



جامعة أبو بكر بلقايد

كلية التكنولوجيا

UNIVERSITÉ DE TLEMCEEN

Faculté de Technologie



L3 INGÉNIEUR GC

MATIÈRE : CHARPENTE MÉTALLIQUE 2

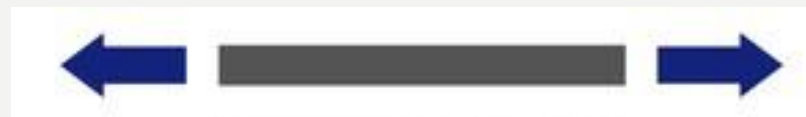
RÉSISTANCE A LA TRACTION ET A LA COMPRESSION

DR. TABET-DERRAZ MOULAY IDRIS

Email: moulayidriss.tabetderraz@univ-tlemcen.dz

INTRODUCTION

Dans le domaine du génie civil, les éléments structurels sont soumis à différentes sollicitations qui influencent leur comportement et leur durabilité. Ce chapitre s'intéresse à la résistance des éléments métalliques soumis **aux efforts axiaux: la traction et la compression**. Chacune de ces sollicitations induit des phénomènes spécifiques qui seront abordés à travers les principes de base, les critères de résistance, et les formes de rupture les plus courantes.



Effort de traction

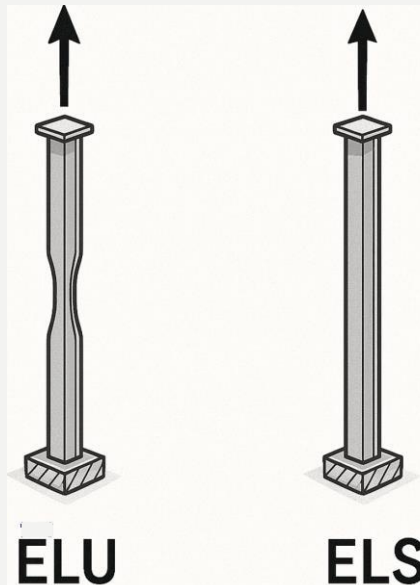


Effort de compression

NOTIONS DE BASE DE CALCUL (LES ÉTATS DE LIMITE)

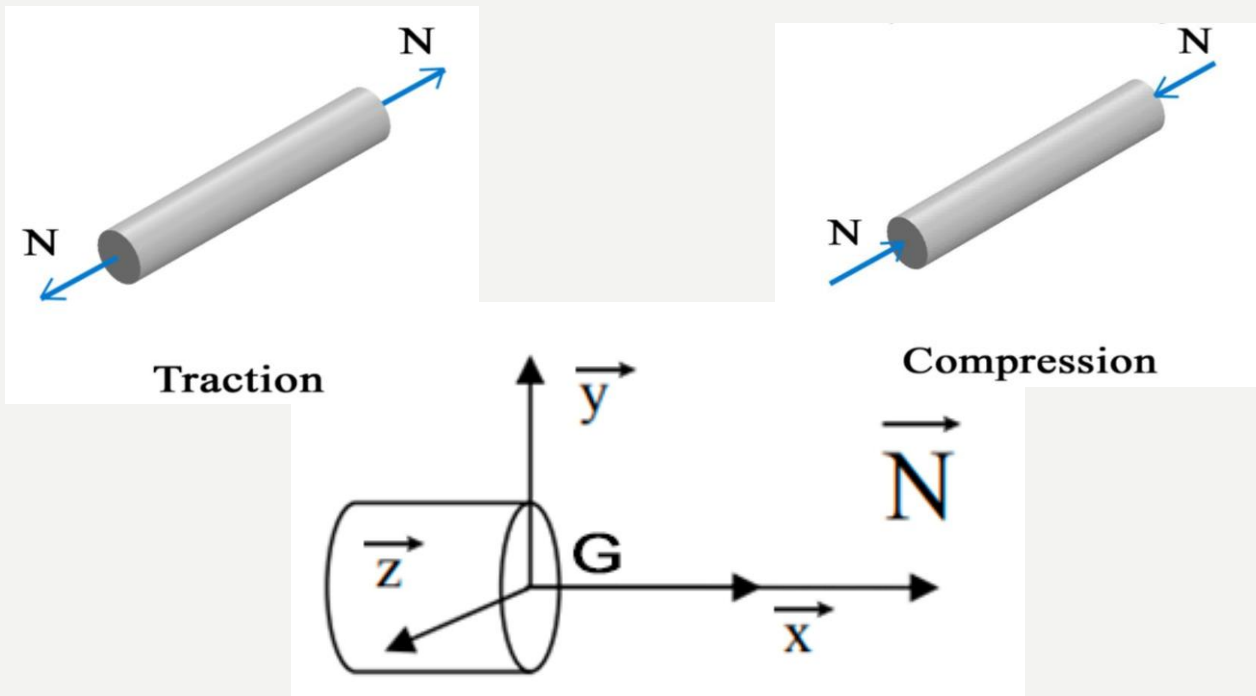
Les états limites sont des états au-delà desquels la structure ne satisfait plus aux exigences de performance pour lesquelles elle a été conçue. Les états limites sont classés en :

