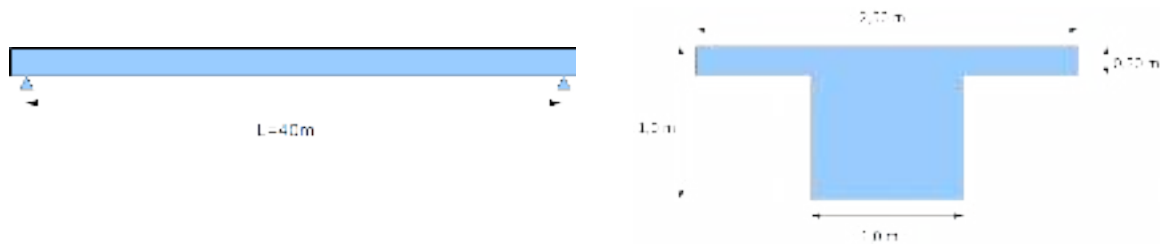


Annales Béton précontraint appliqué aux structures - ENTPE

Épreuve 2016-2017

On souhaite construire une passerelle pour franchir une portée de 40m

On considère une poutre isostatique de portée 40m.



Vue en élévation

Coupe transversale

Pour les calculs, on utilise la force moyenne de la force de précontrainte et les caractéristiques des sections brutes. Toutes les contraintes sont calculées en section non fissurée.

Béton : Le béton est de classe C45 ($f_{ck} = 45$ Mpa, $f_{ctm} = 3,8$ MPa) ;

Précontrainte : Câbles 12 T 15s de classe 1860 MPa, ancrés aux extrémités, avec les caractéristiques suivantes :

Force utile probable pour un câble : 2,00 MN (P_m).

f_g (diamètre de gaine) = 80 mm

Actions, en situation d'exploitation

La dalle est soumise aux charges réparties suivantes :

Poids propre : $g = 25$ kN/m³

Superstructures : $g' = 5$ kN/m

Charges variables : $q = 12,5$ kN/m (500 kg/m²)

Combinaisons d'actions ELS

Quasi permanente	$P_m + G$
Fréquente	$P_m + G + 0,6Q$
Caractéristique	$P_m + G + Q$

Limites de contrainte :

Sous combinaison quasi-permanente :

$$0 \leq \sigma \leq 0,45 f_{ck}$$

Sous combinaison fréquente :

$$0 \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$$

Sous combinaison caractéristique :

$$-f_{ctm} \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$$

Question 1 (2 points)

Calculer les caractéristiques mécaniques de la section

Corrigé :

Caractéristiques section :

$$A_c = 1,3 \text{ m}^2$$

$$v = 0,408 \text{ m}$$

$$v' = 0,592 \text{ m}$$

$$I = 0,121 \text{ m}^4$$

$$\rho = 0,386$$

Question 2 (1 points)

Calculer les moments à mi-travée sous l'effet du poids propre et des charges variables.
Calculer les moments correspondants sous les différentes combinaisons, ELS QP, fréquent et ELS caractéristique.

Corrigé :

Moments à mi-travée :

M_g	6,50	MN.m	M_{qp}	7,50	MN.m
$M_{g'}$	1,00	MN.m	M_{freq}	9,00	MN.m
M_{qk}	2,50	MN.m	M_{cara}	10,00	MN.m

Question 3 (1 points)

Vérifier les conditions de coffrage

Corrigé : conditions vérifiées

Question 4 (4 points)

Déterminer la valeur minimale de la force de précontrainte pour respecter les limites de contrainte en service définies ci-dessus avec $P = P_m$

On calculera les valeurs P_I et P_{II} à mi-travée.

En déduire le nombre de câbles nécessaires. En déduire P et l'excentricité e_0 à mi-travée.

Corrigé :

QP-fréq	QP-cara
$M_{min}^* = 7,50 \text{ MN.m}$	$M_{min}^* = 7,50 \text{ MN.m}$
$M_{max}^* = 9,00 \text{ MN.m}$	$M_{max}^* = 9,22 \text{ MN.m}$
$P_I = 3,88 \text{ MN}$	$P_I = 4,46 \text{ MN}$
$P_{II} = 15,01 \text{ MN}$	$P_{II} = 15,38 \text{ MN}$

On prend 8 câbles, $P = 16 \text{ MN}$, 1 lit de 5 câbles surmonté d'un 2ème lit de 3 câbles, $e_0 = -0,442 \text{ m}$

Question 5 (3 points)

Vérifier les contraintes en fibre supérieure et inférieure pour les combinaisons ELS QP, fréquent et ELS caractéristique.

