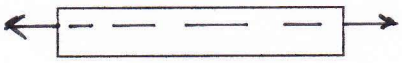
Cours N° II

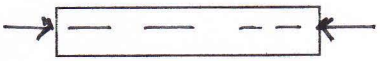
TRACTION – COMPRESSION

I - GENERALITES :

Un corps est sollicité à la traction compression lorsqu'il est soumis à l'action de deux forces égales, opposées coïncidant avec l'axe longitudinal de ce corps. Ces deux forces tendent à l'allonger ou à le raccourcir.



Traction



compression

II- EFFORT NORMAL ET CONTRAINTE NORMALE :

a) *Effort normal :*

L'effort normal de compression ou de traction est un effort intérieur. Il est déterminé par la méthode des sections. Sa valeur dans une section droite quelconque d'une barre est égale à la somme algébrique de tous les efforts longitudinaux extérieurs. Dans le cas de la traction l'effort est pris positif. Il est pris négatif dans le cas de la compression.

$$N_x = \sum P + \sum \int q_x \cdot dx.$$

q_x = efforts longitudinaux répartis.

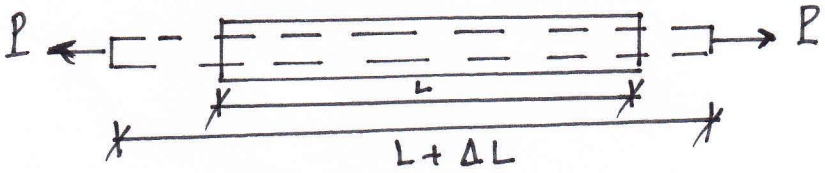
Remarque : L'intégral s'étend à la totalité de la longueur de chaque partie soumise à une charge repartie .

b) *Contrainte normale :*

La présence de l'effort normal au niveau des section donne naissance à des contraintes normales. On suppose que dans toutes les sections droites des barres en traction-compression les contraintes normales sont uniformément reparties. La valeur de la contrainte normale dans une section droite est égale à : $\sigma_x = \frac{N_x}{A}$.

N_x : effort normal
A : l'aire de la section.

- Loi de Hooke : Sous l'effet de la charge (P) de traction, la barre s'allonge.



ΔL : allongement absolu

$\frac{\Delta L}{L}$: allongement relatif.

Dans la plupart des matériaux, il existe une proportionnalité entre les contraintes appliquées et les déformations engendrées. Cette proportionnalité est traduite par la loi de Hooke.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon.$$

E : module de Young ou module d'élasticité longitudinal (Kg/cm^2)
Exemple : $E = (2 \div 2.1)10^6$ Kg/cm^2 pour l'acier.

Remarque : (σ) positif en traction et négatif en compression.

C) Condition de résistance :

Lors des calculs des barres qui travaillent à la traction ou à la compression, on doit écrire la condition de résistance **pour** la section dangereuse caractérisée par la valeur maximale de (N_{MAX}).

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A} \leq [\sigma]$$

$[\sigma]^+$: contraint admissible pour la traction
$[\sigma]^-$: contraint admissible pour la compression.

Cette formule permet de résoudre trois types de problèmes :

- Dimensionnement des sections transversales.
- Vérification de la résistance.
- Calcul de la charge admissible.

III- CALCUL DE LA DEFORMATION :

La traction engendre l'allongement. La compression engendre le raccourcissement.

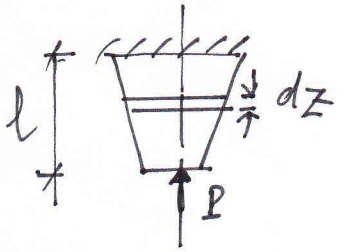
La déformation totale d'une barre de longueur (l) pour u n matériau homogène (E = cte) pour une force constante (N) est égale :

$$\varepsilon = \frac{N}{EA} \qquad \text{avec : } \sigma = E.\varepsilon = \frac{N}{A}$$

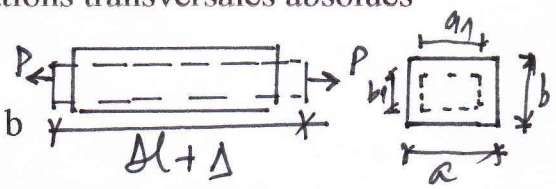
Cette formule exprime la loi de Hooke pour les allongements absolus.
Le produit (EA) est appelé rigidité de la section transversal de la barre en traction ou compression. $\Delta l = \frac{N.l}{EA}$

Pour le cas ou la force longitudinale et la section transversale de la barre varie le long de l'axe, l'allongement total de la barre est donné par la formule suivante :

$$\Delta l = \int_0^l \frac{N(z)}{EA_z} .dz$$



La traction et la compression s'accompagnent d'une modification des sections transversales de la barre. Les déformations transversales absolues de la barre sont (Δa) et (Δb) .



