

# Exemple de l'EN 1993-1-2 : Poteau avec charge axiale

P. Schaumann, T. Trautmann

University of Hannover – Institute for Steel Construction, Hannover, Germany

## 1 OBJECTIF

Dans l'exemple suivant, un poteau métallique d'un bâtiment de type grand magasin sera dimensionné pour satisfaire une exigence de résistance au feu. Le poteau, d'une hauteur de 3 m, fait partie d'un étage intermédiaire d'une ossature contreventée. Les assemblages de continuité entre poteaux de différents étages sont de type rigide. En situation d'incendie, la longueur de flambement du poteau peut être réduite comme indiqué sur la figure 1. Le poteau est soumis à une charge de compression axiale et exposé à l'incendie suivant ses quatre faces. Il est protégé contre l'incendie en caisson avec plaques de plâtre. La résistance au feu requise pour le poteau est R90.

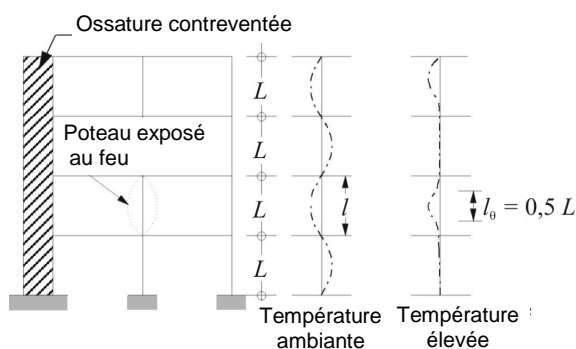


Figure 1 : Longueur de flambement des poteaux dans les ossatures contreventées

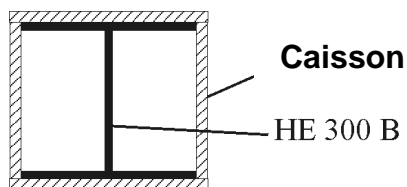


Figure 2 : Section transversale du poteau

Caractéristiques géométriques et de matériaux :

Poteau :

Profilé :

Section laminée HEB 300

Nuance de l'acier : S 235  
 Classe de la section : 1  
 Limite d'élasticité :  $f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$   
 Aire de la section :  $A_a = 149 \text{ cm}^2$   
 Module d'élasticité :  $E_a = 21,000 \text{ kN/cm}^2$   
 Moment d'inertie :  $I_a = 8560 \text{ cm}^4$  (axe faible)

Protection en caisson :

Matériau : Plaque de plâtre  
 Epaisseur :  $d_p = 15 \text{ mm}$

Charges :

Charges permanentes :  $G_k = 1200 \text{ kN}$   
 Charges variables :  $P_k = 600 \text{ kN}$

## 2 RESISTANCE AU FEU DU POTEAU

### 2.1 Actions mécaniques en situation d'incendie

EN 1991-1-2

La situation accidentelle est utilisée pour la combinaison des actions mécaniques en situation d'incendie :

$$E_d = E \left( \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right)$$

§ 4.3

Le coefficient de combinaison pour les actions variables principales pour les bâtiments de type commerce est  $\psi_{1,1}=0,7$ . Par conséquent, la charge de calcul en situation d'incendie est :

$$N_{fi,d} = 1,0 \cdot 1200 + 0,7 \cdot 600 = 1620 \text{ KN}$$

### 2.2 Calcul de la température maximale de l'acier

EN 1993-1-2

La température du poteau est calculée conformément à l'EN 1993-1-2 en fonction du facteur de massiveté de l'élément.

Pour un élément protégé en caisson, le facteur de massiveté est donné par l'expression suivante :

$$\frac{A_p}{V} = \frac{2 \cdot (b + h)}{A_a} = \frac{2 \cdot (30 + 30) \cdot 10^2}{149} = 81 \text{ m}^{-1}$$

