

Cours de technologie de base



Programme d'études

Chapitre 1: Matériaux

- " Métaux et alliages et leurs désignations
- " Matières plastiques (polymères);
- " Matériaux composites;
- " Autres matériaux

Chapitre 2: Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

- " Moulage, forgeage, estampage, laminage, tréfilage, extrusion.... Etc
- " Découpage, pliage et emboutissage, etc...
- " Frittage et métallurgie des poudres;
- " Profilés et Tuyaux (en acier, en aluminium);

Polymère?

Généralités

Les polymères sont utilisés dans beaucoup d'applications. On les retrouve partout dans la vie courante.



Généralités

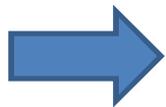
Il existe plusieurs types de polymères

Polymères synthétiques:

1. Plastiques
2. Caoutchoucs et élastomères
3. Fibres
4. Peintures
5. Adhésifs

Polymères naturels:

1. Protéines
2. Acides nucléiques
3. Enzymes
4. Celluloses
5. Caoutchouc naturel



Les polymères sont l'une des trois grandes classes de matériau avec les métaux et les céramiques

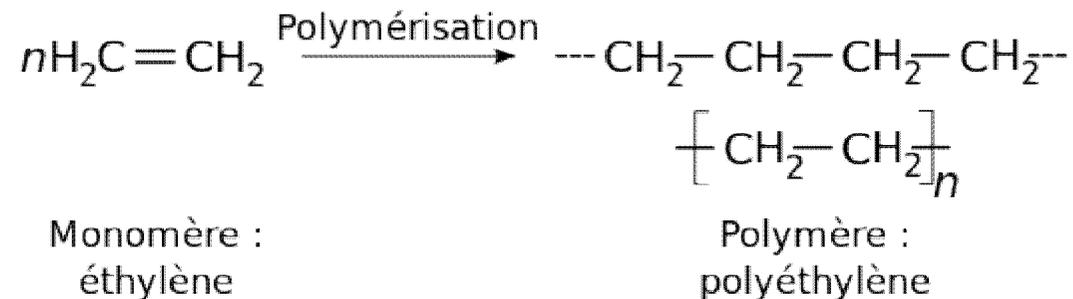
Définitions

” Monomère: substance le plus souvent organique utilisée dans la synthèse des polymères au cours d'une réaction de *polymérisation*.

” Macromolécule : grande molécule constituée d'unités qui se répètent et qui dérivent de monomères.

” Polymérisation : réaction qui assemble les monomères en macromolécules.

Exemple:



Mécanisme

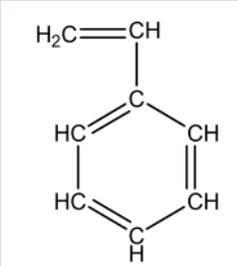
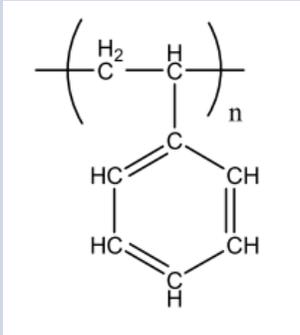
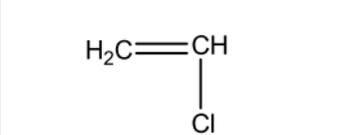
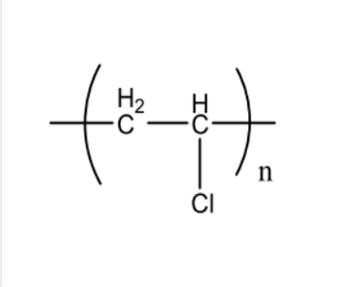
Un monomère constitue la matière à partir de laquelle le polymère est formé.

En général, en présence de réactifs et de catalyseurs, et sous l'action de la chaleur et de la pression, il se forme des chaînes macromoléculaires constituées de motifs monomères. Cette réaction s'appel **polymérisation**.

Les chaînes formées peuvent être de longueur importante et prendre plusieurs formes.

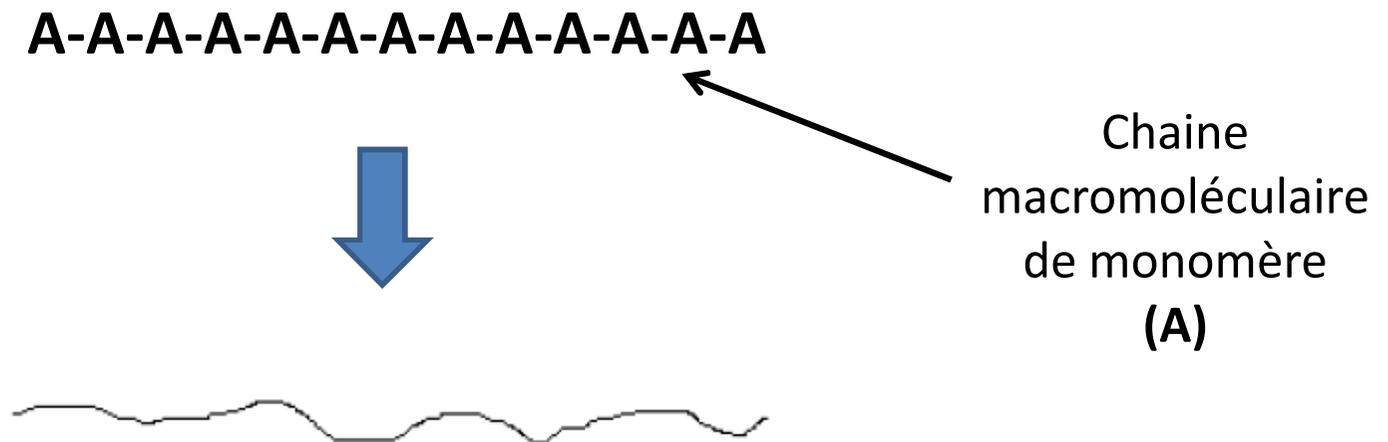
| | Monomère | Représentation du polymère | Utilisation |
|-------------------|---|---------------------------------|---|
| PE (Polyéthylène) | $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ éthène ou éthylène | $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$ | "Sacs poubelle "Sacs plastique "Bouteilles de produit d'entretien |

Polymères

| | Monomère | Représentation du polymère | Utilisation |
|---------------------------------|---|--|----------------------------------|
| PS (Polystyrène) |  <p>styrène</p> |  | "Isolant thermique "Emballage |
| PVC (Polychlorure de vinyle) |  <p>chloroéthène ou chlorure de vinyle</p> |  | Revêtement de sol |

Polymères

Lorsqu'on parle de chaînes macromoléculaires, cela veut dire que les monomères se répètent jusqu'à former une chaîne qui peut prendre plusieurs formes

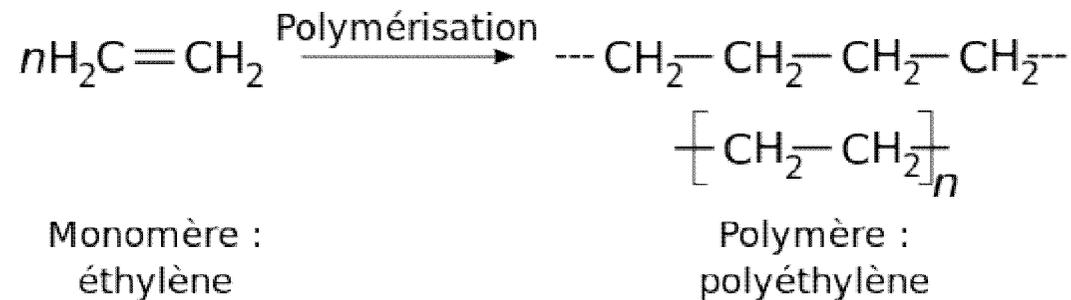


Polymères

Degré de polymérisation (DP):

Il s'agit du nombre de motifs monomères dans un polymère.

Dans la réaction de polymérisation:



La valeur de n n'est pas connue d'avance. Ainsi la masse molaire d'un polymère n'est pas unique et elle dépend de la valeur de « n ». Soit M la masse molaire du polymère et M_0 la masse molaire du monomère, alors le degré de polymérisation est :

$$DP = \frac{M}{M_0}$$

Classement des polymères

Les polymères peuvent être classés par structure, par nombre de monomères, par propriétés mécaniques et thermiques...

