



*Diplôme Universitaire de  
Technologie en Génie Civil*

المدرسة العليا للتكنولوجيا - الميادين  
+212 58 56 60 33  
ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TECHNOLOGIE - LAÛYOUNE



## **Diplôme Universitaire de Technologie DUT**

**Filière : Génie Civil (GC)**

**Semestre : I**

**Cours de :**

### **Résistance des Matériaux ( RDM I )**

**Année Universitaire : 2019-2020**

## I- Notions de la statique

### **- Définition**

On appelle force toute cause capable soit de déformer un corps, soit de modifier ou produire un mouvement.

### I- 1. Caractéristiques d'une force :

Une force est caractérisée par 4 éléments :

- son point d'application : c'est le point du solide sur lequel agit la force.
- sa droite d'action : c'est la droite sur laquelle la force se déplace, appelée aussi direction ou support.
- son intensité : c'est la valeur de la force, exprimée en N, daN, Kgf.
- son sens : c'est la flèche qui indique le sens du déplacement de la force sur la droite d'action.

### **I-2. Unité d'une force :**

Le Newton ; Le déca Newton (daN) ; Le kilogramme force (kgf)

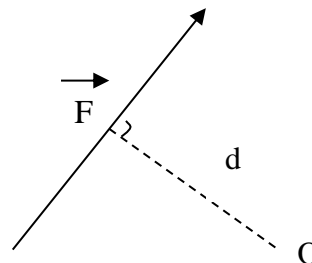
Le tonne force (tf) :  $1 \text{ daN} = 10 \text{ N} = 1 \text{ kg.f} = 10^{-3} \text{ t.f}$

## II- Moment d'une force par rapport à un point :

### II -1. Définition :

Le moment d'une force  $\vec{F}$  par rapport à un point est égal au produit de son intensité  $F$  par la distance  $d$  du point  $O$  à sa droite d'action.

$$\vec{M} \vec{F}/O = F \times d$$



La distance  $d$  est perpendiculaire à la droite d'action de  $\vec{F}$ ,  $d$  s'appelle le bras de levier

## II -2. Unité :

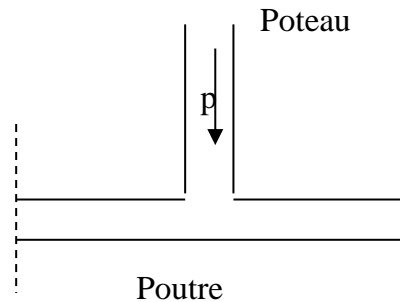
Un moment est le produit d'une force par une distance, son unité donc est :

DaN.m ; kgf.m ; tf.m ; N.m



**a- Charges concentrées : (c.c)**

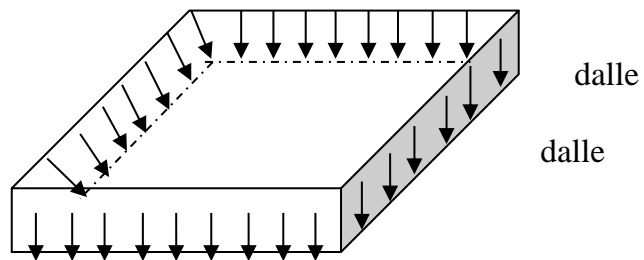
On dit qu'une charge est concentrée lorsqu'elle agit sur une petite surface :  
Poteau reposant sur une poutre



**b- Charges réparties :**

### **b.1 Charges uniformément réparties sur une surface :**

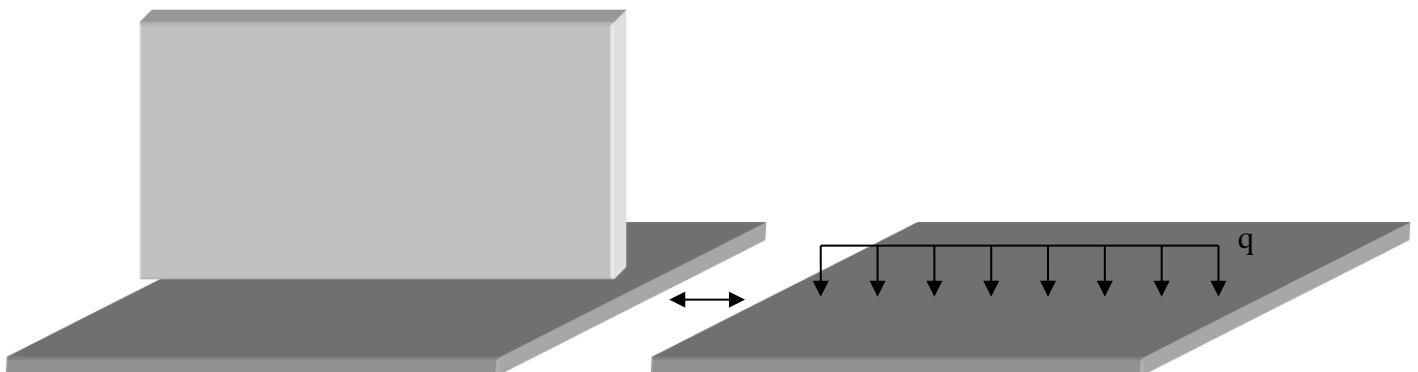
On dit qu'une charge est uniformément répartie sur une surface lorsque toutes les parties de cette surface subissent la même force, cette charge  $q$  s'exprime en N par unité de surface ( $N/m^2$ )



### **b. 2 Charges uniformément réparties sur une longueur (C.U.R)**

C'est une charge qui agit par unité de longueur, elle peut être considérée comme une multitude de charges concentrées placées côte à côte, elle s'exprime en N par unité de longueur.

Exemple : Cloison sur plancher.

