

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

ÉPREUVE E4 : ÉTUDE DES OUVRAGES

Sous épreuve : unité U41

MÉCANIQUE

Calculatrice autorisée

*(circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999,
BO n°42 du 25 novembre 1999)*



DOUBLEMENT DE LA R.N. 455

LENS – VALENCIENNES

OA23 B

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient : 3

DOSSIER SUJET

Étude de l'OA23A

Questions

	Page / document	
M1 - Taux de charge d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A.	1/6	S1
M2 - Dimensionnement d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A.	1/6	S1
M3 - Étude littérale des sollicitations.	2/6	S2
M4 - Approche partielle de la précontrainte du tablier de l'OA 23A.	3/6	S3
M5 - Mécanique des sols : détermination des pressions sur une paroi.	4/6	S4
M6 - Mécanique des sols : tassement.	4/6	S4

Étude de L'OA22

M7 - Coulage de la pile de l'OA22.	5/6	S5
M8 - Étude du tablier.	5/6	S5
M9 - Calcul BA : approche partielle simplifiée du tablier en BA.	5/6	S6

DOSSIER DOCUMENTS

<input checked="" type="checkbox"/> Présentation du projet	P0
<input checked="" type="checkbox"/> Plan d'ensemble	P1
<input checked="" type="checkbox"/> Documentation coffrage TRIO (PÉRI)	P2
<input checked="" type="checkbox"/> OA 23 A Coupe longitudinale Vue en plan	P3
<input checked="" type="checkbox"/> OA 23 A Coupe transversale Plan partiel d'étalement Précontrainte : extrait du profil longitudinal des câbles	P4
<input checked="" type="checkbox"/> OA 22 Coupe longitudinale Élévation de la pile et vue suivant A	P5
<input checked="" type="checkbox"/> Extrait de CCTP OA22, OA23a et OA 23b Définition des bétons Établissement des études Règles de calcul et hypothèses	P6
<input checked="" type="checkbox"/> Extraits du dossier études de sols	P7
<input checked="" type="checkbox"/> Tableau des sections d'aciers et extraits du BAEL	P8

BARÈME

Étude de l'OA23A

Questions

	POINTS
M1 - taux de charge d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A	3
M2 - Dimensionnement d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A	4
M3 - Étude littérale des sollicitations	10
M4 - Approche partielle de la précontrainte du tablier de l'OA 23A	4.5
M5 - Mécanique des sols : détermination des pressions sur une paroi.	6
M6 - Mécanique des sols : tassement	5

Étude de L'OA22

M7 - Coulage de la pile de l'OA22.	4.5
M8 - Étude du tablier	8
M9 - Calcul BA : approche partielle simplifiée du tablier en BA.	5

Total 50 points

CROQUIS : Définition: (norme NF P 02 001)

Croquis : Dessin fait en partie sans instrument de guidage en vue des grandes lignes d'ensemble, il est plus ou moins exact en formes et en positions. Néanmoins il peut être partiellement ou totalement coté.

Critères d'évaluation : Pertinence et réalisme des solutions proposées
Exactitude et précision des résultats
Soin apporté à la présentation et à la rédaction
Respect des normes de représentation

Les questions sont indépendantes.

ÉTUDE DE L'OA 23A.

M1 - taux de charge d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A.

DONNÉES :

- ☒ Un extrait du plan d'étalement, la coupe transversale de l'OA23 A (doc P4)
- ☒ Le poids estimé du coffrage : $0,50 \text{ kN/m}^3$.
- ☒ Caractéristiques des HEB : extrait du catalogue de l'O.T.U.A.(document P0)
- ☒ Le poids volumique du béton : 25 kN/m^3 .
- ☒ $G =$ charges de poids propre et $Q =$ charges d'exploitation.

TRAVAIL DEMANDÉ :

Pour le coffrage du tablier de l'ouvrage OA 23A en phase de bétonnage :

- ☒ M1-1/ Dessiner le schéma mécanique d'un profilé courant HEB situé entre les files P3-C4.

