

LA TRACTION

I- Généralité :

Une pièce est soumise à la **traction** lorsque la **force** qui la sollicite agit au **centre de gravité** de sa **section**.

L'effort produit est l'allongement de la pièce. Soit une barre d'acier bien scellée dans une poutre et supportant une **charge** exerçant un effort **N**. toutes les fibres intérieures subissent le même allongement. La contusion des sections intérieures de la section droite **S** est uniforme, lorsque l'élément de section est soumis à un effort unitaire.

1- Contrainte normale de traction : (σ)

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{N}{S} = \frac{P}{S}$$

F = force

N = effort

P = charge

(σ) = segment de contrainte

S = surface

La contrainte σ dépend des matériaux

F = (N) Newton

S (cm²; mm²)

F

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{N}{S} = \text{N/cm}^2 ; \text{N/mm}^2 ; \text{MPa}$$

S

2- Unite de contrainte :

σ /N (mm ²)	(N/cm ²)
(daN/mm ²)	(N/m ²)
(KN/mm ²)	(daN/cm ²)

3- Allongement absolu :

l_0 = la longueur initiale

L = longueur allongée

ΔL = Allongement absolu

$$L = l_0 + \Delta L$$

$$\Delta L = L - l_0$$

4- Courbe contrainte de déformation :

La courbe contrainte de déformation est une courbe caractérisant le matériau. Elle est obtenue empiriquement lors d'une expérience de traction effectuée sur une barre de section constante.

Lors de cette expérience, l'effort normal est augmenté progressivement, provoquant l'allongement de la barre. A chaque amplement d'effort, la contrainte normale de la déformation est portée sur une courbe, cette opération est effectuée régulièrement jusqu'à la rupture de la barre.

Nous pouvons décomposer le processus en **trois parties** :

a- **La zone de déformation élastique** : dans cette zone, $F < F_e$ droite **OA**. Dans cette zone l'allongement est proportionnel à la force de traction exercée. Lorsque la force cesse, la barre reprend sa forme initiale. Celle-ci se comporte comme un ressort.

Allongement relatif ϵ (epsonore)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3) \quad \sigma = \epsilon \cdot E \quad (4)$$

E = module de **Young** ou module d'élasticité. Cette relation linéaire s'appelle la **loi de Hooke**.

b- Zone de déformation permanente :

Courbes **ABC Fe < Fc Fr**

la force limite élastique étant atteinte, la barre continue de s'allonger tant que la force est nécessairement augmentée. La barre restera déformée même si la force est annulée. C'est une déformation dite plastique.

c- Zone F > Fr :

La structure progressive de la barre subit une diminution brutale de sa section avec étranglement ou striction ce qui réduit la force de traction que l'allongement augmente brutalement. La rupture est amorcée si elle survient au point **E**.

$$\sigma = \epsilon \times E$$

$$\text{Avec } \epsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \quad / \quad \frac{\Delta L \times E}{l_0} \quad \Delta L \times E = \sigma \times l_0$$

EXERCICE 1:

Soit une barre en acier de diamètre 20 mm et de longueur 7 m est sollicitée par un effort de traction 5 500 daN.

- 1- Calculer la contrainte de traction.
- 2- Déterminer l'allongement sachant que le module de Young $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$.
- 3- Calculer la longueur allongée.

EXERCICE 2 :

Soit une barre circulaire de longueur 5,5 m, après avoir appliqué une force de 7 000 N la barre s'est allongée de 5 cm sachant que le module Young est 200 000 daN.

- 1- Détermine le diamètre de la barre.
- 2- Quelle force fait allonger la barre à 5,5 m ?
- 3- Calcule la contrainte de traction de cette force.

EXERCICE 3 :

Soit un tirant en acier de module élastique longitudinal 210 000 N/cm² de 5 m de long et 120 mm de diamètre, admettant une limite d'élasticité de 240 N/cm². Calcule :

- 1- l'effort normal de traction,
- 2- l'allongement absolu du tirant,
- 3- l'allongement relatif du tirant,
- 4- la longueur finale du tirant.

Solution 1 :

Données :

$$D = 20 \text{ mm}$$

$$l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$N = 5\,500 \text{ daN} = 55\,000 \text{ N}$$

$$E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$$

1- La contrainte :

N

$$\sigma = \frac{N}{S}$$

S

$$S = \frac{\pi \cdot \mu^2}{4}$$

$$S = 3,14 \times 20^2$$

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{55\,000}{314} = 175,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 175,15 \text{ N/m}^2.$$

2- La force qui fait allonger la barre est :

$$\Delta L = \frac{N \times l_0}{S \times E} = \frac{55\,000 \times 7\,000}{314 \times 200\,000} = \frac{385\,000\,000}{628\,000}$$

$$\Delta L = 0,615.$$

3- La contrainte de traction de cette force est :

$$L = l_0 + \Delta L$$

$$L = 7\,000 + 6,13 = 7\,006,13$$

$$L = 7\,006,13.$$

Solution 2 :

Données :

$$l_0 = 5,5 \text{ m} = 550 \text{ cm}$$

$$F = 7\,000 \text{ N} = 7\,000 \text{ daN}$$

$$\Delta L = 5 \text{ cm}$$

$$E = 2\,000\,000 \text{ daN/cm}^2$$

1- Le diamètre de la barre est :

$$D = \frac{\sqrt{4uS}}{n}$$

$$F \times l_0 \quad 7\,000 \times 550$$

$$S = \frac{\quad}{\Delta L \times E} = \frac{\quad}{5 \times 2\,000\,000} = 0,385 \text{ cm}^2$$

$$\Delta L \times E \quad 5 \times 2\,000\,000$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times 0,385}}{3,14} = 0,700 \text{ cm}$$

$$D = 0,700 \text{ cm.}$$

2- La force qui fait allonger la barre est :

$$L = 5,59 \text{ m} = 559 \text{ cm}$$

$$\Delta L = L - l_0 = 559 - 550$$

$$\Delta L = 9.$$

$$N \times S \times E \quad 9 \times 0,385 \times 200\,000$$

$$F = \frac{\quad}{l_0} = \frac{\quad}{550}$$

$$l_0$$

$$550$$

$$F = 12\,600 \text{ N.}$$

3- La contrainte de traction de cette force est :

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{12\,600}{0,385} = 32\,727,27$$

$\sigma = 32\,727,27$.

Solution 3:

Données :

$F = 210\,000 \text{ N/cm}$

$l_0 = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$

$D = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$

$\sigma = 240 \text{ N/cm}$

1- l'effort normal de traction est :

$$N = \sigma \times S$$
$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times (12)^2}{4}$$

$S = 113,04 \text{ cm}^2$.

$N = 240 \times 113,04 \text{ cm}^2$

$N = 27\,129,6 \text{ N}$.

2- l'allongement absolu du tirant est :

$$\Delta L = \frac{N \times l_0}{S \times E} = \frac{27\,129,6 \times 500}{113,04 \times 210\,000}$$

$\Delta L = 0,57 \text{ cm.}$

3- l'allongement relatif du tirant est :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{0,57}{500} = 1,14 \cdot 10^{-3}$$

$\varepsilon = 1,14 \cdot 10^{-3}$

4- la longueur finale du tirant est :

$$L = \Delta L + l_0 = 0,57 + 500 = 500,57$$

$L = 500,57 \text{ cm.}$