1- Par nombre de monomères:

” Homopolymère: formé d'un seul type de monomère:



” Copolymères: formé à partir de plusieurs types de monomères:



2- Par architecture (structure):

- **Linéaires** : A-A-A-A-A-A-A-A, représentés :



- **Ramifiés** :

$$\begin{array}{c}
 A \\
 | \\
 A \\
 | \\
 A - B - A - B - A \\
 | \\
 A
 \end{array}$$

représentés :



- **Réticulés** :

$$\begin{array}{c}
 \text{---} A - B - B - A \text{---} \\
 | \quad | \\
 A \quad A - A \\
 | \quad | \\
 A - B - A \\
 | \\
 A
 \end{array}$$

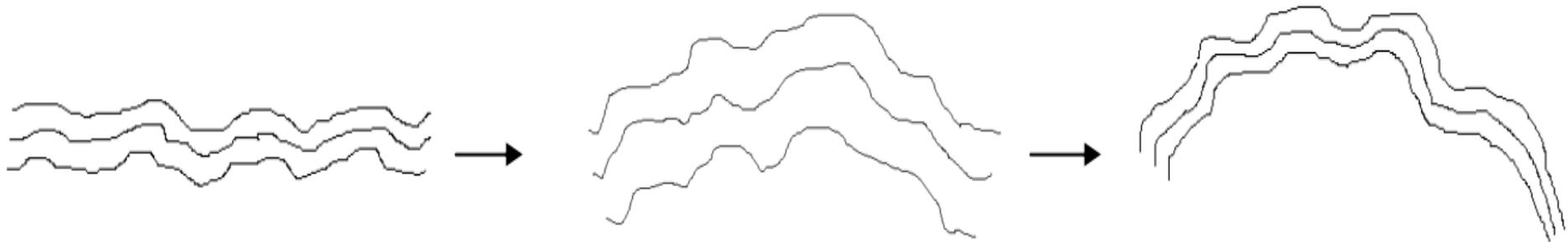
représentés :



3- Par propriétés:

a - Polymères thermoplastiques

Il passe de l'Etat rigide à l'état malléable en cas d'élévation de température. En se refroidissant, il durcit et conserve la forme donnée à chaud. Il s'agit de polymères de structure linéaire ou ramifiée.



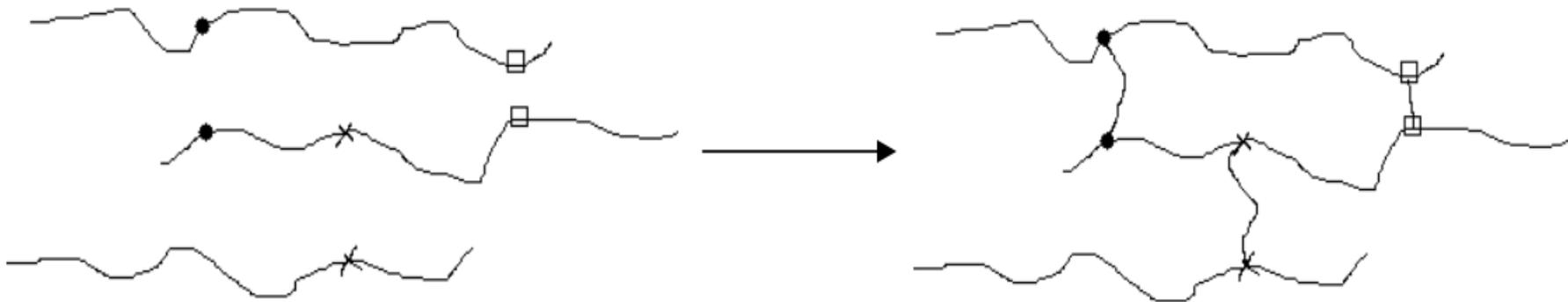
Polymères froids et durs : les chaînes sont proches grâce aux interactions intermoléculaires

Polymères chauds : les chaînes sont éloignées : les interactions intermoléculaires se sont rompues sous l'effet de la chaleur. On donne une nouvelle forme au polymère

Polymères froids et durs : les interactions intermoléculaires se reforment, en conservant la forme donnée à chaud.

b - Polymères thermodurcissables

Sous l'effet de la chaleur, il devient dur et ne peut plus fondre. Une nouvelle hausse de température mènerait à une destruction du polymère. La raison en est que ces polymères sont obtenus par réaction chimique au cours d'un chauffage. Lors de cette opération, des réticulations (liaisons) se forment. Celles-ci ne peuvent plus être rompues par la suite. Il s'agit d'un polymère de structure fortement réticulée.

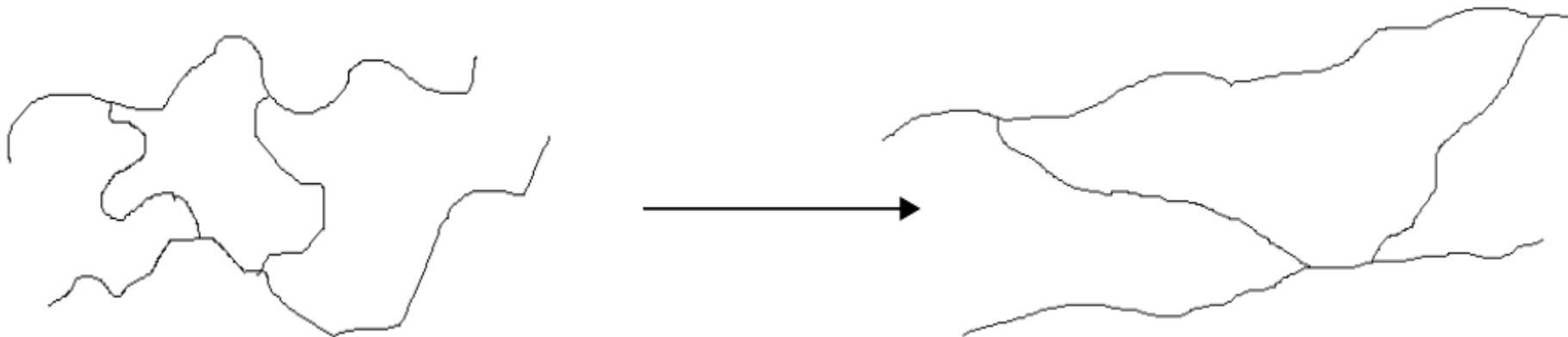


Avant chauffage les chaînes ne sont pas reliées entre elles.

Au cours du chauffage, des liaisons covalentes se forment par réaction chimique : les chaînes sont alors reliées entre elles

c - Elastomères

Il s'agit de polymères linéaires faiblement réticulés ayant des interactions intermoléculaires faibles et une grande déformabilité. Ils s'étirent sous l'effet d'une action mécanique et reviennent en place lorsque celle-ci cesse. Ce sont les réticulations (faibles, mais existantes) qui permettent de revenir à la forme initiale après déformation.



Sans action mécanique, les chaînes sont reliées entre elles par des liaisons covalentes

Avec action mécanique : les chaînes s'étirent mais sont toujours reliées entre elles grâce aux liaisons covalentes.

Applications des polymères en Génie Civil

Géomembranes:

Produits adaptés au génie civil. Présenté sous forme de feuilles minces, souples, étanches aux liquides mêmes sous des sollicitations de service.

Ils peuvent servir à :

- ” L'étanchéité des bassins d'eau;
- ” L'étanchéité des bassins de rétention anti-pollution;
- ” Confinement de déchets liquides.