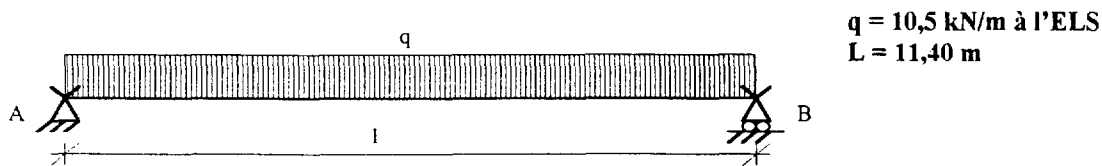
Remarque : Les petites parties en consoles seront négligées.

- ☒ M1-2/ Déterminer la charge avec la combinaison d'action $G + Q$.

M2 - Dimensionnement d'un profilé de l'étalement du coffrage de l'OA 23A.

DONNÉES :

- ☒ Un extrait du plan d'étalement, la coupe transversale de l'OA23 A (document P4)
- ☒ On propose le schéma mécanique suivant pour le profilé HEB courant des files P2 - P3.
- ☒ Caractéristiques des HEB : extrait du catalogue de l'O.T.U.A.(document P0)



- ☒ On donne la valeur de la flèche maximale :
$$y_M = \frac{5ql^4}{384 EI_{GZ}}$$
- ☒ On donne les valeurs des sollicitations pondérées maximales à l'ELU : $M_u = 290 \text{ kNm}$ et $V_u = 104 \text{ kN}$
- ☒ Les contraintes maximales ont pour valeurs :

Contrainte normale	$\sigma_{adm} = 218 \text{ MPa}$
Contrainte tangente	$\tau_{adm} = 0,6 \cdot \sigma_{adm}$
- ☒ Le module d'élasticité longitudinal de l'acier : $E = 200\,000 \text{ MPa}$.

TRAVAIL DEMANDÉ :

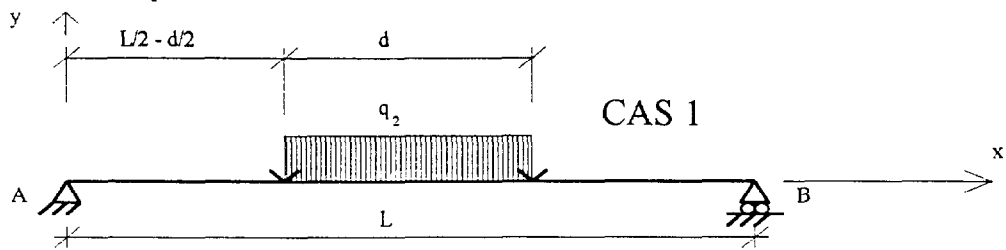
- ☒ M2-1/ Vérifier la condition de flèche : $y_M \leq \frac{l}{300}$

- ☒ M2-2/ Vérifier les contraintes normales et tangentes pour le profilé.

M3 - Étude littérale des sollicitations.

M3.1/ DONNÉES :

☒ On donne le schéma mécanique suivant :



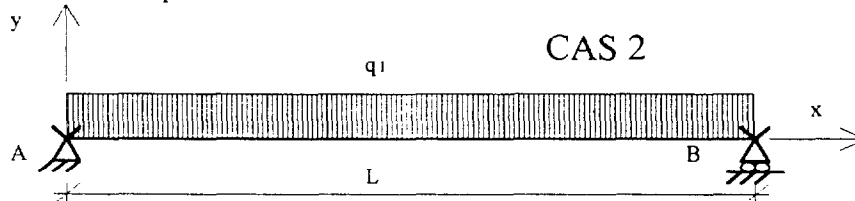
☒ La valeur du moment fléchissant maximal (à $x = L/2$) : $M_{\max} = \frac{q_2 \cdot d}{8} (2 \cdot L - d)$

TRAVAIL DEMANDÉ :

☞ M3.1/ Retrouver l'expression littérale du moment fléchissant maximal ($x = L/2$).

