2 formes limites mésomères

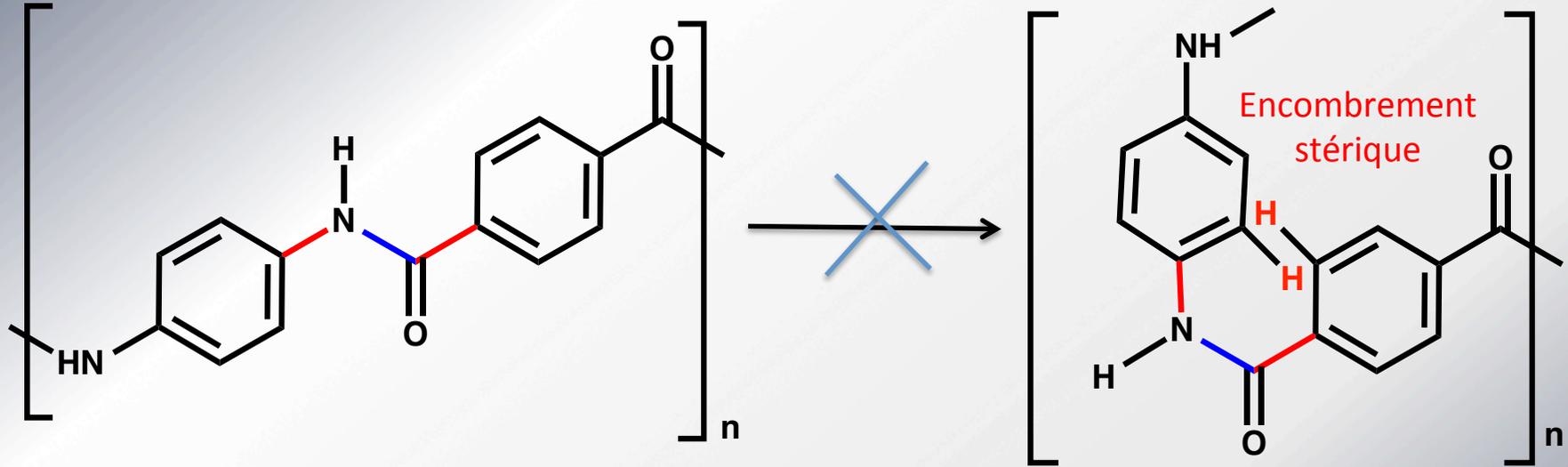
1 seule forme en réalité
Délocalisation d'électrons
l° amide plane



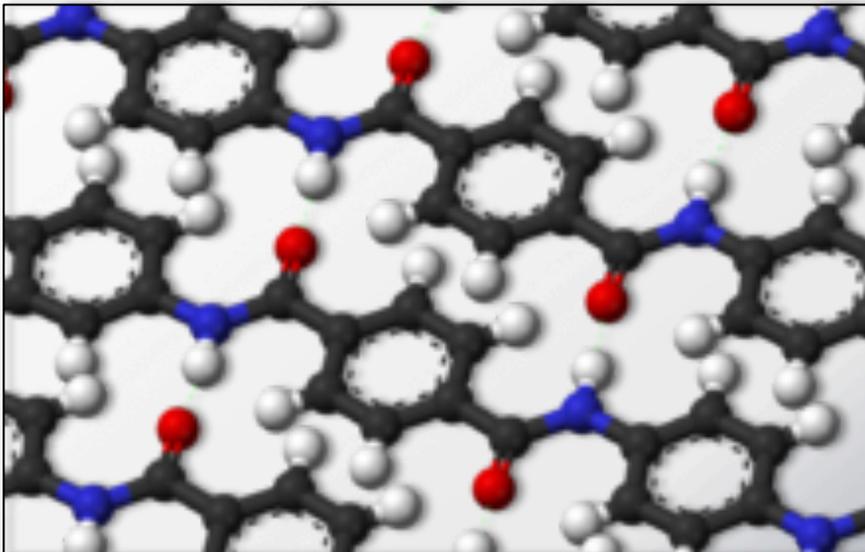
Conformation s-trans

Conformation s-cis

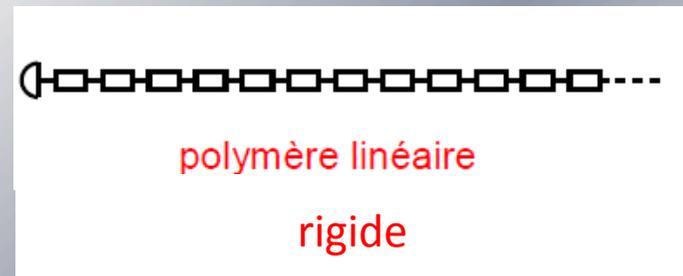
LE KEVLAR®



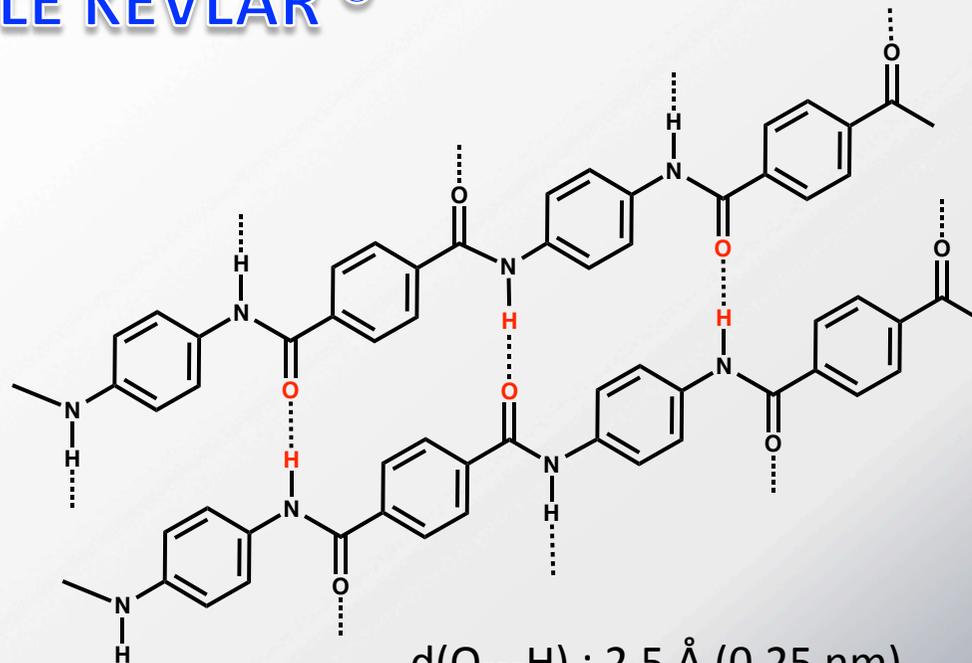
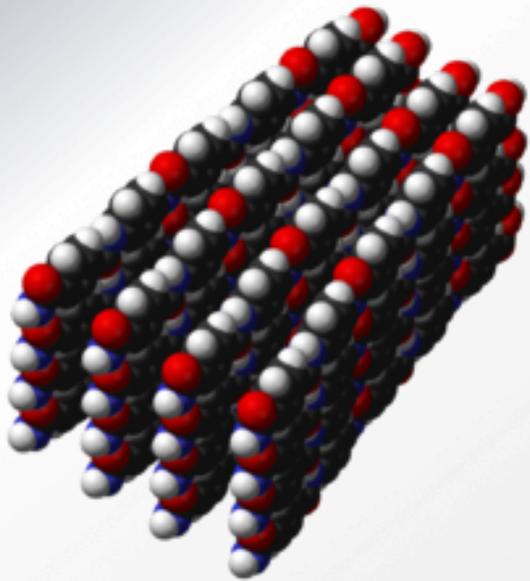
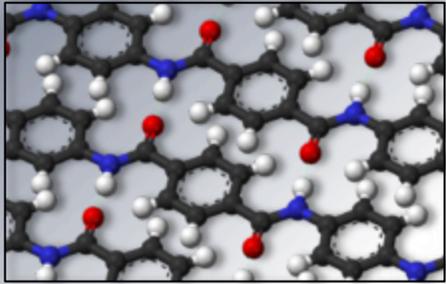
Chaines bien alignées,
régulières et orientées



