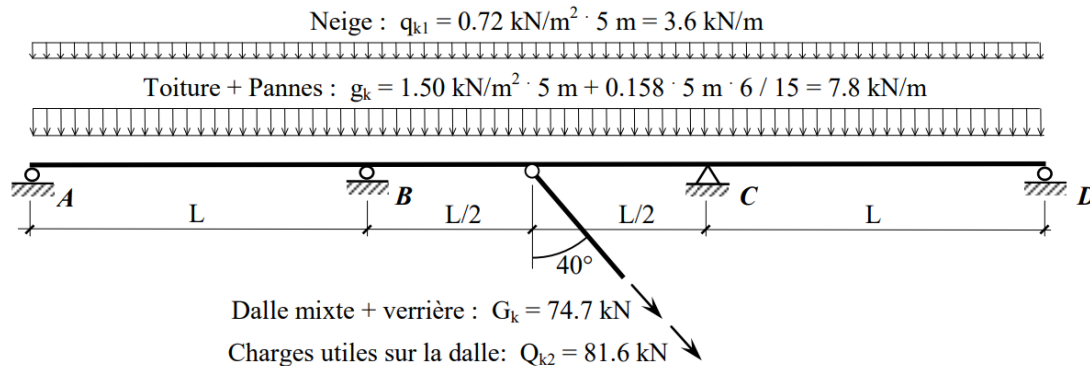


Semelle de renfort

Série 7

1. Vérification EP profilé IPE 450



$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

Indice 1, action
prépondérante

Indice i, action(s)
concomitante(s)

Pour déterminer les valeurs de calcul des efforts il faut choisir la valeur maximale des différentes situations de risque (pour chacune on a une action prépondérante différente et une ou plusieurs actions concomitantes).

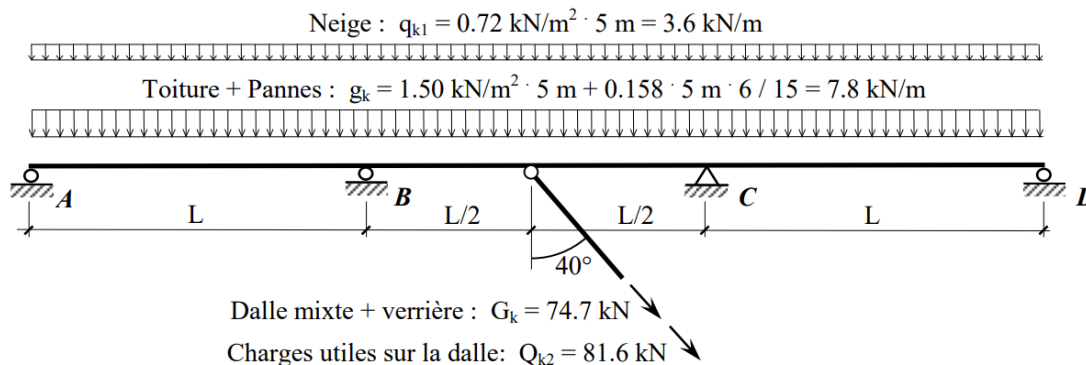
1. Vérification EP profilé IPE 450

Actions	γ_F	État-limite		
		Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Actions variables				
– en général	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic routier	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic ferroviaire				
– modèles de charge 1, 2, 4 à 7	γ_Q	1,45	1,45	1,25
– modèle de charge 3	γ_Q	1,45	1,20	1,25

Cas rare Fréquent Quasi-permanent

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges utiles dans les bâtiments			
– Catégorie A Locaux habitables	0,7	0,5	0,3
– Catégorie B Locaux administratifs	0,7	0,5	0,3
– Catégorie C Locaux de réunion	0,7	0,7	0,6
– Catégorie D Locaux de vente	0,7	0,7	0,6
– Catégorie E Entrepôts	1,0	0,9	0,8
Charges dues au trafic dans les bâtiments			
– Catégorie F Véhicules en dessous de 3,5 t	0,7	0,7	0,6
– Catégorie G Véhicules de 3,5 t à 16 t	0,7	0,5	0,3
– Catégorie H Toits	0	0	0
Charges de neige	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0