Corrigé :

	QP	Fréq	Cara

σ_{sup}	13,73 MPa	18,77 MPa	22,14 MPa
σ_{inf}	10,24 MPa	2,91 MPa	-1,97 MPa

Les limites de contrainte sont bien respectées !

Question 6 (2 points)

Indiquer sur un schéma simplifié le principe de câblage envisagé à mi-travée.

Question 7 (3 points)

Représenter les fuseaux de passage en traction.

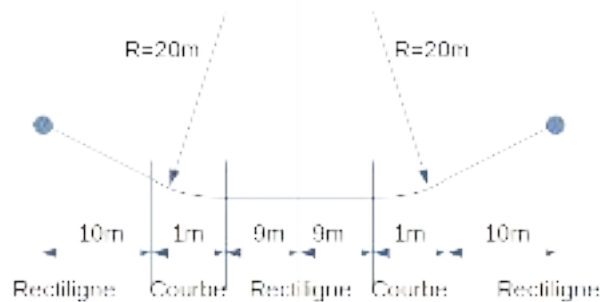
On indiquera les valeurs de e_{max} et e_{min} sur appui, et à mi-travée.

Corrigé :

	Appui	Mi-travée
$e_{min}(qp)$	-0,229 m	-0,698 m
$e_{max}(freq)$	0,157 m	-0,405 m
$e_{max}(cara)$	0,206 m	-0,419 m

Question 8 (indépendante des questions précédentes) (4 points)

On considère un câble ayant le tracé suivant :



- 1: Donner la répartition de contrainte le long du câbles avant et après rentrée d'ancrage.
- 2: Est-il intéressant de tendre des deux côtés?
- 3 : Calculer l'allongement du câble à la mise en tension.

On rappelle qu'un câble est tendu à 0,8 fois sa force caractéristique, soit une contrainte de $0,8 \times 1860 = 1488 \text{ MPa}$ au niveau du vérin de mise en tension.

Les pertes par frottement sont évalués grâce à la formule :

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_{max}(1 - e^{-\mu(\theta + kx)})$$

où :

θ est la somme des déviations angulaires sur la distance x (quels que soient leur direction et leur signe)

μ est le coefficient de frottement = $0,18 \text{ rad}^{-1}$

k est une déviation angulaire parasite prise égale à $0,005 \text{ rad/m}$

x est la distance le long de l'armature depuis le point où la force de précontrainte est égale à P_{\max} , force à l'extrémité active pendant la mise en tension.

On donne également les valeurs suivantes :

g : rentrée d'ancrage = 4 mm

E_p : module d'Young de la précontrainte, 195 Gpa .

Remarque : on pourra utiliser l'approximation au premier ordre pour simplifier les calculs !

Corrigé :