- **Etats limite ultimes (ELU)** : Les états limites ultimes sont associés à l'effondrement de la structure, ou à d'autres formes de ruine structurale (perte de stabilité)
- **Etats limites de services (ELS)** : Les états limites de service sont associés à l'esthétique de la structure et au confort des occupants (déformations excessives et vibrations).



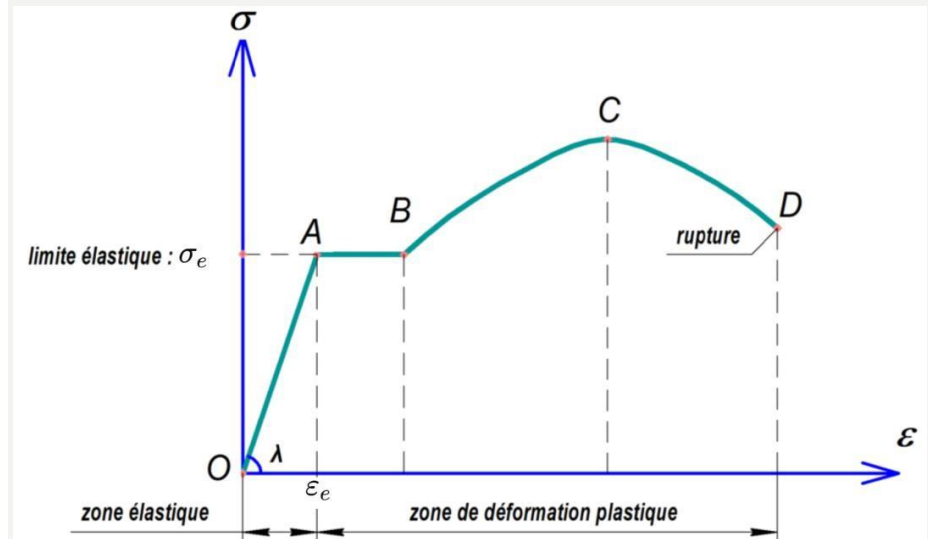
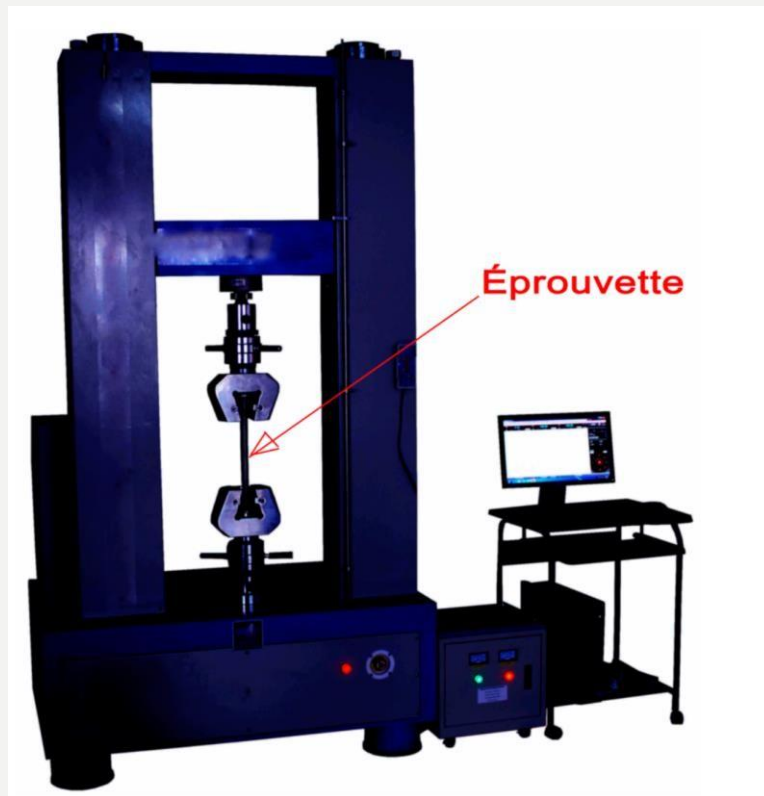
NOTIONS DE BASE DE CALCUL (PRINCIPE)

Un composant est dit tendu ou en traction pure lorsque ses extrémités sont soumises à des efforts qui imposent un allongement uniforme à toutes les fibres du composant. Le composant est tendu si la résultante des efforts s'exerçant sur une section quelconque se réduit à un effort normal appliqué au centre de gravité G de la section et dirigé de la section vers l'extérieur de l'élément comme illustré sur la figure.