- C
- O
- N
- H



LE KEVLAR[®]



$d(\text{O} \cdots \text{H}) : 2,5 \text{ \AA} (0,25 \text{ nm})$

1° Hydrogène (20 à 30 kJ/mole)

1° C-C, C-N, C-O : de 300 à 360 kJ/mole)

Une faible augmentation de la T° provoque la rupture des 1° H



Fluidification du polymère suite à la mobilité des chaînes entre elles

Comportement réversible : si on refroidit, les 1°H se reforment et le polymère revient à son état rigide dit « vitreux »

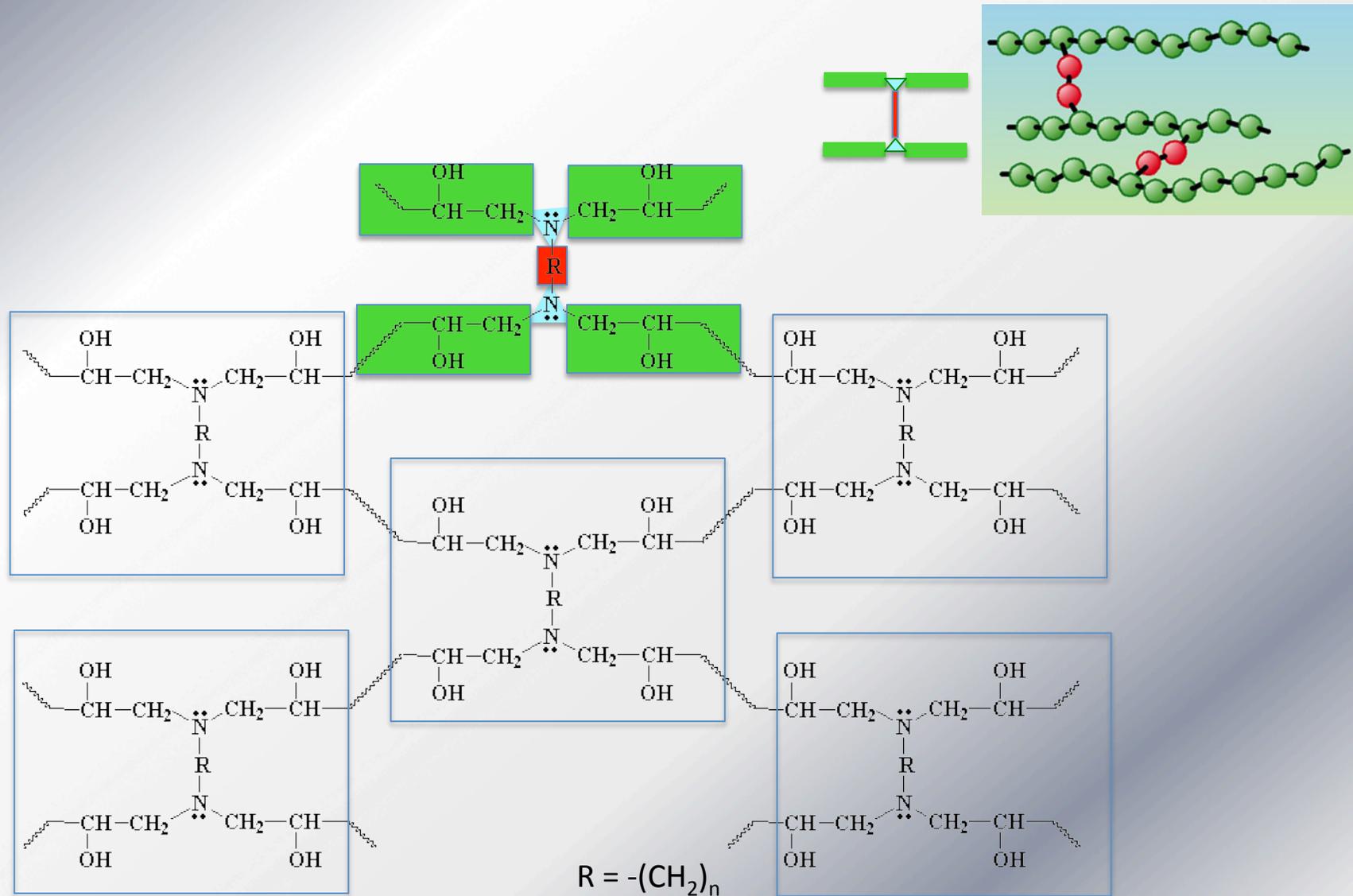
LE KEVLAR®

- rigidité > à celle de l'acier
- **faible densité**
- capacité d'**absorption des vibrations** et **excellente résistance aux chocs.**
- **Exceptionnelles qualités de résistance à la traction et à l'élongation.**
- Résiste mal aux rayons UV et aux fortes températures (décomposition à 400°C)
- difficile à usiner.

