

**Notions de matériaux composites  
pour application en aéromodélisme**

# **Objectif & Méthodologie**

**V01 Nov 2017  
Helmi TOUEL**

# Sommaire :



## **Objectif**


- **Méthodologie**
- **Principes**
- **Rappel mécanique**
- **Annexes**

# Objectif

- Notre étude des matériaux composites est intimement liée au projet de fabrication d'un planeur RC en composite.
- Notre objectif est « d'optimiser » l'utilisation des matériaux composites lors de notre construction:
  - Une structure **surdimensionnée** sera « **trop** » **lourde**-> vitesse d'évolution plus importante-> des dégâts plus importants en cas de choc/crash,
  - Une structure **très** « **fine** » -> faible résistance en cas de choc,

**Bien dimensionner la partie structurale est très important de point de vue « ingénierie »**

# Sommaire :

- Objectif
-  **Méthodologie**
- Principes
- Rappel mécanique
- Annexes

# Méthodologie

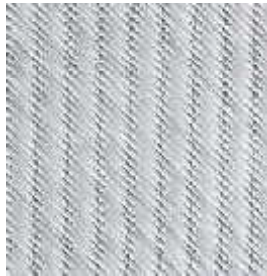
- On a besoin d'estimer les caractéristiques mécaniques de notre structure:
  - Coefficients classiques: module de Young, poisson, cisaillement,
  - Les contraintes max,
- Notre structure est un stratifié= empilement de plis.
- Donc on a besoin d'étudier les caractéristiques des plis et leur assemblage.
- Un pli est une combinaison { tissu +résine }. Il faut donc étudier les caractéristiques de ces deux composants.
- Un tissu est une assemblage de fibre. Il faut donc déterminer les caractéristiques du tissu à partir de celle des fibres.

# Résumé

Coeff filament



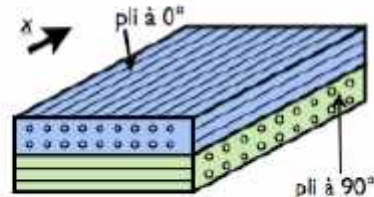
Coeff tissu



Coeff pli



Coeff stratifié



Un stratifié

Coeff structure



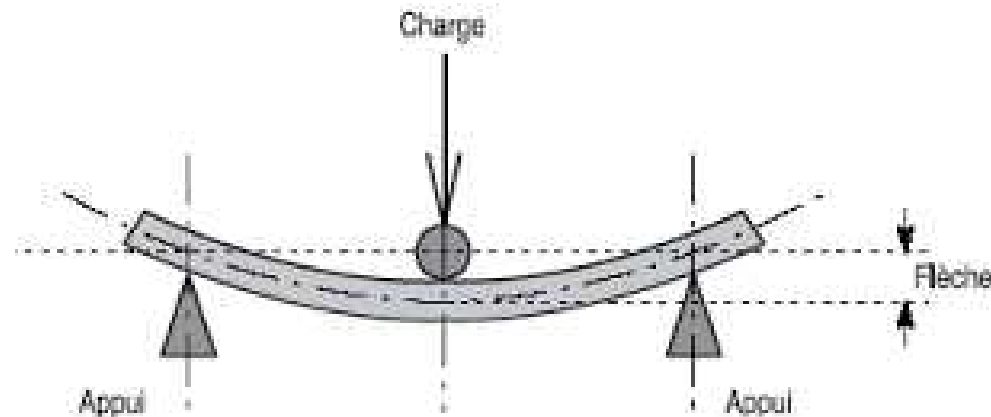
Coeff résine



- La démarche peut être résumée de la façon suivante:

# Approche expérimentale

- Cette approche « purement » théorique sera **très bien validée** si on trouve le moyen de faire des tests mécaniques.
- Exemple, le « célèbre » test de flexion 3 points:



# Approche expérimentale

- Mais ceci dépend de la disponibilité du matériel.





# Sommaire :

- Objectif
- Méthodologie
-  **Principes**
  - Rappel mécanique
  - Annexes


# Principes

- Voici quelques éléments intéressants qui nous permettront d'aborder le sujet de façon méthodique:
  - Il faut utiliser **une documentation de référence** (thèse, cours, une publication spécialisée) pour éviter l'utilisation de résultats erronés (forums, blog d'amateur, etc)
  - On va privilégier dans un premier temps **l'aspect qualitatif**. Notre but est de comprendre. Donc si on peut utiliser des équations linéaires, on n'hésitera pas.