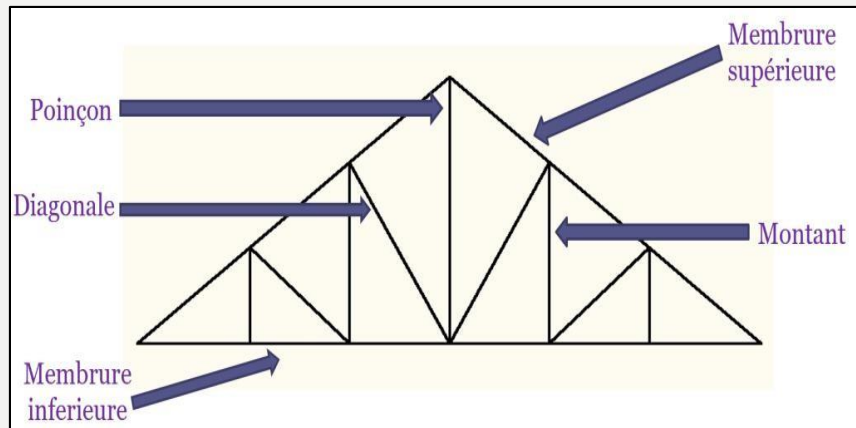
NOTIONS DE BASE DE CALCUL (PRINCIPE)

En établissant un essai de traction sur une éprouvette en acier on obtient le développement de la force avec l'allongement qui peut se traduire par le développement de la contrainte avec la déformation



RÉSISTANCE À LA TRACTION (ELEMENTS TENDUS)

- Dans une structure métallique on trouve la traction sur les contreventement ou les ferme en treillis



Fermes en treillis

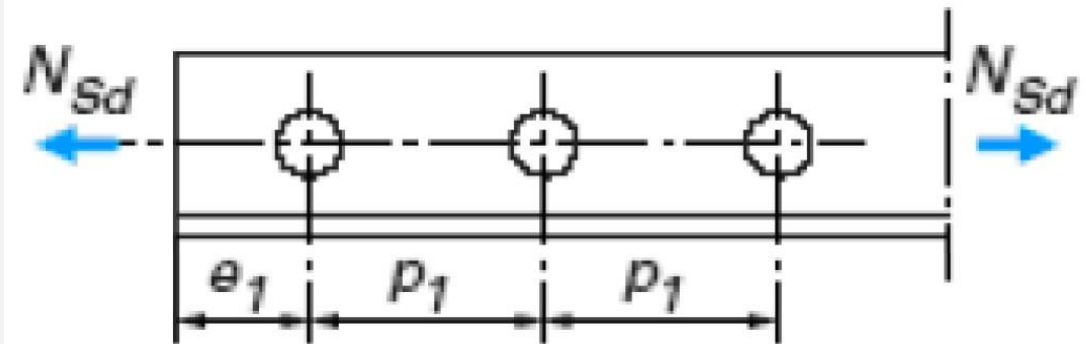
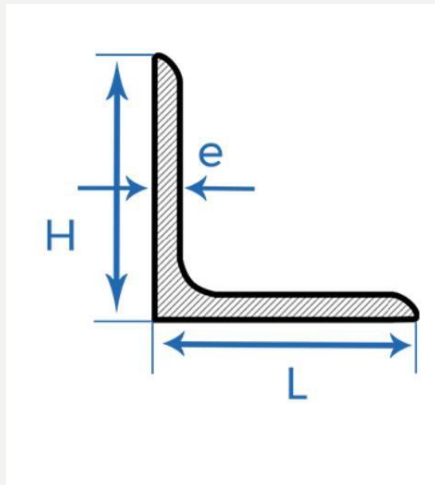


Contreventements

RÉSISTANCE À LA TRACTION

(CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

- La vérification à l'ELU de la résistance à la traction d'un élément métallique avec l'effort sollicitant de traction se calcul selon sa section brute ou nette :
- ❑ **La section brute** : la section sans trous de boulonnage.
- ❑ **La section nette** : La section avec les trous de boulonnage.



RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

La valeur de calcul de l'effort de traction N_{Sd} dans l'élément doit vérifier :

$$N_{Sd} \leq N_{t,Rd} = \min [N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}; N_{net,Rd}]$$

Où : $N_{t,Rd}$ est la résistance de calcul de la section à la traction prise comme la plus petite des valeurs suivantes :

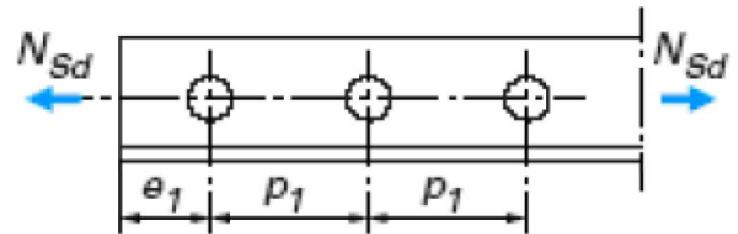
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad : \text{Résistance plastique de la section brute}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad : \text{Résistance ultime de la section nette au droit des trous de fixation.}$$

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad : \text{Résistance plastique de la section nette pour les assemblages par boulons précontraints (HR)}$$

Avec :

- A : Aire de la section brute,
- A_{net} : Aire de la section nette au droit des trous de fixation.
- f_y : Limite élastique du matériau,
- f_u : Limite à la rupture du matériau ou résistance à la traction minimale spécifiée,
- γ_{M0} : Coefficient partiel de sécurité du matériau, $\gamma_{M0} = 1.1$
- γ_{M2} : Coefficient partiel de sécurité à appliquer dans les sections nettes, $\gamma_{M2} = 1.25$



RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

➤ Dans le cas général où les trous sont disposés par rangées perpendiculaires à la direction de l'effort de traction, l'aire nette est égale à l'aire brute diminuée des aires prises par les trous

1. Cas des Trous disposés en rangées :

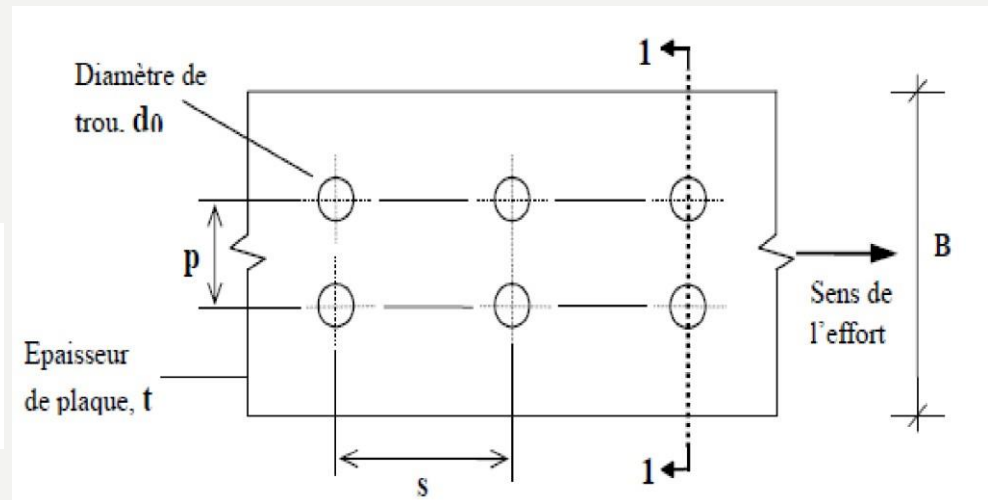
$$A_{\text{net}} = A - nd_0t$$

Avec :

n : Nombre de trous dans la section considérée,

d_0 : Diamètre des trous,

t : Épaisseur de la tôle.



RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

➤ Dans le cas général où les trous sont disposés par rangées perpendiculaires à la direction de l'effort de traction, l'aire nette est égale à l'aire brute diminuée des aires prises par les trous