1. Vérification EP profilé IPE 450



Pour déterminer les valeurs de calcul maximales des efforts il faut considérer deux situations de risque :

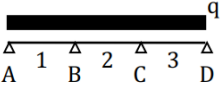
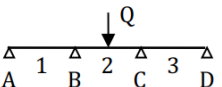
- Neige prépondérante (charge utile concomitante)

Masse du profilé !!

$$q_{Ed} = g_k \cdot \gamma_G + q_{k1} \cdot \gamma_Q = (7.8 + 0.78) \cdot 1.35 + 3.6 \cdot 1.5 = 11.6 + 5.4 = 17.0 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed} = G_k \cdot \gamma_G + Q_{k2} \cdot \psi_{02} = 74.7 \cos(40^\circ) \cdot 1.35 + 81.6 \cdot \cos(40^\circ) \cdot 0.7 = 77.3 + 43.8 = 121 \text{ kN}$$

1. Vérification EP profilé IPE 450

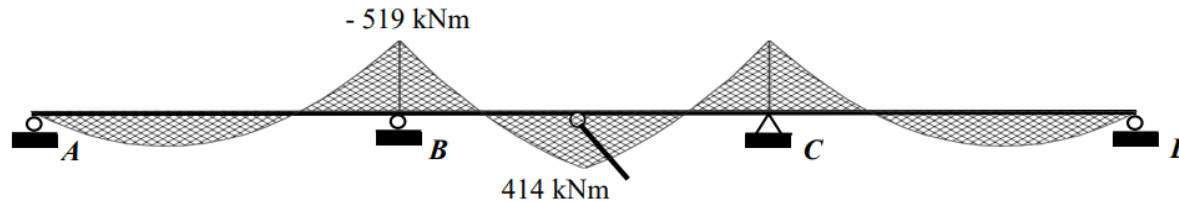
Charge	Moment max. en travée		Moment sur appui		Réaction d'appui	
	$M_1 = M_3 = 0.08$ $M_2 = 0.025$	$\cdot q \cdot L^2$	$M_B = M_C = -0.1$	$\cdot q \cdot L^2$	$A = D = 0.4$ $B = C = 1.1$	$\cdot q \cdot L$
	$M_2 = 0.175$	$\cdot Q \cdot L$	$M_B = M_C =$ $= -0.075$	$\cdot Q \cdot L$	$A = D = -0.075$ $B = C = 0.575$	$\cdot Q$

$$L = 15 \text{ m}$$

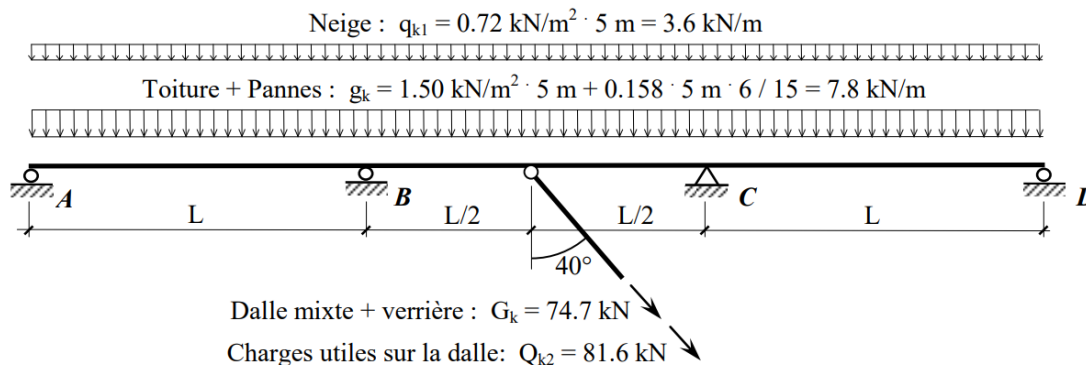
$$q_{Ed} = 17.0 \text{ KN/m}$$

$$Q_{Ed} = 121 \text{ KN}$$

Neige prépondérante (charge utile concomitante), Diag. M_{total} :



1. Vérification EP profilé IPE 450



2^{ème} situation de risque :