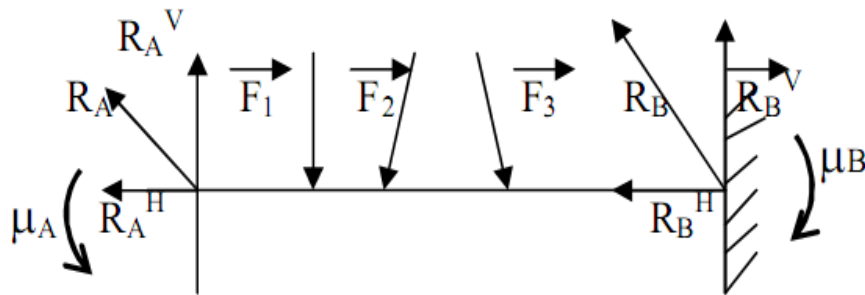
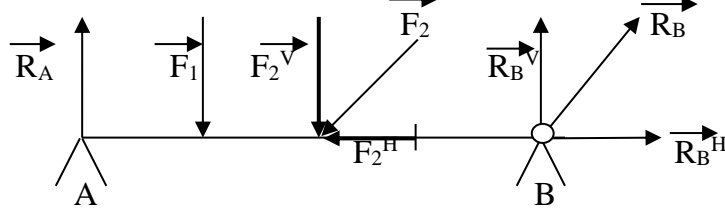




Page 5 / 31







$$\sum_{i=1}^n F_i / o_x = 0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n F_i / o_y = 0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n \vec{M} F_i / o = 0$$



## Le Degré Hyperstatique

Un solide, ou un ensemble de solides, qui possède des appuis ou des liaisons surabondantes par rapport à ce qui est strictement nécessaire au maintien de l'équilibre, est dit statiquement indéterminable ou hyperstatique.

Pour ce cas, les actions exercées ne peuvent pas être déterminées à partir des seules équations de la statique.

### Rappel :

→ Le PFS nous permet d'obtenir 3 équations :

$$\sum F_{ext} = 0$$

En projection sur x et y → 2 équations

$$\sum M(F_{ext}) = 0 \rightarrow 1 \text{ équation}$$

3 équations

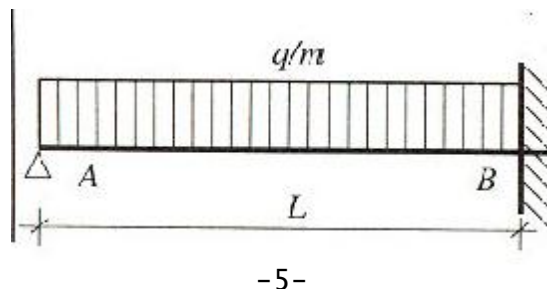
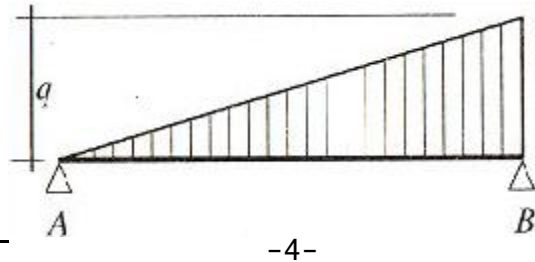
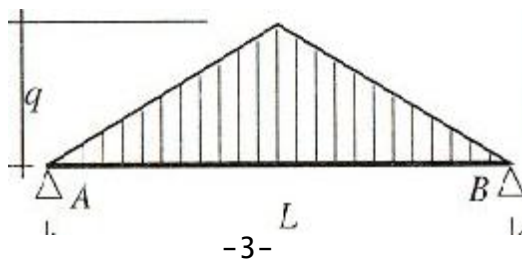
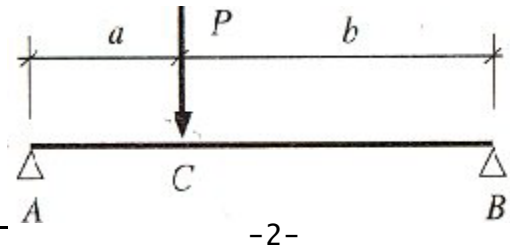
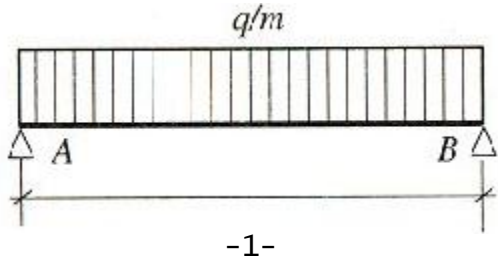
notation :  $N_e$  : nombre d'équations fournies par le PFS

$N_i$  : Nombre d'inconnues

Degré Hyperstatique  $D_H$  :  $D_H = N_i - N_e$

## Application :

Calculer les réactions aux appuis de chacune des poutres ci-dessous :



## B-Définir les caractéristiques géométriques d'une section

### I. Centre de gravité :

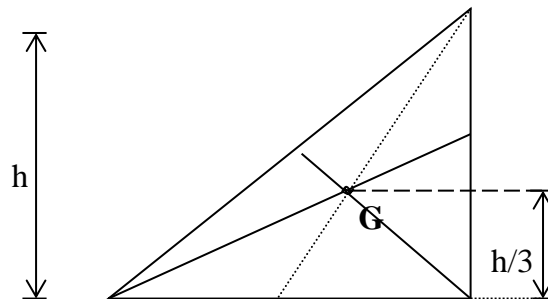
#### I.1 Définition :

Le centre de gravité d'un corps est le point d'application de la résultante des actions de la pesanteur, sur toutes les parties de ce corps.

Lorsqu'une figure a un axe de symétrie, diamètre ou centre, le centre de gravité se situe sur cet élément.

Rappel pour le triangle :

Le centre de gravité d'un triangle se trouve à l'intersection des médianes.



#### I.2 centre de gravité des surfaces élémentaires :

La position du centre de gravité des surfaces élémentaires (telle que : triangle, rectangle, carré, cercle trapèze ...) est connue en général.

Centre de gravité des surfaces composées : les pièces de construction ne sont pas toutes de formes géométriques simples, il est toutefois possible par décomposition des surfaces complexes en surfaces simples d'en chercher le centre de gravité.

#### I.3 Recherche du centre de gravité d'une surface composée :

a- décomposer la surface donnée en surfaces simples dont les centres de gravité sont connus.

b- Établir la somme des moments de chaque surface simple par rapport à un axe de rotation.

c- Chercher la distance du c d g en divisant la somme des moments par l'aire totale de la pièce.

d- Réaliser les mêmes calculs **b et c** par rapport à un autre axe perpendiculaire au premier.