pertes par frottement

$x=0\text{m}$ $\sigma=1488 \text{ MPa}$

$x=10\text{m}$ $\sigma=1475 \text{ MPa}$

$x=11\text{m}$ $\sigma=1460 \text{ MPa}$

$x=29\text{m}$ $\sigma=1437 \text{ MPa}$

$x=30\text{m}$ $\sigma=1423 \text{ MPa}$

$x=40\text{m}$ $\sigma=1410 \text{ MPa}$

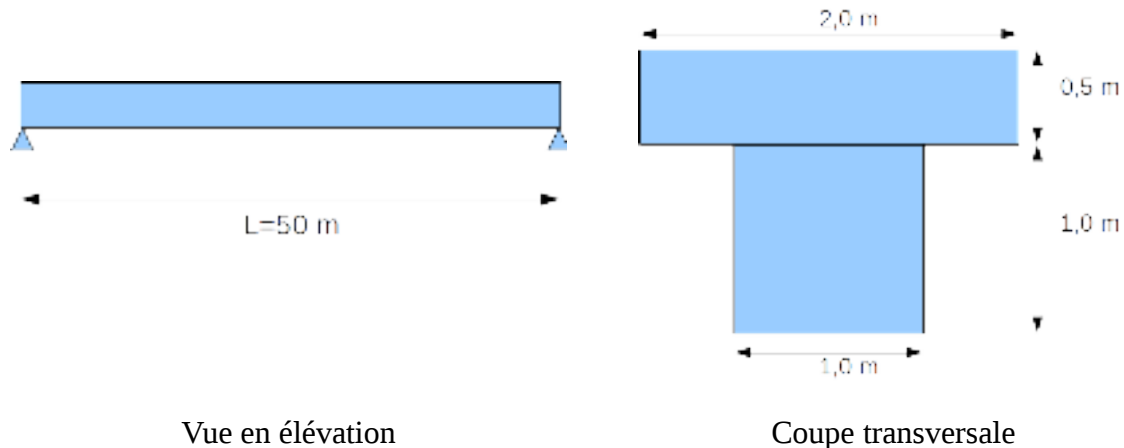
longueur recul d'ancrage $X = 19,5\text{m}$

allongement à la mise en tension : $0,297\text{m}$

Épreuve 2015-2016

Dans une zone portuaire, on souhaite construire une poutre de 50m de portée pour supporter une grue de déchargement pouvant exercer jusqu'à 70T (700 kN) d'effort en pied. La grue peut rouler sur toute la longueur de la poutre. Son action sur celle-ci sera modélisée comme un effort ponctuel.

On considère donc une poutre précontrainte isostatique de portée 50m.



Pour les calculs, on utilise la force moyenne de la force de précontrainte et les caractéristiques des sections brutes. Toutes les contraintes sont calculées en section non fissurée.

Béton : Le béton est de classe C50 ($f_{ck} = 50 \text{ Mpa}$, $f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$) ;

Précontrainte : Câbles 12 T 15s de classe 1860 TBR, ancrés aux extrémités, avec les caractéristiques suivantes :

Force utile probable pour un câble : 2,00 MN (P_m).

f_g (diamètre de gaine) = 80 mm

Actions, en situation d'exploitation

La dalle est soumise aux charges réparties suivantes :

Poids propre : $g = 25 \text{ kN/m}^3$

Superstructures : aucune (on néglige le poids des rails de roulement)

Charges variables : Force ponctuelle $F_q = 0,7 \text{ MN}$

Combinaisons d'actions ELS

Quasi permanente	$P_m + G$
Fréquente	$P_m + G + 0,6Q$
Caractéristique	$P_m + G + Q$

Limites de contrainte :

Sous combinaison quasi-permanente :	$0 \leq \sigma \leq 0,45 f_{ck}$
Sous combinaison fréquente :	$0 \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$
Sous combinaison caractéristique :	$-f_{ctm} \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$

Question 1 (2 points)

Calculer les moments à mi-travée sous l'effet du poids propre et des charges variables.
Calculer les moments correspondants sous les différentes combinaisons, ELS QP, fréquent et ELS caractéristique.

Corrigé :

Caractéristiques section :

$$A_c = 2 \text{ m}^2$$

$$v = 0,625 \text{ m}$$

$$v' = 0,875 \text{ m}$$

$$I = 0,385 \text{ m}^4$$

$$\rho = 0,352$$

Moments à mi-travée :

$$M_g \quad 15,625 \quad \text{MN.m}$$

$$M_{qk} \quad 8,75 \quad \text{MN.m}$$

Question 2 (1 points)

Vérifier les conditions de coffrage

Corrigé :

fibre sup, ELS qp – ELS cara :

$$\Delta M * v/I = 14,19 \text{ MPa} < \text{différence de contraintes autorisées} = 30 \text{ MPa}$$

fibre inf, ELS qp – ELS freq :

$$\Delta M * v'/I = 11,92 \text{ MPa} < \text{différence de contraintes autorisées} = 22,5 \text{ MPa}$$

fibre inf, ELS qp – ELS cara :

$$\Delta M * v'/I = 19,86 \text{ MPa} < \text{différence de contraintes autorisées} = 26,6 \text{ MPa}$$

Question 3 (4 points)

Déterminer la valeur minimale de la force de précontrainte pour respecter les limites de contrainte en service définies ci-dessus avec $P = P_m$

On calculera les valeurs P_I et P_{II} à mi-travée.