Fibres onéreuses que l'on n'emploie que pour des composites haute performance



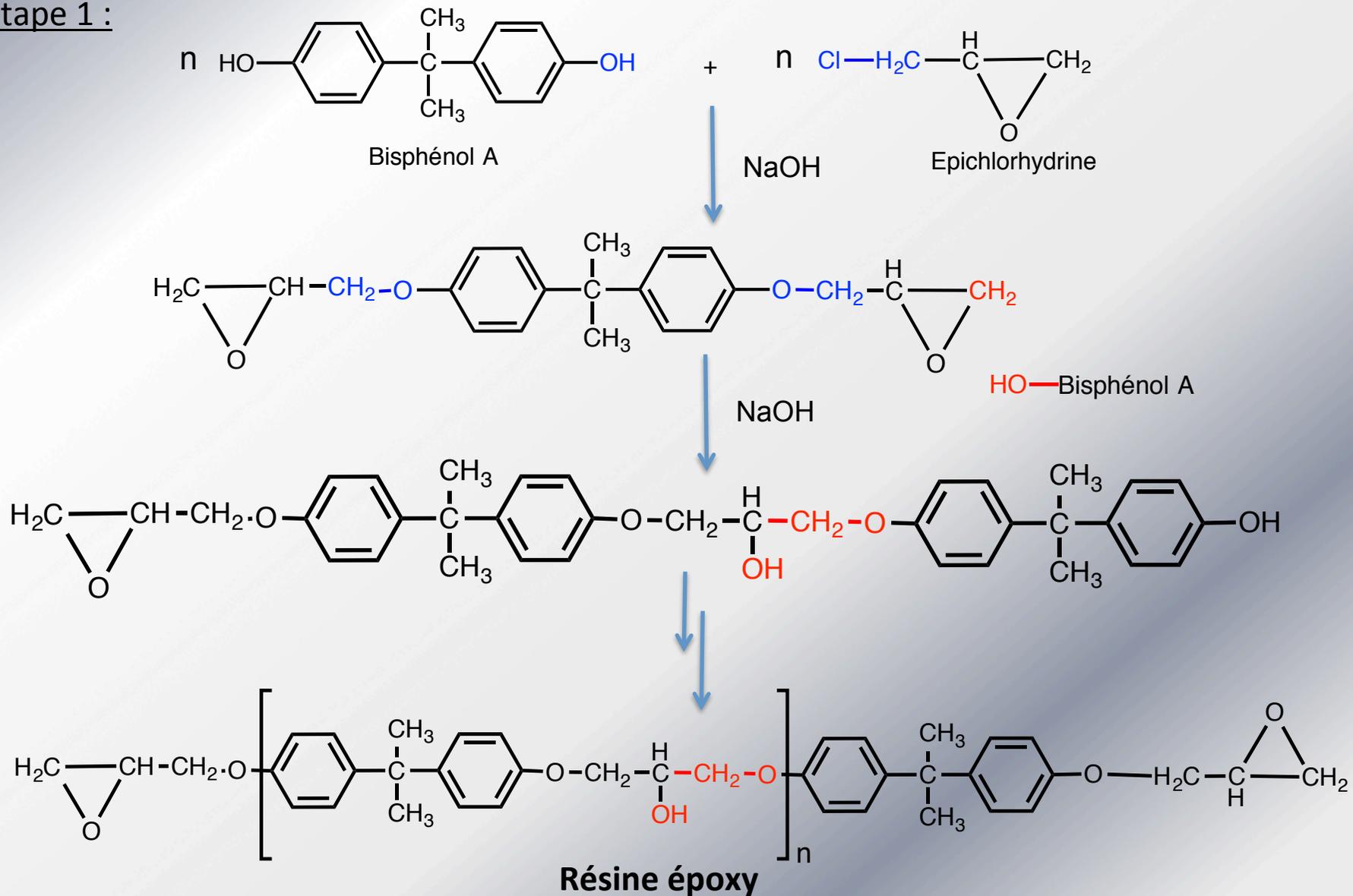
Exemple de thermodurcissable : Résine époxy



Exemple de thermodurcissable : Résine époxy

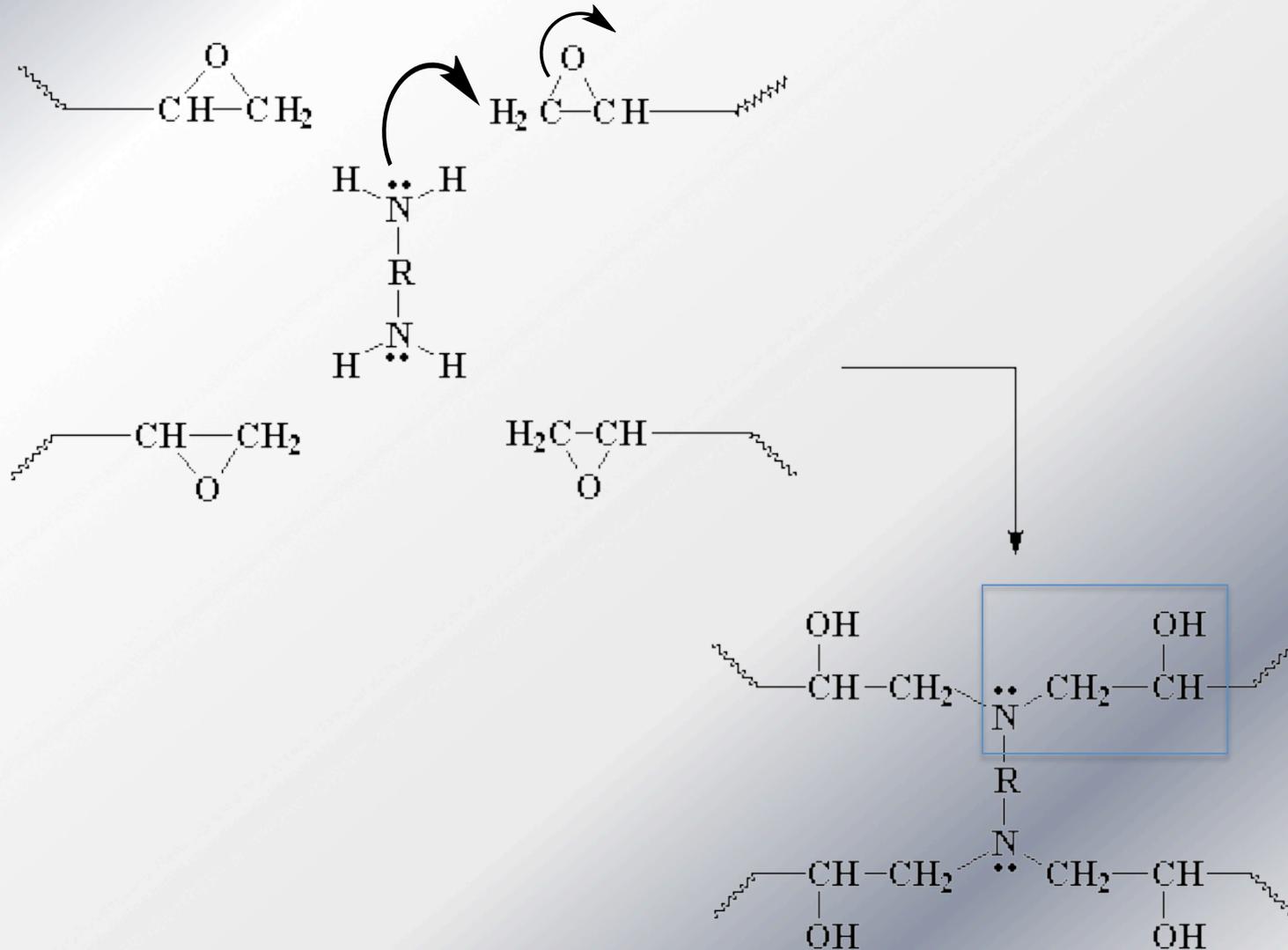
Synthèse :