Programme d'études

Chapitre 1: Matériaux

- " Métaux et alliages et leurs désignations
- " Matières plastiques (polymères);
- " Matériaux composites;
- " Autres matériaux

Chapitre 2: Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

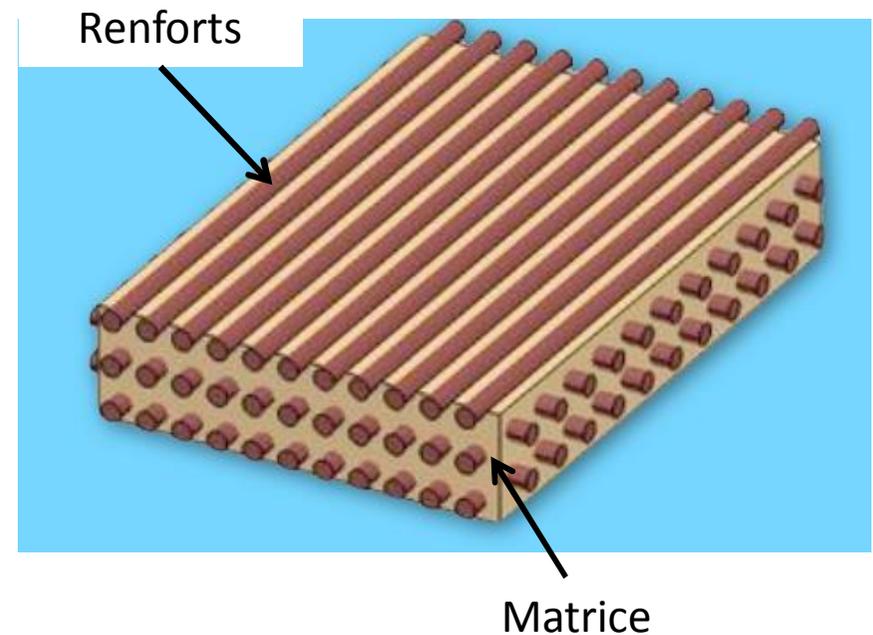
- " Moulage, forgeage, estampage, laminage, tréfilage, extrusion.... Etc
- " Découpage, pliage et emboutissage, etc...
- " Frittage et métallurgie des poudres;
- " Profilés et Tuyaux (en acier, en aluminium);

Matériau composite?

Matériaux composites

Le matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles. Le matériau ainsi constitué possède des propriétés que les éléments constitutifs seuls ne possèdent pas. Il est constitué :

- d'une ossature appelée **renforts**, présentant diverses architectures, qui assure la tenue mécanique.
- d'une protection appelée **matrice**, assurant la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort. Cette matrice est généralement une matière plastique (résine thermoplastique ou thermodurcissable).



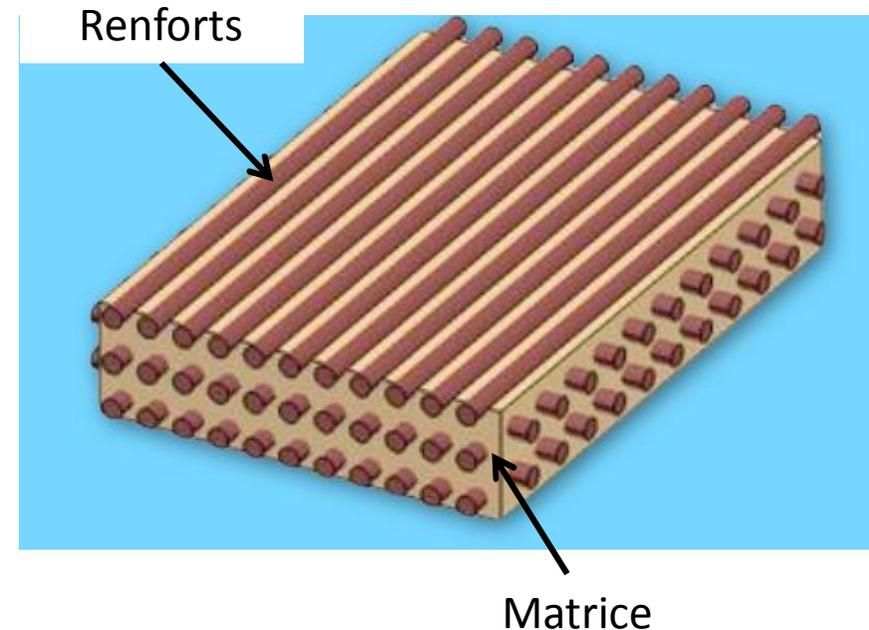
Matériaux composites

Le renfort:

- se présente le plus souvent sous forme fibreuse ou filamentaire
- assure l'essentiel des propriétés mécaniques.

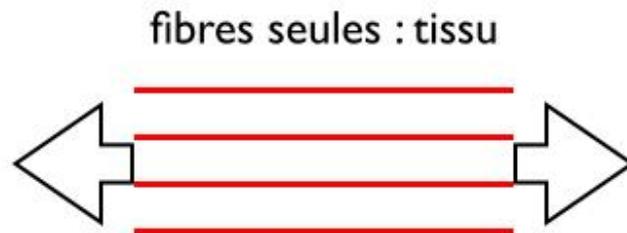
La matrice:

- maintient le renfort dans sa position initiale,
- assure la transmission des efforts.

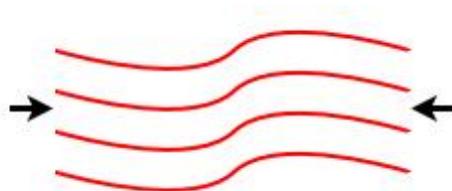


Principe de fonctionnement

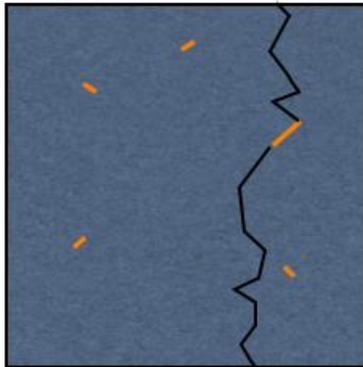
Les fibres travaillent efficacement en traction



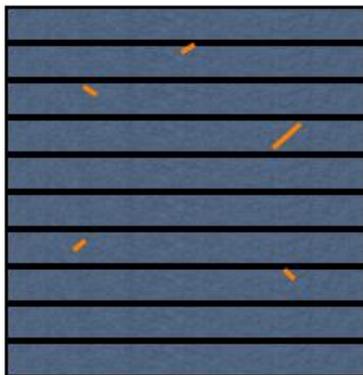
La matrice empêche (dans une certaine mesure) les fibres de flamber en compression et en cisaillement



Propagation de fissures ralentie



Dans les matériaux classiques, des fissures peuvent s'amorcer sur le plus gros défaut et se propager sans obstacles.



Dans les matériaux composites, la rupture d'une fibre est restreinte, elle ne se propage pas.

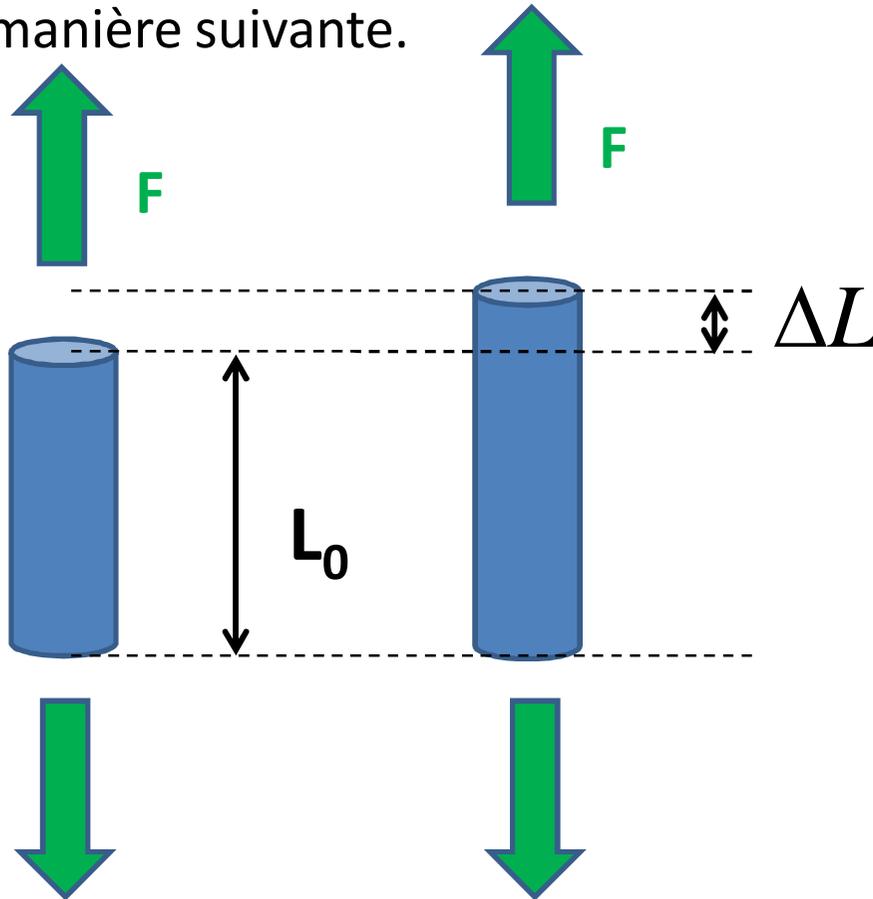
Quelques définitions concernant les matériaux

- " HOMOGENE: Mêmes propriétés en tout point
- " HETEROGENE: Propriétés différentes d'un point à un autre;
- " ISOTROPE: Mêmes propriétés dans toutes les directions;
- " ORTHOTROPE: Propriétés symétriques par rapport à 2 plans de symétrie;
- " ANISOTROPE: Propriétés différentes selon les directions.