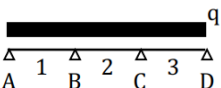
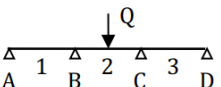
- Charge utile sur la dalle prépondérante (neige concomitante)

Masse du profilé !!

$$q_{Ed} = g_k \cdot \gamma_G + q_{k1} \cdot \psi_{01} = (7.8 + 0.78) \cdot 1.35 + 3.6 \cdot 0.85 = 11.6 + 3.06 = 14.7 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed} = G_k \cdot \gamma_G + Q_{k2} \cdot \gamma_Q = 74.7 \cdot \cos(40^\circ) \cdot 1.35 + 81.6 \cdot \cos(40^\circ) \cdot 1.5 = 77.3 + 93.8 = 171 \text{ kN}$$

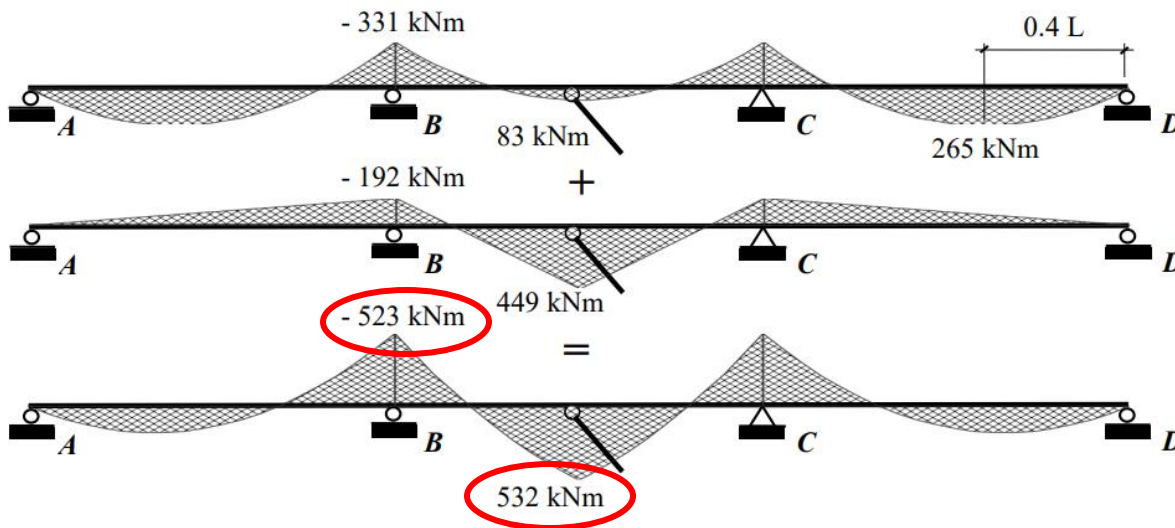
1. Vérification EP profilé IPE 450

Charge	Moment max. en travée		Moment sur appui		Réaction d'appui	
	$M_1 = M_3 = 0.08$ $M_2 = 0.025$	$\cdot q \cdot L^2$	$M_B = M_C = -0.1$	$\cdot q \cdot L^2$	$A = D = 0.4$ $B = C = 1.1$	$\cdot q \cdot L$
	$M_2 = 0.175$	$\cdot Q \cdot L$	$M_B = M_C = -0.075$	$\cdot Q \cdot L$	$A = D = -0.075$ $B = C = 0.575$	$\cdot Q$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$q_{Ed} = 14.7 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed} = 171 \text{ kN}$$



Cas déterminant :
charge utile sur la
dalle prépondérante
→ vérification

Principe: On renforce les zones où le moment résistant du profilé est inférieur au moment agissant dans la traverse

1. Choix de la largeur des semelles $b_{sem} < b_{profilé}$ (+ marge pour les cordons de soudure, 2x10 mm) $\rightarrow b_{sem} = 150$ à 170 mm

Choix corrigé: $b_{sem} = 150$ mm

2. Calcul de l'épaisseur des semelles t_{sem}

$$M_{Rd,sem} = \frac{f_{y,sem}}{\gamma_{M1}} * W_{pl,sem} \quad \text{et} \quad M_{Ed,max} \leq M_{Rd,sem} + M_{Rd,IPE450}$$

