

SOMMAIRE

1.	OBJET	3
2.	DOMAINE D'APPLICATION	5
3.	PRÉSENTATION SUCCINCTE SUR LA CONCEPTION ET LE CALCUL DES POUTRES MIXTES	7
3.1	Généralités sur les planchers	7
3.2	Rappels sur les actions et les matériaux aux états limites	14
3.3	Matériaux	19
3.4	Concepts utiles au dimensionnement des poutres mixtes	22
3.5	Méthodes d'analyse globale des poutres mixtes	28
3.6	Vérifications à effectuer aux ELU pour une poutre mixte	33
3.7	Résistance des sections en flexion	34
3.8	Résistance des sections à l'effort tranchant – Interaction avec le moment résistant	43
3.9	Vérification aux ELU de la stabilité au déversement	46
3.10	Vérification aux ELU de la connexion acier-béton	52
3.11	Vérification aux ELS	64
4.	EXEMPLES DE CALCUL	69
4.1	Description du bâtiment	69
4.2	Valeurs de charges communes	72
4.3	Dimensionnement d'une poutre mixte isostatique en té (exemple 1)	72
4.4	Dimensionnement d'une poutre mixte isostatique en té avec profilé enrobé (exemple 2)	87
4.5	Dimensionnement d'une poutre mixte continue à trois travées (exemple 3)	97
5.	RÉFÉRENCES	157

■ Actions à considérer pour le dimensionnement d'une poutre mixte

• Au stade du montage

Les actions qui s'exercent sur la structure sont les suivantes :

- poids propre de la poutre métallique : G_1 ;
- poids propre de la dalle : G_2 ;
- charge de chantier : Q_m ; cette charge, qui correspond par exemple à une accumulation locale de béton lors du coulage de la dalle, est temporaire ;
- action du vent au montage : $Q_{m,w}$. Il s'agit de l'action directe ou indirecte du vent sur les profilés.

• Au stade définitif

Les actions qui s'exercent sur la structure sont les suivantes :

- poids propres : $G_1 + G_2$;
- réactions des étais éventuels : R . L'opération d'étalement peut permettre de soulager la poutrelle métallique en phase de montage ; en revanche, les réactions des étais sont à prendre en compte dans les actions qui s'appliquent à la poutre au stade définitif, du moins pour une analyse élastique de celle-ci ; ces réactions sont calculées au stade de montage sous l'action du poids propre $G = G_1 + G_2$;
- poids des équipements et accessoires : G_3 ;
- charge d'exploitation du plancher : Q ;
- action de la neige : Q_s ;
- action du vent au stade définitif : Q_w .

Remarque

1. L'action de la température sur les éléments mixtes de bâtiment dont toutes les sections sont de classe 1 ou 2 et qui ne sont pas sujets au déversement n'est pas à considérer dans l'analyse aux états limites ultimes autres que la fatigue (paragraphe 5.4.2.5 (2) de l'EN 1994-1-1 [1]).

2. De même (cf. paragraphe 5.4.2.2 (7) de l'EN 1994-1-1 [1]), les effets isostatiques et hyperstatiques du retrait et du fluage du béton peuvent être négligés dans l'analyse relative aux vérifications aux états limites ultimes autres que la fatigue pour les éléments mixtes dont toutes les sections sont de classe 1 ou 2 et qui ne sont pas sujets au déversement (il en va différemment pour les états limites de service).

3. Les réactions d'étalement induisant un état d'autocontrainte n'influencent pas la charge limite plastique d'une poutre mixte de bâtiment.

4. L'action du vent n'est pas à considérer pour le dimensionnement d'une poutre de bâtiment lorsque celui-ci est muni d'un système de contreventement disposé dans le même plan que celui de la poutre.

4.2 Valeurs de charges communes

En plus des charges permanentes des poids propres de la dalle et des poutres, on considère ici une charge de finition intérieure (cloison, plafond et revêtement de sol), prise conformément au cas des cloisons mobiles de poids propre $\leq 3,0 \text{ kN/m}$ (cf. 6.3.1.2 (8) de EN 1991-1-1 [6]) :

$$g_{fi} = (1,2 \text{ kN/m}^2) \times B = (1,2 \text{ kN/m}^2) \times 3,5 \text{ m} = 4,2 \text{ kN/m}.$$

Par ailleurs, les charges variables ont les valeurs suivantes :