$\Delta a = a_1 - a$ $\qquad$ $\Delta b = b_1 - b$

Les déformations transversales relatives sont négatives en traction et positives en compression.

$$\acute{\varepsilon} = \Delta a / a = \Delta b / b$$

Le rapport de la déformation relative transversale et de la déformation longitudinale relative est appelé coefficient de poisson (μ).

$$\mu = | \acute{\varepsilon} / \varepsilon |$$

μ : pour tous les matériaux isotropes a une valeur comprise entre 0-0.5

Si on considère que (ε) et ($\acute{\varepsilon}$) sont toujours de signe opposé, on obtient :

$$\acute{\varepsilon} = - \mu \varepsilon. = - \mu \sigma / E$$

IV- CONDITION DE RIGIDITE :

Dans certains cas, le calcul se fait d'après la vérification des déformations. La vérification sa fait d'après la condition suivante :

$$\Delta l = \sum \int (N/EA)\,.dz \leq [\Delta l]$$

$[\Delta l]$: Valeur admissible de la déformation

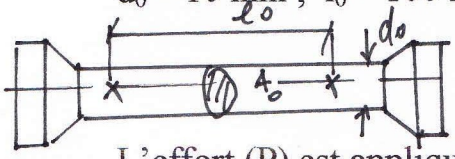
Le calcul à partir de la condition de rigidité doit toujours être complété par un calcul de résistance. S'il s'avère que la condition de résistance n'est pas satisfaite, on doit choisir les dimensions de la barre à partir de la condition de résistance.

V- ESSAIS DE TRACTION ET DE COMPRESSION :

a) *Essai de traction :*

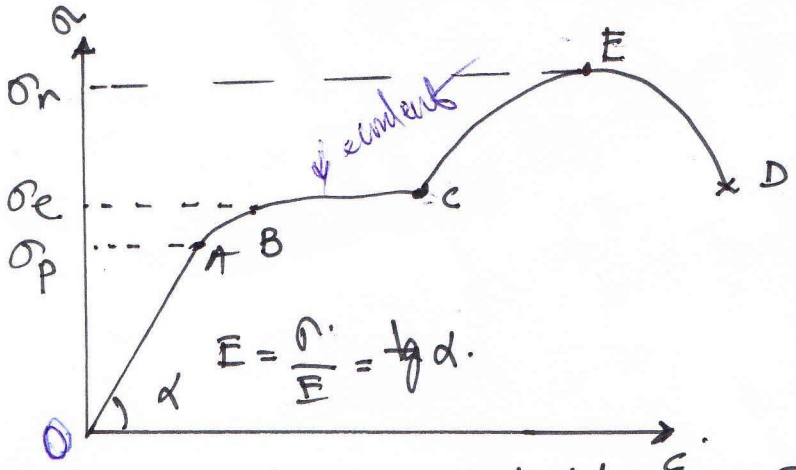
L'assai de traction a pour but d'étudier les propriétés fondamentales des matériaux pour déterminer les caractéristiques mécaniques. L'essai se fait sur des éprouvettes normalisées de forme cylindriques.

$d_0 = 10$ mm , $l_0 = 100$ mm, $l_0 = 5.65\sqrt{A_0}$ éprouvette courte
$l_0 = 11.3\sqrt{A_0}$ éprouvette longue



L'effort (P) est appliqué progressivement pendant l'essai. On mesure constamment la force de traction (P) ainsi que la déformation longitudinale et parfois la déformation transversale.