En déduire le nombre de câbles nécessaires. En déduire P et l'excentricité e_0 à mi-travée.

Corrigé :

$$P_I = 13,14 \text{ MN}$$

$$P_{II} = 25,38 \text{ MN}$$

13 câbles

$$P = 26 \text{ MN}$$

$$e_0 = -0,669 \text{ m}$$

Question 4 (3 points)

Vérifier les contraintes en fibre supérieure et inférieure pour les combinaisons ELS QP, fréquent et ELS caractéristique.

Corrigé : contraintes en MPa

Mi-travée

	QP	Freq	Cara
σ_{sup}	10,14	18,65	24,33
σ_{inf}	17,01	5,09	-2,86

Question 5 (2 points)

Indiquer sur un schéma simplifié le principe de câblage envisagé à mi-travée.

Question 6, plus difficile (4 points)

Représenter les fuseaux de passage en traction.

On indiquera les valeurs de e_{max} et e_{min} sur appui, et à mi-travée.

Corrigé :

	Appui	Quart de travée	Demi-travée
$e_{min} QP$	-0,308 m	-0,759 m	-0,909 m
$e_{max} freq$	0,220 m	-0,382 m	-0,583 m
$e_{max} cara$	0,290 m	-0,413 m	-0,648 m

Question 7 (indépendante des questions précédentes) (4 points)

On considère un câble ayant le tracé suivant :



- 1: Donner la répartition de contrainte le long du câbles avant et après rentrée d'ancrage.
- 2: Est-il intéressant de tendre des deux côtés?
- 3 : Calculer l'allongement du câble à la mise en tension.

On rappelle qu'un câble est tendu à 0,8 fois sa force caractéristique, soit une contrainte de $0,8 \times 1860 = 1488 \text{ MPa}$ au niveau du vérin de mise en tension.

Les pertes par frottement sont évalués grâce à la formule :

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_{\max}(1 - e^{-\mu(\theta + kx)})$$

où :

θ est la somme des déviations angulaires sur la distance x (quels que soient leur direction et leur signe)

μ est le coefficient de frottement = $0,19 \text{ rad}^{-1}$

k est une déviation angulaire parasite prise égale à $0,01 \text{ rad/m}$

x est la distance le long de l'armature depuis le point où la force de précontrainte est égale à P_{\max} , force à l'extrémité active pendant la mise en tension.

On donne également les valeurs suivantes :

g : rentrée d'ancrage = 5 mm

E_p : module d'Young de la précontrainte, 195 Gpa .

Remarque : on pourra utiliser l'approximation au premier ordre pour simplifier les calculs !

Corrigé :

x	0	9	10	40	41	50
Δx	0	9	1	30	1	9
$\Delta \theta$	0	0	0,125	0	0,125	0
σ avant recul	1488	1463	1426	1347	1313	1290
σ après recul	1372	1407	1382			

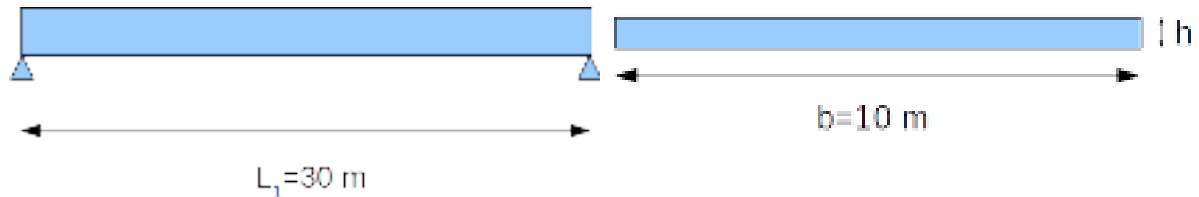
X : longueur de recul d'ancrage = $9,75 \text{ m}$

Intéressant de tendre des 2 côtés

Allongement global du câble avant rentrée d'ancrage : $0,356 \text{ m}$

Épreuve 2014-2015

On considère donc une dalle précontrainte isostatique de largeur 10 m de portée 30m.



