AMCR	E4	Ch4-Barres en traction
		0-Cours

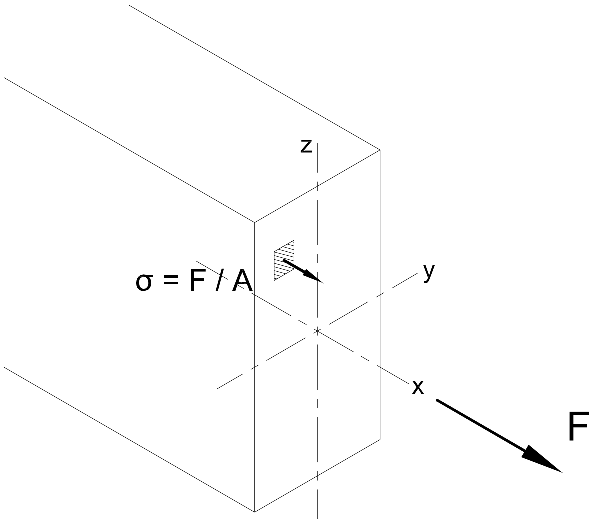
1. Comportement de l'acier en traction.

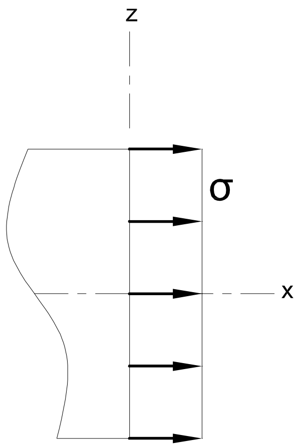
1.1. Essai de traction.

L'essai permet de mettre en traction une éprouvette de dimensions normalisées (longueur L_0, aire de la section A).
Au cours de l'essai, on mesure la force de traction F en kN et la déformation ΔL en mm correspondante qui sont reportées sur un graphique $F = f(\Delta L)$.
On déduit des mesures des caractéristiques mécaniques de l'acier qui pourront être utilisées **quelles que soient les dimensions de l'élément**.
On calcule donc :

→ La contrainte $\sigma = \frac{F}{A}$ représentant la force par unité de surface, exprimée en N/mm² ou MPa (1 MPa = 10^3 kN/m²)

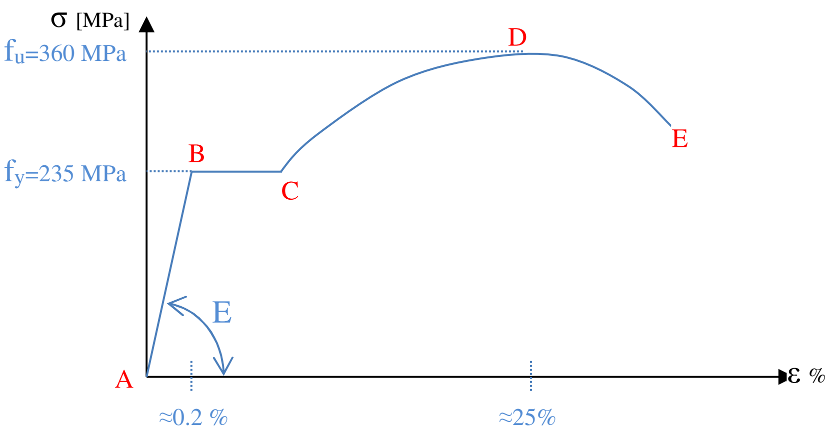
Cette contrainte est perpendiculaire à la section (contrainte normale) et uniformément répartie.





→ L'allongement $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} * 100$ représentant le % d'allongement.

On trace le graphique $\sigma = f(\varepsilon)$, comme l'exemple qui suit :



1.2. Analyse du graphique $\sigma = f(\varepsilon)$.

Zone AB **Comportement élastique** : l'allongement est proportionnel à la contrainte et réversible (si on relâche l'effort, l'acier reprend sa forme initiale).

La fin du comportement élastique est marquée par la limite élastique f_y, qui correspond à un allongement $\varepsilon_y \approx 0.2\%$.

La proportionnalité entre σ et ε se traduit par la loi de Hooke : $\sigma = E * \varepsilon$ où E est le module élastique ou module d'Young, qui vaut 210000 MPa quelque soit le type d'acier.

