

A l'issue de ce cours vous devez être capable de :

- évaluer l'impact environnemental des matériaux ;
- analyser les sollicitations dans un matériau ;
- analyser les déformations des composants ;
- analyser les contraintes mécaniques dans un composant.

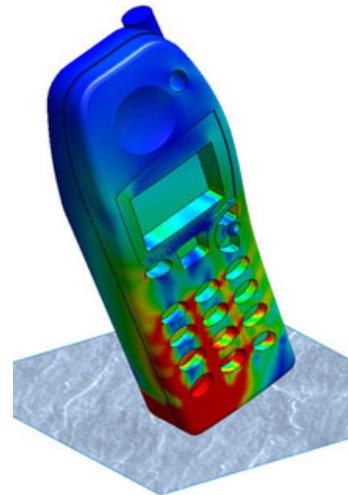
## Mise situation

---

Dans la plupart des cas on utilise les caractéristiques élastiques des matériaux pour éviter de blesser les personnes et les matériels.

Dans la situation de la voiture on se sert des propriétés **plastiques** de la carrosserie (la déformation est irréversible) pour dissiper l'énergie cinétique accumulée dans la voiture, ainsi le choc est moins violent.

Dans le cas du téléphone on se sert des propriétés **élastiques** de la matière pour éviter de briser l'enveloppe du téléphone.



## Objectif de la résistance des matériaux

---

La résistance des matériaux a trois objectifs principaux :

- la connaissance des caractéristiques mécaniques des matériaux. (comportement sous l'effet d'une action mécanique) ;
- l'étude de la résistance des pièces mécaniques.(résistance ou rupture) ;
- l'étude de la déformation ou un déplacement des pièces mécaniques.

Ces études permettent de choisir le matériau et les dimensions d'une pièce mécanique en fonction des conditions de déformation et de résistance requises.

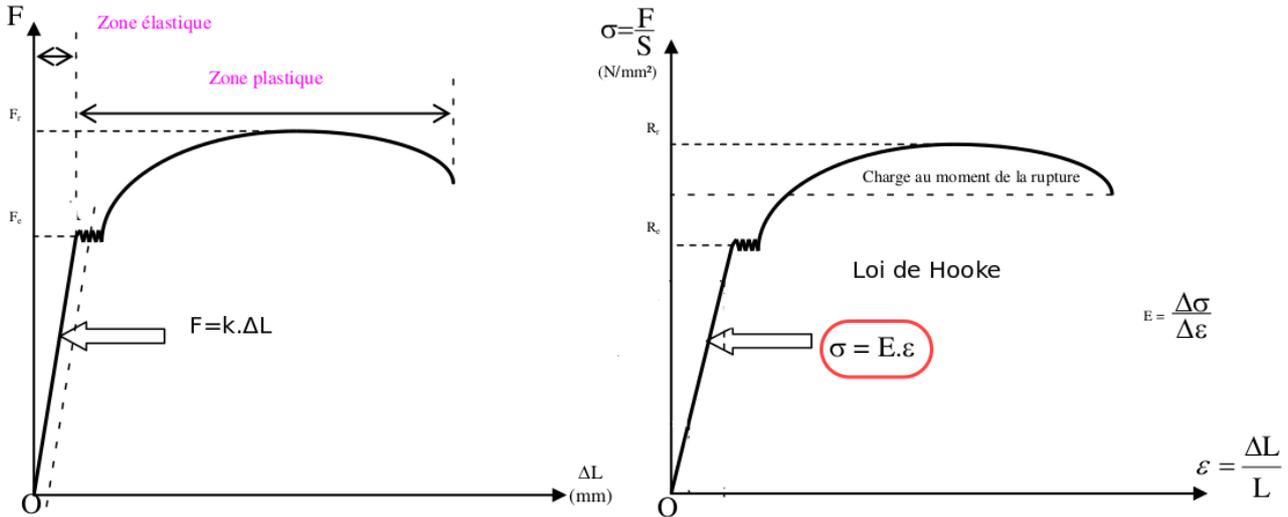
# Comportement des matériaux

Les matériaux comportent une zone **élastique** et une zone **plastique**.

Sous l'action d'une sollicitation (ici la force F), le matériau se déforme voire le cas échéant se brise.