Un matériau composite est la plupart du temps **hétérogène et anisotrope**.

Notions sur les caractéristiques mécaniques

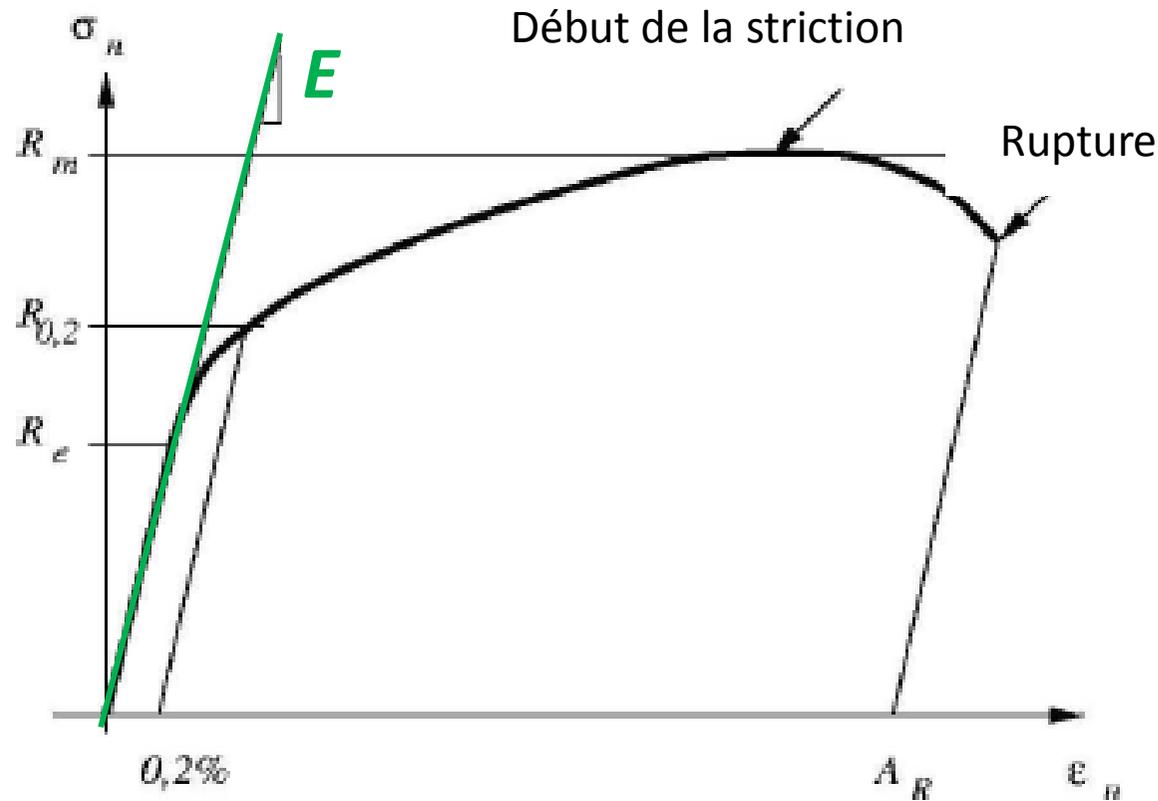
Lors d'un essai de traction uniaxial sur une éprouvette de section S_0 , les propriétés du matériau concerné peuvent être déterminées de la manière suivante.



| | |
|--|--|
| Contrainte axiale (Pascals, Pa) | $\sigma_n = \frac{F}{S_0}$ |
| Déformation axiale (sans dimension) | $\varepsilon_n = \frac{\Delta L}{L_0}$ |

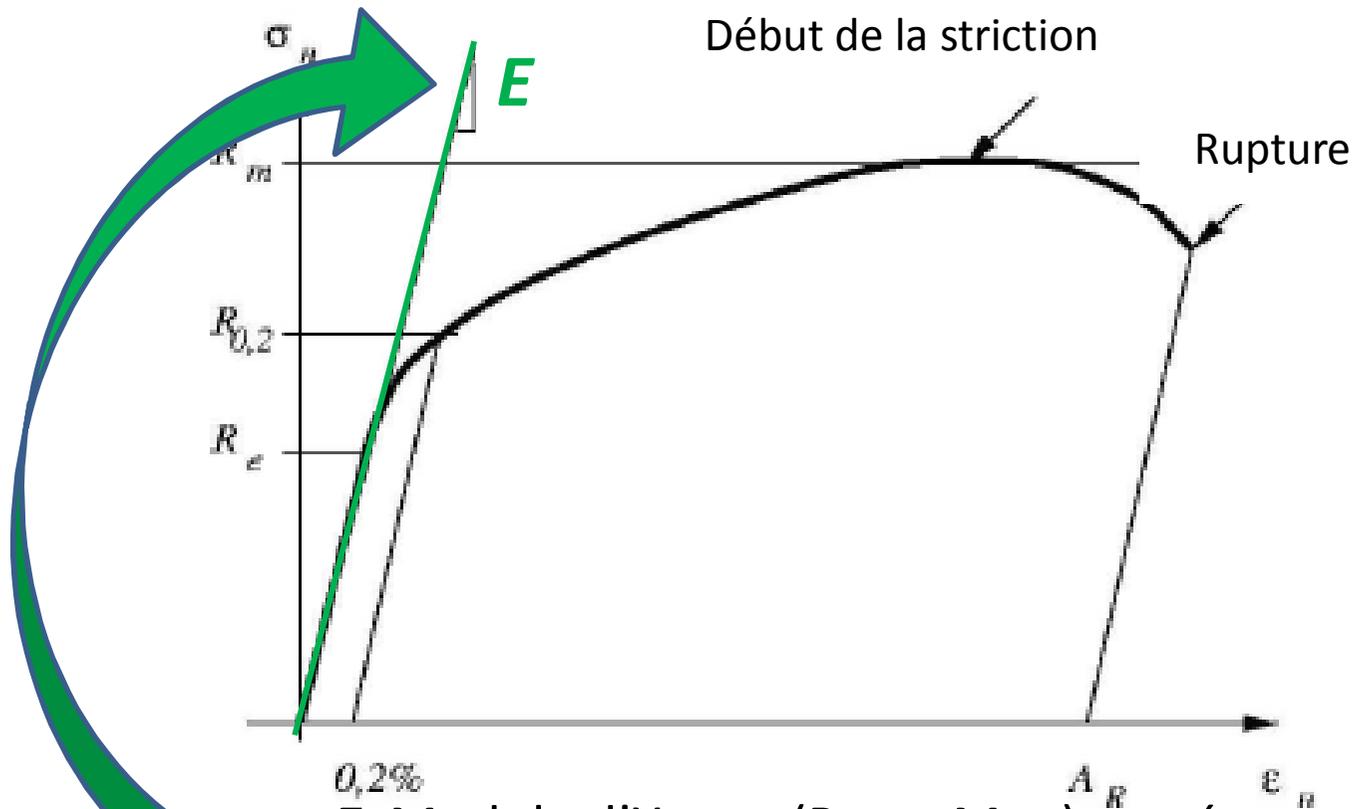
Notions sur les caractéristiques mécaniques

La courbe de traction obtenue est donnée ci-dessous. Elle donne l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation.



Notions sur les caractéristiques mécaniques

La courbe de traction obtenue est donnée ci-dessous. Elle donne l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation.



