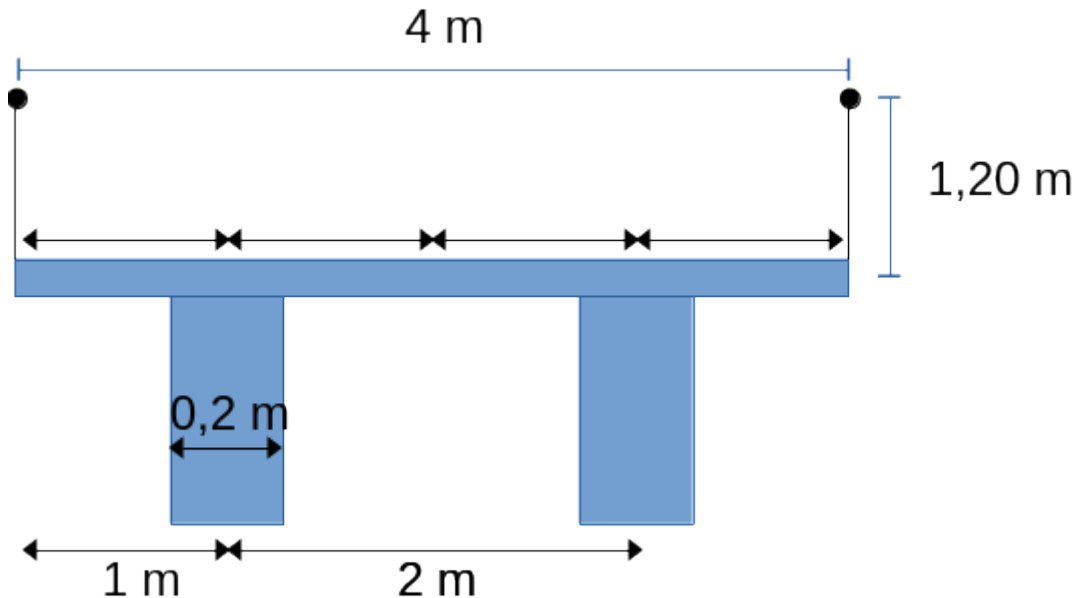


Enoncé TD passerelle en BFUP

On souhaite construire une passerelle de 15 m de portée portant une seule voie de circulation comportant une seule travée isostatique.



Coupe transversale

On dimensionnera dans un premier temps la dalle portée par les deux poutres longitudinales en flexion transversale à l'ELU. On vérifiera le poinçonnement ;

On dimensionnera ensuite la précontrainte par pré-tension des deux poutres longitudinales pour satisfaire les conditions à l'ELS puis on vérifiera l'effort tranchant à l'ELU sur les deux poutres longitudinales.

On supposera la dalle supérieure non connectée aux poutres pour simplifier les calculs.

BFUP : $f_{ck} = 150 \text{ MPa}$, $f_{ctk,el} = 7 \text{ MPa}$, $f_{ctfk} = 8 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 56 \text{ GPa}$, masse volumique 25 kN/m^3

Précontrainte : Torons T 15s de classe 1860 TBR

Effort probable pour un toron après pertes long terme : 170 kN

distance entre torons de 40 mm

distance au bord de 25 mm

Actions, en situation d'exploitation

La dalle, de largeur 4m à son poids propre:

$g = 25 \text{ kN/m}^3$ (masse volumique du BFUP $2,5 \text{ T/m}^3$)

2 barrières pesant chacune 40 kg.m forment les superstructures

On considère une charge d'exploitation de foule de 500 kg/m^2

Une charge linéique répartie de 100 kg.m ou 1 kN/m pourra être appliquée sur la lisse supérieure de la barrière à une hauteur de 2 m

On vérifiera également la résistance du hourdis sous l'action d'une charge ponctuelle de 100 kg ou 1 kN répartie sur une surface carrée de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$.

