

Cet article est le 11^e (et dernier) d'une série dédiée au calcul au feu des éléments de structure mixtes acier-béton par valeurs tabulées. Il complète le texte consacré [aux poteaux mixtes en profil creux en acier rempli de béton](#).

- [Valeurs tabulées #1 - Introduction](#)
- [Valeurs tabulées #2 - Dalles mixtes](#)
- [Valeurs tabulées #3 - Béton isolation thermique](#)
- [Valeurs tabulées #4 - Poutres enrobage partiel](#)
- [Valeurs tabulées #5 - Poutre enrobage partiel : exemple](#)
- [Valeurs tabulées #6 - Poteaux enrobage partiel](#)
- [Valeurs tabulées #7 - Poteaux enrobage partiel: exemple](#)
- [Valeurs tabulées #8 - Poteaux enrobage total](#)
- [Valeurs tabulées #9 - Poteaux enrobage total: exemple](#)
- [Valeurs tabulées #10 – Poteaux mixtes en profil creux en acier rempli de béton](#)

Exemple d'application

Dans cet exemple, on doit vérifier la résistance au feu d'un poteau situé dans un bâtiment de bureaux, dont la structure possède un système de contreventement indépendant. Le poteau est déjà dimensionné à froid avec la section transversale indiquée sur la Figure 1. Les autres données sont les suivantes :

- Nuance d'acier du tube : S275 ;
- Qualité de béton : C40/50 ;
- Nuance d'acier des armatures : S500 ;
- Durée de résistance au feu exigée : 60 minutes ;
- Effet des actions en situation d'incendie :
 - Effort normal 1 600 kN
 - Moment de flexion autour de l'axe y 62 kN m
 - Moment de flexion autour de l'axe z 85 kN m
- Moments de flexion constants sur la longueur du poteau ;
- Structure contreventée et poteau continu sur plusieurs étages ;
- Hauteur d'étage : 4 m.

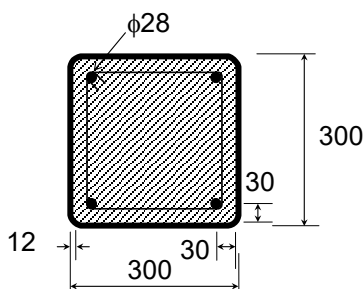


Figure 1 : Section transversale du poteau étudié (mm)

Evidemment, il s'agit d'un poteau soumis non seulement à un effort normal mais aussi à des moments de flexion. Il faut donc suivre les étapes qui suivent pour la vérification de sa résistance au feu.

Calcul de la capacité portante R_d

On doit tout d'abord déterminer la résistance au flambement N_{Rd} . Conformément à la norme NF EN 1994-1-2, une limite d'élasticité de 235 MPa est utilisée pour le tube, et la longueur de flambement du poteau ℓ_{cr} est prise égale à 4 m conformément à la Figure 1.

De plus, l'épaisseur du tube est prise en compte jusqu'à concurrence du maximum de $h/25$ et $b/25$. La section étant carrée, les rapports h/e et b/e sont tous deux égaux à $300/12 = 25$. L'épaisseur du tube est donc totalement prise en compte.

Par ailleurs, la contribution des barres longitudinales n'est prise en compte que pour la part du pourcentage $A_s / (A_c + A_s)$ inférieure ou égale à 3 %. Or, le pourcentage d'armatures avec $4\phi 28$ est :

$$\frac{14 \times 14 \times \pi \times 4}{(300 - 12 \times 2) \times (300 - 12 \times 2)} \% = 3,23\%$$

De ce fait, le diamètre des armatures est réduit pour obtenir un pourcentage de 3 %.

En suivant la méthode de calcul donnée dans la norme NF EN 1994-1-1, on obtient :

- Résistance de la section transversale à la charge axiale :
 $N_{pl,Rd} = 6,21 \times 10^3 \text{ kN}$
- Les effets des charges à long terme ne sont pas pris en compte ;
- La section étant carrée, et la distance à l'axe des barres d'armatures étant la même dans les deux directions orthogonales, la résistance au flambement du poteau est la même suivant les deux axes ;
- Rigidité efficace de la section transversale :
 $(EI)_{eff,y} = (EI)_{eff,z} = 55,47 \times 10^3 \text{ kN m}^2$
- Résistance caractéristique de la section transversale :
 $N_{pl,Rk} = 7,35 \times 10^3 \text{ kN}$
- Charge de flambement élastique du poteau :
 $N_{cr,y} = N_{cr,z} = 34,22 \times 10^3 \text{ kN} \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = 0,463$
- Coefficient de réduction de la résistance au flambement du poteau :
 $\chi_y = \chi_z = 0,935$
- Résistance au flambement du poteau :
 $N_{Rd} = \chi_z \times N_{pl,Rd} = 0,935 \times 6,21 \times 10^3 = 5,81 \times 10^3 \text{ kN}$
- Moment résistant plastique de la section transversale :
 $M_{pl,y,Rd} = M_{pl,z,Rd} = 471,63 \text{ kN m.}$

La courbe d'interaction entre les moments et l'effort normal correspondante est donnée à la Figure 2.