# Principes

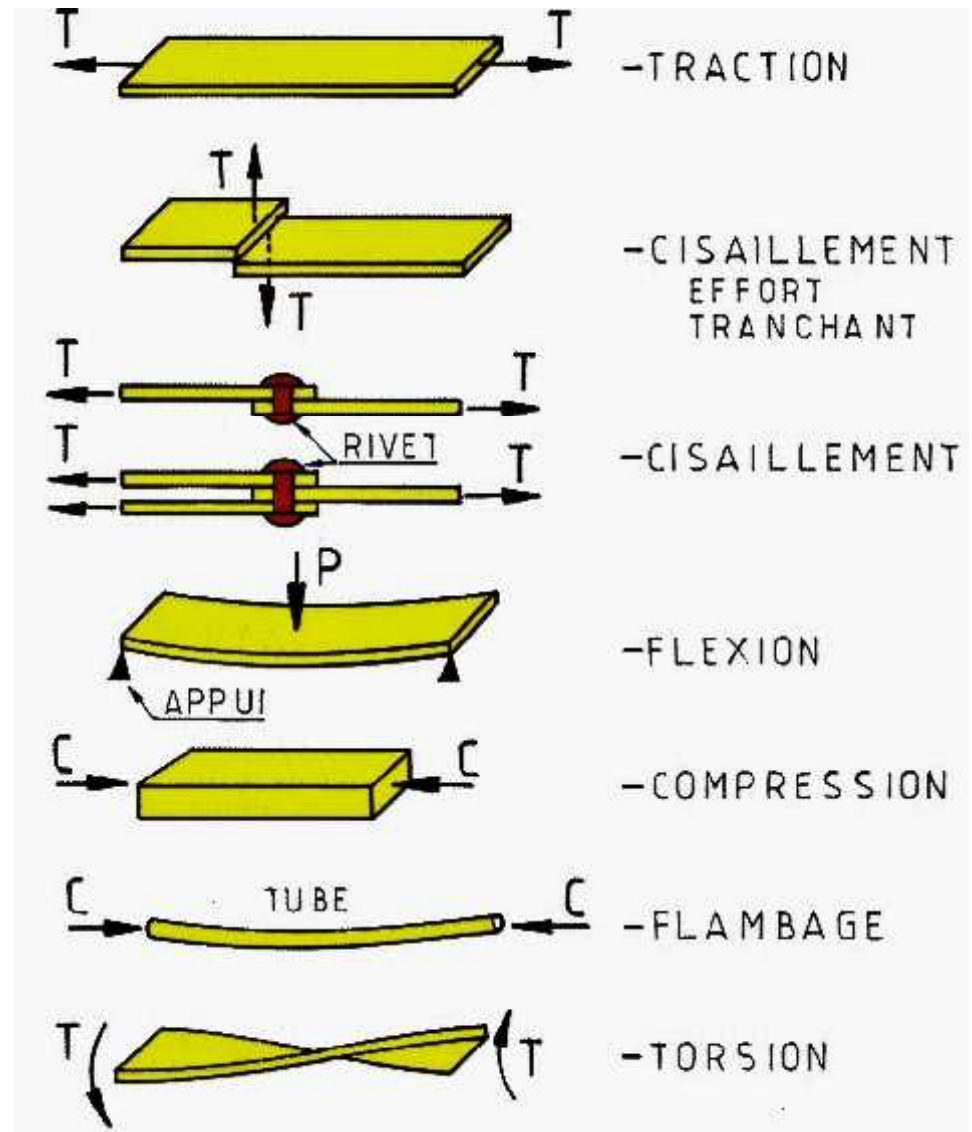
- Enfin, nous allons privilégier une étude qui **couvre notre domaine d'application** (planeur RC de 1kg) et compatible avec **les produits disponibles** (fibre de verre et résine epoxy).