Etape 1 :



Exemple de thermodurcissable : Résine époxy

Etape 2 : ajout d'un durcisseur (agent réticulant) + Δ



Exemple de thermodurcissable : Résine époxy

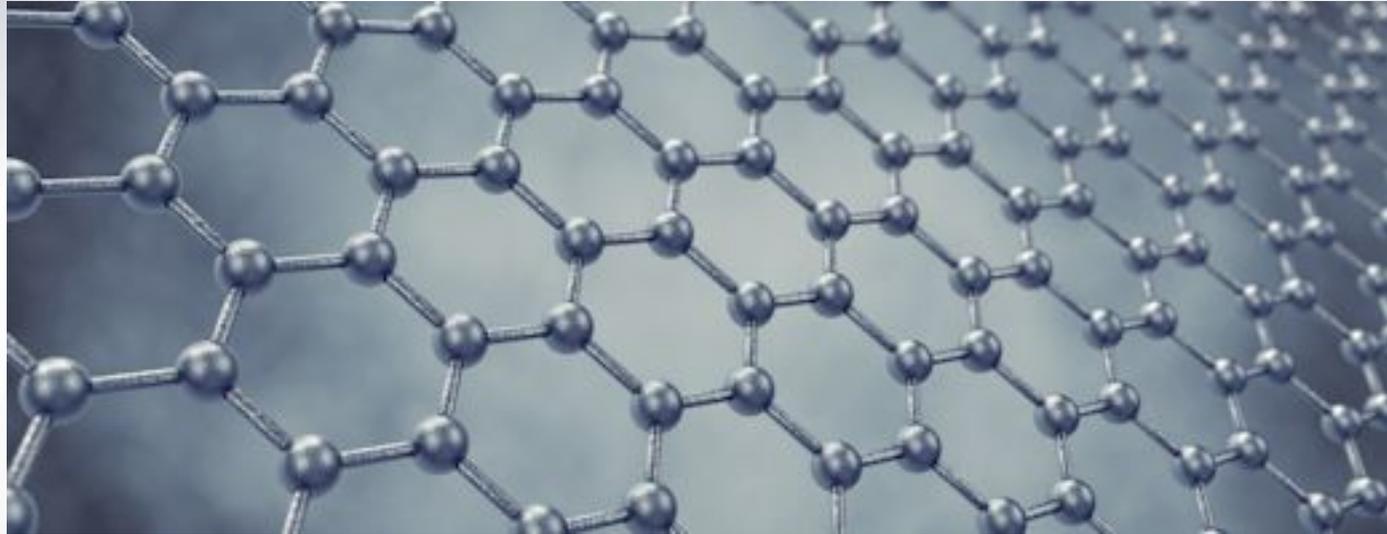


- Solidité
- Élasticité
- Résistance aux produits chimiques
- Adhésivité
- Isolant électrique.



©Micheal Duxbury

LES FIBRES DE CARBONE

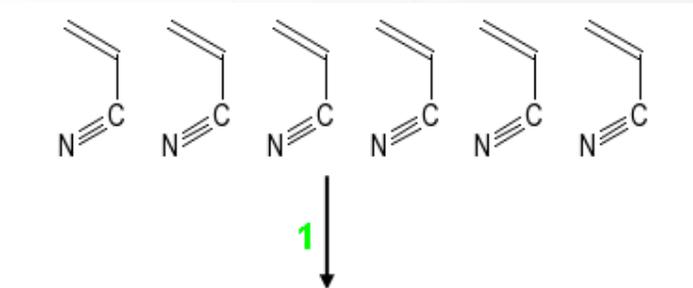


- Faible densité
- Grande souplesse.
- Très bonne tenue à la compression
- excellente rigidité
- Complète inertie aux agents chimiques non oxydants
- Utilisées seules ou sous forme de matériaux composites

LES FIBRES DE CARBONE

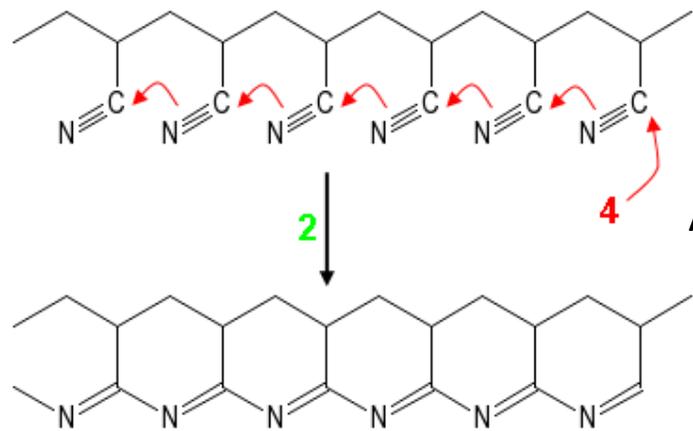
SYNTHESE

1. Polymérisation



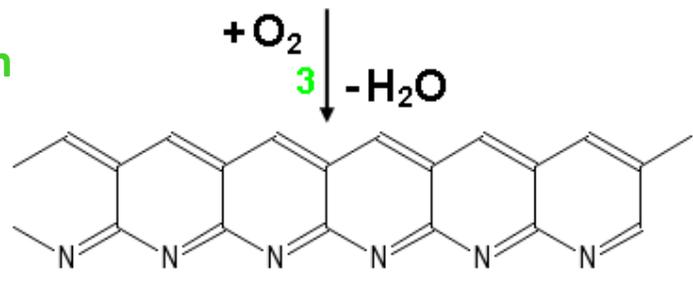
Polyacrylonitrile (PAN)