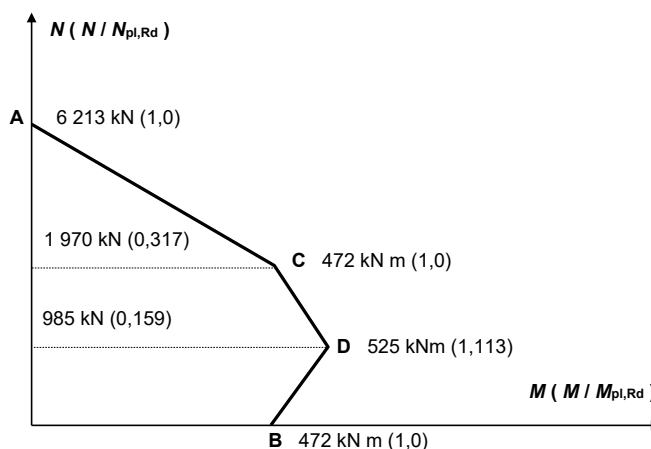


Figure 2 : Courbe d'interaction compression – flexion uniaxiale

- $\mu_{dy} = \mu_{dz} = 1,043$.

Calcul du niveau de chargement $\eta_{fi,t}$

Le niveau de chargement est calculé de la manière suivante, en tenant compte des effets du second ordre et d'une imperfection géométrique de $L/300$, conformément à la norme NF EN 1994-1-1 :

- Rigidité efficace de la section transversale :
 $(EI)_{\text{eff},y,II} = (EI)_{\text{eff},z,II} = 48,48 \times 10^3 \text{ kN m}^2$
- Charge de flambement élastique du poteau :
 $N_{\text{cr},y,\text{eff}} = N_{\text{cr},z,\text{eff}} = 29,90 \times 10^3 \text{ kN}$
- Facteur multiplicateur des moments fléchissants (constants sur la hauteur du poteau) :
 $k_y = k_z = 1,162$

- Compression et flexion suivant l'axe fort combinées :

$$M_{y,fi,II} \leq 0,9\mu_{dy}M_{pl,y,Rd} \Rightarrow \eta_{fi,t}(1) = \frac{k_y \times (M_{y,fi,Ed} + N_{fi,d} \times L/300)}{0,9\mu_{dy}M_{pl,y,Rd}}$$

$$\eta_{fi,t}(1) = \frac{1,162 \times (62 + 1600 \times 4/300)}{0,9 \times 1,043 \times 471,63} = 0,219 \leq 1,0$$

- Compression et flexion suivant l'axe faible combinées :

$$M_{z,fi,II} \leq 0,9\mu_{dz}M_{pl,z,Rd} \Rightarrow \eta_{fi,t}(2) = \frac{k_z \times (M_{z,fi,Ed} + N_{fi,d} \times L/300)}{0,9\mu_{dz}M_{pl,z,Rd}}$$

$$\eta_{fi,t}(2) = \frac{1,162 \times (85 + 1600 \times 4/300)}{0,9 \times 1,043 \times 471,63} = 0,279 \leq 1,0$$

- Compression et flexion biaxiale combinées :

$$\frac{M_{y,fi,II}}{\mu_{dy}M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,fi,II}}{\mu_{dz}M_{pl,z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\Rightarrow \eta_{fi,t}(3) = \frac{k_y \times (M_{y,fi,Ed} + N_{fi,d} \times L/300)}{0,9\mu_{dy}M_{pl,y,Rd}} + \frac{k_z \times (M_{z,fi,Ed} + N_{fi,d} \times L/300)}{0,9\mu_{dz}M_{pl,z,Rd}}$$

$$\eta_{fi,t}(3) = \frac{1,162 \times (62 + 1600 \times 4/300)}{1,043 \times 471,63} + \frac{1,162 \times (85 + 1600 \times 4/300)}{0,9 \times 1,043 \times 471,63}$$

$$\eta_{fi,t}(3) = 0,448 \leq 1,0.$$

On obtient ainsi le niveau de chargement maximum de $0,448 \leq 0,66$, valeur maximale pour appliquer la méthode des valeurs tabulées à ce type de poteau.

Vérification de la section transversale

Selon le [Tableau 1 de l'article précédent](#), pour un niveau de chargement $\eta_{fi,t}$ compris entre 0,28 et 0,47, la dimension minimale de la section doit être d'au moins 260 mm. Cette condition est remplie.

En ce qui concerne les armatures longitudinales, conformément au Tableau 1, le pourcentage minimum pour ce poteau est de 3 %. Or le pourcentage d'armatures réel est de 3,23 % (voir ci-dessus). Cette deuxième condition est donc également satisfaite.