§ 4.2.5.2

En utilisant l'abaque donné dans le procès verbal qualifiant la protection rapporté au poteau, la température maximale  $\theta_{a,max,90}$  du poteau après 90 minutes d'exposition au feu conventionnel est :

$$\theta_{a,max,90} \approx 500 \text{ °C}$$

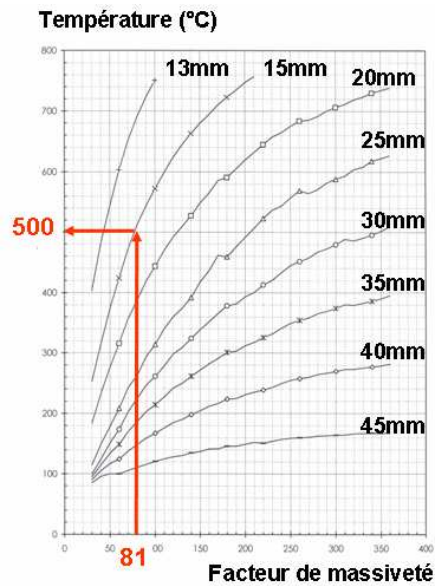


Figure 3 : Détermination de la température maximale dans l'acier

### 2.3 Vérification par la méthode de la température critique

EN 1993-1-2

Une méthode pratique pour la vérification de la résistance au feu d'un élément est celle relative au domaine des températures. Dans cette méthode, on considère que la résistance au feu de l'élément est assurée si la température de l'élément, après une certaine durée d'exposition au feu, est inférieure à sa température critique.

Toutefois, dans le cas d'un élément pour lequel les problèmes d'instabilité doivent être pris en compte (élément comprimé, élément fléchi et comprimé...), ce qui est le cas ici, cette méthode ne s'applique pas.

§ 4.2.4

### 2.4 Vérification de la résistance mécanique

La vérification de la résistance mécanique en situation d'incendie est réalisée en considérant la capacité portante à l'état ultime plastique.

La méthode consiste à vérifier que la fonction porteuse de l'élément de structure est assurée pendant toute la durée de l'exposition au feu :

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

§ 2.4.2

Dans cet exemple, la vérification doit être effectuée avec les efforts axiaux, c'est-à-dire :

$$N_{fi,d} \leq N_{b,fi,t,Rd}$$

La résistance de calcul en situation d'incendie au temps t est calculée de la manière suivante:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot A_a \cdot k_{y,\theta,\max} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

§ 4.2.3.2

Les facteurs de réduction  $k_{y,\theta}$  et  $k_{E,\theta}$  pour la limite d'élasticité et pour le module d'élasticité de l'acier sont déterminés en fonction de la température à par-

tir du tableau 3.1 du EN 1993-1-2. Pour les valeurs de température de l'acier intermédiaires, une interpolation linéaire peut être utilisée.

Pour la température  $\theta_{a,max,90} = 500$  °C, on obtient :

$$k_{y,445^{\circ}C} = 0,78$$

§ 3.2.1

$$k_{E,445^{\circ}C} = 0,60$$

Le coefficient de réduction pour le flambement  $\chi_{fi,\theta}$  doit être déterminé en fonction de l'élancement réduit en situation d'incendie défini par :

$$\lambda_{fi,\theta} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{k_{y,\theta} / K_{E,\theta}} = 0,25 \cdot \sqrt{0,78 / 0,6} = 0,29$$

§ 4.2.3.2

Où :

EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda} = L_{Kz} / (i_z \cdot \lambda_a) = 300 / (13,0 \cdot 93,9) = 0,25$$

§ 6.3.1.3

En fonction de l'élancement réduit, le coefficient de réduction pour le flambement par flexion  $\chi_{fi,\theta}$  peut être calculé de la manière suivante :

EN 1993-1-2

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,29^2}} = 0,83$$

§ 4.2.3.2

Où :

$$\varphi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot \bar{\lambda} + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,65 \cdot 0,29 + 0,29^2] = 0,64$$

et

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{235 / f_y} = 0,65 \cdot \sqrt{235 / 235} = 0,65$$

La résistance de calcul au flambement est alors :

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,83 \times 149 \times 0,78 \times 23,5 / 1,0 = 2278 \text{ kN}$$

Vérification :

La résistance au feu est assurée si cette résistance est supérieure à la charge pondérée au cas accidentel de l'incendie :

$$N_{fi,d} / N_{b,fi,t,Rd} = 1620 / 2278 = 0,62 < 1 \quad \text{Condition satisfaite}$$

## References

- EN 1991, *Eurocode 1: Actions sur les structures – Partie 1-2: Actions générales – Actions sur les structures exposée au feu*, Bruxelles: CEN, Novembre 2002.
- EN 1993, *Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-1: Règles générales*, Bruxelles: CEN, Mai 2002.
- EN 1993, *Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-2: Règles générales – Calcul du comportement au feu*, Bruxelles: CEN, Novembre 2002.