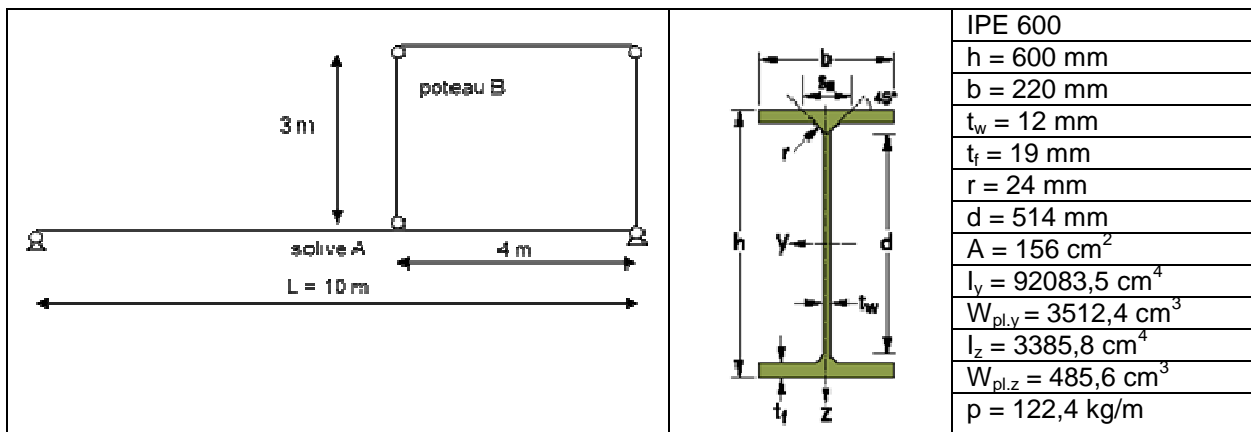


Durée : 2 heures – documents autorisés

La correction tiendra compte de la clarté des explications, et surtout des justifications lors de l'utilisation des formules. Seules les notations conformes à l'Eurocode 4 devront être utilisées. Pensez à vérifier les caractéristiques mécaniques de vos éléments. **Les exercices peuvent être traités indépendamment.**

Un bâtiment de stockage est réalisé en construction mixte. Votre travail va consister à réaliser une partie de l'étude de deux éléments de structure.



1) Etude de la solive mixte A

Données :

Les solives sont des poutrelles laminées IPE 600 en acier S355 (norme NF $\gamma_{M0} = 1.0$). Ces poutres secondaires reprennent les efforts du plancher et celles provenant d'un poteau et transmettent les efforts à leurs extrémités, de manière isostatique sur les poutres principales. Elles sont espacées de 3 m.

Le plancher est une dalle béton armé pleine de 16 cm d'épaisseur qui repose de manière isostatique sur les solives.

Le béton utilisé est un béton de classe C25/30. L'ensemble des charges de finition, revêtement, cloisonnement et équipements permanents représente une charge surfacique de 400 kg/m^2 . La charge d'exploitation de ce local de stockage est de 500 kg/m^2 .

La descente de charge non pondérée venant du poteau se décompose en une charge permanente (on pourra négliger le poids propre du poteau) de 20 tonnes et une charge exploitation de 15 tonnes.

La connexion sera assurée par des goujons à tête en acier de résistance ultime $f_u = 510 \text{ MPa}$, soudés à travers la tôle sur la semelle supérieure de l'IPE : $\phi_{\text{goujon}} = 19 \text{ mm}$, $h = 120 \text{ mm}$.

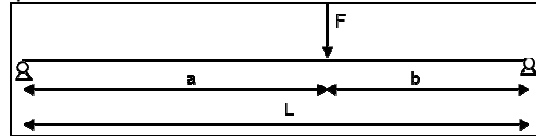
- 1) Analyse mécanique de la solive courante
 - a) Déterminer la largeur participante.
 - b) Calculer la position de l'axe neutre plastique et le moment plastique résistant de la section mixte.
- 2) Vérifications aux E.L.U.
 - a) Calculer le moment fléchissant de sollicitation maximal en précisant dans quelle section il se situe. Vérifier la résistance de la section mixte à la flexion.
 - b) Déterminer la valeur de l'effort tranchant maximal et préciser dans quelle section il se situe. Vérifier la résistance à l'effort tranchant (on considérera qu'il n'y a pas de risque de voilement).
- 3) Connexion entre la dalle mixte et le profilé
 - a) Calculer la résistance de calcul des goujons utilisés.
 - b) Déterminer le nombre (1 seul goujon pour une section donnée) et la répartition des connecteurs en connexion complète le long de la poutre (on disposera un connecteur à chaque extrémité de la poutre). Proposer un dimensionnement en connexion partielle si cela est pertinent.