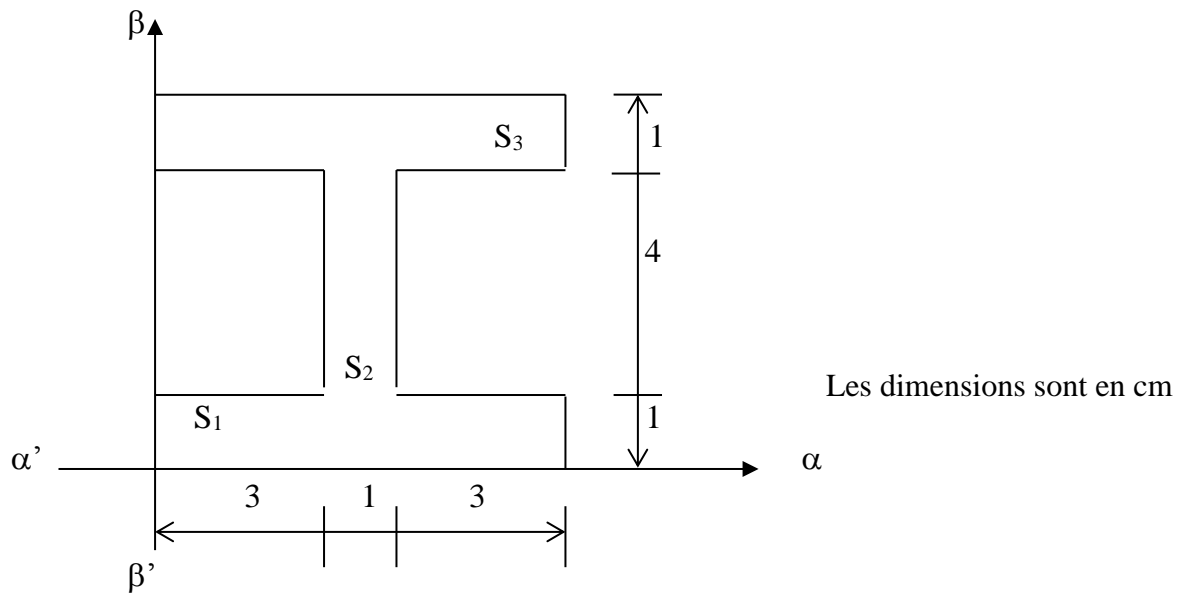
On aura alors :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^n Msi / B' B}{\sum_{i=1}^n Si}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^n Msi / \alpha' \alpha}{\sum_{i=1}^n Si}$$

Exemple d'application :

Déterminer la position du centre de gravité de l'élément suivant :



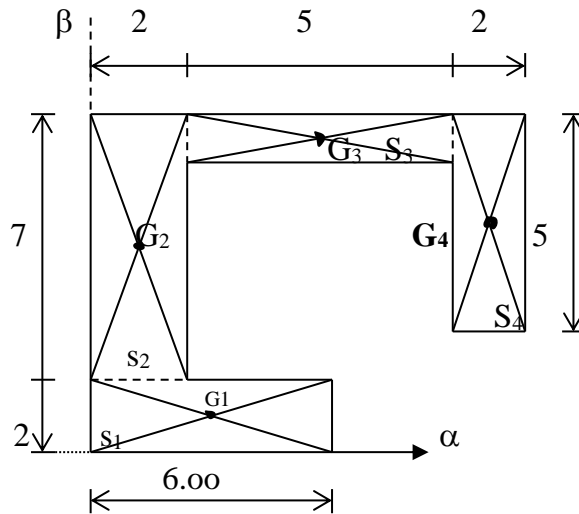
Surfaces $S_i$ (en $\text{cm}^2$ )	Abscisses des cdg	Ordonnées des cdg
$\sum S_i =$		

$$\alpha_G =$$

$$\beta_G =$$

### Exercice :

Déterminer la position du centre de gravité de l'élément suivant :



Surfaces Si (en cm <sup>2</sup> )	Abscisses des Si / cdg en cm	Moments des Si / $\beta\beta'$	Ordonnés des Si/cdg en cm	Moments des Si / $\alpha\alpha'$
S1 = S2 = S3 = S4 =				
$\sum S_i =$		$\sum Ms_i / \beta\beta' =$		$\sum Ms_i / \alpha\alpha' =$

$$\alpha_G = \frac{\sum M_{si} / \beta \beta'}{\sum si} = -$$

$$\alpha_G =$$

$$\beta_G = \frac{\sum M_{si} / \alpha \alpha'}{\sum Si} = -$$

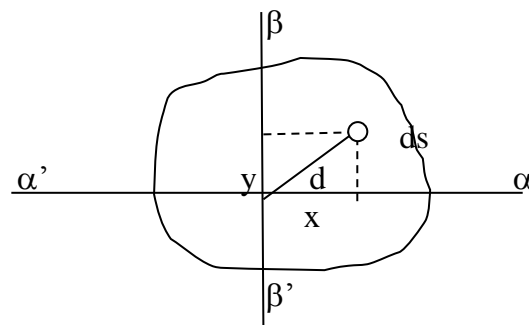
$$\beta_G =$$

## Page 13 / 31

$$\mathbf{I}_{\alpha',\alpha} = \mathbf{I}_{\mathbf{x}',\mathbf{x}} + \mathbf{S}\mathbf{d}^2$$

$$I_0 = d^2_1 \cdot ds_1 + d^2_2 \times ds_2 + \dots + d^2_n \times ds_n.$$

$$I_0 = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} d^2 x \, ds$$



On sait que 
$$I_0 = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} d^2 \times ds$$

On aura alors

$$I_o = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} (x^2 + y^2) \, ds$$

$$= \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} x^2 \, ds + \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} y^2 \, ds$$

$$\text{or} \quad \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} x^2 \, ds = I_{\beta'\beta} \quad \text{et} \quad \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} y^2 \, ds = I_{\alpha'\alpha}$$

d'où

$$I_0 = I_{\alpha\alpha'} + I_{\beta\beta'}$$

Remarque :

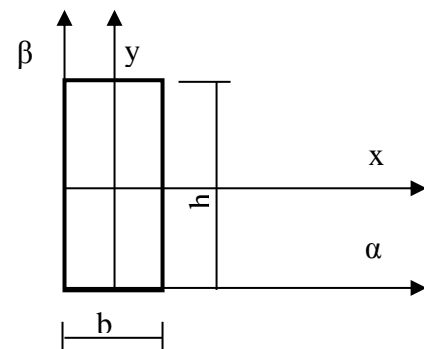
Généralement le pôle O est le centre de gravité de la surface et les axes sont les axes neutres.