Zone élastique ⇒ le matériau reprend sa forme après disparition de la sollicitation

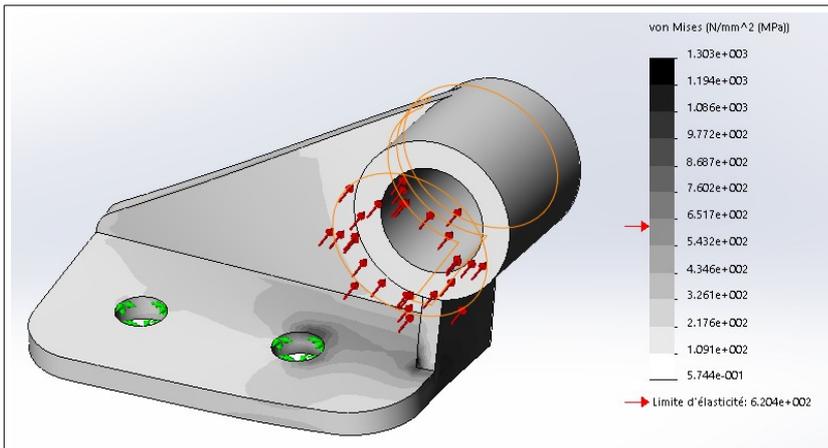
Zone plastique ⇒ le matériau ne reprend pas sa forme après disparition de la sollicitation.



Le **module de Young E** permet de connaître les contraintes  $\sigma$  dans un matériau pour un déplacement donné  $\epsilon$ .

Pour dimensionner les matériaux, on se fixe l'un et/ou l'autre des critères suivants :

$Rpe \leq \frac{Re}{s}$	<p>Rpe : contrainte pratique [MPa = N/mm<sup>2</sup>]                  Re : résistance élastique du matériaux [MPa = N/mm<sup>2</sup>]                  s : coefficient de <b>s</b>écurité &gt;1                  s = 1,5 à 3 pour des structures courantes.                  s = 8 à 10 pour des structures présentant un danger pour l'homme et son environnement</p>
<p>déformation<sub>max</sub> ≤ déformation<sub>admissible</sub>                  ou                  déplacement<sub>max</sub> ≤ déplacement<sub>admissible</sub></p>	<p>La déformation est aussi appelée «la Déformée».</p> $\epsilon_{max} \leq \epsilon_{admissible}$

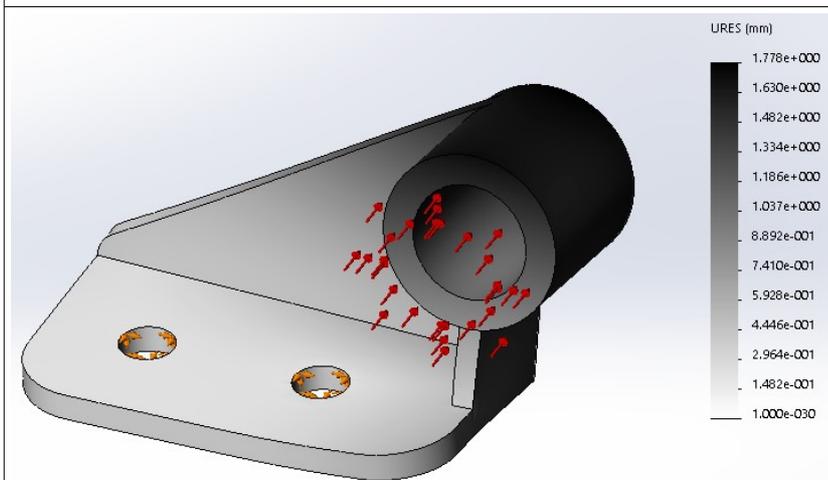


Cliquer sur l'image pour voir l'animation

Simulation de **contraintes** sur une pièce :

La coloration de la pièce de la pièce ci-contre associée à l'échelle de **contraintes** permet de connaître la répartition des contraintes dans la pièce.

La contrainte maximale (1303 MPa) est au-delà de la limite élastique ( $R_e = 6204 \text{ MPa}$ ). La Pièce se déformera de manière irréversible et finira pas casser.