4) Vérifications aux E.L.S. : Calculs de flèche à mi-travée sous charge d'exploitation

Calculer la flèche à mi-travée δ_2 sous charges d'exploitation conformément à la connexion définie précédemment. On considèrera, si l'on est en connexion partielle, que la poutre est non étayée. Vérifier que la valeur obtenue respecte la valeur limite δ_{2max} de définie par l'EC3.

Rappel :

- Flèche d'une poutre isostatique soumise à une charge ponctuelle F :



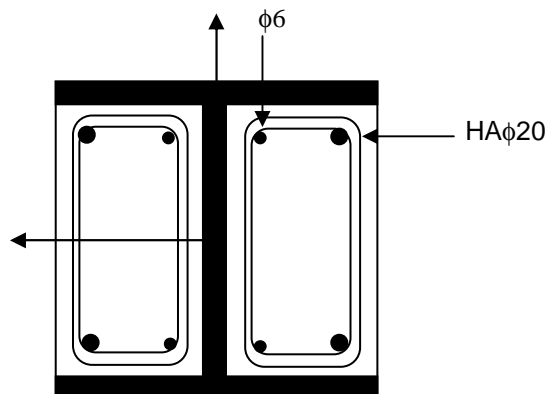
pour $x < a$: $\delta = \frac{Fbx}{6EI} (L^2 - b^2 - x^2)$

- Flèche maximale à mi-travée d'une poutre isostatique soumise à une charge uniformément répartie q :

$$\delta = \frac{5q\ell^4}{384EI}$$

2) **Etude du poteau B aux E.L.U. en compression simple uniaxiale**

On étudie le poteau mixte B bi-articulé isolé du bâtiment de 3 m de hauteur, constitué d'un profilé de type HEB320 S235, de béton de classe C25/30, et de 4 armatures HA ϕ 20 en acier S500, de 4 aciers de montage ϕ 6 et de cadres ϕ 6 espacés tous les 20 cm sur toute la hauteur du poteau. L'enrobage est de 3 cm par rapport à la côte extérieure des cadres. Le coefficient de fluage est de 2,4.



Caractéristiques du profilé HEB320

h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	A _a (cm ²)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	W _{ply} (cm ³)	W _{plz} (cm ³)	p (kg/m)
320	300	11,5	20,5	27	225	161,3	30820	9239	2149	939,1	127

Vérifier la résistance en compression axiale du poteau aux E.L.U. par application de la méthode simplifiée (EN1994-1-1, art. 4.8.3). On supposera que la méthode est applicable (ne pas justifier).

Hypothèses :

- poteau faisant partie d'une structure considérée comme rigide,
- imperfections géométriques négligées,
- on prendra $L_f = L$ par sécurité.

Quel commentaire pouvez-vous faire suite à cette vérification ?

Eléments de correction Examen Construction Mixte Acier-Béton 2013-14

1) Etude de la solive mixte A

1) Analyse mécanique de la solive courante

$$b_{\text{eff}} = 2,5\text{m}$$

$$f_y = 345\text{ MPa}$$

$$F_a = 5,382\text{ MN}$$

$$F_c = 5,667\text{ MN}$$

$$F_c > F_a, \text{ ANP dans la dalle} \Rightarrow \text{section mixte classe 1} \Rightarrow z = 0,152\text{ m} \Rightarrow M_{\text{pl,Rd}} = 2\,067\text{ kN.m}$$

2) Vérifications aux E.L.U.

a) On décompose les 2 cas de charges en appliquant le théorème de superposition.

Traiter l'effort tranchant (notamment pour vérifier section où $V=0$ et M_{max}) puis moment flechissant