- charge caractéristique d'exploitation en service normal prise égale à une valeur usuelle pour un plancher de catégorie C (cf. tableau 6.2 de l'Annexe Nationale de l'EN 1991-1-1 [6]), soit :

$$q_k^{(e)} = (3,0 \text{ kN/m}^2) \times B = (3,0 \text{ kN/m}^2) \times 3,5 \text{ m} = 10,5 \text{ kN/m} ;$$

- surcharge de chantier durant la phase de montage :

$$q_m^{(e)} = (0,8 \text{ kN/m}^2) \times B = (0,8 \text{ kN/m}^2) \times 3,5 \text{ m} = 2,8 \text{ kN/m}.$$

À noter qu'aucune valeur précise n'est indiquée dans l'Eurocode 4 pour la construction des planchers. Sur la base de l'Eurocode 1, la valeur de la surcharge de chantier est prise égale à $0,8 \text{ kN/m}^2$ dans cet exemple, donc légèrement inférieure à la valeur $1,0 \text{ kN/m}^2$ préconisée (cf. 4.11 de l'EN 1991-1-6 [6]).

4.3 Dimensionnement d'une poutre mixte isostatique en té (exemple 1)

Cet exemple de poutre mixte concerne les vérifications du dimensionnement d'une des solives (ou d'une poutre intermédiaire longitudinale) du bâtiment, donc d'une poutre isostatique que l'on peut considérer simplement appuyée à ses deux extrémités (cf. figure 4.4).

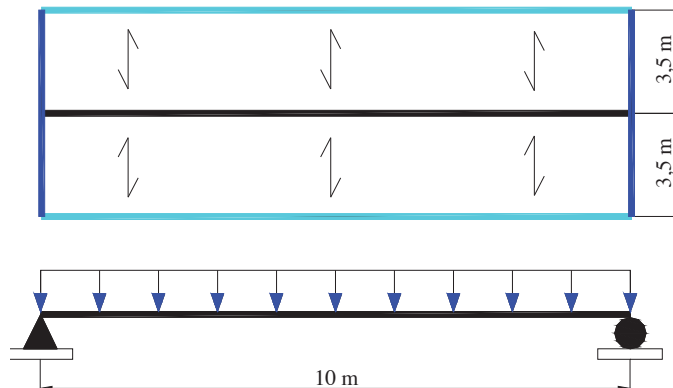


Figure 4.4 : Schéma de calcul de la poutre.

■ Caractéristiques du profilé IPE360

- Les dimensions du profilé sont :
 - hauteur hors-tout : $h_a = 360$ mm ;
 - largeur des semelles : $b_f = 170$ mm ;
 - épaisseur de l'âme : $t_w = 8,0$;
 - épaisseur des semelles : $t_f = 12,7$ mm ;
 - rayon du congé d'âme-semelle : $r = 18$ mm.
- L'aire de la section en acier est :
 $A_a = 0,7273 \times 10^{-2}$ m².
- L'aire de la section reprenant l'effort tranchant (donnée par les catalogues de profilés européens) est :
 $A_v = 0,3514 \times 10^{-2}$ m².
- Le moment d'inertie de la section selon l'axe fort est :
 $I_{a,y} = 1,627 \times 10^{-4}$ m⁴.
- Le moment d'inertie de la section selon l'axe faible est :
 $I_{a,z} = 1,043 \times 10^{-5}$ m⁴.
- Le rayon de giration selon l'axe faible de la section est :
 $i_{a,z} = 37,9$ mm.

■ Actions verticales sur la poutre

Les charges permanentes sont données par :

- Le poids propre du plancher en béton (par mètre linéaire) :

$$g_f = B \times \left[h_c + \left(\frac{b_0}{e_0} \right) h_p \right] \times \gamma_c = 8,37 \text{ kN/m.}$$

Remarque

Le poids volumique ϖ_c du béton normal est de 24 kN/m³, mais pour tenir en compte de l'armature, on adopte généralement : $\varpi_c = 25$ kN/m³.

- Le poids propre de la poutre en acier :

$$g_s = A_a \times \varpi_a = 0,57 \text{ kN/m.}$$

Remarque

Le poids volumique de l'acier est $\varpi_a = 78,5$ kN/m³.

Les autres actions verticales sur la poutre ont été données en 4.2.

4.5 Dimensionnement d'une poutre mixte continue à trois travées (exemple 3)

4.5.1 Données

■ Poutre mixte étudiée

Cet exemple porte sur l'une des poutres mixtes intermédiaires, reposant sur quatre appuis, que l'on peut considérer comme une poutre continue à trois travées de portée $L = 7$ m (cf. figures 4.2 et 4.10).