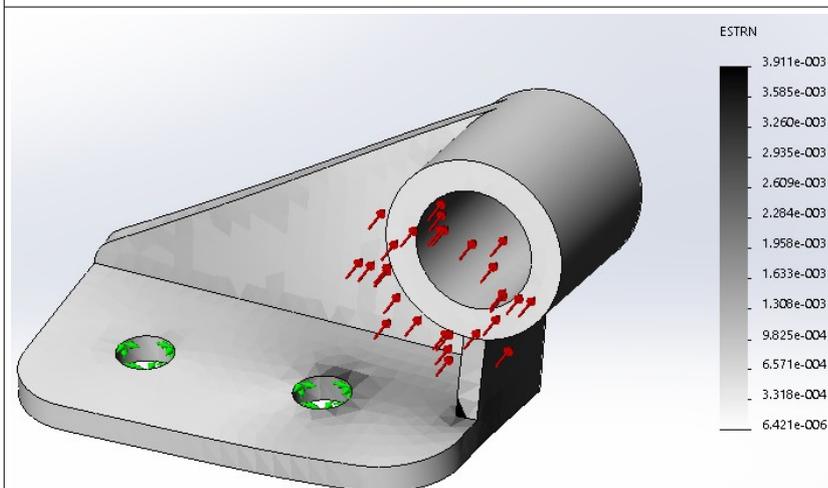


Cliquer sur l'image pour voir l'animation

Simulation de **Déplacements** sur une pièce :

La coloration de la pièce de la pièce ci-contre associée à l'échelle de **déplacements** permet de connaître les déplacements de la pièce.

Le déplacement maximal est de 1,778 mm.



Cliquer sur l'image pour voir l'animation

Simulation de **Déformation** sur une pièce :

La coloration de la pièce de la pièce ci-contre associée à l'échelle de **déformation** permet de connaître les déformations de la pièce.

La déformation maximale est de  $\epsilon = 3,911 \cdot 10^{-3}$

## Hypothèse de la RDM dans le cas des calculs analytiques (c-à-d pas le cas des éléments finis)

Pour réaliser une étude de RDM de manière analytique il faut respecter les conditions suivantes :

### Le matériaux doit être :

- **homogène** : Structure continue et identique dans toutes les directions;
- **isotrope** : Même propriétés mécaniques et thermiques dans toutes les directions. (nb : penser à la nappe quadrillée).

Remarque : les matériaux granuleux ou fibreux (béton, pierre, bois, composites,...) ne sont ni homogènes ni isotropes !

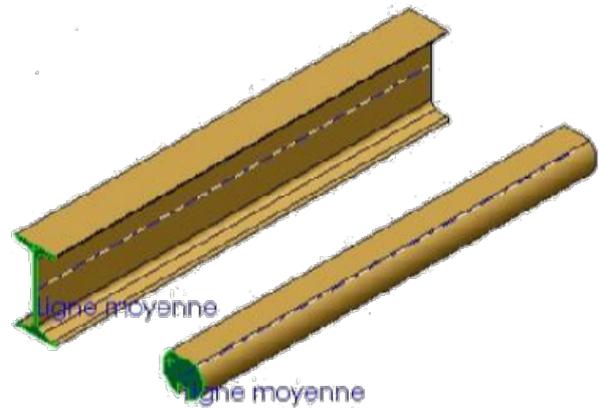
### Disposition de la matière, définition d'une poutre :

La RDM étudie des pièces dont les formes sont relativement simples. Ces pièces sont désignées sous le terme de « **poutres** ».

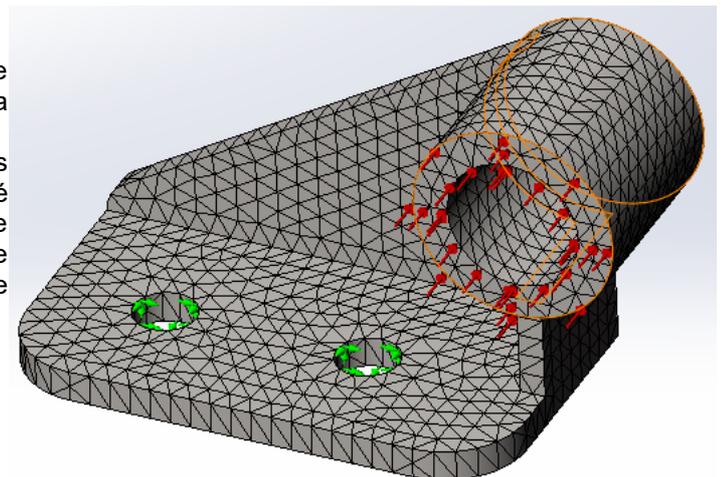
Poutre : on appelle poutre un solide engendré par une surface plane (S) dont le centre de surface G décrit une courbe plane (C) appelée ligne moyenne.

