

CHAPITRE IV : Principe des calculs aux états limites, et vérification des sections.

1) Calcul aux états limites

L'état limite ultime (ELU) : associé à la ruine de la structure.

L'état limite de service (ELS) : associé à l'exploitation satisfaisante de la structure.

1 a) Méthode des coefficients partiels.

Coefficients partiels affectant les valeurs des charges, des propriétés des matériaux, et les données géométriques.

Les actions S (sollicitations), et la résistance (R),
sont données pour leur valeur caractéristique (S_k et R_k indice k),
issue de la distribution statistique (notion de fractile).

Pour le dimensionnement :

La valeur caractéristique des actions S_k est multipliée par un coefficient.

On obtient alors la valeur de calcul S_d .

La valeur caractéristique de résistance, quant à elle, est divisée par un coefficient.

On obtient alors la valeur de calcul R_d .

La justification prend alors une forme symbolique à l'ELU.

$$S_d \leq R_d$$

Avec en exemple : S_d : un effort normal, un moment fléchissant ...

R_d : la résistance de calcul correspondante à l'effort sollicitant.

1 b) Valeurs de calcul des actions.

Pour nos applications, on prendra le plus souvent :

ELU : 1,35 permanent + 1,5 variable

ELS : 1 permanent + 1 variable

1 d) Valeurs de calcul des paramètres mécaniques des matériaux.

Pour un paramètre caractéristique X_k :
$$X_d = k_{\text{mod}} * \frac{X_k}{\gamma_M}$$

Avec : γ_M : Coefficient partiel pour le matériau considéré.

k_{mod} : coefficient modificatif (humidité, durée de chargement).

Coefficient partiel pour les matériaux en situation normale de calcul

- | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|
| •Etat limite ultime : | bois et matériaux dérivés | Bois massif | $\gamma_M = 1,3$ |
| | | BLC | $\gamma_M = 1,25$ |
| | métal utilisé dans les assemblages | | $\gamma_M = 1,1$ |
| •Etat limite de service : | | | $\gamma_M = 1,1$ |

Exemple :

Valeur de calcul de la résistance à la flexion d'un élément BLC.

Données de calculs :

Classe de résistance : GL 24.

Poutre d'un abri extérieur (classe d'exposition 2).

Charges : poids propre de la toiture (classe de durée de chargement permanente).

Valeurs à considérer :

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

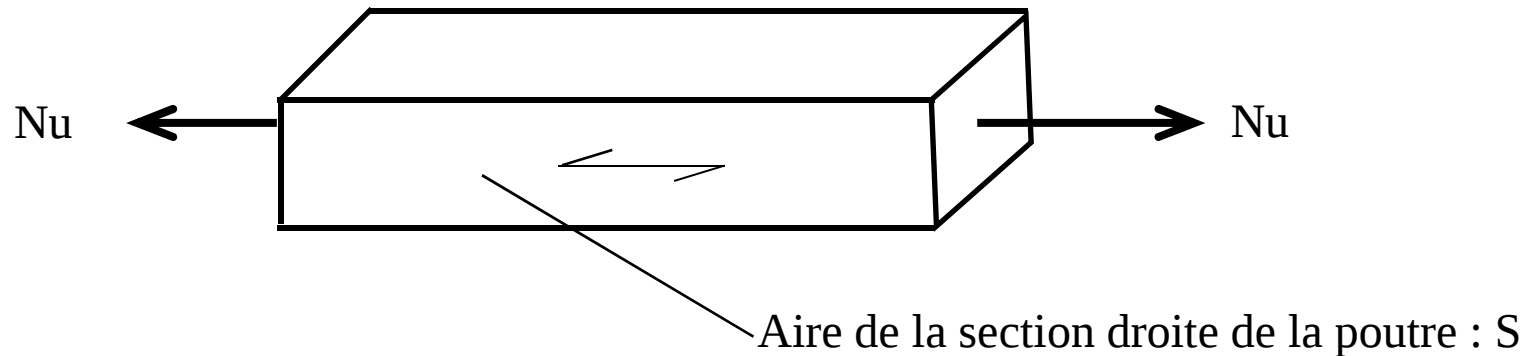
$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$f_{m,g,d} = \frac{0,6 * 24}{1,25} = 11,5 \text{ MPa}$$

2) Vérification des sections aux sollicitations élémentaires et combinées (en l'absence d'instabilité).

2 a) Traction et compression.



Traction parallèle au sens des fibres :

Vérification à effectuer : $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$

Avec : $\sigma_{t,0,d} = \frac{Nu}{S}$: contrainte calculée

$f_{t,0,d}$: résistance de calcul à la traction dans le sens des fibres.