## II.4 Moment d'inertie d'une section composée :

### **Exemple d'application :**

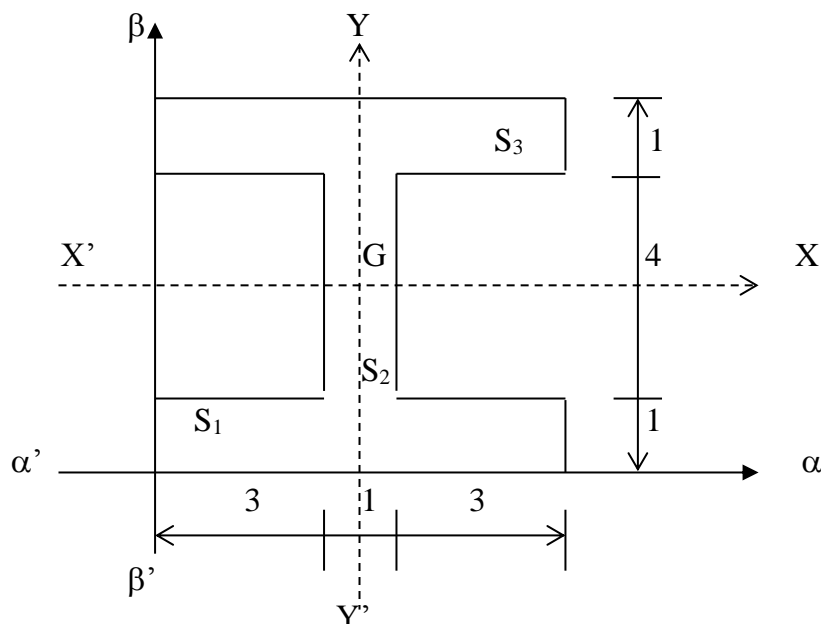
## Déterminer le moment quadratique d'un rectangle

- 1/ par rapport à  $(\alpha\alpha')$
- 2/ par rapport à  $(\beta\beta')$



### Exercice :

Calculer les moments d'inertie ci-après  $I_{\alpha\alpha'}$ ,  $I_{\beta\beta'}$ ,  $I_{xx'}$ ,  $I_{yy'}$  et en déduire le moment polaire  $I_G$  de la section suivante:



Les dimensions sont en cm

### **III- Rayon de giration :**

### III- 1. Définition :

Le rayon de giration d'une section est égal à la racine carrée du quotient du moment quadratique de cette section par rapport à un axe neutre par la surface totale de la section.  
Soit :

$$r_{x'x} = \sqrt{\frac{I_{x'x}}{S}} \quad ; \quad r_{y'y} = \sqrt{\frac{I_{y'y}}{S}}$$

### **III-2. Unité :**

Le rayon de giration d'une section s'exprime en cm ou m.

### III- 3. Rayon de giration des sections simples :

## 1- Rectangle

$$\mathbf{r}_{x'x} = \sqrt{\frac{\mathbf{I}_{x'x}}{\mathbf{S}}}$$

$$I_{x'x} = \frac{bh^3}{12} \quad S = b \times h$$

$$r_{x'x} = \sqrt{\frac{bh^3/12}{b \times h}} = \sqrt{\frac{bh^3}{12bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}}$$

$$r_{x'x} = \frac{h}{2\sqrt{3}} = \frac{b\sqrt{3}}{6}$$

$$r_{y'y} = \frac{b}{2\sqrt{3}} = \frac{b\sqrt{3}}{6}$$

## 2- Cercle

$$r_{x'x} = r_{y'y} = \sqrt{\frac{\pi R^4/4}{\pi R^2}} = \sqrt{\frac{R^2}{4}} = \frac{R}{2} = \frac{D}{4}$$



Page 17 / 31

## Page 18 / 31

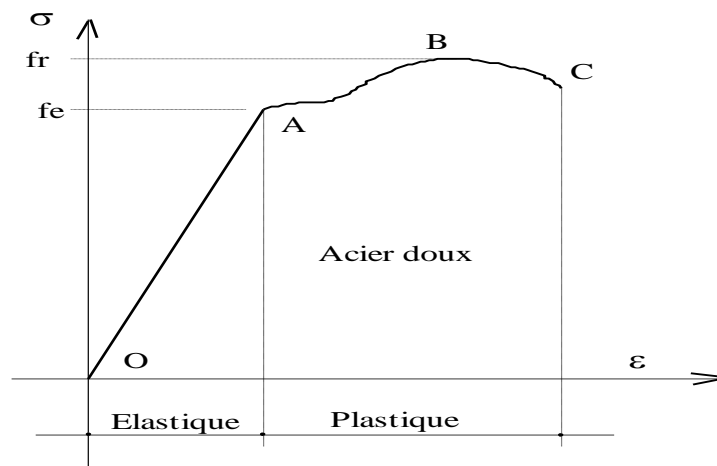
## II. 1- TRACTION

## Essai de traction

Il est réalisé sur une éprouvette d'acier doux, en exerçant un effort de traction  $F$  variable qui correspond à un allongement de l'éprouvette.

On peut tracer la courbe représentant les variations de l'allongement  $\Delta L$  en fonction de F la courbe ainsi obtenue est appelée :

« Diagramme des déformations » (effort - allongement)

ou (contrainte ( $\sigma$ ) – allongement unitaire  $\Delta L/L$ )

### **a/ Définition élastique**

C'est une droite OA, si on supprime l'effort l'éprouvette reprend sa longueur initiale.