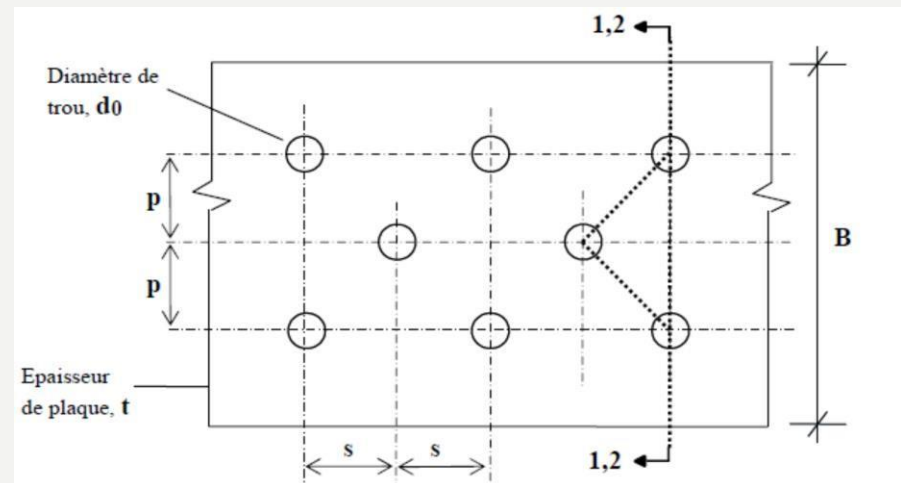
2. Cas des Trous disposés en quinconce

$$A_{\text{net}} = A - nd_0t + \frac{s^2}{4p}t$$

avec :

s : L'espacement horizontale (// à la direction de l'effort) entre centre de deux boulons

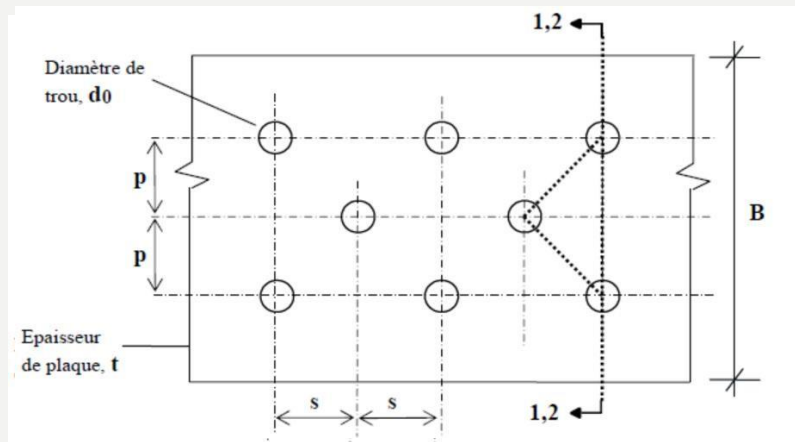
p : L'espacement verticale (\perp à la direction de l'effort) entre centre des deux même boulons



RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

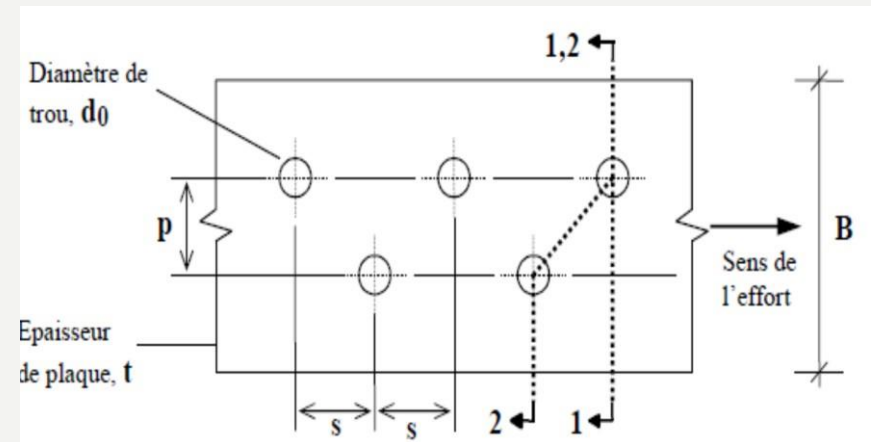
➤ Dans le cas général où les trous sont disposés par rangées perpendiculaires à la direction de l'effort de traction, l'aire nette est égale à l'aire brute diminuée des aires prises par les trous

2. Cas des Trous disposés en quinconce



Aire nette = A_{net} = la plus petite des deux suivantes :

- sur la section 1-1 : $(B \cdot t - 2d_0 \cdot t)$
- sur la section 2-2 : $\left[B \cdot t - \left(3d_0 \cdot t - 2 \cdot \frac{s^2 t}{4p} \right) \right]$