Zone BC **Palier de plasticité** : l'acier se déforme fortement sans augmentation de contrainte, on parle « d'écoulement plastique ».

Zone CD **Zone de déformation plastique répartie** : l'acier se « raffermit », la contrainte augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de rupture f_u. Les déformations sont très importantes ($\varepsilon_u \approx 25\%$ de L_0), réparties tout au long de l'élément et non proportionnelles à la contrainte.

Zone DE **Zone de striction** : la section diminue localement jusqu'à ce que l'acier se casse en 2.

1.3. Acier de construction selon la norme NF EN10025-2.

	Epaisseur t ≤ 40 mm	
Nuance	f_y [MPa]	f_u [MPa]
S235	235	360
S275	275	430
S355	355	490
S460	460	550

Exigences réglementaires pour les aciers de construction :

→ $f_u / f_y \geq 1,10$

→ Allongement à la rupture supérieur ou égal à 15 %

→ $\varepsilon_u \geq 15\varepsilon_y$

1.4. Résistance d'une barre tendue.

Pour une barre tendue de section A et d'acier de nuance connue, on est capable de déterminer :

→ Sa résistance à la rupture : $N_u = A*f_u$

→ Sa résistance plastique (lorsque la contrainte est à f_y) : $N_{pl} = A*f_y$

2. Résistance d'une barre tendue selon l'Eurocode 3

2.1. Principe de vérification général en résistance.

L'Eurocode a pour rôle de définir la valeur limite de résistance admissible pour une section, notée avec un indice R_d (Resistance Design).

On compare donc l'effort réel dans la barre, noté avec un indice E_d (Effect Design) à cet effort Rd.

Il faut donc vérifier que :

$$E_d \leq R_d$$

Ou exprimé autrement

$$\frac{E_d}{R_d} \leq 1$$

2.2. Résistance en traction.

Définie dans l'Eurocode 3, partie 1.1, paragraphe 6.2.3, noté EC3-1.1-§6.2.3
Critère à vérifier :

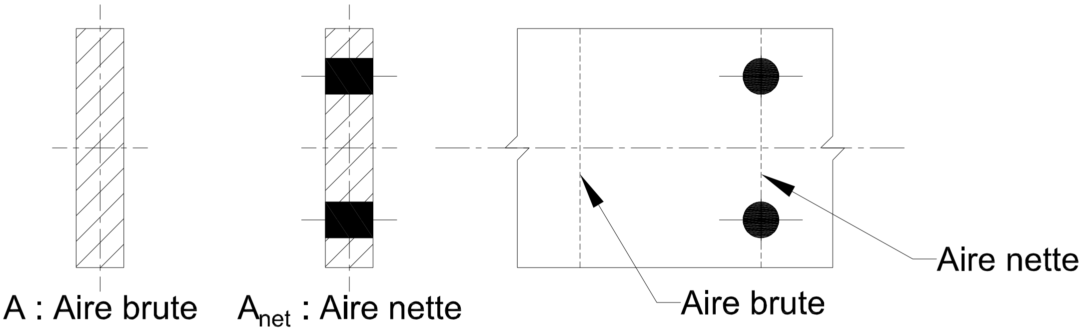
$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

N_{Ed} → effort de traction réel dans l'élément (dépend du projet, des charges…)
$N_{t,Rd}$ → effort limite de traction admissible (dépend uniquement de la barre et de l'acier)
$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}]$

Effort plastique $N_{pl,Rd} = \frac{A.f_y}{\gamma_{M0}}$ → $\gamma_{M0} = 1$ (coefficient de sécurité utilisé avec f_y)