M3.2/ DONNÉES :

☒ On donne le schéma mécanique suivant :

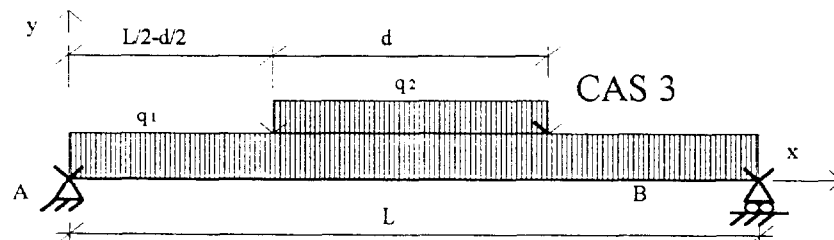


TRAVAIL DEMANDÉ :

☞ M3.2/ Déterminer l'expression littérale du moment fléchissant ainsi que celle de l'effort tranchant en fonction de x. Calculer les valeurs maximales du moment fléchissant et de l'effort tranchant.

M3.3/ DONNÉES :

☒ On donne le schéma mécanique suivant :

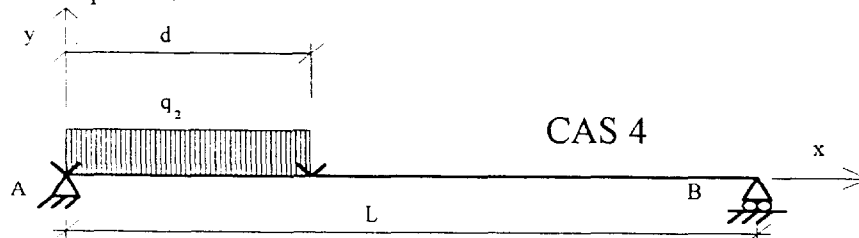


TRAVAIL DEMANDÉ :

☞ M3.3/ Déterminer l'expression littérale (en fonction de q_1, q_2, d, L) du moment fléchissant maximal ($x = L/2$).

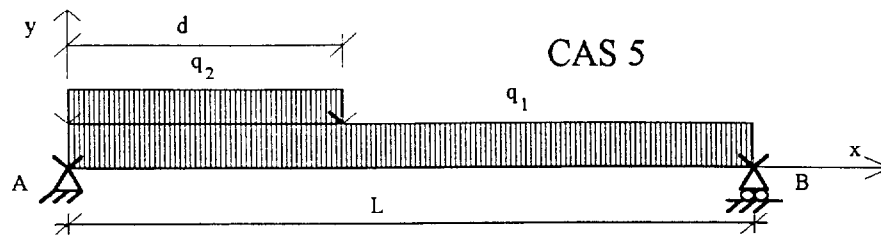
M3.4/ DONNÉES :

☒ Pour le schéma mécanique suivant :



La valeur de l'effort tranchant (à $x = 0^+$) : $V = -\frac{q_2 \cdot d}{2 \cdot L} (2 \cdot L - d)$

☒ On donne le schéma mécanique suivant :



TRAVAIL DEMANDÉ :

☒ **M3.4/ Déterminer l'expression littérale de l'effort tranchant maximal pour le cas 5 ($x = 0^+$).**

M3.5/ DONNÉES :

☒ On donne les caractéristiques dimensionnelles et les valeurs des charges :

- $d = 3\text{ m}$,
- $q_1 = 16.50\text{ kN/m}$,
- $q_2 = 4.50\text{ kN/m}$,
- $L = 11.40\text{ m}$.

TRAVAIL DEMANDÉ :

☒ **M3.5/ Application numérique : Calculer pour les différents cas précités, les valeurs des sollicitations maximales M_z et V_y .**

La présentation des résultats se fera sous la forme d'un tableau à recopier suivant le modèle suivant :

	CAS 1	CAS 2	CAS 3	CAS 4	CAS 5
V_y maxi (kN)					
M_z maxi (kNm)					

M4 - Approche partielle de la précontrainte du tablier de l'OA 23A.

