



مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل
OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA PROMOTION DU TRAVAIL

Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

EXAMEN DE FIN DE FORMATION – COURS DU JOUR ET COURS DU SOIR

Session : Juin 2015 | Eléments de réponses

Règle : **Conducteur de Travaux (Travaux Publics).**

Durée : 4 heures

Niveau : **Technicien Spécialisé.**

Barème : /40

Epreuve : **Théorique.**

❖ **Notes Importantes :**

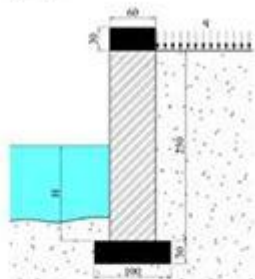
- ✓ Aucun document n'est autorisé.
- ✓ La calculatrice est autorisée.
- ✓ Les téléphones cellulaires et les appareils similaires sont strictement interdits.
- ✓ Les renseignements non fournis sont laissés à l'initiative du candidat.
- ✓ Le candidat ne doit en aucun cas indiquer son nom sur les documents à joindre à la feuille de réponses.

❖ **Barème de notation :**

1.1.	.....	2 pts
1.2.	.....	2 pts
1.3.	.....	2 pts
1.4.	.....	2 pts
2.1.	.....	2 pts
2.2.	.....	2 pts
2.3.	.....	2 pts
2.4.	.....	2 pts
2.5.	.....	2 pts
3.1.	.....	2 pts
3.2.	.....	2 pts
3.3.	.....	2 pts
3.4.	.....	2 pts
3.5.	.....	2 pts
3.6.	.....	2 pts
4.1.	.....	2 pts
4.2.	.....	2 pts
4.3.	.....	6 pts

NB : le correcteur doit vérifier le corrigé avant d'entamer la correction

Dans cette épreuve, on s'intéresse à un projet de mur de soutènement. Ce mur a pour rôle la protection du remblai contre l'érosion causée par l'eau de la rivière à proximité (Cf. figure).



Le remblai sert comme plate-forme support pour un parking de véhicules automobiles. Le poids des véhicules peut être modélisé sous forme d'une charge surfacique « q ».

La valeur de « H » étant variable, on donnera la valeur minimale dans les questions qui suivent.

On négligera la butée des terres en aval du mur de soutènement. Par conséquent, « H » correspond à la hauteur de l'eau qu'on considérera au repos.

Tous les calculs qui suivront seront effectués par mètre linéaire du mur.

▪ **Question (1) : Connaissances générales.**

1.1. Vous travaillez en tant que conducteur de travaux pour l'entreprise désignée pour réaliser ce mur de soutènement. Dans le cadre de ce projet, quelles seront vos principales missions ?

- Planification des travaux ;
- Installation du chantier ;
- Gestion et suivi des travaux (commandes, gestion de la main-d'œuvre etc.).

1.2. Cet ouvrage fait partie de ce qu'on appelle des ouvrages d'art. Qui-est-ce que un ouvrage d'art ? Citer d'autres exemples.

Un ouvrage d'art est qualifié « d'art » parce que sa conception et sa réalisation font intervenir des connaissances où l'expérience joue un rôle aussi important que la théorie. Cet ensemble de connaissances constitue d'ailleurs ce que l'on appelle l'art de l'ingénieur. Comme exemples, on cite : les ponts, les tunnels, les barrages, etc.

1.3. Il existe deux grandes familles de murs de soutènement : les murs de soutènement poids et les murs de soutènements légers. Expliquer la différence entre ces deux familles ?

Un mur de soutènement poids a un poids important lui permettant d'assurer sa stabilité globale (glissement, renversement). Par contre un mur de soutènement léger (souvent en béton armé) est un mur de faible poids comparé aux murs de soutènement poids, sa stabilité est assurée grâce à sa forme.

1.4. Comment un mur de soutènement poids résiste-t-il aux charges ?

La stabilité d'un mur de soutènement poids est assurée grâce à son propre poids. Ce poids lui garantit un moment stabilisant par rapport au renversement assez important, une force stabilisatrice vis-à-vis du glissement et une contrainte de compression équilibrant les contraintes de traction engendrées par les poussées des terres, sans pour autant dépasser la contrainte de compression admissible de la maçonnerie.