# Sommaire :

- Objectif
- Méthodologie
- Principes
-  **Rappel mécanique**
- Annexes

# Rappel:

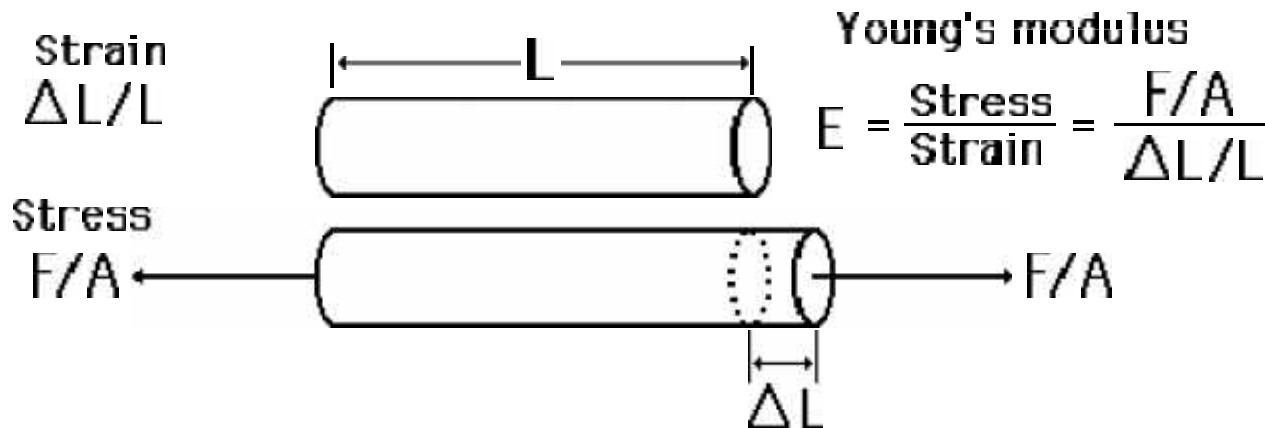
- Un petit « vocabulaire » concernant les efforts sur une structure:



# Module de Young tensile modulus / Limité d'élasticité tensile strenght



**Le module de Young** ou module d'élasticité (longitudinale) ou encore module de traction est la constante qui relie la contrainte de traction (ou de compression) et la déformation pour un matériau élastique isotrope.



$$\sigma = E \epsilon$$

est la contrainte (en unité de pression):  $F/A$  ,  
 $E$  est le module de Young (en unité de pression),  
est l'allongement relatif (adimensionnel)  $L/L$ .

<https://www.quora.com/Does-cold-working-change-Youngs-modulus>

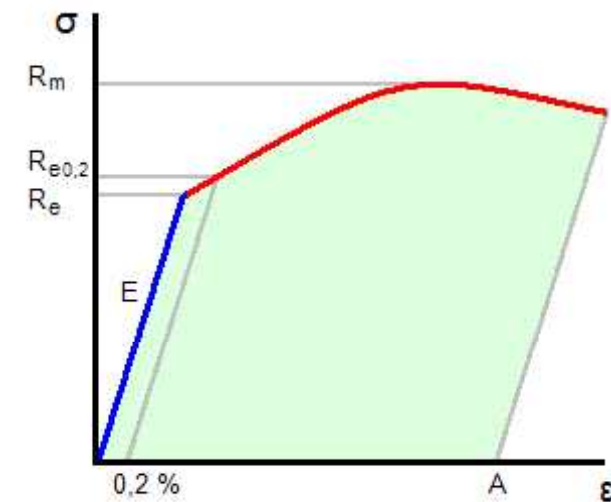
Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=bO7ZHthniUU>

# Module de Young tensile modulus / Limité d'élasticité tensile strenght

**La limite d'élasticité** est la contrainte à partir de laquelle un matériau commence à se déformer de manière irréversible.

*Pour un matériau fragile, c'est la contrainte à laquelle le matériau se rompt, notamment du fait de ses micro-fissures internes.*

*Pour un matériau ductile, c'est la **zone en rouge** sur le graphique ci-contre, au-delà du domaine élastique  $E$  représenté en bleu dans lequel l'augmentation de la contrainte donne une déformation réversible à la suppression de cette contrainte (et souvent assez linéaire en fonction de cette contrainte). Les déformations subies au-delà de la limite d'élasticité restent permanentes*



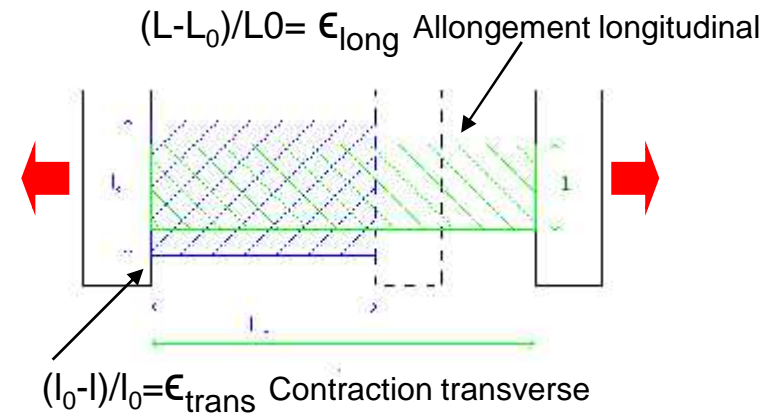
Courbe schématique contrainte vs déformation. Aux faibles déformations, la pente  $E$  de la partie linéaire est le module de Young.  $R_m$  est la résistance (ou contrainte) à la rupture en traction.