Combinaisons d'actions

ELS Quasi permanente

$$P_m + G$$

ELS Caractéristique

$$P_m + G + Q$$

ELU

$$P_m + 1,35 G + 1,35 Q$$

Remarque : G correspond aux charges permanentes, soit le poids propre et les superstructures

Limites de contrainte :

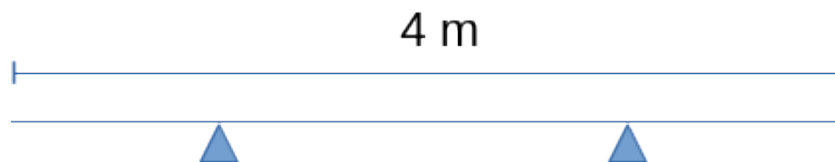
Sous combinaison quasi-permanente : $0 \leq \sigma \leq 0,45 f_{ck}$

Sous combinaison caractéristique : $-f_{ctk,el} \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$

Question 1 – flexion transversale et poinçonnement

Dimensionner l'épaisseur du hourdis supérieur en flexion transversale à l'ELU

On considérera le schéma statique suivant en flexion transversale :



La loi ELU en compression à la forme suivante :

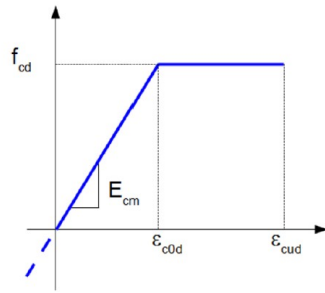
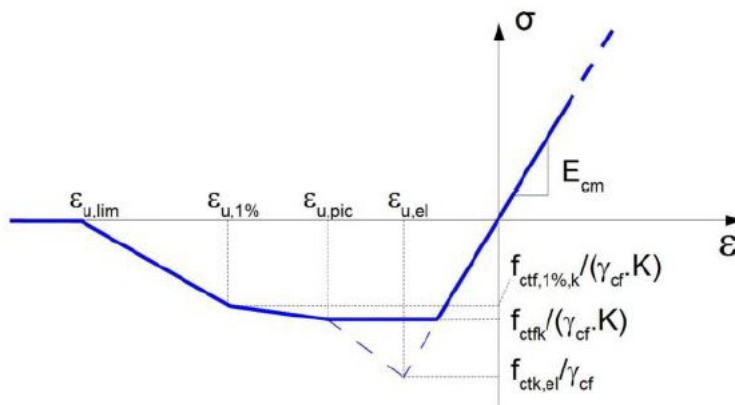


Figure 3.202 — Loi du BFUP en compression pour les calculs aux ELU

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \text{ avec } \alpha_{cc} = 0,85 \text{ et } \gamma_c = 1,5$$

La loi ELU en traction à la forme suivante :



on convertit l'ouverture de fissure w en déformation grâce à la formule $\varepsilon = \frac{w}{L_c}$ où L_c est la hauteur caractéristique égale au deux tiers de la hauteur de l'élément ($L_c = \frac{2}{3} h$)

$$\varepsilon_{u,el} = -\frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}}$$

$\varepsilon_{u,pic} = -\frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}} - \frac{w_{pic}}{L_c}$ avec $w_{pic} = 0,3$ mm (le pic de contrainte en traction est obtenu pour 0,3 mm habituellement avec les BFUP actuels).

$\varepsilon_{u,1\%} = -\frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}} - \frac{w_{1\%}}{L_c}$ avec $w_{1\%} = 0,01 h$ (1 % de la hauteur de l'élément) → ce point sur la courbe peut être omis (on reste sécuritaire).

$\varepsilon_{u,lim} = -\frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}} - \frac{w_{lim}}{L_c}$ avec $w_{lim} = Lf/4$ (on estime que la contrainte est quasi nulle lorsque l'ouverture de fissure atteint le quart de la dimension des fibres).