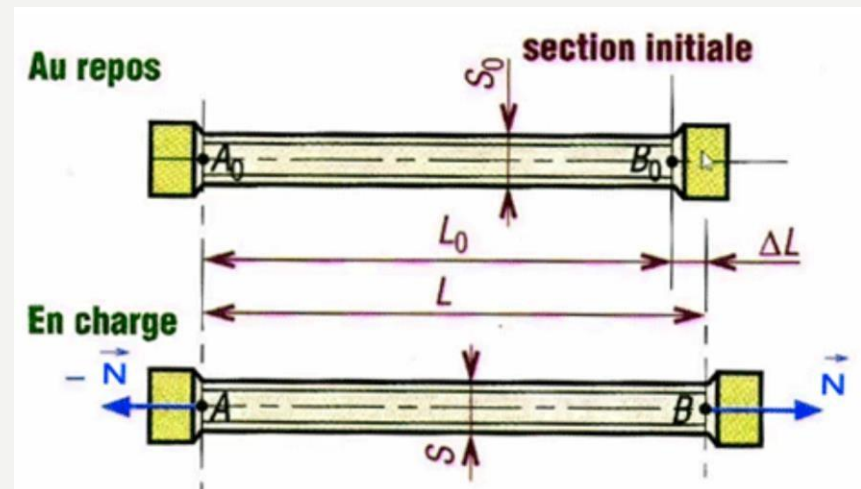
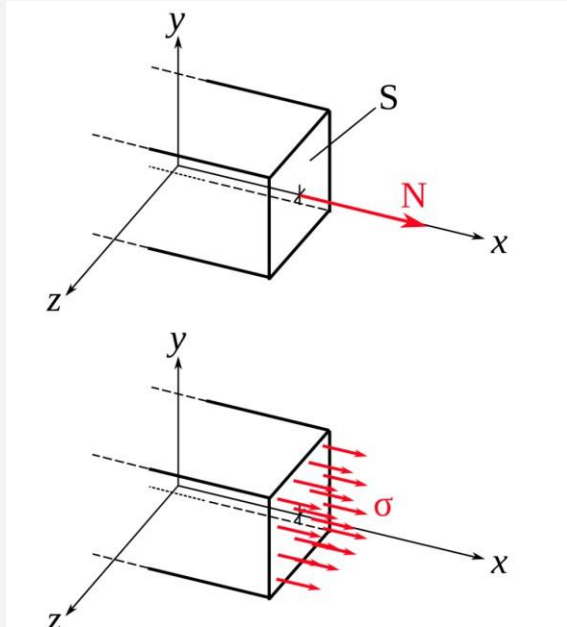


Aire nette = A_{net} = la plus petite des deux suivantes :

- sur la section 1-1 : $(B \cdot t - d_0 \cdot t)$
- sur la section 2-2 : $\left[B \cdot t - \left(2d_0 \cdot t - \frac{s^2 t}{4p} \right) \right]$

RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE DE SERVICE)

En établissant un essai de traction sur une éprouvette en acier on obtient le développement de la force avec l'allongement qui peut se traduire par le développement de la contrainte avec la déformation

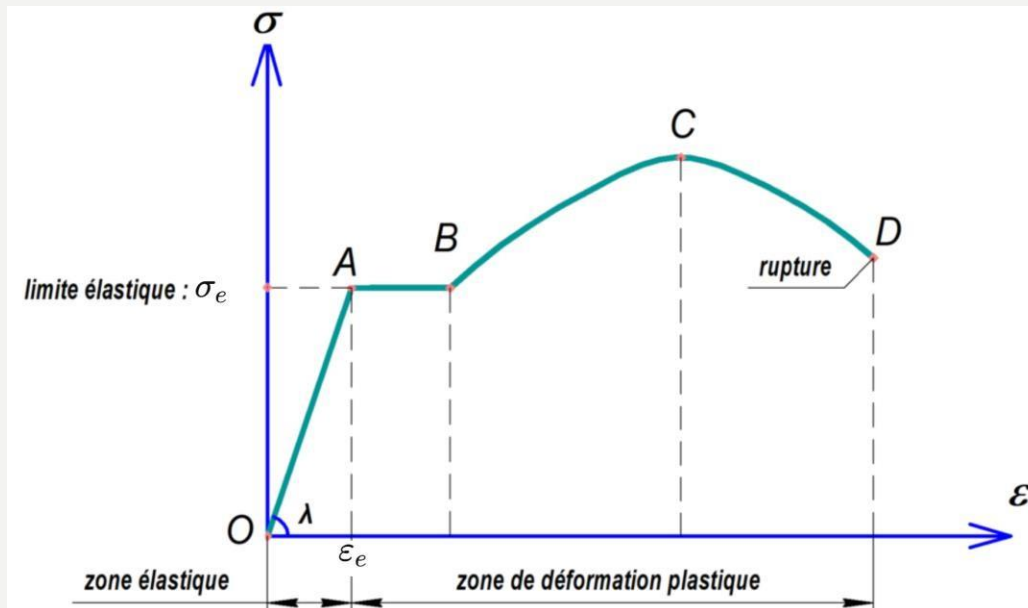


$$\sigma_e = \frac{N}{S}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\Delta L}{L_0}$$