\* **Limite d'élasticité :**

$$\sigma_e = F_e / S \quad \text{en MPa}$$

\* **Allongement unitaire :**

$$\varepsilon = \Delta L/L = \frac{\text{Allongement}}{\text{Longueur initiale}}$$

\* **Module de Young ou Module d'élasticité longitudinale.**

$$E = \sigma / \epsilon$$

**$\sigma$  : Contrainte**  $\sigma = F/S$  ( daN / cm<sup>2</sup> )

$\varepsilon$  : Sans unité

E : Module de Young en daN / cm<sup>2</sup> (ou module d'élasticité)

E est une caractéristique de la rigidité du matériau ,il représente sa capacité à s'opposer à la déformation.Quelques valeurs de E pour certains matériaux:

<i>Matériau</i>	<i>E (N/mm<sup>2</sup>)</i>
<b>Caoutchouc</b>	8
<b>Plastique</b>	1 400
<b>Bois</b>	14 000
<b>Verre ordinaire</b>	70 000
<b>Acier</b>	200 000
<b>Béton</b>	20 000
<b>Diamant</b>	12 000 000

\* **Relation entre le rétrécissement relatif du diamètre et l'allongement relatif :**

$$\Delta d/d = 0,3 \Delta L/L$$

0,3 :coefficient de poisson (pour l'acier = 0,3)

### **b/ Le palier de plasticité AB**

L'éprouvette a perdu son élasticité et commence à s'allonger même avec un effort de traction constant.

### **c/ Déformation permanente BC**

Si on fait croître l'effort de traction au delà de  $F_e$ , la déformation augmente rapidement.

Si on décroît l'effort de traction de  $F_e$  à 0, l'éprouvette ne reprend jamais sa longueur initiale, elle conserve certain allongement permanent.

Pendant cette phase la diminution de la section de l'éprouvette devient visible et se localise quand l'effort atteint la valeur  $F_r$  :

C'est le phénomène de **striction**, un effort inférieur à  $F_r$  peut casser l'éprouvette au droit de la striction.

**d/ Calcul d'allongement ou de raccourcissement:**

Données :

N : Effort de traction ou de compression, en N.

S : Aire de la section sollicitée, en m<sup>2</sup>.

Lo: Longueur initiale de l'élément.

E : Module d'élasticité longitudinal

$$\left. \begin{array}{l} \sigma = \varepsilon.E \\ \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \\ \sigma = \frac{N}{S} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} 1/ \sigma = \frac{N}{S} \\ 2/ \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \\ 3/ \Delta L = \varepsilon.L_0 \end{array} \Rightarrow \Delta L = \frac{N.L_0}{E.S}$$

### e/ Inéquation d'équarrissage

Les contraintes  $\sigma$  sont des forces unitaires intérieures à l'ensemble de la poutre. Elles ne présentent aucun danger tant qu'elles n'atteignent pas la limite élastique:

$$\sigma \leq R_p \quad \text{càd} \quad F/S \leq R_p$$

Poids propre négligé	Poids propre non négligé
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrainte constante :</li> </ul> $\sigma = F/S$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- allongement : <math>\Delta L = \frac{F.L}{E.S}</math></li> <li>- Équation d'équarrissage :</li> </ul> $F/S \leq R_p$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrainte variable:</li> </ul> $\sigma_{\text{Max}} = \frac{F}{S} + \frac{P}{S}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- allongement : <math>\Delta L = \frac{FL}{E.S} + \frac{1}{2} \frac{PL}{E.S}</math></li> <li>- Équation d'équarrissage :</li> </ul> $\frac{F + P}{S} \leq R_p$

### Unités usuelles

Module de Young E: daN / mm<sup>2</sup> ou daN / cm<sup>2</sup>

Résistance pratique  $R_p = \frac{R_e}{s}$  daN / mm<sup>2</sup> ou daN / cm<sup>2</sup>

Limite d'élasticité  $\sigma_e$  : daN / mm<sup>2</sup> ou daN / cm<sup>2</sup>

Coefficient de sécurité s : Sans unité

Contrainte  $\sigma$ : daN / mm<sup>2</sup> ou daN / cm<sup>2</sup>

Force F: daN

Poids P: daN

Section S : mm<sup>2</sup> ou cm<sup>2</sup>

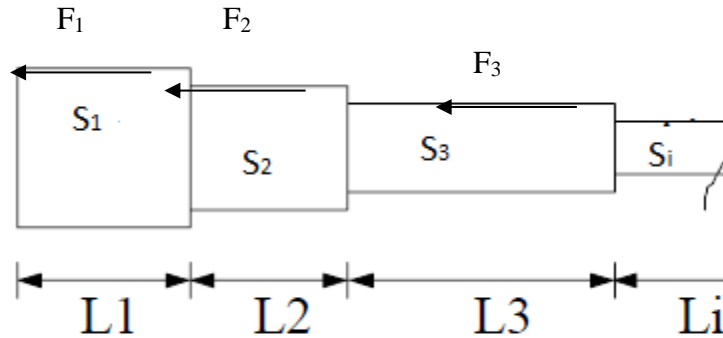
Longueur L : mm ou cm

Allongement  $\Delta L$  : mm ou cm

Remarque :

Pour une barre composée de plusieurs tançons, la déformation totale est :

$$\Delta L = \sum_{i=1}^n \frac{F_i L_i}{E_i S_i}$$



## II.2 COMPRESSION

L'essai de compression sur une éprouvette donne un diagramme analogue à celui de traction.

On retrouve une phase de déformation élastique, une phase de déformation permanente et la rupture.

Le palier de plasticité et la striction n'existent pas.

### Exercice 1 :

Une barre d'acier de 500 mm de longueur est sollicitée par un effort de traction  $F = 25\,000\text{ N}$

1°/ Calculer l'allongement de cette barre sachant que son volume est  $125\text{ cm}^3$ .