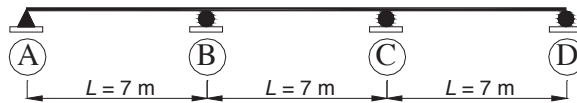


Figure 4.10 : Schéma de calcul de la poutre.

L'espacement entre les poutres continues est : $B = 10$ m (cf. figure 4.2) et pour mémoire, on a au milieu de chaque travée de la poutre continue une charge concentrée exercée par les solives transversales de part et d'autre de la poutre.

L'entraxe des solives est : $B_{\text{sol}} = \frac{L}{2} = 3,5$ m.

La dalle mixte a déjà été définie, avec ses armatures, dans l'exemple 1, mais en notant que maintenant les ondes de la tôle profilée sont parallèles à l'axe longitudinal de la poutre continue (figure 4.11).

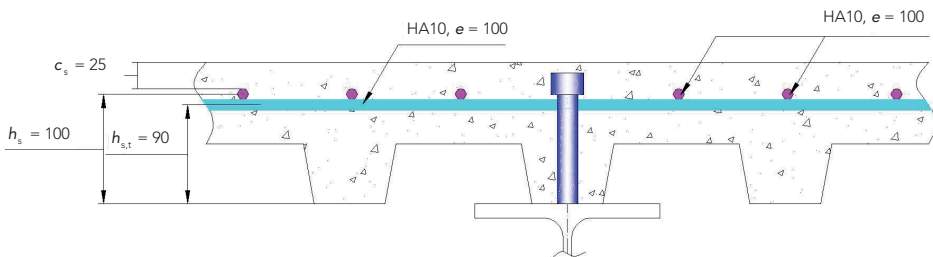


Figure 4.11 : Détail de la dalle mixte.

■ Poutre en acier

Pour mémoire, la poutre en acier est un profilé IPE360, de nuance S235, dont les caractéristiques ont été données à l'exemple 1.

■ Analyse globale

On peut envisager, avec les valeurs $P_{d,m}$ et $G_{d,m}$ (au lieu de P_d et G_d), cinq possibilités de chargement numérotées de façon identique à celle du calcul aux ELU dans la phase définitive de construction (cf. 4.5.3.2). Les diagrammes du moment fléchissant et de l'effort tranchant, déduits de l'analyse élastique classique, sont donnés aux figures 4.31 à 4.35 pour les cinq cas de chargement.

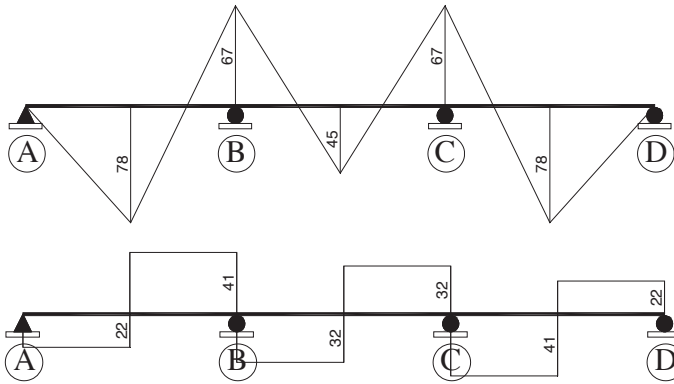


Figure 4.31 : Diagrammes du moment fléchissant et de l'effort tranchant pour le cas de chargement 1.

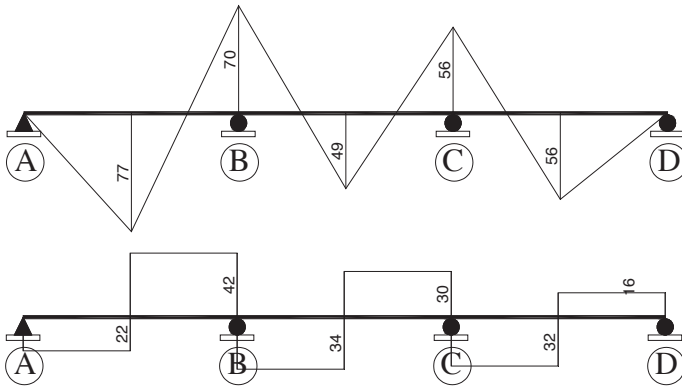


Figure 4.32 : Diagrammes du moment fléchissant et de l'effort tranchant pour le cas de chargement 2.