Vue en élévation

Coupe transversale

Pour les calculs, on utilise la force moyenne de la force de précontrainte et les caractéristiques des sections brutes. Toutes les contraintes sont calculées en section non fissurée.

Béton : Le béton est de classe C60 ($f_{ck} = 60$ MPa, $f_{ctm} = 4,4$ MPa) ;

Précontrainte : Câbles 12 T 15s de classe 1860 TBR, ancrés aux extrémités, avec les caractéristiques suivantes :

Force utile probable pour un câble : 2,00 MN (P_m).

f_g (diamètre de gaine) = 80 mm

Actions, en situation d'exploitation

La dalle est soumise aux charges réparties suivantes :

Poids propre : $g = 25$ kN/m³

Superstructures : $g_s = 0,005$ MN/m² soit 0,05 MN/m

Charges variables : $q_k = 0,020$ MN/m² soit 0,20 MN/m

Combinaisons d'actions ELS

Quasi permanente	$P_m + G$
Fréquente	$P_m + G + 0,6Q$
Caractéristique	$P_m + G + Q$

Limites de contrainte :

Sous combinaison quasi-permanente :	$0 \leq \sigma \leq 0,45 f_{ck}$
Sous combinaison fréquente (non déterminant ici):	$0 \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$
Sous combinaison caractéristique :	$-f_{ctm} \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$

Question 1 (2 points)

Calculer les moments à mi-travée sous l'effet du poids propre, des superstructures et des charges variables, en fonction de h. Calculer les moments correspondants sous les différentes combinaisons, ELS QP et ELS caractéristique.

Corrigé :

A mi-travée

M_g	$28,125h$	$MN.m$
$M_{g'}$	$5,625$	$MN.m$

M_{qk} 22,5 MN.m

Question 2 (2 points)

Déduire des conditions de coffrage la hauteur h minimum.

Corrigé :

cas déterminant, ELS cara et ELS QP à mi-travée en fibre inf, h minimum = 0,656 m

Question 3 (5 points)

Déterminer la valeur minimale de la force de précontrainte pour respecter les limites de contrainte en service définies ci-dessus avec $P = P_m$

On calculera les valeurs P_I et P_{II} à mi-travée.

On recalculera h si besoin pour vérifier les conditions de compression.

En déduire le nombre de câbles nécessaires. En déduire P et l'excentricité e_0 à mi-travée.

Corrigé :

on a besoin de la condition de coffrage en sur-critique pour calculer h .

On trouve $h_{\min} = 0,750\text{m}$, $P_1 = 73,5\text{ MN}$, $P_2 = 118,7\text{ MN}$ avec $d' = 0,12\text{ m}$ (conditions cara - qp)

Si on prend un peu plus de marge avec $h = 0,8\text{m}$, on trouve $P_1 = 66,8\text{ MN}$ et $P_2 = 111,1\text{ MN}$ toujours avec $d' = 0,12\text{ m}$.

Il faut donc 56 câbles.

Si problème aux questions précédentes, considérer $h = 0,8\text{m}$ $d' = 0,12\text{ m}$ et $P = 114\text{ MN}$

Question 4 (3 points)

Vérifier les contraintes en fibre supérieure et inférieure pour les combinaisons ELS QP, et ELS caractéristique.

Corrigé : contraintes en MPa

Mi-travée

	QP	Fréq	Cara,max
$\text{Sigma}_{\text{sup}}$	10,69	23,35	31,78
$\text{Sigma}_{\text{inf}}$	17,81	5,15	-3,28

Question 5 (2 points)

Indiquer sur un schéma simplifié le principe de câblage envisagé à mi-travée.

Question 6 (2 points)

Représenter les fuseaux de passage en traction.

On indiquera les valeurs de e_{\max} et e_{\min} sur appui, et à mi-travée.