Charges linéiques :

$$\text{permanentes } g = 25,22\text{ kN/m}$$

$$\text{exploitation : } q = 15\text{ kN/m}$$

$$p_{\text{ELU}} = 56,6\text{ (combinaison ELU STR)}$$

$$F_{\text{ELU}} = 495\text{ kN (combinaison ELU STR)}$$

$$V_{\text{Ed}} = 580\text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed}} = M_{\text{max}} (x=6\text{m}) = 1867\text{ kN.m}$$

$$\text{b) } A_{v1} = 83,8\text{ cm}^2 \text{ et } A_{v1} = 80,9\text{ cm}^2$$

$$V_{\text{pl,Rd}} = 1\,669\text{ kN} > V_{\text{Ed}}$$

3) Connexion entre la dalle mixte et le profilé

$$\text{a) } P_{\text{RD1}} = 73,7\text{ kN et } P_{\text{RD2}} = 90,7\text{ kN}$$

$$V_1 = 5382\text{ kN}$$

$$N_f = 73\text{ connecteurs}$$

Longueurs critiques $L_{\text{AB}} = 6\text{ m}$ et $L_{\text{BC}} = 4\text{ m}$

sur AB espacement de 8,3 cm

sur BC espacement de 5,5 cm

Connexion partielle pertinente

dalle pleine $(N/N_f)_{\text{lim}} = 0,54$

$$M_{\text{apl,Rd}} = 1\,211,8\text{ kN.m}$$

$$N/N_f > 0,77$$

d'où degré de connexion applicable au minimum de 0,77 \Rightarrow 56 connecteurs. En déduire les espacements sur chaque longueur critique....

4) Vérifications aux E.L.S. : Calculs de flèche à mi-travée sous charge d'exploitation

$z_a = 460\text{ mm}$ et $\alpha = 6,77$ (charge d'exploitation, bâtiment de stockage)

$$A_a(z_a - h_c) = 4\,680\text{ cm}^3$$

$$b_{\text{eff}} \cdot h_c^2 / 2\alpha = 4\,723,81\text{ cm}^3 \text{ ANE dans la dalle} \Rightarrow z = 159\text{ mm}$$

$$I_h = 2,829 \cdot 10^{-3}\text{ m}^4$$

Flèche à mi-travée sous charges d'exploitation pour le profilé seul :

- sous charge répartie q : $\delta_{aq} = 10,1\text{ mm}$
- sous charge répartie Q : $\delta_{aQ} = 15,3\text{ mm}$, donc total de 25,3 mm

Flèche à mi-travée sous charges d'exploitation pour la section mixte en connexion complète :

- sous charge répartie q : $\delta_{cq} = 3,3\text{ mm}$
- sous charge répartie Q : $\delta_{cQ} = 5,0\text{ mm}$, donc total de 8,3 mm

Flèche à mi-travée sous charges d'exploitation pour la section mixte en connexion partielle avec $\alpha=1$ pour

$L=10\text{m}$: $\delta_q = 9,8\text{ mm}$

Flèche admissible plancher en général : $L/300\text{ mm} = 33,3\text{ mm}$ OK (même sans connexion, la condition est respectée)

2) Etude du poteau B aux E.L.U. en compression simple uniaxiale

Caractéristiques géométriques et mécaniques :

$$f_y = 225\text{ MPa}$$

$$\bullet \text{ Profilé : } A_a = 161,3\text{ cm}^2, E_a = 210\,000\text{ MPa}, I_{az} = 9239\text{ cm}^4$$

$$\bullet \text{ Armatures : } A_s = 12,57\text{ cm}^2, E_s = 210\,000\text{ MPa}, I_{sz} = Sd_s^2 = 1,359 \cdot 10^{-5}\text{ m}^4$$

$$\bullet \text{ Béton : } A_c = 786,1\text{ cm}^2, E_{\text{cm}} = 31\,000\text{ MPa}, I_{cz} = 6,140 \cdot 10^{-4}\text{ m}^4$$

$$N_{pl,Rd} = 5,289 \text{ MN et } N_{pl,R} = 5,928 \text{ MN}$$

$$N_{G,Ed} = 1,35G = 0,270 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 1,35G + 1,5Q = 0,495 \text{ kN}$$

$$E_{ceff} = = 33000 \cdot 1/(1 + 2,4 \times 0,545) = 13\,432 \text{ MPa}$$

$$\text{Rigidité : } (EI)_e = E_a I_a + E_s I_s + 0,6 E_{ceff} I_c = 27,21 \text{ MN.m}^2$$

$$\text{Charge élastique critique d'Euler : } N_{cr} = 29,83 \text{ MN avec } L_f = L$$

$$\text{Elancement réduit : } \bar{\lambda} = 0,446 < 2$$

Résistance au flambement en compression axiale :

$$\text{Coefficient d'imperfection } \alpha = 0,49$$

$$\phi = 0,625 \text{ et } \chi = 0,941 \quad \chi \cdot N_{pl,Rd} = 4,977 \text{ MN} > N_{Ed} = 0,495 \text{ MN}$$