2. Cyclisation



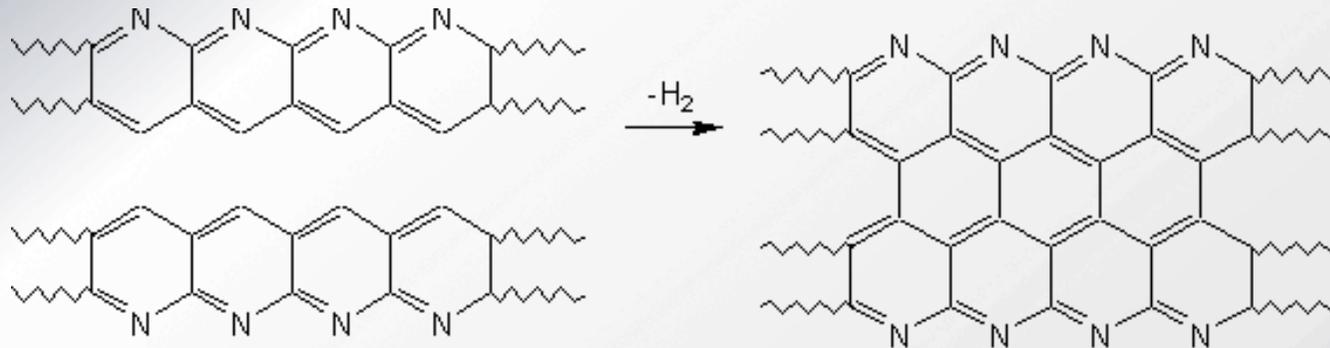
Agent nucléophile

3. Oxydation/aromatisation

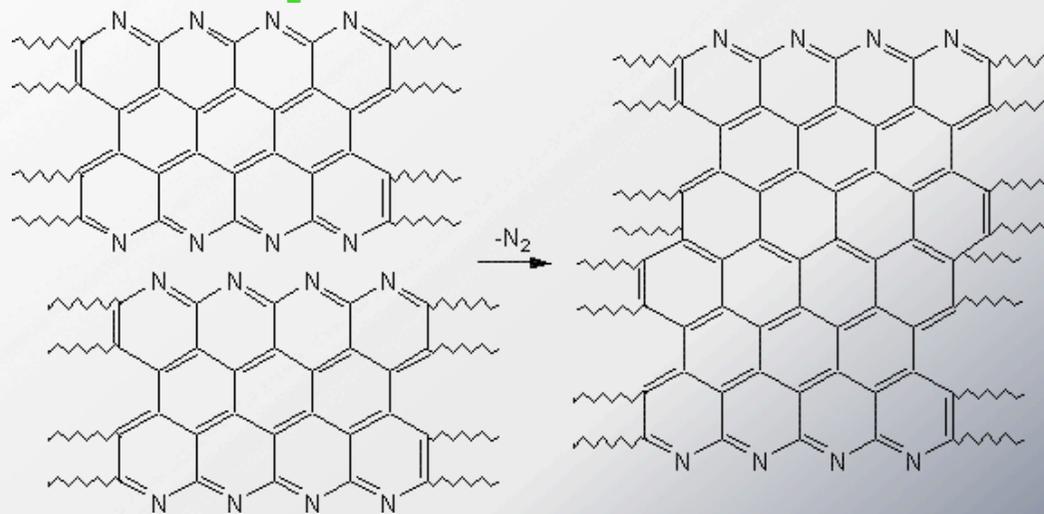


LES FIBRES DE CARBONE

4. réticulation sous O₂ 200-300°C 1h

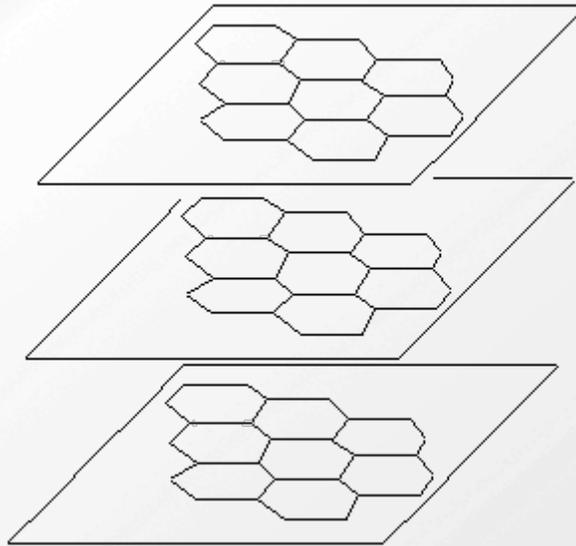
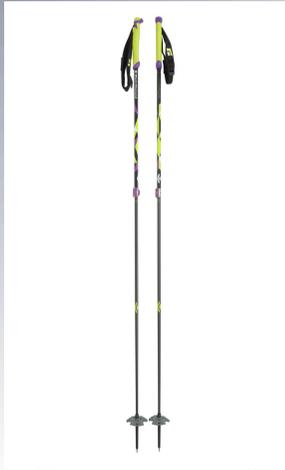


5. Carbonisation sous N₂



de 1200 à 1500°C – 2 à 10 minutes : Fibres Haute Résistance 90 % de C
vers 2000°C : Fibres Haut Module 99% de C