E : Module d'Young (Pa ou Mpa) représentant la pente de la courbe sur sa partie linéaire. Cette quantité **rend compte de la raideur** du matériau dans le sens de la traction.

Matériaux composites

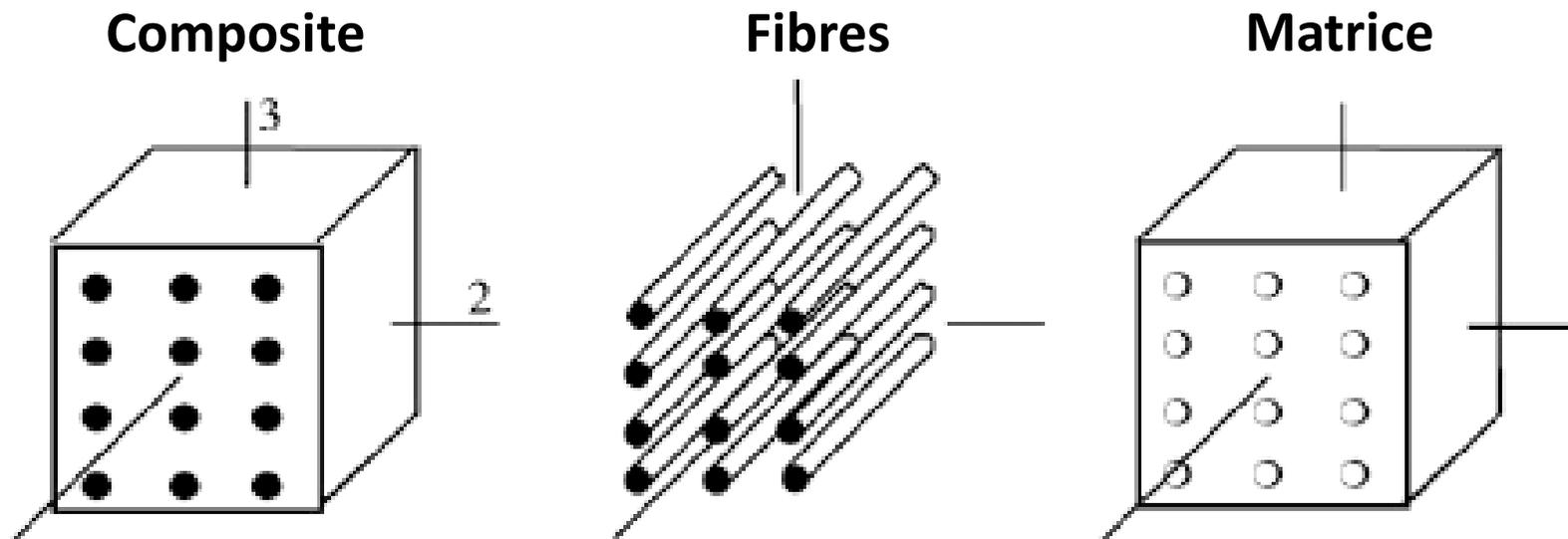
Caractéristiques mécaniques d'un matériau composite

De la même manière, chaque constituant du matériau composite comporte ses propres caractéristiques mécaniques:

E_f : Module d'Young des fibres

E_m : Module d'Young de la matrice;

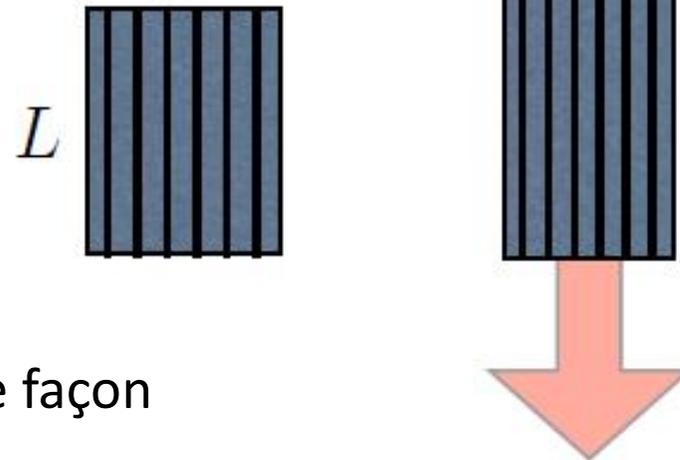
f_f et f_m : fractions volumiques des fibres et de la matrice (respectivement), avec $f_f + f_m = 1$.



Dans le cas d'une traction dans le sens L (sens des fibres)

Le module d'Young du matériau composite est donné sous la forme:

$$E_L = E_f f_f + E_m f_m$$



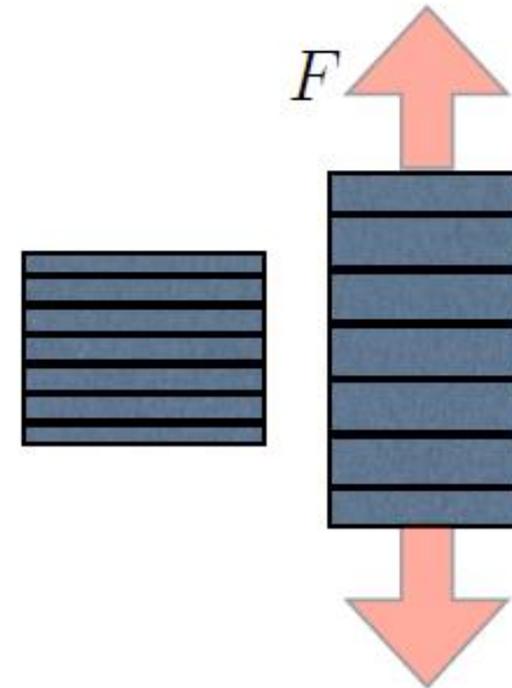
Dans le sens L, le composite travail de façon optimale.

Dans le cas d'une traction dans le sens T (perpendiculaire au sens des fibres)

Le module d'Young du matériau composite est donné sous la forme:

$$E_T = \frac{E_f E_m}{f_m E_f + f_f E_m}$$

Dans le sens T, le composite travail mal: la matrice cède rapidement.

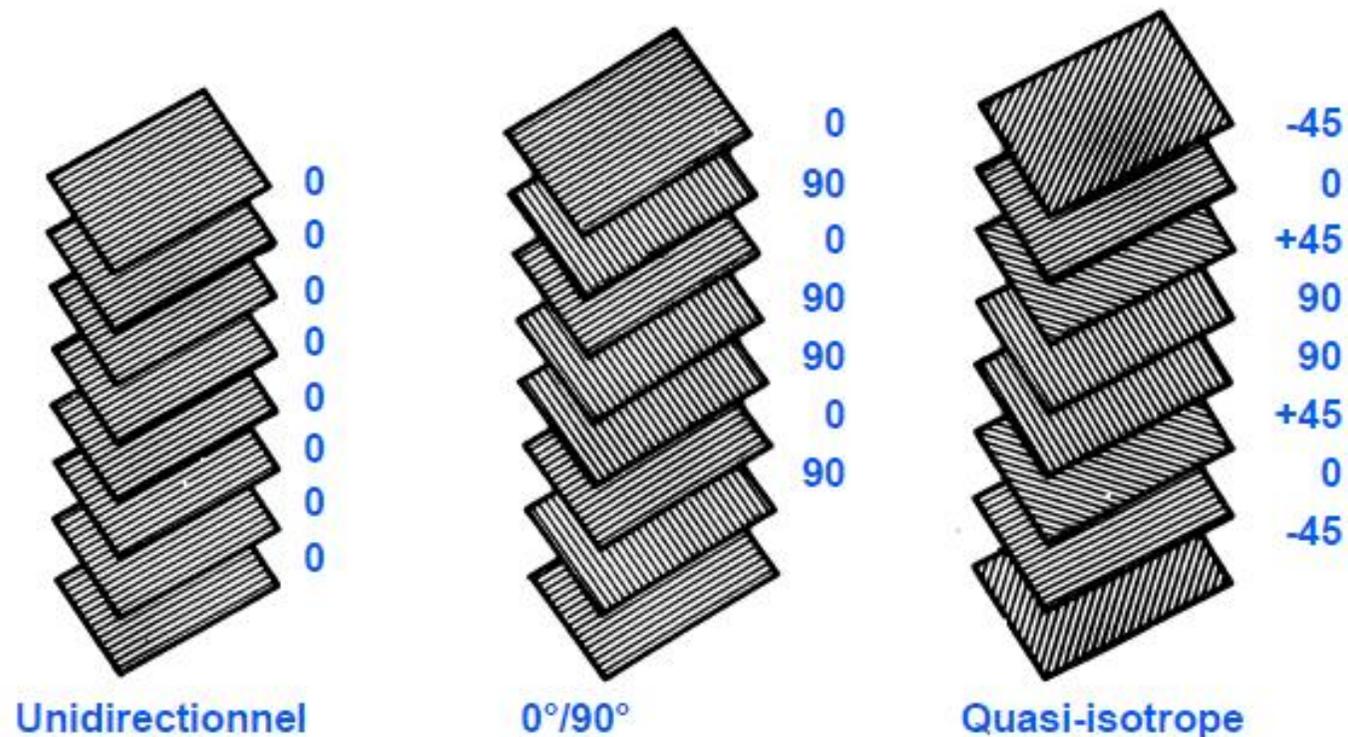


Organisation des renforts

Les composites peuvent être fabriqués sous plusieurs formes:

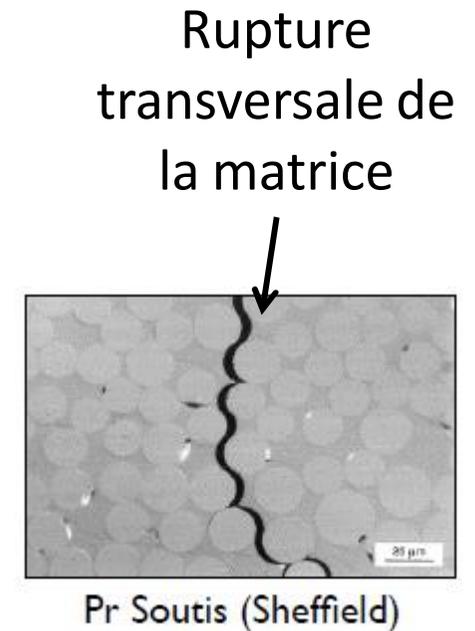
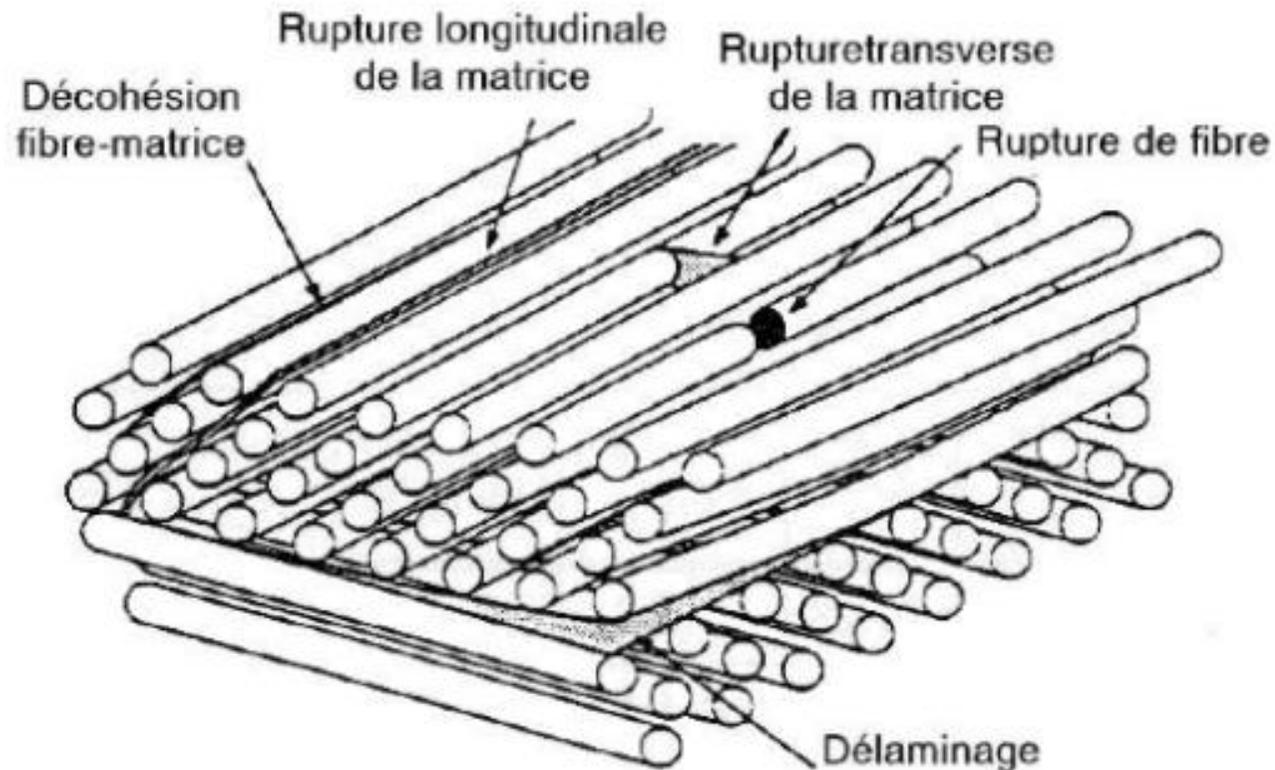
1- Stratifiés

Succession de plis unidirectionnels suivant différentes orientations (0° , 45° , 90° ...)

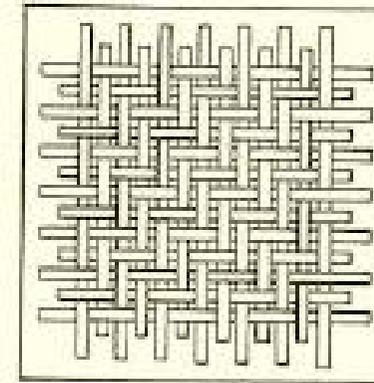
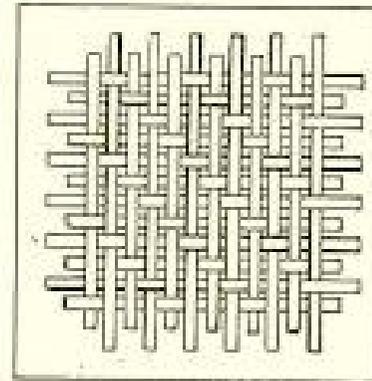
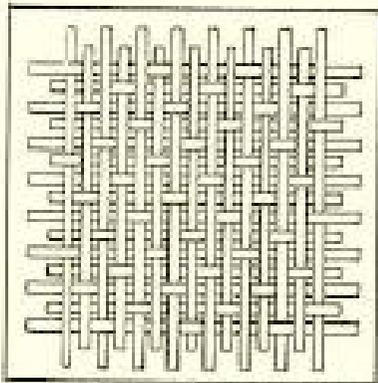
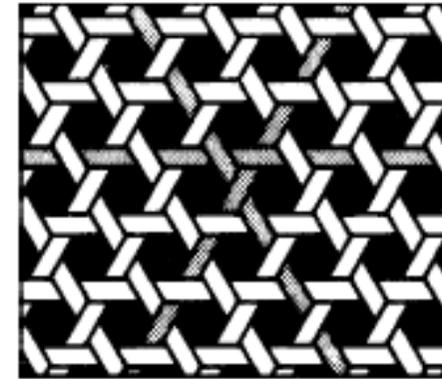
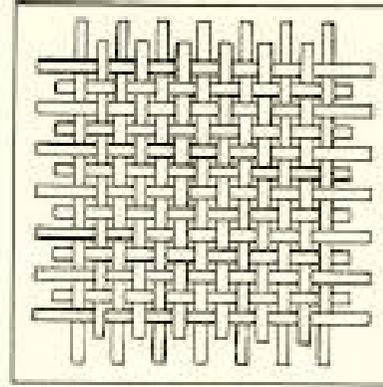
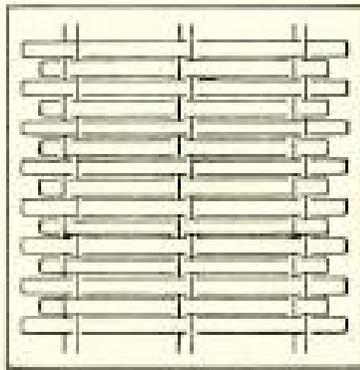