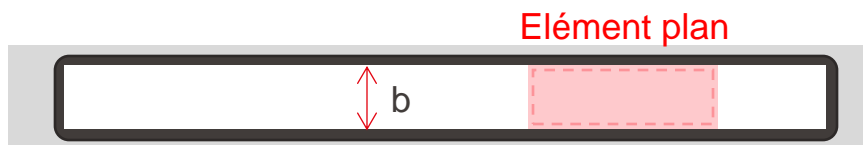
\rightarrow on trouve t_{sem}

Si symétrique: $W_{pl,sem} = b_{sem} t_{sem} (h + t_{sem})$

3. Choisir la section de la semelle (FLA) qui convient grâce à la C5

4. Vérification de l'élancement

ATTENTION : la semelle est soudée de chaque côté, donc comme si elle était appuyée de chaque côté → il faut utiliser le tableau 5a de la SIA 263 et non le 5b !



Vue du dessus de la semelle de renfort

Tableau 5a: Critères d'élancement pour éléments plans appuyés aux deux bords

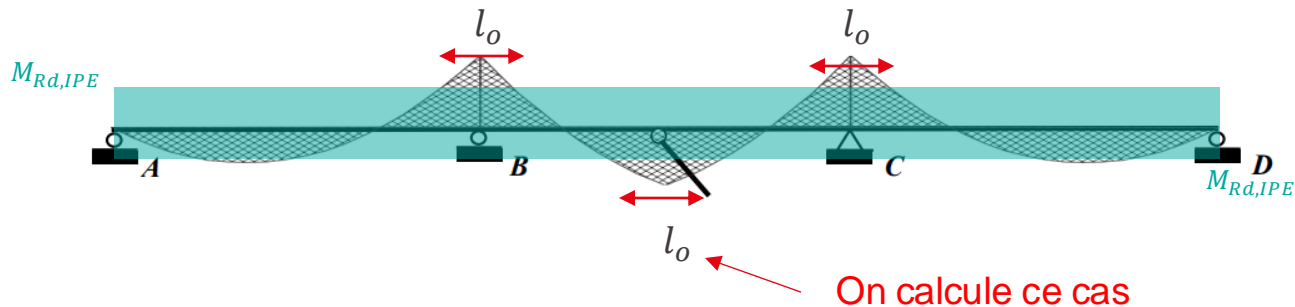
Géométrie	Mode de sollicitation	Elancement limite b/t maximal		
		Classe de section 1	Classe de section 2	Classe de section 3
	Compression	33ε	38ε	42ε
	Flexion simple	72ε	83ε	124ε
	Compression avec flexion $\psi > -1$ (Comp. +)	$\frac{396 \varepsilon}{13\alpha - 1}$ $\alpha \geq 0,5$	$\frac{456 \varepsilon}{13\alpha - 1}$ $\alpha \geq 0,5$	$\frac{42 \varepsilon}{0,67 + 0,33 \psi}$
	Traction avec flexion $\psi \leq -1$ (Comp. +)	$\frac{36 \varepsilon}{\alpha}$ $\alpha \leq 0,5$	$\frac{41,5 \varepsilon}{\alpha}$ $\alpha \leq 0,5$	$62 \varepsilon (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$
Cas particulier Tubes	Flexion et/ou compression	$\frac{D}{t} \leq 50 \varepsilon^2$	$\frac{D}{t} \leq 70 \varepsilon^2$	$\frac{D}{t} \leq 90 \varepsilon^2$

5. Calcul de la longueur de la semelle l_{sem}

- l_o = longueur où le $M_{Rd,sans\ renfort} < M_{Ed,max}$

→ Calcul de l_o en faisant une coupe $\sum M (x = l_o) = M_{y,Rd}$

➤ penser à utiliser la C4 pour avoir les réactions d'appuis etc.