2°/ Trouver le rétrécissement du diamètre sachant que le coefficient de Poisson est 0,3 et donner le diamètre final.  $E = 21\,10^4\text{ N/mm}^2$

## Exercice 2 :

Un poteau en béton de section carrée, est sollicité par une force de compression  $\vec{F}$

la hauteur du poteau est 2,20 m

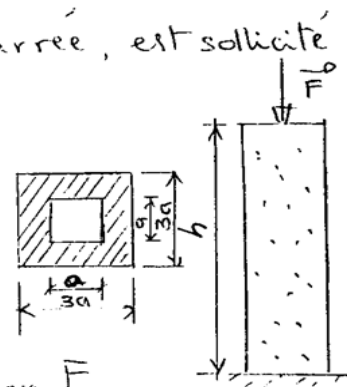
la résistance pratique :  $R_p = 700 \text{ N/cm}^2$

Son poids spécifique est  $2500 \text{ kgf/m}^3$

$E_{\text{béton}} = 2.10^4 \text{ N/mm}^2$  ;  $a = 10 \text{ cm}$

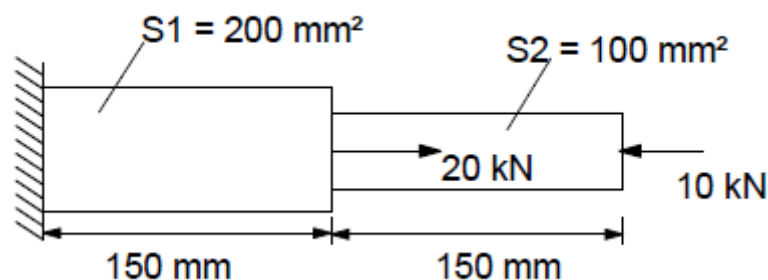
1/ Déterminer l'effort de compression  $F$

2/ Calculer le raccourcissement du poteau sous l'action de  $\vec{F}$



## Exercice 4 :

Déterminer la contrainte normale dans les deux sections de la barre ci-dessous et l'allongement total  $\Delta l$  sachant que  $E = 2.10^5 \text{ N/mm}^2$

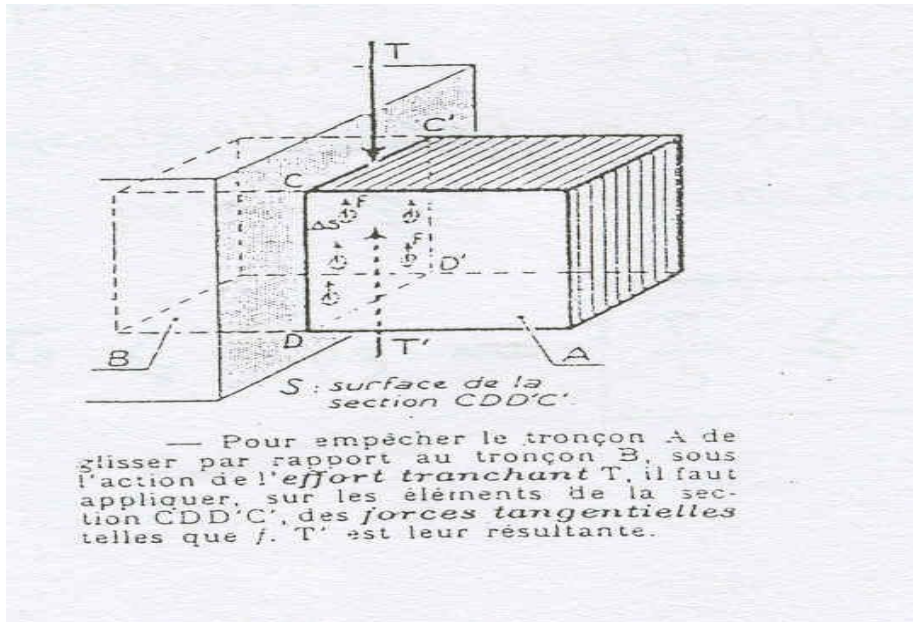


## II.3 CISAILLEMENT

### 1- Essai de cisaillement

Sur un prisme encastré à une extrémité, on applique le plus près possible de la section d'encastrement, un effort tranchant  $T$  perpendiculaire à son axe  $xx'$  uniformément réparti le long de  $cc'$

En faisant croître progressivement cet effort, on peut observer – comme pour l'extension et la compression – une période de glissements élastiques, puis une période de glissements non élastiques suivie de la rupture par cisaillement on définit ainsi une limite d'élasticité au glissement  $R_{eg}$  et une résistance à la rupture.



## 2/ Contrainte tangentielle de cisaillement

Chaque unité de surface de la section CDD'C' supporte le même effort, la valeur  $\tau$  (tau) de cet effort est égal au quotient de l'effort tranchant **T** par la surface **S** de la section considérée. Cet effort  $\tau$  s'appelle **contrainte tangentielle**, parce qu'il s'exerce tangentiellement au plan de la section cisailée :

$$\tau = \frac{T}{S} \quad \text{en N / mm}^2$$

## 3/ condition de résistance au cisaillement

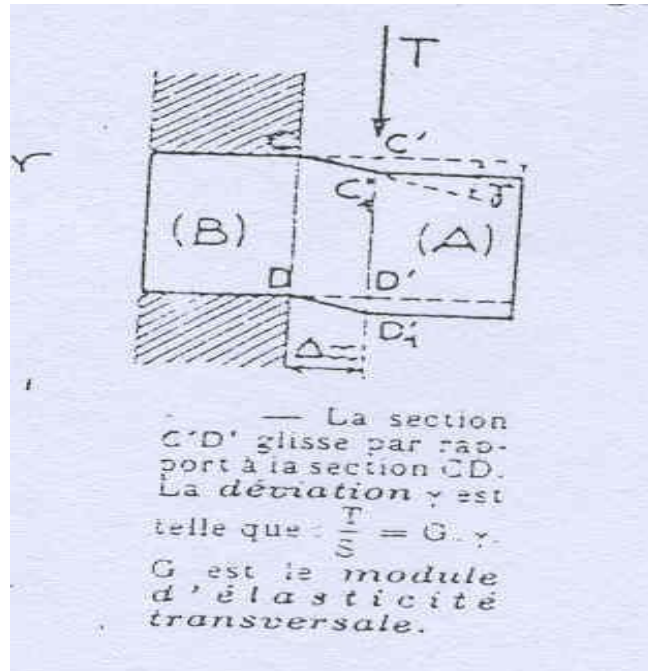
Pour qu'une pièce sollicitée au cisaillement résiste en toute sécurité, il faut que la contrainte tangentielle soit au plus égale à la résistance pratique au cisaillement  $R_{pg}$

$$\tau \leq R_{pg} \Rightarrow \frac{T}{S} \leq R_{pg}$$

## 4/ Formule de déformation élastique

Soient : CD la section située au droit de l'encastrement. C'D' la section infiniment voisine de CD, située à une distance  $\Delta x$  de celle-ci et dans le plan de laquelle s'exerce l'effort tranchant T.