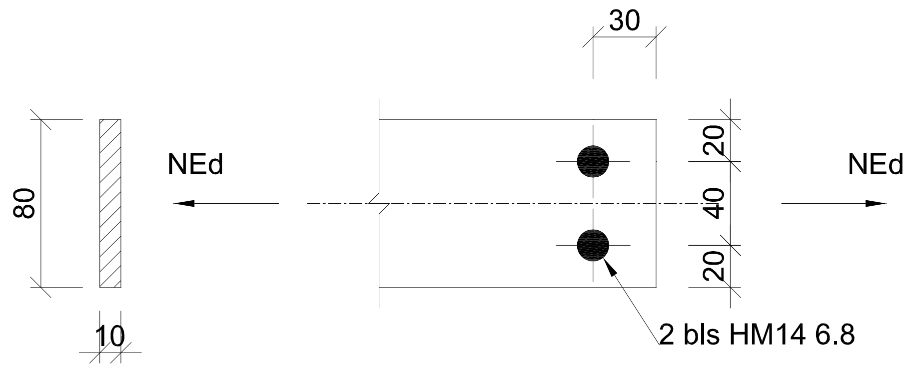
Effort ultime $N_{u,Rd} = \frac{0,9.A_{net}.f_u}{\gamma_{M2}}$ → $\gamma_{M2} = 1.25$ (coefficient de sécurité utilisé avec f_u)

Pour une barre, on nomme section nette l'aire d'une section comportant des trous et section brute l'aire d'une section pleine.



2.3. Exemple.

Plat 80*10 en S235
Boulons HM14 → perçage à d_0=15 mm
N_{Ed} = 110.00 kN



Critère EC3-1.1-§6.2.3 :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$N_{Ed} = 110.00$ kN

$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}] = 129.60$ kN

$$N_{pl,Rd} = \frac{A.f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{800*10^{-6}*235*10^3}{1} = 188.00 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0{,}9.A_{net}.f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9*500*10^{-6}*360*10^3}{1.25} = 129.60 \text{ kN}$$

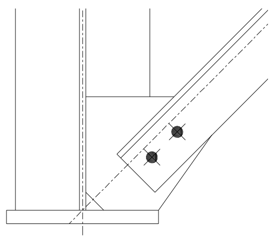
A = 80*10 = 800 mm²

A_{net} = 800 – 2*15*10 = 500 mm²

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{110.00}{129.60} = 0.85 < 1 \rightarrow \text{vérifié}$$

On dit que la section « travaille » à 85%

2.4. Cas d'une cornière attachée par une seule aile.



Dans le cas des cornières attachées par 1 seule aile, le coef de 0.9 de $N_{u,Rd}$ est remplacé par un coef β qui dépend du nombre de boulons, du pas p_1 et du diamètre du trou d_0 (voir p213 du Doc AMCR).

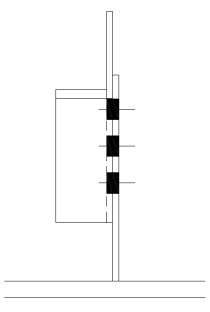
Tableau 3.8 - Coefficients réducteurs $ß_2$ et $ß_3$

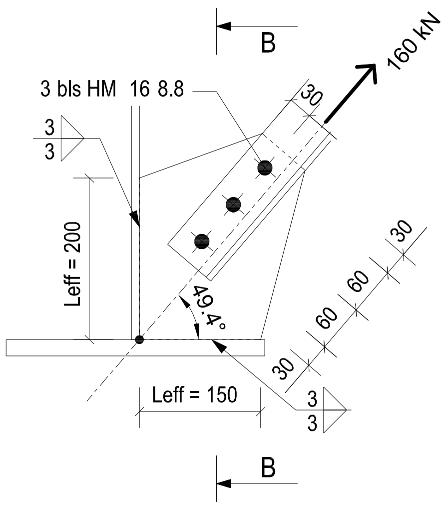
Entraxe p_1	$\leq 2{,}5\ d_o$	$\geq 5{,}0\ d_o$
2 boulons $ß_2$	0,4	0,7
3 boulons ou plus $ß_3$	0,5	0,7

Lorsque $2.5 * d_0 < p_1 < 5 * d_0$ on fait une interpolation linéaire qui vaut :

- 2 boulons : $\beta_2 = 0.4 + \frac{0.3}{2.5*d_0} * (p_1 - 2.5 * d_0)$
- 3 boulons : $\beta_3 = 0.5 + \frac{0.2}{2.5*d_0} * (p_1 - 2.5 * d_0)$

Exemple.





3 boulons : β_3 : $2.5*d_0=2.5*18=45 < 60 < 5*d_0=5*18=90 \rightarrow \beta_3 = 0.5+\frac{0.2}{2.5*18}*(60-2.5*18) = 0.57$