LES FIBRES DE CARBONE



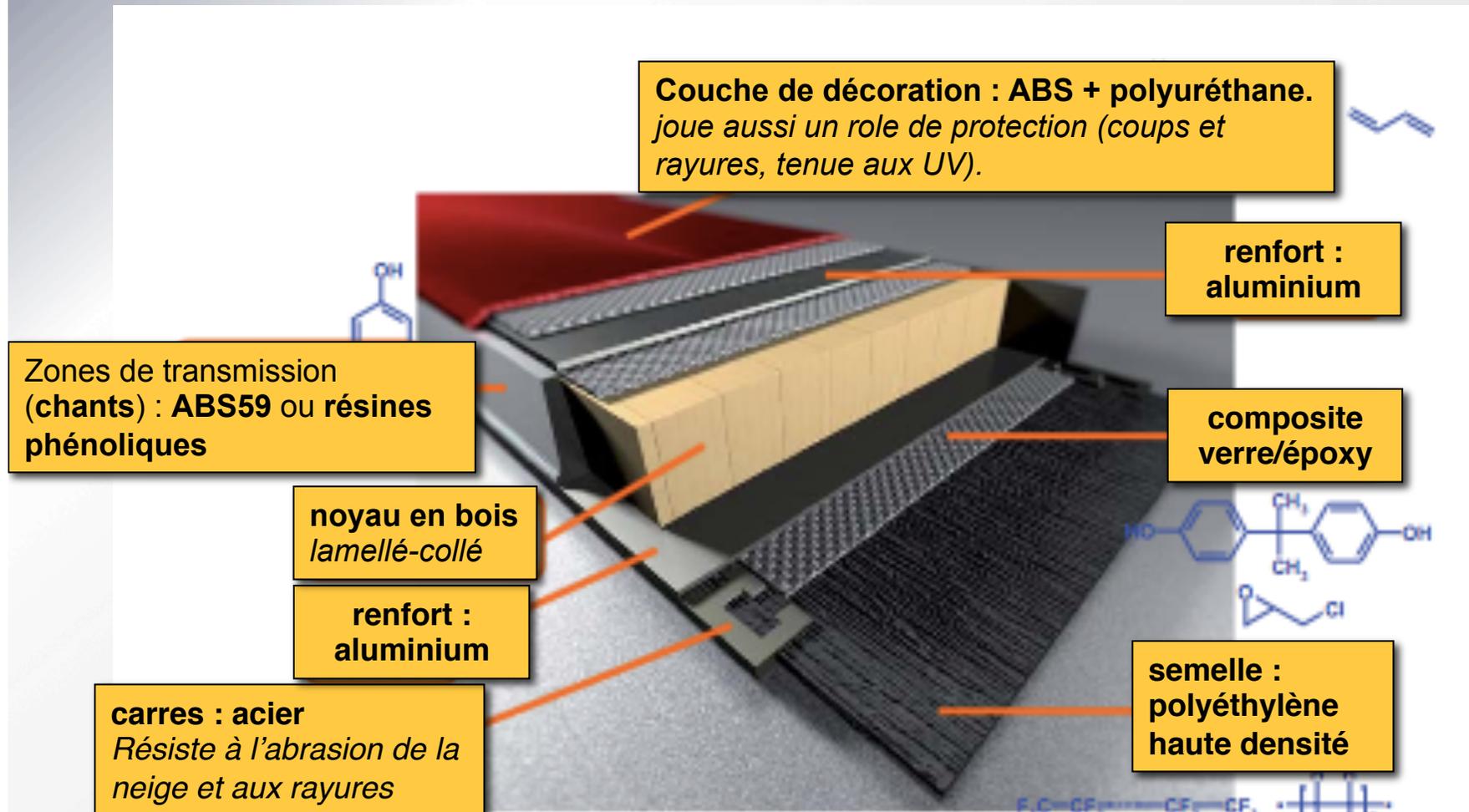
Composite C/résine époxy

QUE DOIT LE SKI A LA CHIMIE



CE QUE DOIT LE SKI A LA CHIMIE

Ski : composite complexe constitué d'un assemblage collé d'une dizaine de couches de natures différentes



structures « fibro-métalliques » :

- Caractéristiques isotropes (Invariance des propriétés physiques d'un milieu dans toutes les directions).
- Bon comportement vibratoire

CE QUE DOIT LE SKI A LA CHIMIE

Languettes

3 couches de kevlar

Coque extérieure

Pébox®

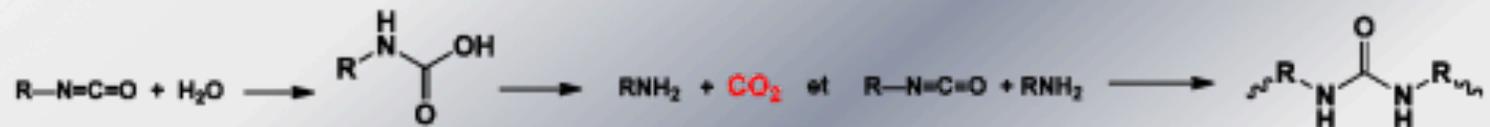
énergie, flexibilité
durabilité, confort,
légèreté.