Après déformation C'D' vient en C''D'' et la longueur C'C'' mesure le glissement transversal .

Nous appellerons déviation le Rapport  $\frac{c'c''}{\Delta x}$  ; l'angle  $\gamma$  peut servir à la caractériser.

La déformation étant élastique, par hypothèse, le glissement est très petit ; il en est de même de l'angle  $\gamma$  .

Par suite, si  $\gamma$  est exprimé en radians :

$$\frac{c'c''}{\Delta x} = \tan \gamma \cong \gamma$$

La déviation  $\gamma$  est directement proportionnelle à l'effort tranchant, inversement proportionnelle à la section S . En outre, elle dépend de la nature du matériau considéré ; d'où la relation :

$$\gamma = \frac{1}{G} \cdot \frac{T}{S}$$

Où G est module d'élasticité transversale pour les métaux

$$G = 0,4 E$$

#### Exemple :

Le module d'élasticité longitudinale d'un acier étant  $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$ , son module d'élasticité transversale est :

$$G = 80\,000 \text{ N/mm}^2$$

#### II.4- FLAMBEMENT

L'essai de flambage est un essai comparable à celui de compression. Il se fait sur des pièces longues.

La charge appliquée est lentement croissante, cependant on constate que pour une

certaine valeur de la charge appelée **charge critique**, la pièce fléchit brusquement :

$$Fcr = \frac{\pi^2 . E . I_{yy'}}{Lc^2}$$

Formule d'Euler

$I_{yy}$  : moment d'Inertie minimum de l'aire de la section

E : Module d'élasticité longitudinale

$L_c$  : longueur de flambage de la poutre

**Remarque** : La formule d'Euler n'est valable que si :

$$\frac{Lc}{\sqrt{\frac{I_{yy'}}{S}}} \gg 10$$

Cherchons la contrainte critique :

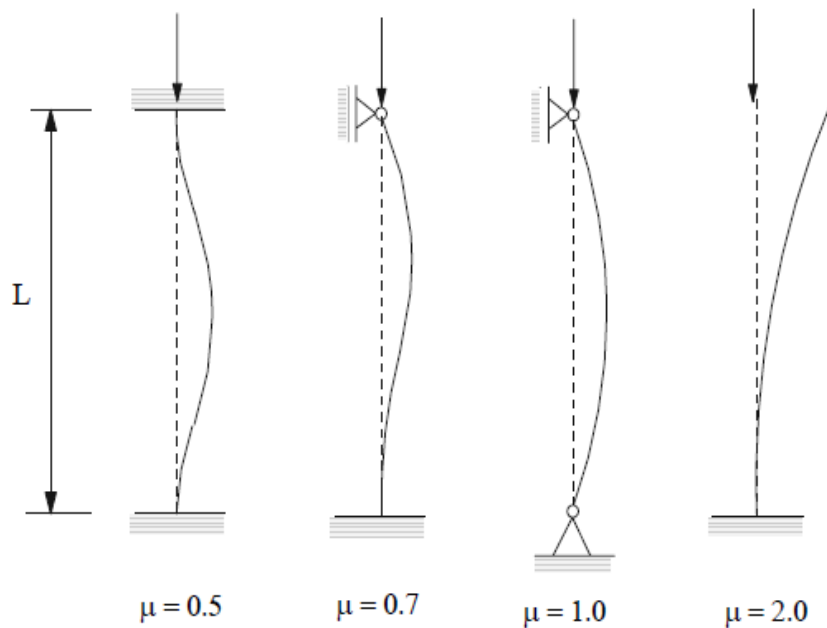
1°/ Déterminer le moment quadratique

Ex : pour une section rectangulaire  $I_{yy'} = \frac{ba^3}{12}$

### 2°/ Déterminer le rayon de giration

$$r = \sqrt{\frac{I_{yy'}}{S}}$$

3°/ Calculer ce qu'on appelle l'élancement de la pièce :  $\lambda = \frac{Lc}{r}$



4°/ La contrainte critique est :

$$\sigma_{cr} = \frac{F_{cr}}{S} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{yy'}}{L_c^2 \cdot S} \text{ ou } \frac{\pi^2 \cdot E \cdot r^2}{L_c^2} \text{ ou } \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

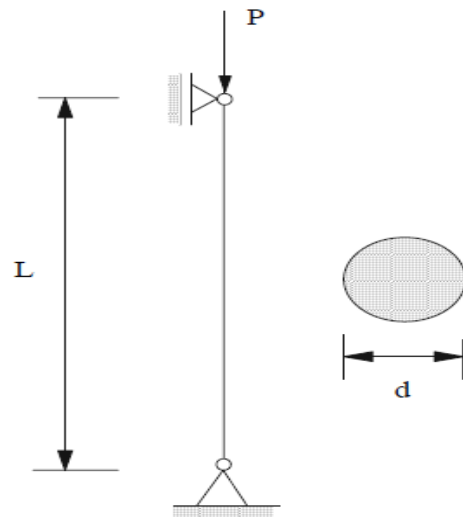
$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Pour que la pièce ne flambe pas, il faut que la contrainte de compression  $\sigma = \mathbf{F}/\mathbf{S}$  soit inférieure à la contrainte critique

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{F}{S} \langle \boldsymbol{\sigma}_{\text{cr}} \rangle$$