Corrigé :

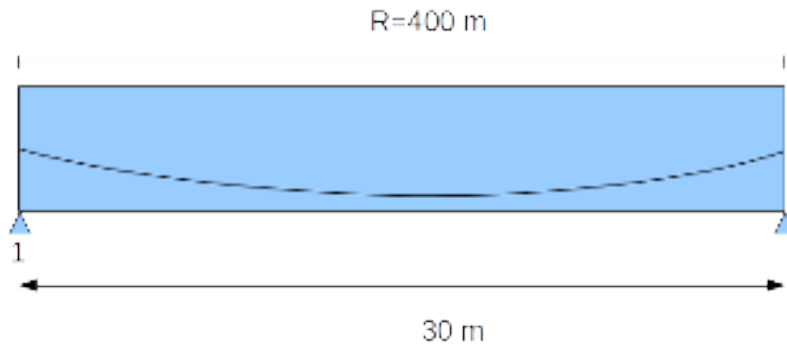
	Mi-travée	Appui
$e_{\min\text{ QP}}$	-0,133 m	-0,380 m

$e_{max\ freq}$	0,133 m	-0,232 m
$e_{max\ cara}$	0,174 m	-0,270 m

Question 7 (indépendante des questions précédentes) (4 points)

On considère un câble ayant le tracé suivant :

*le câble suit un tracé parabolique sur 30m avec un rayon de courbure de 400m,



1: Donner la répartition de contrainte le long du câbles avant et après rentrée d'ancrage.

2: Est-il intéressant de tendre des deux côtés?

3 : Calculer l'allongement du câble à la mise en tension.

On rappelle qu'un câble est tendu à 0,8 fois sa force caractéristique, soit une contrainte de $0,8 \times 1860 = 1488 \text{ MPa}$ au niveau du vérin de mise en tension.

Les pertes par frottement sont évalués grâce à la formule :

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_{max}(1 - e^{-\mu(\theta + kx)})$$

où :

θ est la somme des déviations angulaires sur la distance x (quels que soient leur direction et leur signe)

μ est le coefficient de frottement = $0,19 \text{ rad}^{-1}$

k est une déviation angulaire parasite prise égale à $0,01 \text{ rad/m}$

x est la distance le long de l'armature depuis le point où la force de précontrainte est égale à P_{max} , force à l'extrémité active pendant la mise en tension.

On donne également les valeurs suivantes :

g : rentrée d'ancrage = 5 mm

E_p : module d'Young de la précontrainte, 195 Gpa.

Remarque : on pourra utiliser l'approximation au premier ordre pour simplifier les calculs !

Corrigé :

x	0	16,8	30		
Δx	0	16,8	13,2		
$\Delta \theta$	0	0,042	0,033		
σ_{avant} σ_{recul}	1488	1430	1386		

<i>sigma après recul</i>	1372	1430			
------------------------------	------	------	--	--	--

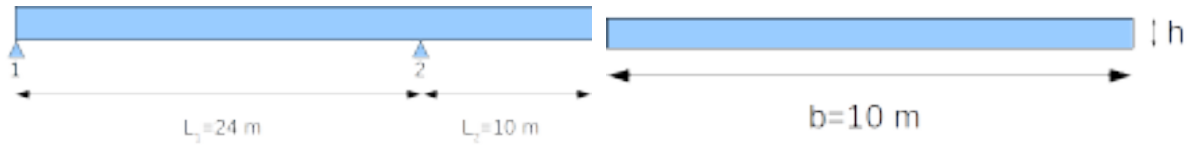
X : longueur de recul d'ancrage = 16,8 m

Pas intéressant de tendre des 2 côtés

Allongement global du câble avant rentrée d'ancrage : 0,221 m

Épreuve 2013-2014

On considère une dalle précontrainte isostatique de largeur 10 m avec une partie en porte à faux.



Vue en élévation

Coupe transversale

Pour les calculs, on utilise la force moyenne de la force de précontrainte et les caractéristiques des sections brutes. Toutes les contraintes sont calculées en section non fissurée.