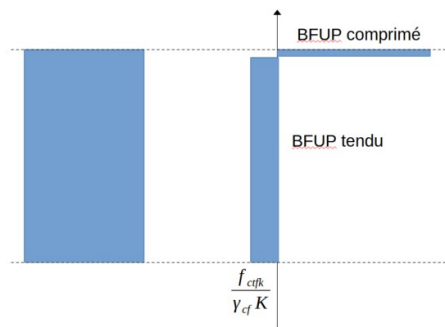
Le coefficient $\gamma_{cf} = 1,3$ (coefficient de sécurité sur la résistance post-fissuration dépendant des fibres).

K est le coefficient d'orientation des fibres (tient compte du fait que les fibres peuvent être moins bien orienté dans l'élément que dans les prismes testés en laboratoire) : $K = 1,25$ ici en effet global (à confirmer en épreuves de convenance.).

Calcul simplifié du moment résistant ultime (non réglementaire)

On peut en première approche considérer que toute la hauteur de la section est tendue à une contrainte de traction de $\frac{f_{ctfk}}{\gamma_{cf} K}$, l'effort de traction étant équilibré par une hauteur quasi négligeable de BFUP comprimé.

Pour tenir compte du fait que cette hauteur n'est pas tout à fait nulle, nous appliquerons un coefficient 0,9 sur le moment résistant ainsi obtenu.



Question 2 : vérification du poinçonnement (ELU)

On doit vérifier que sur un contour de référence situé à une distance égale à $h/2$ de la zone chargée (avec h l'épaisseur de la dalle), la contrainte moyenne de cisaillement τ dans le BFUP doit être inférieure à :

$$\tau_{max} = \frac{0,8}{\gamma_{cf}} \min\left(\frac{f_{ctfk}}{K_{local}}; f_{ctk,el}\right)$$

on retiendra un coefficient d'orientation des fibres local K_{local} égal à 1,75 (à confirmer en épreuve de convenance).

Question 3 – flexion longitudinale – dimensionnement précontrainte

Calculer le moment en QP et en caractéristique.

Dimensionner les poutres longitudinales et leur précontrainte, on considérera que la dalle n'est pas connectée aux poutres longitudinales à titre de simplification.

Question 4 – flexion longitudinale – vérification effort tranchant à l'ELU

Vérifier la résistance à l'effort tranchant à l'ELU en considérant l'effort tranchant sur appui.

La résistance des bielles doit être vérifiée via la formule :

$$V_{Rd,max} = 2,3 \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_C} b_w z f_{ck}^{2/3} \cdot \tan \theta$$

avec z le bras de levier élastique de la section.

θ doit être supérieur à 30°

La résistance des tirants est la somme de 3 termes :

$$V_{rd,c} + V_{rd,s} + V_{rd,f}$$

le 1^{er} terme correspond à la contribution du BFUP :

$$V_{Rd,c} = \frac{0,24}{\gamma_{cf} \gamma_E} k f_{ck}^{1/2} b_w z \text{ pour une section précontrainte non armée,}$$

avec $\gamma_{cf} \gamma_E = 1,5$ et $k = 1 + 3 \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}}$ (σ_{cp} correspond à la contrainte longitudinale moyenne dans la section)

le 2^{ème} terme correspond à la contribution des armatures verticales éventuelles :

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

le 3^{ème} terme correspond à la contribution des fibres

$$V_{Rd,f} = A_{fv} \sigma_{Rd,f} \cot \theta$$

$$\text{avec } A_{fv} = b_w z$$

La contrainte résistante pour l'effort tranchant est égale à :

$$\sigma_{Rd,f} = \frac{1}{K \gamma_{cf}} \frac{1}{w^*} \int_0^{w^*} \sigma_f(w) dw$$

avec $w^* = \max(w_u; 0,3 \text{ mm})$

on estime dans notre cas que la contrainte de traction post-fissuration est constante et égale

$$\text{à } f_{ctfk} \text{ entre } 0 \text{ et } 0,3 \text{ mm, soit } \sigma_{Rd,f} = \frac{1}{1,25 \times 1,3} \times 8 = 4,92 \text{ MPa}$$