Crochets
aluminium



Chausson injecté en
mousse polyuréthane

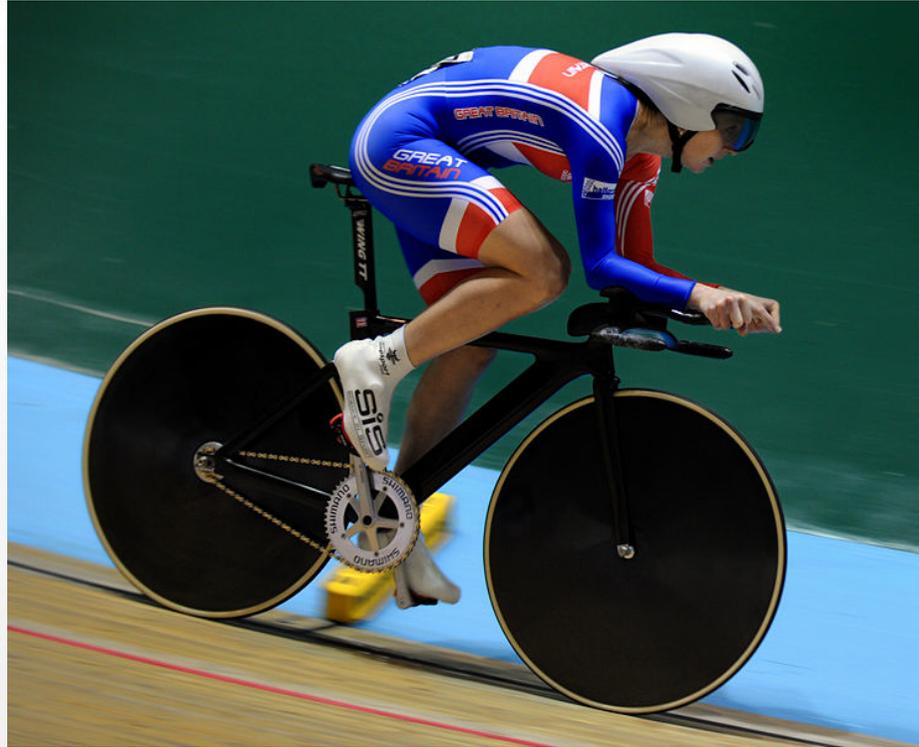


CE QUE DOIT LE CYCLISME A LA CHIMIE

Casque

Polystyrène, polyéthylène, polycarbonate

Selle
Kevlar



Cadre, jante
Al, C, Ti ou Kevlar

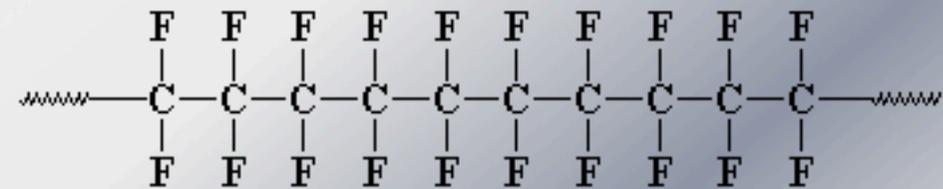
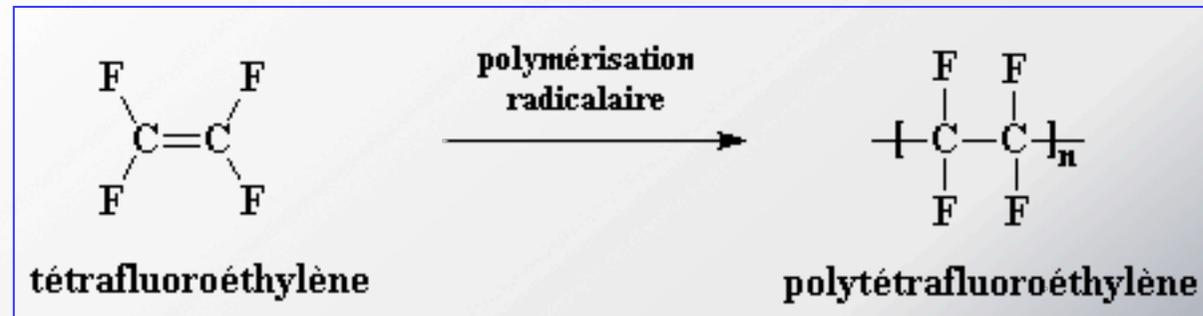
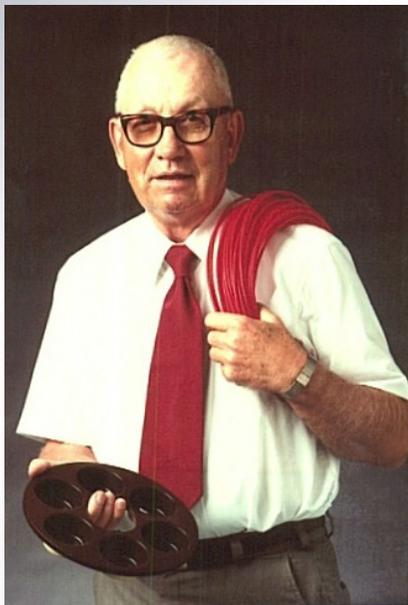
Textile

stretch, fils d'élasthanne (*polyuréthane*), fibres en polypropylène ou polyéthylène

roues solides
remplies de mousses pour augmenter la rigidité et améliorer l'aérodynamisme.

LE GORE-TEX®

PTFE : polytétrafluoroéthylène



thermoplastique fluoré

Roy Plunkett (du Pont de Nemours)

1938 : découverte « par hasard »
du PTFE (Téflon)

LE GORE-TEX®

PTFE : polytétrafluoroéthylène

- Très hydrophobe
- Excellente inertie chimique
- Thermostable (jusqu'à 260°C)
- Très grand pouvoir anti-adhésif

Pourquoi la résistance du PTFE >> polyéthylène ?

- Energie de l°C-F = 484 kJ/mol ($E(l^{\circ}\text{C-H}) = 412 \text{ kJ/mol}$)
- Diamètre de Van der Waals (F) = 0,270 nm et de (H) = 0,2345 nm

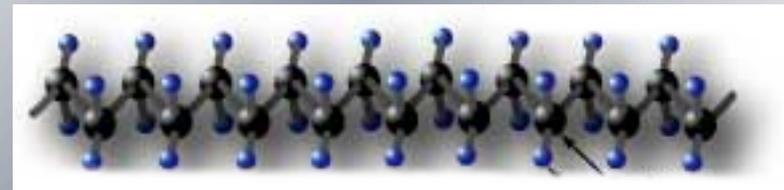
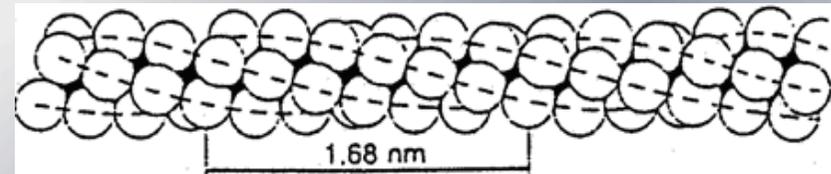
➡ chaîne polyéthylénique "enrobée" dans une gangue d'atomes de fluor protectrice

Pourquoi la rigidité du PTFE >> polyéthylène ?