Béton : Le béton est de classe C45 ($f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$) ;

Précontrainte : Câbles 12 T 15s de classe 1860 TBR, ancrés aux extrémités, avec les caractéristiques suivantes :

Force utile probable pour un câble : 2,00 MN (P_m).

f_g (diamètre de gaine) = 80 mm

Actions, en situation d'exploitation

La dalle est soumise aux charges réparties suivantes :

Poids propre : $g = 25 \text{ kN/m}^3$

Superstructures : $g_s = 0,008 \text{ MN/m}^2$ soit $0,08 \text{ MN/m}$

Charges variables : $q_k = 0,010 \text{ MN/m}^2$ soit $0,10 \text{ MN/m}$

Combinaisons d'actions ELS

Quasi permanente	$P_m + G$
Fréquente	$P_m + G + 0,6Q$
Caractéristique	$P_m + G + Q$

Limites de contrainte :

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

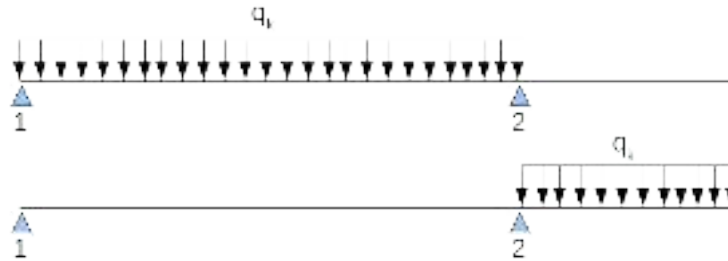
Sous combinaison fréquente (non déterminant ici):
 $0 \leq \sigma \leq 0,6 f_{ck}$

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

Question 1 (3 points)

Calculer les moments à mi-travée et sur l'appui 2 sous l'effet du poids propre, des superstructures et des charges variables, en fonction de h . Calculer les moments correspondants sous les différentes combinaisons, ELS QP et ELS caractéristique.

On considérera les deux cas de charge suivants pour déterminer $M_{q_{\max}}$ et $M_{q_{\min}}$ en travée et sur l'appui 2.



Corrigé :

A mi-travée

$$Mg \quad 11,75h \text{ MN.m}$$

$$Mg' \quad 3,76 \text{ MN.m}$$

$$Mqk,min \quad -2,5 \text{ MN.m}$$

$$Mqk,max \quad 7,2 \text{ MN.m}$$

Sur appui 2

$$Mg \quad -12,5h \text{ MN.m}$$

$$Mg' \quad -4 \text{ MN.m}$$

$$Mqk,min \quad -5 \text{ MN.m}$$

$$Mqk,max \quad 0 \text{ MN.m}$$

Question 2 (3 points)

Déduire des conditions de coffrage la hauteur h minimum.

Dans la suite nous prendrons $h = 0,6 \text{ m}$.

Corrigé :

cas déterminant, ELS cara,max et ELS car,min à mi-travée, h minimum = 0,464 m

Question 3 (2 points)

Calculer les caractéristiques de la section (A_c , v , v' , I , ρ , I/v et I/v').

Calculez les moments à mi-travée et sur l'appui 2 sous les différentes combinaisons de chargement ELS QP et ELS caractéristique avec la hauteur h fournie ci-dessus.

Corrigé : en prenant $h = 0,6 \text{ m}$

$$\text{Aire :} \quad 6 \quad \text{m}^2$$

$$v : \quad 0,3 \quad \text{m}$$

$$v' : \quad 0,3 \quad \text{m}$$

$$I : \quad 0,18 \quad \text{m}^4$$

$$\rho : \quad 0,333$$

$$I/V : \quad 0,6 \text{ m}^3$$

$$I/v' : \quad 0,6 \text{ m}^3$$

Corrigé :

A mi-travée

$$Mqp \quad 10,81 \text{ MN.m}$$

$$Mcara,min \quad 8,31 \text{ MN.m}$$

$$Mcara,max \quad 18,01 \text{ MN.m}$$

Sur appui 2

$$Mqp \quad -11,5 \text{ MN.m}$$

$$Mcara,min \quad -16,5 \text{ MN.m}$$

$$Mcara,max \quad -11,5 \text{ MN.m}$$

Question 4 (4 points)

Déterminer la valeur minimale de la force de précontrainte pour respecter les limites de contrainte en service définies ci-dessus avec $P = P_m$

On calculera les valeurs P_I et P_{II} à mi-travée et sur l'appui 2.

En déduire le nombre de câbles nécessaires. En déduire P et l'excentricité e_0 à mi-travée et sur l'appui 2.