DONNÉES :

- ☒ Un extrait du plan de profil longitudinal des câbles de précontrainte et la coupe transversale de l'OA 23A (doc P4).
- ☒ Le diamètre de la gaine de précontrainte $\varnothing = 73\text{ mm}$.
- ☒ Le type de câble 12 T 13.
- ☒ La contrainte caractéristique du béton : $f_{c28} = 35\text{ MPa}$
- ☒ Le moment fléchissant dû aux charges permanentes sur appui, par mètre de largeur de tablier : $M_z = -280\text{ kNm}$ (fibre supérieure tendue).
- ☒ La valeur de l'excentricité du câble au droit de l'appui P1 : $e_{p1} = +141\text{ mm}$.
- ☒ Les valeurs de la contrainte normale due à la précontrainte (P), pour un mètre de largeur de tablier, au droit de l'appui P1 : Contrainte supérieure = -13.30 MPa et Contrainte inférieure = $+3.36\text{ MPa}$
- ☒ Le câble est considéré centré dans sa gaine.

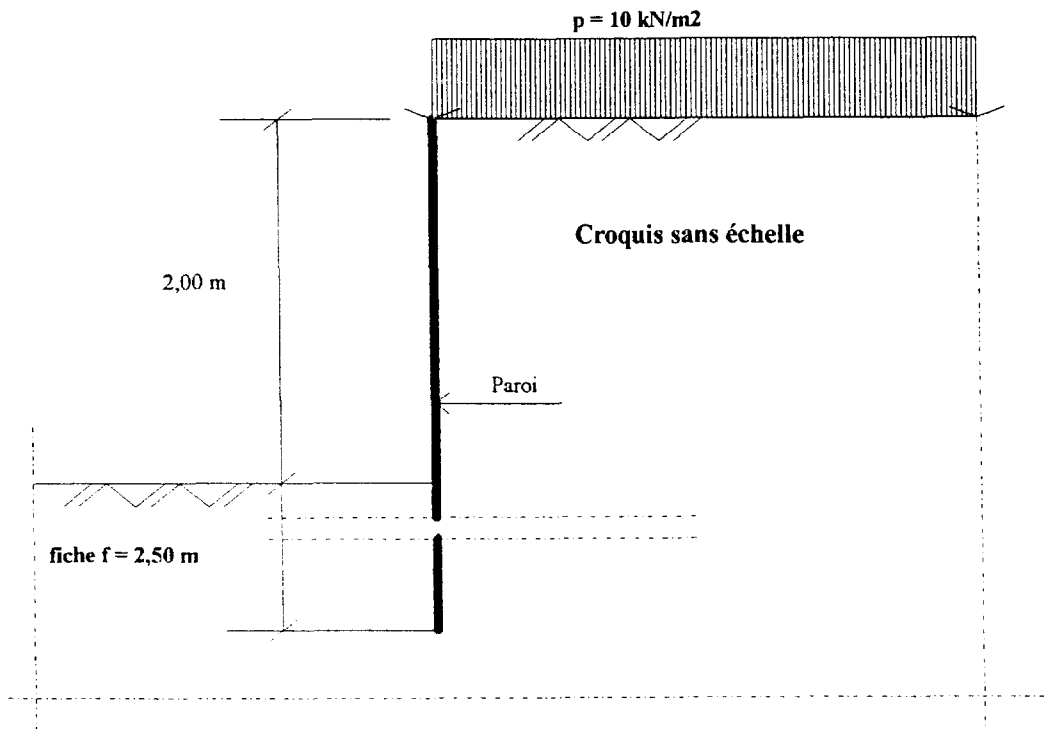
TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☒ **M4.1/ Rechercher la valeur de l'excentricité du câble (e) à l'abscisse : 4.916 m**
- ☒ **M4.2/ Dessiner le diagramme des contraintes normales dues à la précontrainte (P), pour un mètre de largeur de tablier, au droit de l'appui P1.**
- ☒ **M4.3/ Calculer la valeur de la contrainte normale maximale due à la charge permanente (G), pour un mètre de largeur de tablier, au droit de l'appui P1. Dessiner le diagramme des contraintes normales (G) .**
- ☒ **M4.4/ Dessiner le diagramme résultant des contraintes normales au droit de l'appui P1 : (P + G). Indiquer les valeurs maximales.**

M5 - Mécanique des sols : détermination des pressions sur une paroi.**DONNÉES :**