### Les caractéristiques de la poutre sont :

- Ligne moyenne droite ou à grand rayon de courbure. ;
- Section droite (S) constante ou variant progressivement ;
- Grande longueur par rapport aux dimensions transversales ;
- Existence d'un plan de symétrie.



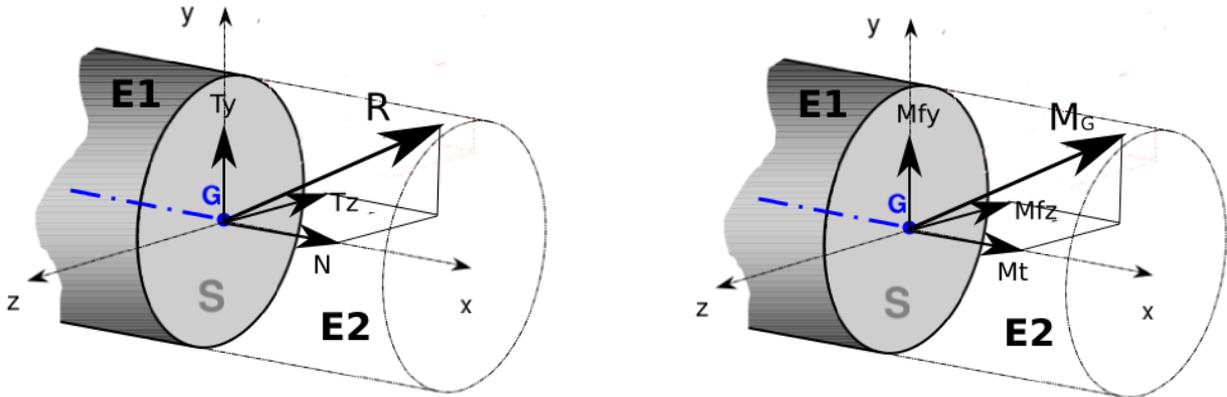
Dans le cas de solides ne pouvant s'apparenter à une poutre et/ou non homogène et/ou non isotrope, on a recours à des modeleur volumiques (tel que SolidWorks). Ces modeleur volumiques procèdent par calculs sur des éléments finis. Un maillage volumique tel que représenté ci-contre est réalisé sur la pièce pour laquelle on souhaite réaliser une étude RDM. On peut considérer dès lors que le maillage est assez fin, que le matériaux est homogène et isotrope au sein de la maille de calcul.



## Efforts de cohésion

Soit une poutre (E) en équilibre sous l'action de plusieurs actions extérieures. Pour étudier ce solide déformable, il faut modéliser ce qui se passe au sein de la matière. Pour se faire, on réalise une coupure fictive de la poutre qui la sépare en 2 tronçons E1 et E2.

Les efforts de cohésion traduisent les actions de contact de (E2) sur (E1). Ces efforts de cohésion permettent à la poutre de ne pas se "disloquer" sous l'effet d'actions extérieures.



### Résultante :

$$\vec{R} \begin{vmatrix} N \\ Ty \\ Tz \end{vmatrix}$$

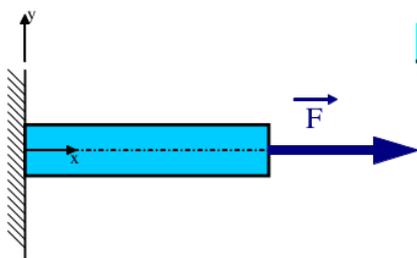
- N : effort normal
- Ty et Tz : efforts tranchants