Matériaux composites

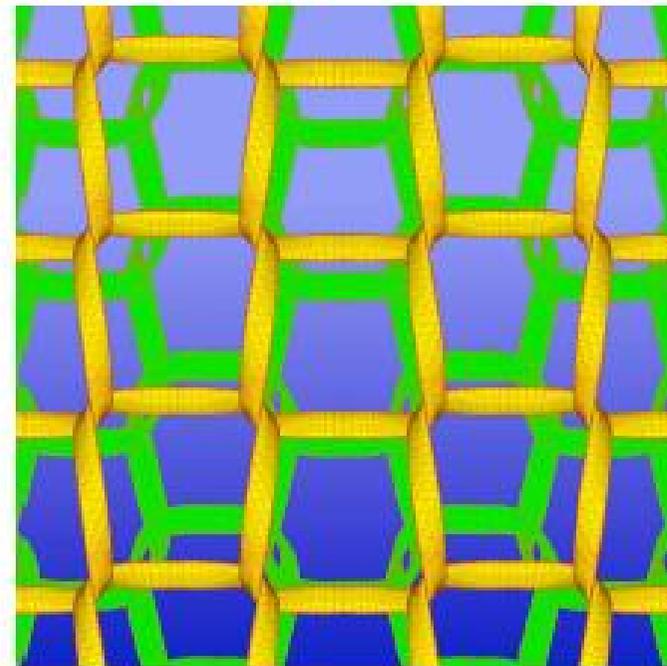
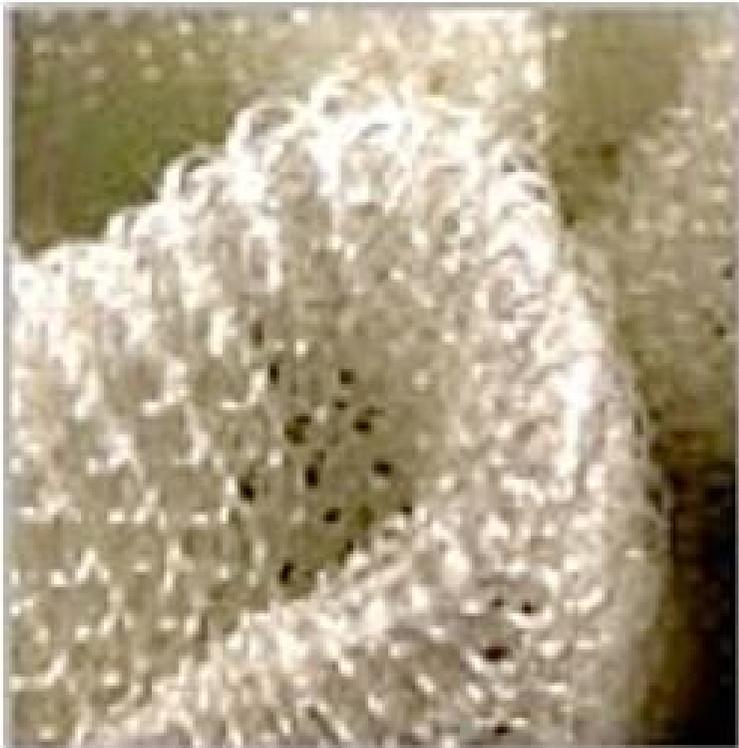
Dans ce cas, différents modes de rupture peuvent être observés:



2- Tissés sous différentes formes



3- Tricoté



ENSAM

Les matériaux composites possèdent des propriétés appréciables en industrie

Absence de corrosion

La corrosion est un problème majeur en construction navale. Elle génère des coûts de fabrication importants. Les navires sont également rendus indisponibles pendant de longues périodes pour des traitements de maintenance.

En outre, l'oxydation des métaux peut dans certains cas engendrer des problèmes de sécurité, comme par exemple dans les enceintes confinées.

Des incidents dramatiques ont malheureusement par le passé, illustré les risques liés à la consommation de l'oxygène dans des locaux telles que les soutes.

Légèreté

Les matériaux composites permettent de réaliser des structures bien plus légères pour une résistance équivalente. Cet allégement des structures est sans conteste un des arguments majeurs pour l'emploi des composites. Il permet : une amélioration de la stabilité, une réduction de consommation de carburant, une augmentation de la capacité d'emport ou de l'autonomie (aéronautique, naval)...

Résistance à la fatigue

Les composites à matrice organique présentent une résistance spécifique à la rupture en fatigue très supérieure à celle des matériaux métalliques, en général considérée comme 3 fois supérieure à celle des alliages légers d'aluminium et 2 fois supérieure à celle des aciers à haute résistance et des alliages de titane.

Amagnétisme

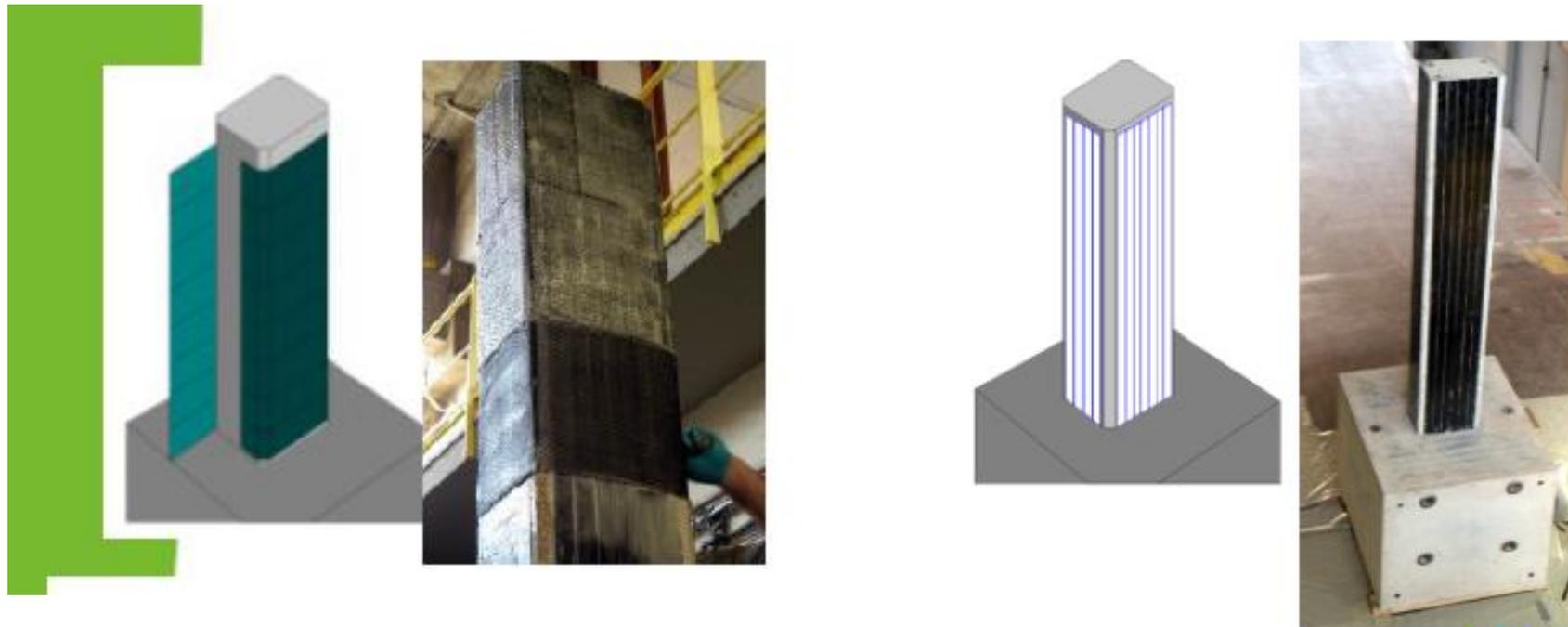
Application militaire: Le développement des mines à influence a conduit les concepteurs de navires à réduire la signature magnétique des coques de navires. Le challenge est d'autant plus important pour les navires anti-mines particulièrement exposés à ce risque. Les principales marines se sont donc tout naturellement orientées vers la réalisation de coques de navires anti-mines, d'abord vers le bois puis assez rapidement vers les composites à matrice organique qui sont par nature amagnétiques.