Exemple : tirant soumis à un effort ultime de traction :

$N_u = 130 \text{ kN}$ (poids propre + neige).

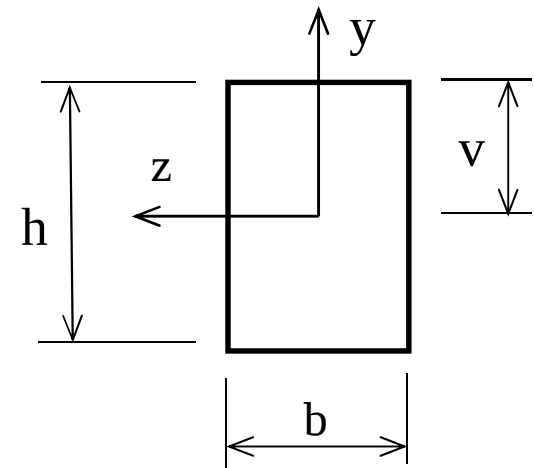
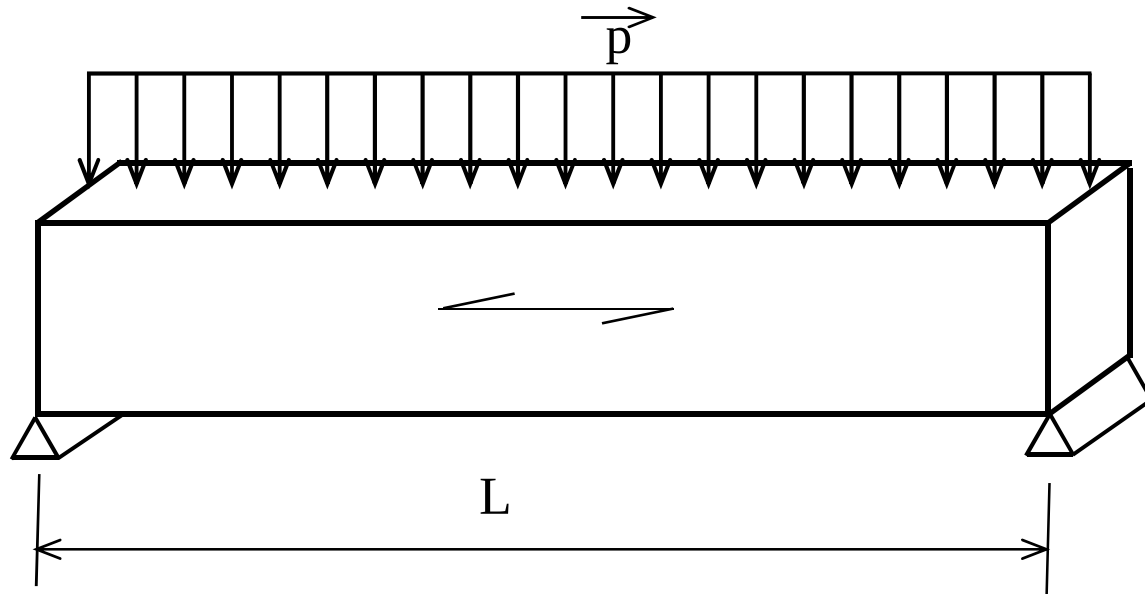
Section de la barre : $S = 100 \times 200 \text{ mm}^2$

Bois C 22.

Tirant soumis directement à la pluie.

2 b) Flexion.

Poutre fléchie suivant sont axe principal.



Section droite de la poutre

Vérification à effectuer : $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

avec : $\sigma_{m,d} = \frac{M_z * v}{I_z}$: Valeur de calcul de la contrainte de flexion

$f_{m,d}$: valeur de calcul de la résistance en flexion.

Exemple : Poutre d'un plancher d'une aire de stockage
à l'intérieur d'un bâtiment.

Charge permanente $p_p = 0,4 \text{ kN/m}$

Charge d'exploitation uniforme $p_e = 1,6 \text{ kN/m}$.