Corrigé :

A mi-travée

$$P1 = 48,5 \text{ MN}$$

$$P2 = 64,3 \text{ MN}$$

Sur appui 2

$$P1 = 25,0 \text{ MN}$$

$$P2 = 58,9 \text{ MN}$$

$$P \text{ choisi} = 66 \text{ MN}$$

$$e_0 = -0,18 \text{ m}$$

Question 5 (2,5 points)

Vérifier les contraintes en fibre supérieure et inférieure pour les combinaisons ELS QP, et ELS caractéristique.

Corrigé : contraintes en MPa

Mi-travée

	QP	Cara,min	Cara,max
<i>Sigma_sup</i>	9,22	5,05	21,22
<i>Sigma_inf</i>	12,78	16,95	0,78

Appui 2

	QP	Cara,min	Cara,max
<i>Sigma_sup</i>	11,63	3,30	11,63
<i>Sigma_inf</i>	12,78	18,70	10,37

Question 6 (2,5 points)

Représenter les fuseaux de passage en traction.

On indiquera les valeurs de e_{\max} et e_{\min} sur les appuis, et à mi-travée.

Corrigé :

	<i>Mi-travée</i>	<i>Appui</i>
<i>emin QP</i>	-0,264 m	0,074 m
<i>emin cara,min</i>	-0,226 m	0,150 m
<i>emax cara,max</i>	-0,173 m	0,274 m

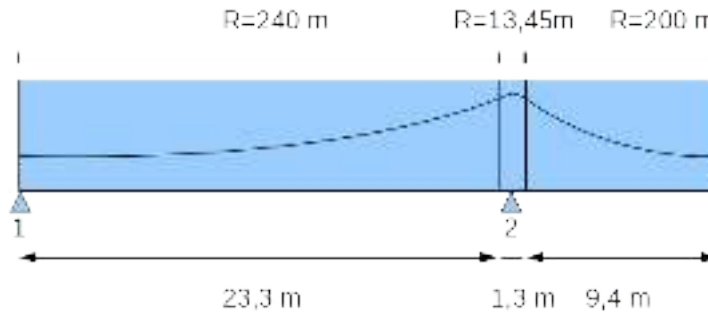
Question 7 (indépendante des questions précédentes) (3 points)

On considère un câble ayant le tracé suivant :

*le câble suit un tracé parabolique sur 23,3m avec un rayon de courbure de 240m,

*puis le câble suit un tracé parabolique sur 1,3m avec un rayon de courbure de 13,45m

*enfin, le câble suit un tracé parabolique sur 9,4m avec un rayon de courbure de 200m.



1: Donner la répartition de contrainte le long du câbles avant et après rentrée d'ancrage.

2: Est-il intéressant de tendre des deux côtés?

3 : Calculer l'allongement du câble à la mise en tension, supposée effectuée par une seule extrémité.

On rappelle qu'un câble est tendu à 0,8 fois sa force caractéristique, soit une contrainte de $0,8 \times 1860 = 1488 \text{ MPa}$ au niveau du vérin de mise en tension.

Les pertes par frottement sont évalués grâce à la formule :

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_{max}(1 - e^{-\mu(\theta + kx)})$$

où :

θ est la somme des déviations angulaires sur la distance x (quels que soient leur direction et leur signe)

μ est le coefficient de frottement = $0,19 \text{ rad}^{-1}$

k est une déviation angulaire parasite prise égale à $0,01 \text{ rad/m}$

x est la distance le long de l'armature depuis le point où la force de précontrainte est égale à P_{max} , force à l'extrémité active pendant la mise en tension.

On donne également les valeurs suivantes :

g : rentrée d'ancrage = 4 mm

E_p : module d'Young de la précontrainte, 195 Gpa .

Remarque : on pourra utiliser l'approximation au premier ordre pour simplifier les calculs !

Corrigé :

x	0	14,1	23,3	24,6	34
Δx	0	14,1	9,2	1,3	9,4
$\Delta \theta$	0	0,05875	0,03833	0,09665	0,047
σ avant recul	1488	1433	1398	1369	1333
σ après recul	1378	1433			

X : longueur de recul d'ancrage = $14,1 \text{ m}$

Intéressant de tendre des 2 côtés

Allongement global du câble avant rentrée d'ancrage : $0,247 \text{ m}$