Tenue au feu

La tenue au feu des matériaux composites est problématique puisque les matériaux organiques sont inflammables. Les produits organiques (matrices) brûlent et peuvent dégager des fumées toxiques pour l'homme.

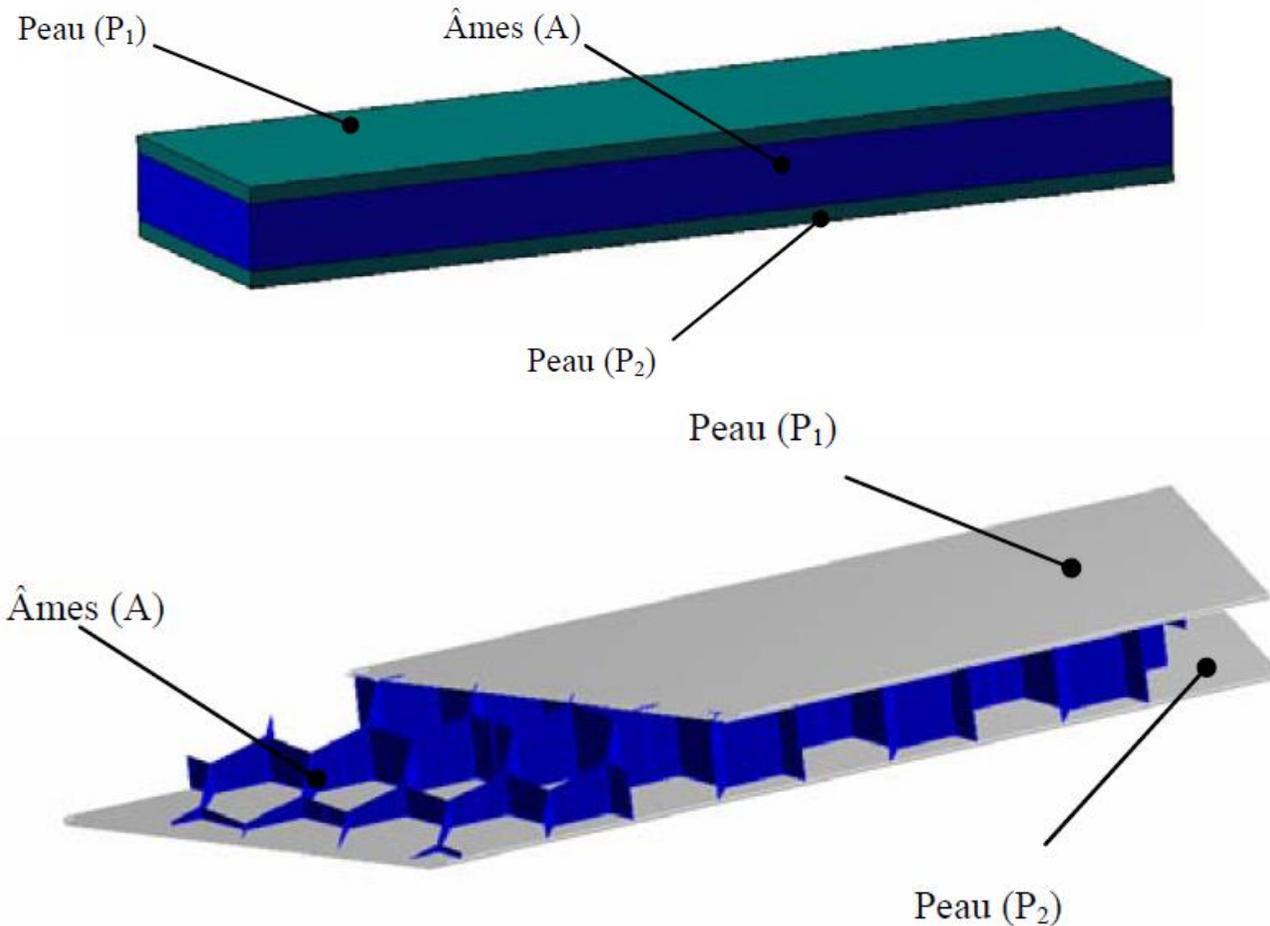
Application des composites en Génie Civil

Les matériaux composites peuvent être utilisés comme renforts dans les structures de génie civil, notamment pour les piliers.



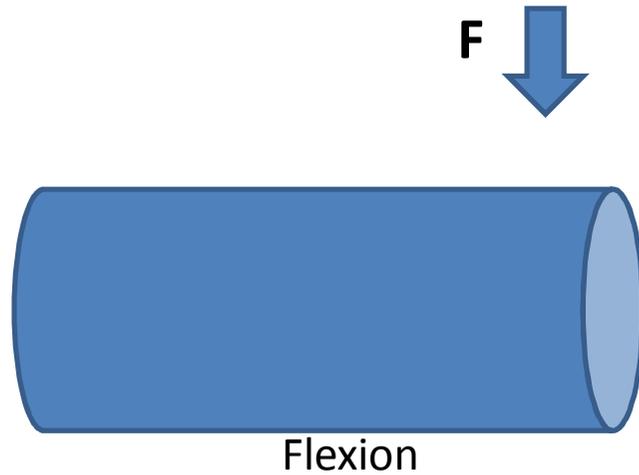
Composites utilisés comme renforcement à la compression, à l'effort tranchant et à la flexion, directement collés sur les piliers.

Matériaux en Nid d'Abeilles

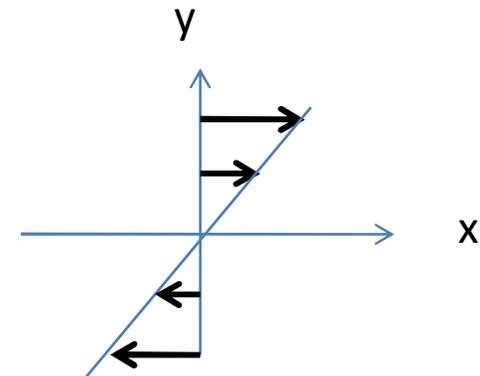


Les matériaux en Nid d'Abeille (panneaux sandwich) sont également considérés comme des composites.

Matériaux composites

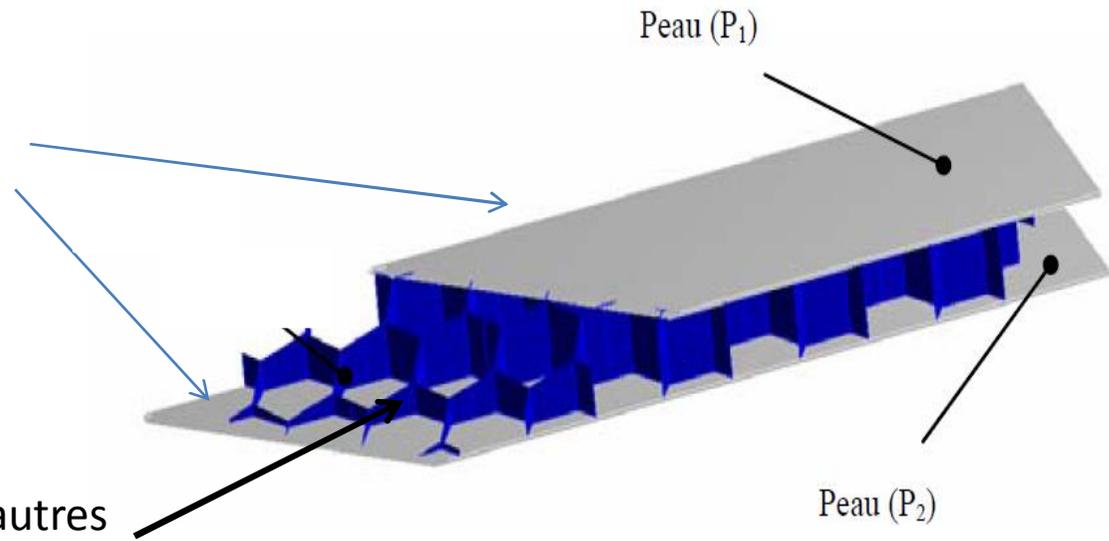


Profil des contraintes dans la direction x



Le fait d'avoir des peaux P1 et P2 disposées sur les extrémités permet de répartir les contraintes sur celle-ci en flexion.

L'âme (A) reprend les autres efforts (cisaillement).



Fin