- ☒ Le plan de l'OA 23A (doc P3).
- ☒ Pour la réalisation des fondations des piles le maître de l'ouvrage demande à ce que les terres soient blindées.
- ☒ Les calculs seront menés pour une tranche de 1 m de paroi.
- ☒ La nappe phréatique sera considérée, pour cette étude, située plus bas que la base de la paroi.
- ☒ Les caractéristiques des couches sont :

	C (kPa)	ϕ (degrés)	γ (kN/m ³)
sol	0	38	20

**Rappel :**

. Coefficient de poussée :

$$ka = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\Phi}{2} \right)$$

. Coefficient de butée :

$$kp = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right)$$

TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☒ M5.1/ Calculer les poussées et butées sur la paroi de blindage.
- ☒ M5.2/ Tracer le diagramme des pressions sur la paroi. Les échelles (dimensions et contraintes) sont à définir.

M6 - Mécanique des sols : tassement.**DONNÉES :**

- ☒ La coupe longitudinale et la vue en plan de l'OA 23A (document P3).
- ☒ Un extrait du rapport de sols (document P7).
- ☒ Le sondage est réalisé au droit de la culée C4 de l'OA 23A.

TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☒ M6.1/ Quels sont les deux termes qui interviennent dans le dimensionnement d'un pieu, pour en déterminer la force portante.
- ☒ M6.2/ Sur un croquis faisant apparaître le TN, les remblais d'accès, les pieux, la culée C4, situer le frottement négatif (zone et sens).
- ☒ M6.3/ Donner l'effet du frottement négatif sur le dimensionnement d'un pieu.
- ☒ M6.4/ Citer les paramètres ou éléments intervenant dans le tassement d'un sol.

ÉTUDE DE L'OA 22.

M7- Coulage de la pile de l'OA22.

DONNÉES :

- ☒ Le plan de la pile de l'OA 22 (doc. P5).
- ☒ La documentation du fournisseur de coffrage (doc. P2).
- ☒ La densité du béton frais = 2,5.
- ☒ La pression pondérée sur la peau de coffrage = 90 kN/m²
- ☒ La contrainte limite de l'acier constituant la tige de serrage (ancrage) = 900 MPa. Le coefficient de sécurité = 1,1.
- ☒ Les diamètres possibles des tiges d'ancrages sont 15 mm ; 20 mm ; 26,5 mm

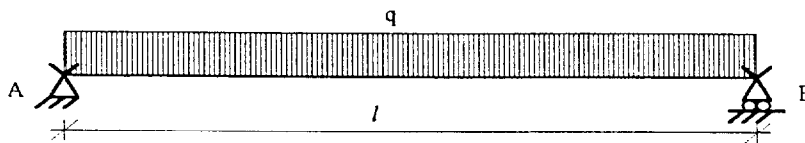
TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☒ M7.1/ Si on considère le béton comme un fluide de densité 2,50, tracer le diagramme des pressions sur une paroi coffrante de la pile et donner la valeur de la pression maximale. La hauteur de pile à considérer est 5,70 m.
- ☒ M7.2/ La pression est limitée à 60 kN/m². Le coffrage utilisé est le TRIO de PERI (voir doc. P2). Les panneaux sont assemblés pour couler la pile en une phase. Déterminer dans le cas le plus défavorable la surface d'influence pour une tige de serrage à l'aide d'un croquis coté explicatif.
- ☒ M7.3/ La surface d'influence d'une tige de serrage est prise égale à 1,65 m². La pression pondérée sur la peau de coffrage vaut 90 kN/m². La contrainte limite de l'acier constituant la tige de serrage est de 900 MPa. Le coefficient de sécurité à considérer vis à vis des contraintes est de 1,1.
 - ☒ M7.3.1/ Calculer le diamètre théorique de la tige de serrage.
 - ☒ M7.3.2/ Les diamètres possibles des tiges de serrage sont 15 mm ; 20 mm ; 26,5 mm ; Choisir la tige de serrage.

M8 - Étude de tablier.