- encombrement stérique du F
- Polarité des liaisons C-F

➡ Conformation en spirale

➡ rigidification



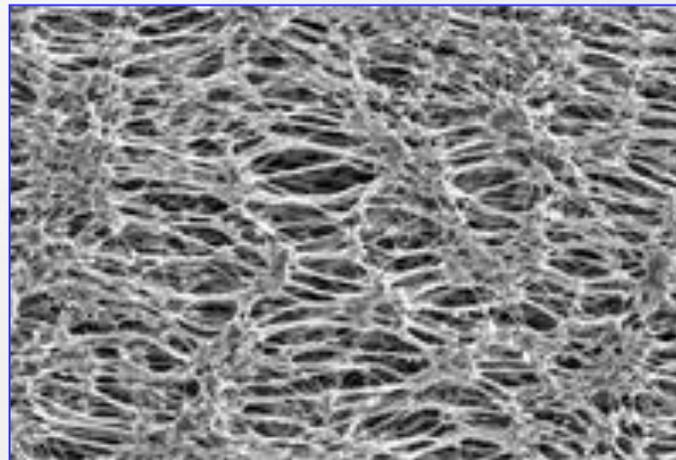
LE GORE-TEX®



W. Gore (W. L. Gore and Associates)

1969 : découvre « par hasard » le PTFE expansé

1976 : 1^{ère} membrane microporeuse expansé et hydrophobe : le Gore-tex®



Plus de 1,4 milliard de pores microscopiques par cm²

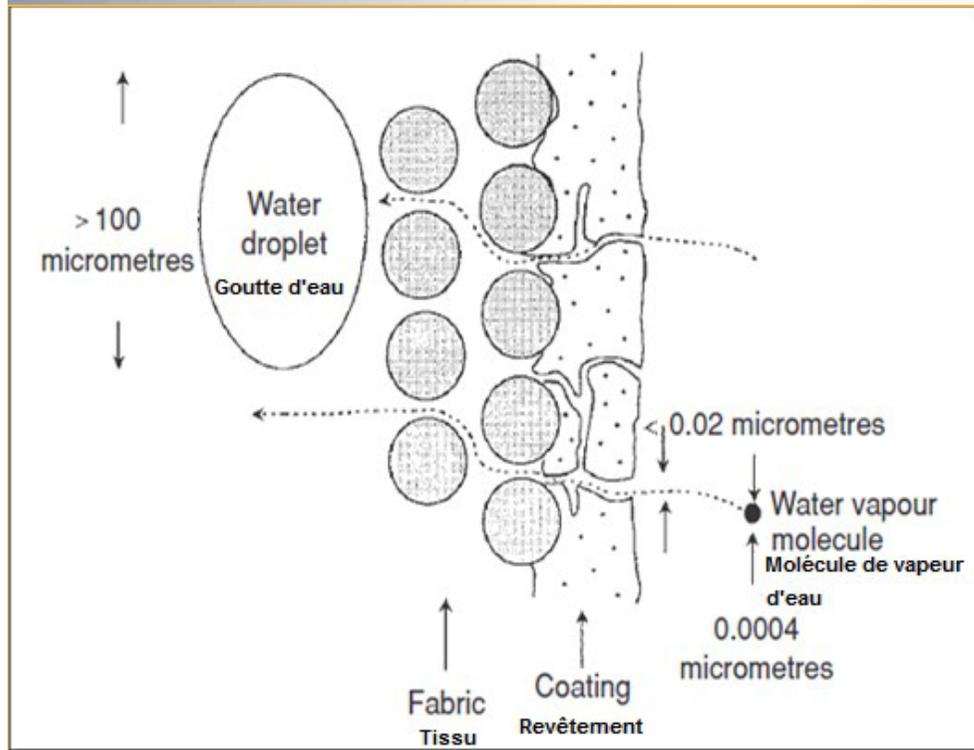
Pores 20 000 fois plus petits qu'une goutte d'eau, mais 700 fois plus grands qu'une molécule de vapeur d'eau.



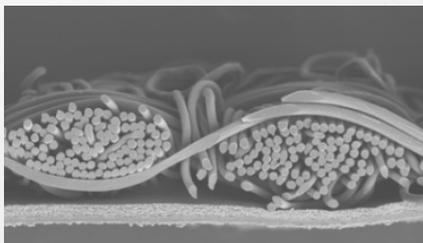
laisse s'échapper la transpiration mais empêche le passage des gouttes d'eau

LE GORE-TEX®

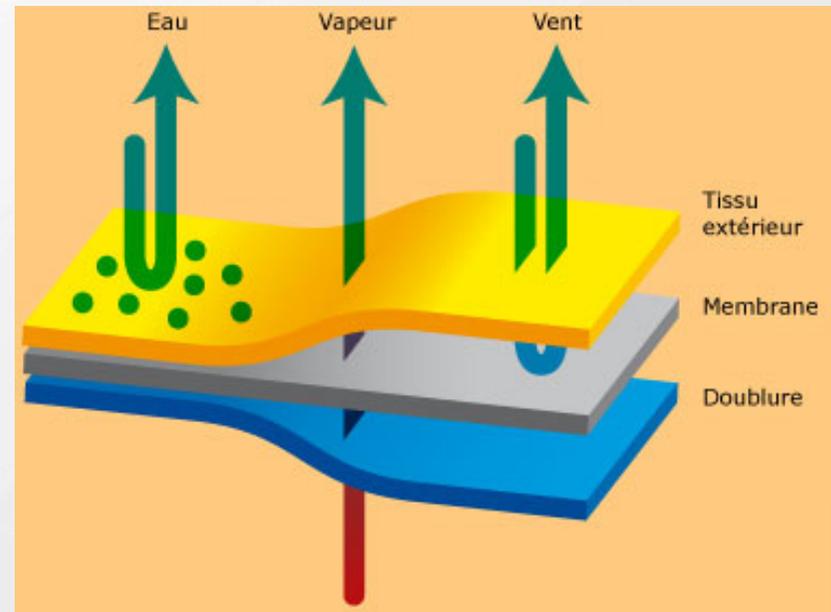
Utilisé en couches laminées



Morphologie de la membrane humidifuge
Tirée de Horrocks (2000)



cross-sectional image at a molecular level :Suplex Taslite nylon is laminated to a bicomponent membrane of ePTFE. 2008. Courtesy of W. L. Gore & Associates.



- Excellente étanchéité
- résistance quasiment illimitée à l'ozone, aux intempéries et au vieillissement
- résistance presque universelle aux produits chimiques
- inattaquable par presque tous les fluides hydrauliques, lubrifiants, produits chimiques et solvants
- rigidité particulière
- Température entre - 100 °C et + 250 °C

CONCLUSION



J.O 2008

Sports avec beaucoup de technologies
Cyclisme sur piste + Aviron + Voile

Sports avec peu de technologies
Athlétisme

Total des médailles

Great Britain	24
Australia	7
New Zealand	6
Netherlands	5
France	5
Spain	5
Germany	5
USA	5
China	5
Canada	4

Total des médailles

USA	23
Russia	18
Kenya	14
Jamaica	11
Ethiopia	7
Belarus	7
Cuba	5
Ukraine	5
Australia	5
Great Britain	4

LA NATATION

un « dopage technologique »



- **Championnats de France 2009** : 26 des 33 records de France battus l'ont été avec le port de la combinaison « Jaked », composée de polyuréthane, qui gaine et améliore la flottabilité du sportif.
- **2009** : Remise en question de la validation de ces records
- **Mars 2009** : La FINA a adopté une charte qui interdit l'usage de combinaisons intégrales pour défendre la dimension éthique et rappeler que :

« la natation est un sport dont l'essence est la performance physique du sportif, et que cette essence est son principe le plus fondamental »

[Fédération internationale de natation, Charte de Dubaï du 14 mars 2009](#)