RÉSISTANCE À LA TRACTION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE DE SERVICE)

- La vérification à l'ELS se traduit par la vérification de l'allongement de la barre tendu dans la phase élastique par la loi de Hooke



$$\sigma_e = E \cdot \epsilon_e$$

Donc :

$$\frac{N}{S} = E \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

RÉSISTANCE À LA TRACTION

(CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE DE SERVICE)

- ◆ Critère principal : limitation de l'allongement relatif

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{N}{E \cdot S} \leq \left(\frac{\Delta L}{L_0} \right)_{\text{limite}}$$

où :

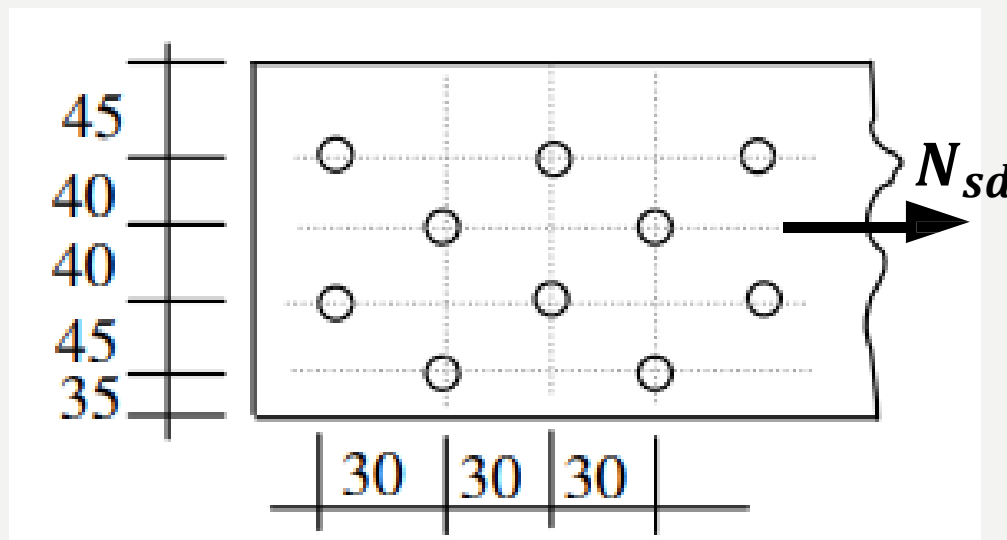
- ΔL : allongement sous charge,
- L_0 : longueur initiale de la barre,
- N : effort de traction axial,
- E : module d'élasticité de l'acier (généralement 210 000 MPa),
- S : section transversale,
- $\left(\frac{\Delta L}{L_0} \right)_{\text{limite}}$: déformation admissible (souvent entre 1/300 et 1/500 selon l'usage).

RÉSISTANCE À LA TRACTION (EXERCICE SUR LE FER PLAT)

Vérifier si ce plat résiste à un effort de traction égal à $N_{sd} = 200$ kN, dans les deux cas :

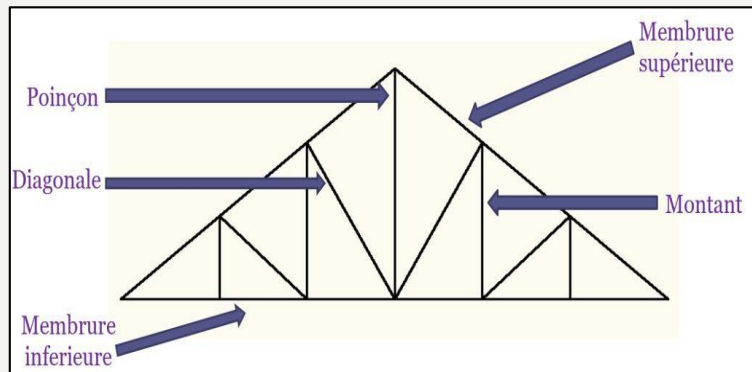
1. Trous pour boulons ordinaires
2. Trous pour boulons HR

On donne : Boulon M22, épaisseur plat $t = 10$ mm, S235.



RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (ELEMENTS COMPRI-MEE)

- Dans une structure métallique on trouve la traction sur les contreventement ou les ferme en treillis



Fermes en treillis



Contreventements



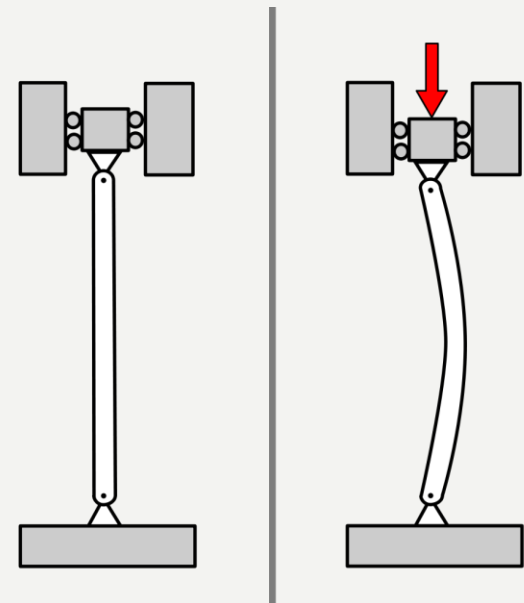
Poteaux

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

La **compression des profilés en acier** dépend principalement de **deux facteurs essentiels** :

- **La classe de la section transversale**
- **L'élancement de la barre**, c'est-à-dire son rapport de longueur à la rigidité.

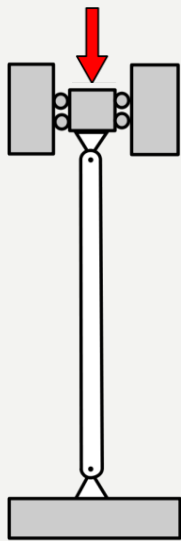
Classe	Comportement	Section utilisée en calcul
1	Plastique	Section brute (A)
2	Compacte	Section brute (A)
3	Élastique	Section brute (A)
4	Mince	Section efficace (A _{eff})



Éléments susceptibles à un phénomène d'instabilité appelé « flambement ».

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

- **Élancement et flambement global** : Même si la section résiste localement, la barre entière peut flamber sous compression. Le risque dépend de l'élancement réduit $\bar{\lambda}$, donné par :



$$\bar{\lambda} \leq 0.4$$

Pas de risque
de flambement



$$\bar{\lambda} > 0.4$$

Risque de
flambement

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}$$

avec :

- A : aire de la section
- f_y : limite d'élasticité de l'acier
- N_{cr} : charge critique d'Euler

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE ULTIME)

Résistance de l'élément comprimé sans risque de flambement $\bar{\lambda} \leq 0.4$:

Éléments courts avec un élancement faible

$$N_{Sd} \leq N_{c.Rd}$$

- Classe 1, 2, 3

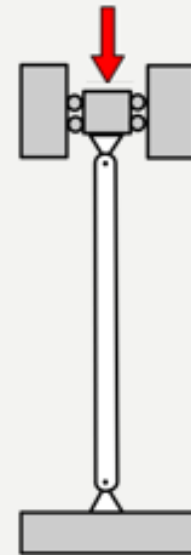
$$N_{c.Rd} = N_{pl.Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

- Classe 4

$$N_{c.Rd} = N_{0.Rd} = A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

Mode de ruine:

Plastification complète de la section qui entraîne des **déformations** importantes pour tout effort supérieur au seuil de plastification



$$\bar{\lambda} \leq 0.4$$

Pas de risque
de flambement

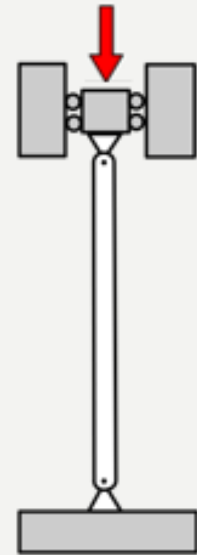
RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (CALCUL À L'ÉTATS DE LIMITE DE SERVICE)

L'**Eurocode 3** n'impose **aucune vérification spécifique à l'ELS** pour les **barres comprimées courtes** sans flambement, **car :**

- Les **déformations** (raccourcissement axial) sont négligeables,
- Les **contraintes de service** sont très inférieures à **f_y** ,
- Il n'y a **pas d'effet visible ni gênant en service**.

➤ Autrement dit :

Si la barre ne risque pas de flamber et reste élastique à l'ELU, l'ELS est automatiquement satisfait.



$$\bar{\lambda} \leq 0.4$$

Pas de risque
de flambement

RÉSISTANCE AU EFFORTS AXIAUX (EXERCICE SUR LE TREILLIS)

On considère un treillis constitué **de trois barres identiques en cornière de profilé L45x45x5**. La longueur $L = 1.5$ m est représentée sur la figure ci-dessous. Le nœud A est sur appui mobile, le nœud B sur appui fixe, et le nœud C soumis à un effort $F = 200$ kN. Des boulons ordinaire M16 ont été utilisés,

- Déterminer les efforts sur les barres.
- Vérifier la résistance des barres (Acier S235; $E = 210000$ MPa).