2. Dimensionnement des semelles

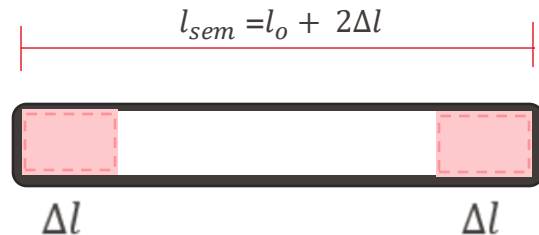
- Δl = longueur nécessaire pour l'introduction de la force dans la semelle par les soudures

→ Calcul de Δl avec section de contact (88) (ou section de gorge (87))

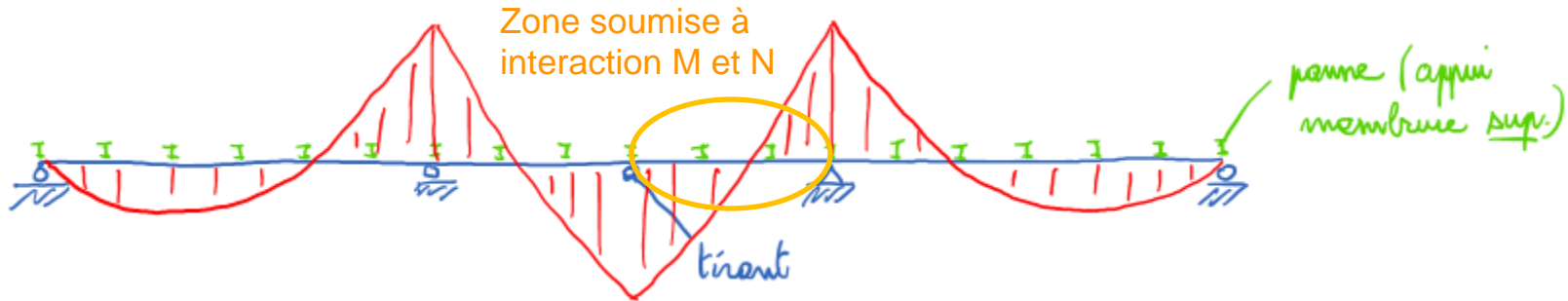
➤ Il y a des cordons d'angle de chaque côté : $l_{sem} = l_o + 2\Delta l$

6. Recommencer les calculs en prenant en compte le poids propre des semelles de renfort (pas demandé dans l'exercice)

Vue du dessus de la semelle de renfort



- Vérifier s'il est empêché
- **ATTENTION** : Pour la longueur de déversement, il faut distinguer 2 cas :
 - La semelle supérieure est appuyée ponctuellement
→ L_D va jusqu'à l'appui intermédiaire après $M = 0$ (cas L_{D4})
 - La semelle supérieure a un appui continu (p. ex. une tôle)
→ L_D entre le moment max et le moment nul.




- Solutions pour garantir la sécurité structurale :
 - Augmenter l'inertie selon z du profilé
 - changer de profilé
 - disposer des semelles de renforts de manière efficace
 - Calculer $M_{D,Rd} \geq M_{y,Ed}$ (pas encore vu en cours, mais c'est la solution la plus utilisée)
 - Mesure constructive : disposer des raidisseurs verticaux qui stabilisent
 - Diminution de L_D

EPFL 4. Vérification du tronçon où le déversement est empêché

1. Est-ce que le flambage hors plan est empêché ?

- si $N_{pl,Rd} \leq N_{Kz,Rd}$ ($\overline{\lambda_{kz}} \leq 0.5$) alors le flambage hors plan est empêché et il faut utiliser la formule (49) SIA 263
- si $N_{pl,Rd} > N_{Kz,Rd}$ ($\overline{\lambda_{kz}} > 0.5$) alors le flambage hors plan n'est pas empêché et il faut utiliser la formule (50) SIA 263



Utiliser
la C4
pour
 $N_{Kz,Rd}$

2. Vérification selon la formule choisie

ATTENTION

Si le diagramme des moments n'est pas linéaire : $\omega = 1,0$, sinon il faut utiliser la formule suivante:

$$\omega = 0,6 + 0,4 (M_{Ed,min} / M_{Ed,max}) \geq 0,4 \quad \text{où } |M_{Ed,min}| \leq |M_{Ed,max}|$$