A partir des résultats, on trace $\sigma = f(\varepsilon)$

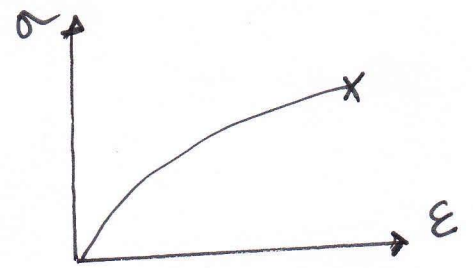


σ_p : limite de proportionnalité
σ_e : " d'élasticité
σ_r : " de rupture

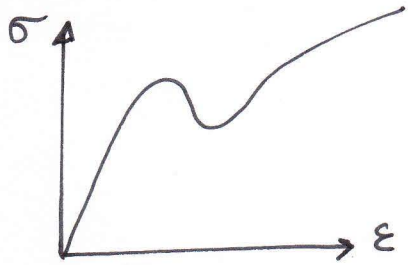
- OA : l'allongement est proportionnel aux efforts exercés ($\sigma = E.\varepsilon$)
- Après ~~de~~ (A) il n'est proportionnelle → B.C → il y a écoulement
- CE : P↑ → ε↑
- l'effort en E provoque la rupture en (D)

b) ***Essai de compression :***

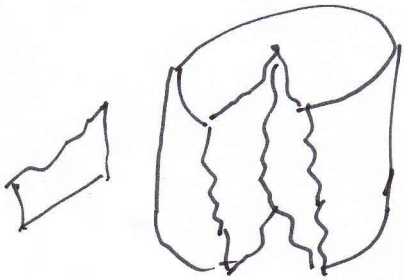
L'éprouvette subit un effort de compression qui augmente d'une manière progressive et cela jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

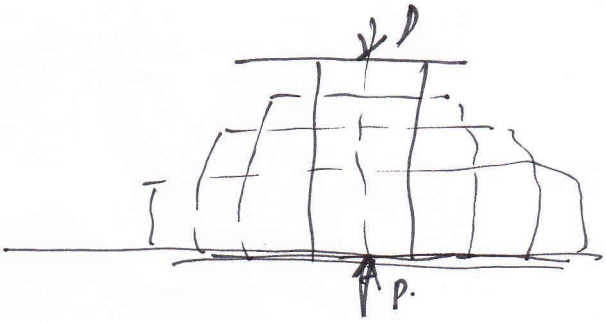


matériaux fragiles



matériaux plastiques





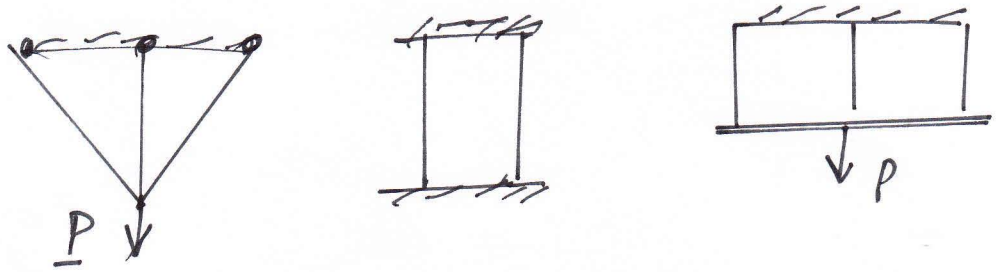
Les matériaux fragiles se cassent brusquement sans passer par la zone d'écoulement. Les matériaux plastiques ne se détruisent guère.

Les essais de traction et de compression permettent de déterminer la valeur de $[\sigma]$. Tel que $[\sigma] = \sigma_e / n$ ou $[\sigma] = \sigma_r / n$

n : coefficient de sécurité $1.5 \leq n \leq 2.5$

VII- SYSTEMES HYPERSTATIQUES :

On appelle systèmes hyperstatiques les systèmes pour lesquels les efforts dans les barres ne peuvent être déterminés par les équations de la statiques seulement.



Pour pouvoir résoudre un tel système on doit trouver des équations supplementaires. Le degré d'hyperstaticite d'une barre est égal à la différence entre le nombre d'inconnus et le nombre des équations de la statiques (3).

La résolution des problèmes hyperstatiques se fait en quatre étapes :

1- Aspect statique du problème : on écrit l'équation d'équilibre du système.
2- Aspect géométrique du problème : on établi le rapport entre les déformations de divers éléments de la structure à partir de la condition de compatibilité des déformations.
3- Aspect physique du problème : Dans les équations de compatibilité, et en se basant sur la loi de HOOKE, on exprime les déformations des éléments de construction par l'intermédiaire des efforts inconnus agissant dans ces éléments.
4- Synthèse : la résolution simultanée des équations obtenues fournit les valeurs des efforts inconnus.