### Moment :

$$\vec{M}_G \begin{vmatrix} Mt \\ Mfy \\ Mfz \end{vmatrix}$$

- $M_T$  : moment de torsion
- $M_{fy}$  et  $M_{fz}$  : moments de flexion

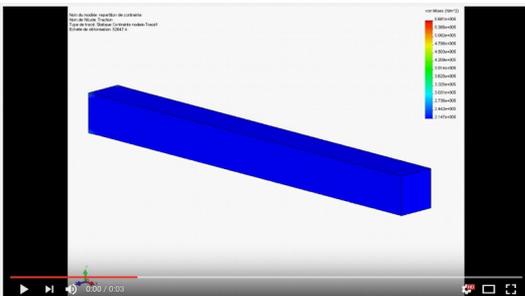
## Sollicitations simples



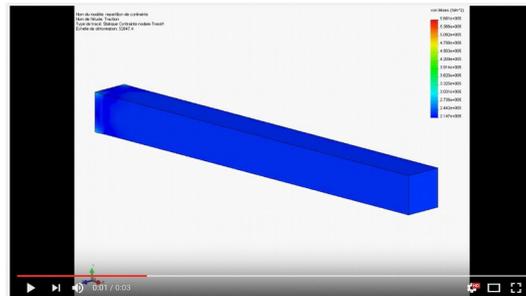
### LA TRACTION – COMPRESSION :

$$\begin{vmatrix} \vec{N} \neq \vec{0} \\ \vec{T} = \vec{0} \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} \vec{M}_t = \vec{0} \\ \vec{M}_f = \vec{0} \end{vmatrix}$$

Si  $N > 0$  : Traction  
Si  $N < 0$  : Compression

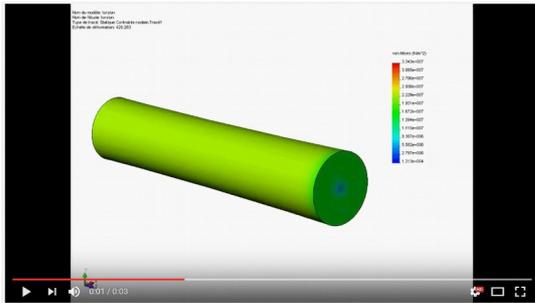
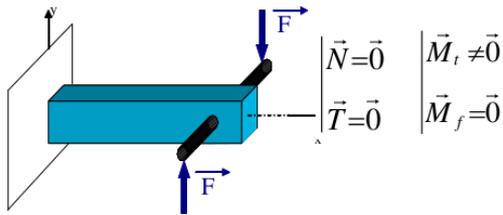


Traction



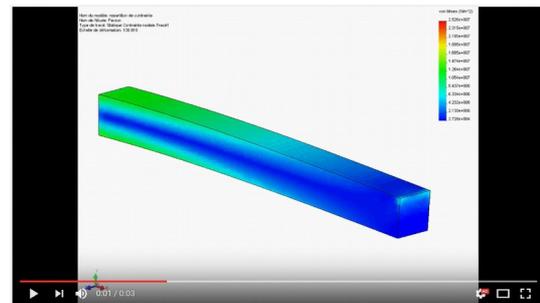
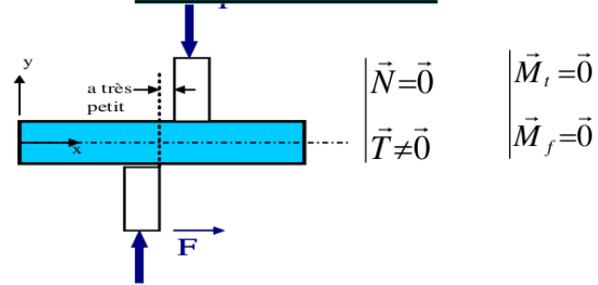
Compression

## LA TORSION :



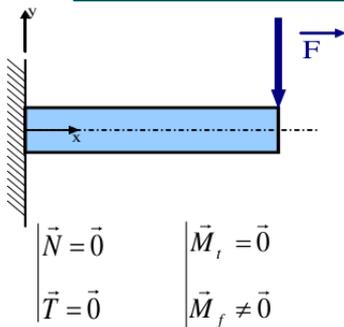
Torsion

## LE CISAILLEMENT :



Flexion

## LA FLEXION SIMPLE :



### En résumé :

Composantes		Sollicitation
N	$> 0$	Traction
	$< 0$	Compression
Ty		Cisaillement
Tz		
Mt		Torsion
Mfy		Flexion
Mfz		

*Remarque :* Nous avons des sollicitations composées chaque fois qu'il y a, pour une même poutre, addition de sollicitations simples.