Quelques valeurs: Alu: 69GPa, Fer: 196GPa,  
Acier (Alliage Fer/Carbone): 210 GPa, Diamant : 1000GPa

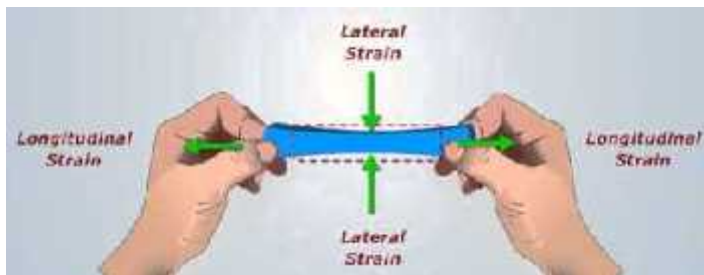
# Coefficient de Poisson (poisson ratio)

- Le coefficient de Poisson permet de caractériser la contraction de la matière **perpendiculairement** à la direction de l'effort appliqué.

$$\nu = \frac{(l_0 - l)/l_0}{(L - L_0)/L_0} \quad (*)$$



- Il est compris entre -1 et 0,5.:
  - Matériau parfaitement isotrope: sont très proches 0.25,
  - Matériaux incompressible: 0.5
  - Matériau quelconque: en moyenne **0,3**.
- Il existe également des matériaux à coefficient de Poisson négatif : on parle alors parfois de **matériaux auxétiques**



(\*) La déformation transverse est liée à la déformation longitudinale par le coff de poisson:

$$\epsilon_{trans} = -\nu \epsilon_{long}$$



Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=hBnZrBhnzVo>



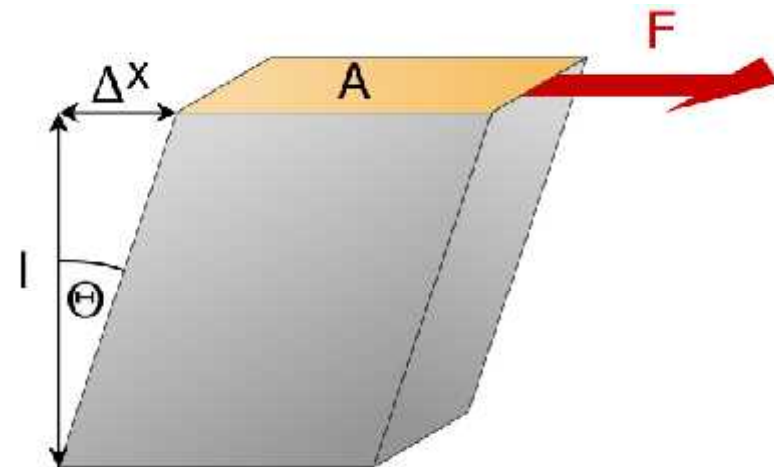
# Le module de cisaillement (shear modulus)

En résistance des matériaux, le **module de cisaillement**, aussi appelé module de glissement / rigidité, module de Coulomb ou second coefficient de Lamé, est une grandeur physique propre à chaque matériau et qui intervient dans la caractérisation des déformations causées par des efforts de cisaillement.

La définition du module de cisaillement  $G$  est

$$G \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\tau_{xy}}{\gamma_{xy}} = \frac{F/A}{\Delta x/l} = \frac{Fl}{A\Delta x}$$

Il est relié au module d'élasticité  $E$  et au coefficient de Poisson  $\nu$  par l'expression:



- $\tau_{xy} = F/A$  est la contrainte de cisaillement ;
- $F$  est la force ;
- $A$  est l'aire sur laquelle la force agit ;
- $\gamma_{xy} = \Delta x/l = \tan \theta$  est le déplacement latéral relatif, et  $\theta$  est l'écart à l'angle droit ;
- $\Delta x$  est le déplacement latéral ;
- $l$  est l'épaisseur.

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$