M8.1/ DONNÉES :

- ☒ Étude préliminaire : On considère le schéma mécanique suivant :



- ☒ La valeur de la rotation en A est : $\left[-\frac{q l^3}{24.E.I_{Gz}} \right]$

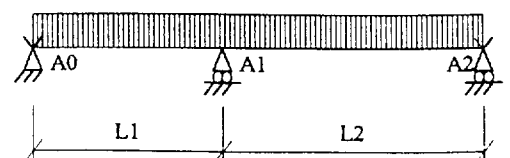
TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☒ M8.1/ Donner l'expression de la rotation en B.

M8.2/ DONNÉES :

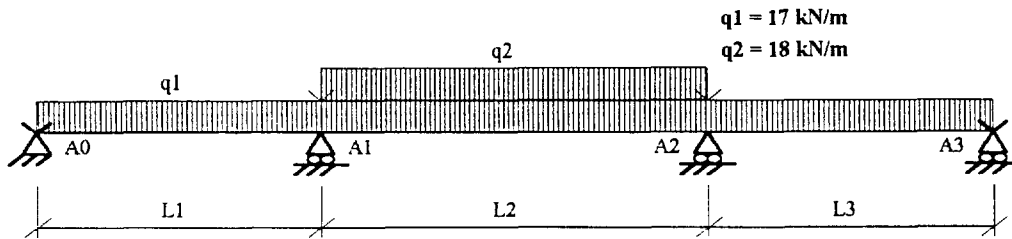
- ☒ Étude du tablier : On donne le plan de l'ouvrage OA22 (doc. P5).
- ☒ L'expression de la formule des 3 moments.

$$M 0.L1 + 2 M 1.(L1 + L2) + M 3.L2 = 6.E.I_{Gz} .(\varphi A1 d - \varphi A1 g)$$



avec : $\varphi A1 d$ = rotation à droite de l'appui A1 et $\varphi A1 g$ = rotation à gauche de l'appui A1

- ☒ Le schéma mécanique retenu pour le tablier (ci dessous).
- ☒ La valeur des charges : $q_1 = 17 \text{ kN/m}$ et $q_2 = 18 \text{ kN/m}$.
- ☒ Le moment fléchissant en A1 : $M_f = -278 \text{ kNm}$



☞ M8.2/ Rechercher les valeurs de L_1 , L_2 , L_3 .

M8.3/ DONNÉES :

☒ Pour la suite de l'étude on considère : $L_1 = L_3 = 8,80 \text{ m}$ $L_2 = 10,80 \text{ m}$

TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☞ M8.3.1/ Retrouver la valeur du moment fléchissant sur l'appui A1. Calculer les actions de liaisons.
- ☞ M8.3.2/ Tracer les graphes de variation de $V_y(x)$ et $M_z(x)$. Indiquer les valeurs particulières.

M9 - Calcul BA : approche partielle simplifiée du tablier en BA.

DONNÉES :

- ☒ Le tablier de l'OA 22 est réalisé en BA.
- ☒ Différents cas de charges ont été étudiés. Le calcul de l'intensité des moments fléchissants maxi pour une largeur de 1 m donne les valeurs suivantes : (à retenir pour les calculs de béton armé)

	M ultime en m.kN	M service en m.kN
En travée	363	241
Sur appui	- 463	- 315

- ☒ Les caractéristiques des matériaux dans l'extrait de CCTP (doc P6).
- ☒ On donne la distance du centre de gravité des aciers tendus à la fibre supérieure du béton comprimé : $d = 0,420 \text{ m}$.
- ☒ Le tableau des sections d'aciers et des extraits du BAEL (doc P8).

TRAVAIL DEMANDÉ :

- ☞ M9.1/ Sur un croquis (coupe longitudinale), donner le principe de ferrailage pour les armatures longitudinales pour l'ensemble du tablier.
- ☞ M9.2/ Déterminer, en respectant les dispositions du CCTP, quel état limite est à considérer pour la conduite des calculs.
 Pour l'état limite définie, calculer la section d'aciers pour un mètre de largeur de tablier, en travée A1-A2
 Dessiner la section retenue sur une coupe transversale. Les aciers transversaux seront représentés mais non calculés.