## Notion de contraintes

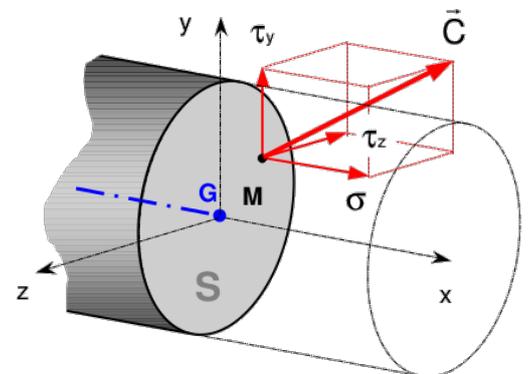
Lorsqu'une pièce est sollicitée, chaque point du matériau la constituant subit un certain effort.

Le matériau est soumis aux contraintes  $\sigma$ ,  $\tau_y$  et  $\tau_z$  selon les sollicitations exercées sur celui-ci.

La contrainte représente la densité locale d'énergie dans la matière, ce qui signifie que si la densité devient trop importante, il y aura rupture des efforts de cohésion d'où destruction de la matière.

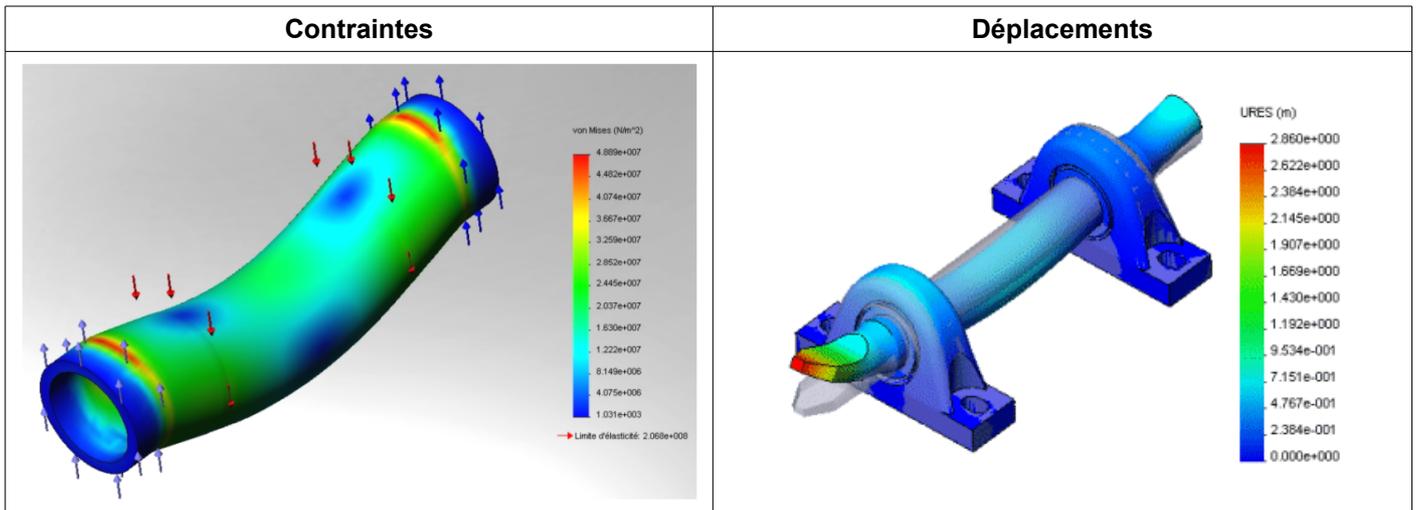
La contrainte est analogue à une pression...

$$F = p \cdot S \Rightarrow p = \frac{F}{S} \text{ et s'exprime donc en } Pa = \frac{N}{m^2} \text{ ou } MPa = \frac{N}{mm^2}$$



## Utilisation des modeleurs volumiques

Les modeleurs volumiques tel que SolidWorks nous permettent par la simulation de connaître les contraintes au sein des matériaux ainsi que les déplacements (déformations).



## Style par défaut

style par défaut

Titre2

---

Titre3

pied de page