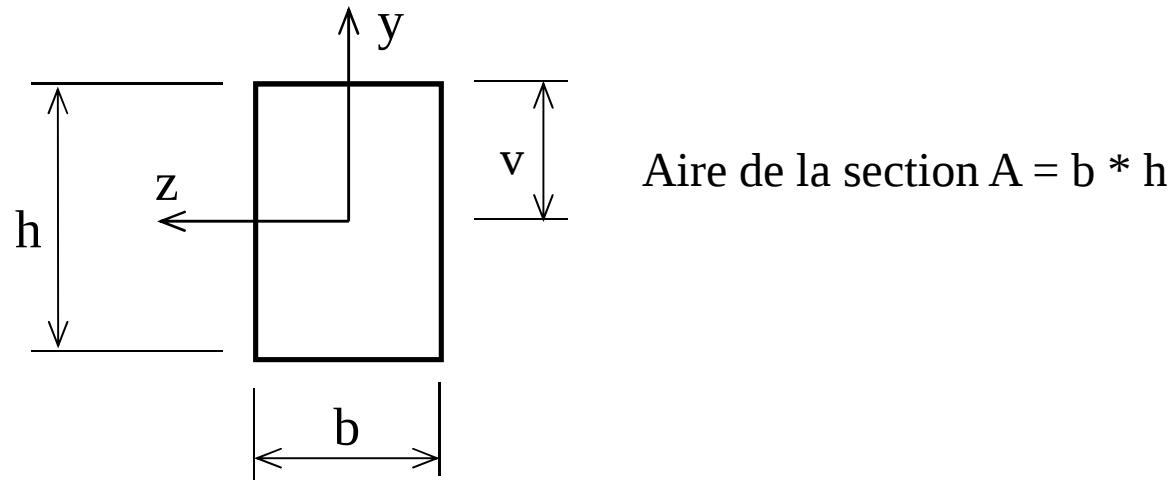
Longueur de la poutre en appuis simples : $L = 4 \text{ m}$

Section de la barre : $S = 100 \times 200 \text{ mm}^2$

Bois C 18.

2 c) Cisaillement.

Poutre de section rectangulaire soumise à un effort tranchant (V)
selon l'axe y (local).



Section droite de la poutre

Vérification à effectuer : $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$

Avec : $\tau_{v,d} = \frac{3 * V_u}{2 * A}$: Valeur de calcul de la contrainte de cisaillement

$f_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance en cisaillement.

Exemple : Poutre d'un plancher d'une aire de stockage
à l'intérieur d'un bâtiment.

Charge permanente $p_p = 0,4 \text{ kN/m}$

Charge d'exploitation uniforme $p_e = 1,6 \text{ kN/m}$.

Longueur de la poutre en appuis simples : $L = 4 \text{ m}$

Section de la barre : $S = 100 \times 200 \text{ mm}^2$

Bois C 18.

2 d) Effet d'échelle.

Basée sur la théorie de maillon le plus faible.

Principe :

Lorsqu'une chaîne est soumise à une traction, elle est aussi résistante que son maillon le plus faible.

Ainsi pour les pièces en bois, l'augmentation de la dimension des pièces introduit davantage de points faibles sur l'élément, et entraîne donc une faiblesse.

Prise en compte de cet effet dans l'eurocode 5.

Eurocode 5 : valeurs caractéristiques en flexion et en traction établies pour une hauteur de référence de 150 mm (bois massif), et 600 mm (BLC).

Hauteurs inférieures à ces valeurs : pondération des résistances caractéristiques en traction (parallèle aux fibres) et de flexion par un coefficient de hauteur(échelle) k_h .

Bois massif

$$k_h = \min \text{ de } \begin{cases} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} & \text{pour } h < 150 \text{ mm} \\ 1,3 \end{cases}$$

BLC

$$k_h = \min \text{ de } \begin{cases} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,2} & \text{pour } h < 600 \text{ mm} \\ 1,15 \end{cases}$$

Exemple : Résistance caractéristique en traction (parallèle aux fibres)
et flexion d'une poutre de bois massif de section 50 x 110 mm²
et de classe de résistance C 27.

2 e) Combinaison d'efforts.

Eléments soumis simultanément un effort normal, et à de la flexion selon les deux plans principaux.

En l'absence d'instabilité.

Traction et flexion

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right) + \left(k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right) \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) + \left(k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right) \leq 1$$

Compression et flexion

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \left(k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right) \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) + \left(k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right) \leq 1$$

$k_m = 0,7$ pour les sections rectangulaires et 1 pour les autres sections.

Exemple : Poutre d'un abri extérieur protégé de la pluie

Flambement et déversement impossible.

Efforts ultimes dus au poids propre :

- Compression $N_u = 140 \text{ kN}$

- Moment de flexion $M_{uz} = 25 \text{ kN.m}$

Section de l'élément BLC $120 \times 420 \text{ mm}^2$

Classe de résistance GL 24.

FIN