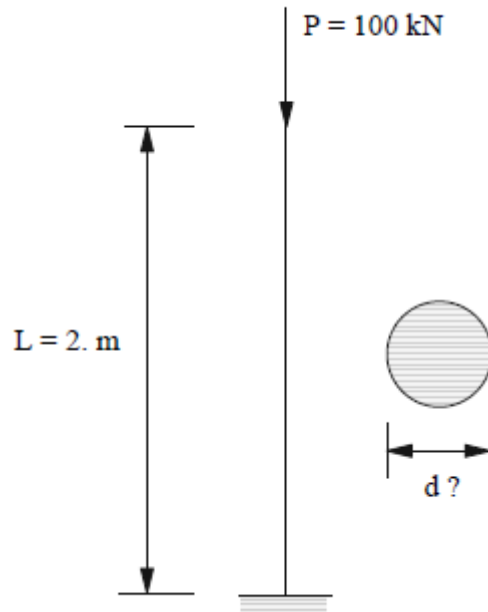
### Exercice d'application :

Déterminer la contrainte critique de la barre comprimée sachant que :

$$L=2\text{m} ; d=10\text{cm} ; \lambda_{\text{lim}}=70 \text{ et } E=10^4 \text{ N/mm}^2$$


### Exercice :

Dimensionner d'après le critère de stabilité, la barre comprimée ci-contre sachant que  $n_{st}=2$  et  $E=2.10^5 \text{ N/mm}^2$



## II.5- FLEXION

Une pièce soumise à la flexion a tendance à se rompre non seulement sous l'effet du moment fléchissant mais aussi à être cisailée sous l'effet de l'effort tranchant.

Le moment fléchissant et l'effort tranchant interviendront d'une façon importante dans le calcul des dimensions d'une poutre.

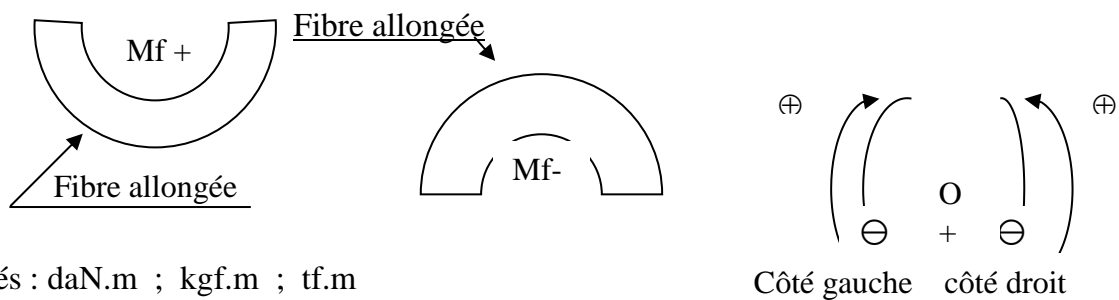
### 1°/ Moment fléchissant

### **a/ Définition**

Le moment fléchissant dans une section déterminée d'une pièce est la somme algébrique des moments par rapport au centre de gravité de cette section, de toutes les forces extérieures ( couples, réactions d'appuis, charges concentrées ) situées d'un même côté de celle-ci.

### **b/ Convention des signes**

On admet qu'un moment est positif lorsque la flexion provoque un allongement de la fibre inférieure de la poutre. Il est négatif lorsque l'allongement affecte la fibre supérieure.



\* Unités : daN.m ; kgf.m ; tf.m

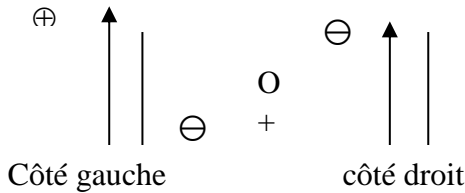
## 2°/ Effort tranchant

### **a/ Définition**

L'effort tranchant dans une section déterminée d'une pièce est la somme algébrique de toutes les forces extérieures situées d'un même côté de cette section.

### **b/ Convention des signes**

L'effort tranchant est positif quand le tronçon de gauche tend à monter par rapport au tronçon de droite. Il est négatif dans le cas contraire.



\* Unités : daN ; kgf ; tf

### 3°/ Calcul des contraintes

### **a/ Contrainte normale**

Lorsqu'une poutre fléchit :

- La partie **supérieure** de la poutre **se raccourcit par compression**.
- La partie **inférieure** de la poutre **s'allonge par traction**.

Entre ces deux zones, il existe une partie longitudinale qui n'a subi ni allongement, ni raccourcissement, elle passe par le centre de gravité : c'est **l'axe neutre** ou **fibre neutre**.

Sous l'effet du moment fléchissant  $M_f$ , les divers éléments de section droite de la pièce ne sont soumis qu'à des contraintes normales de traction ou de compression.

Les contraintes varient avec  $y$ , les plus grandes contraintes sont au niveau des fibres extrêmes qui correspondent à  $y_{\max}$ .

Pour que la pièce soit stable, il faut donc que **la plus grande contrainte** de traction soit inférieure au taux de travail limite à la traction  $R_p$  du matériau, et que la plus grande contrainte de compression soit inférieure au taux de travail limite à la compression  $R_p'$

$$\sigma_{\max} = \frac{Mf_{\max}}{I/v} \leq Rp$$

N.B :  $v$  étant la distance entre la contrainte et l'axe neutre.

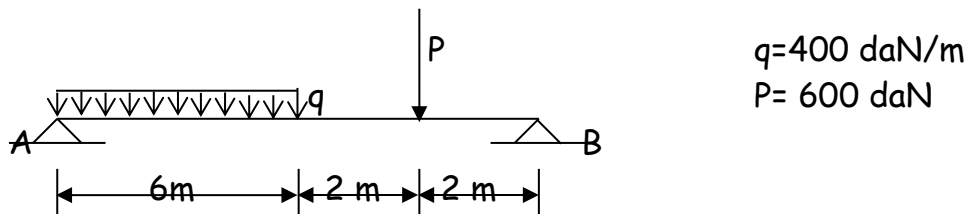
\* Diagramme des contraintes pour des sections ayant un axe de symétrie horizontale :





Déterminer la variation de la contrainte normale dans une poutre rectangulaire (50mm x 120mm), soumise à un moment fléchissant de 14.4 kN.m constant sur toute sa longueur.

Une poutre droite en équilibre repose sur deux appuis simples A et B et chargée comme il est indiqué sur la figure.



- Déterminer les réactions d'appuis  $R_A$  et  $R_B$ .