• Question (2) : Stabilité globale.

Etudier la stabilité globale d'un mur de soutènement revient à vérifier sa stabilité par rapport au grand glissement, sa stabilité au glissement et sa stabilité au renversement.

On donne :

- ✓ Le poids volumique du béton armé : $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$;
- ✓ Le poids volumique de la maçonnerie : $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$;
- ✓ Le poids volumique du remblai : $\gamma_r = 15 \text{ kN/m}^3$;
- ✓ Le poids volumique de l'eau : $\gamma_e = 10 \text{ kN/m}^3$;
- ✓ L'angle de frottement interne du remblai : $\varphi = 30^\circ$;
- ✓ Le coefficient de frottement entre la maçonnerie et la semelle : $f = 0.60$;
- ✓ La contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{sol} = 0.2 \text{ MPa}$;
- ✓ La hauteur minimale de l'eau : $H = 1.00 \text{ m}$;
- ✓ La surcharge : $q = 5 \text{ kN/m}^2$.

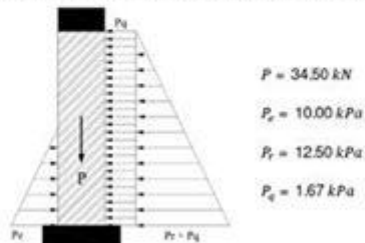
Pour le calcul des charges (par mètre linéaire du mur) :

- ✓ Le poids propre : $P = \gamma \times (1 \times \text{surface}) \text{ [kN]}$;
- ✓ La pression de l'eau à une profondeur h : $P_e = \gamma_e \times h \text{ [kPa]}$;
- ✓ La pression due au remblai à une profondeur h : $P_r = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \times \gamma_r \times h \text{ [kPa]}$;
- ✓ La pression due à la surcharge à une profondeur h : $P_q = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \times q \text{ [kPa]}$.

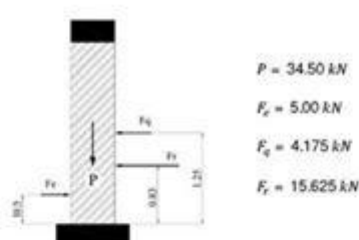
2.1. Qui-ce-que on entend dire par la stabilité au grand glissement ?

C'est la stabilité au glissement du terrain constituant le sol support de la semelle de l'ouvrage. Il s'agit donc de vérifier à ce que les fondations soient implantées à un niveau de sol qui ne risque pas d'être endommagé suite à un glissement de terrain.

2.2. Les charges appliquées au mur de soutènement étudié sont : son poids propre, les pressions des terres, les pressions des eaux et les pressions dues aux surcharges d'exploitation « q ». Calculer et présenter dans une figure l'ensemble de ces charges.



2.3. Calculer les résultantes dues à chacune de ces charges et déterminer leurs points d'application. Présenter vos résultats dans une figure.



$$P = 34.50 \text{ kN}$$

$$F_x = 5.00 \text{ kN}$$

$$F_y = 4.175 \text{ kN}$$

$$F_z = 15.625 \text{ kN}$$

2.4. Calculer la force motrice = F_m = causant le glissement du mur sur sa semelle, et vérifier la résistance du mur au glissement. (Coefficient de sécurité = 1.25)

$$F_m = F_x + F_y - F_z = 14.80 \text{ kN}$$

La résistance au glissement est vérifiée car :

$$\frac{P \cdot f}{F_m} = \frac{34.50 \times 0.6}{14.80} = 1.40 > 1.25$$

2.5. Calculer les moments renversant = M_R et stabilisant = M_S le mur et vérifier la stabilité au renversement. (Coefficient de sécurité = 1.25).

$$M_S = 34.50 \times 0.3 + 5 \times 0.33 = 12.00 \text{ kN.m}$$

$$M_R = 15.625 \times 0.83 + 4.175 \times 1.25 = 18.186 \text{ kN.m}$$

La résistance au renversement n'est pas vérifiée car :

$$\frac{M_S}{M_R} = \frac{12}{18.186} = 0.66 < 1.25$$

• Question (3) : Stabilité interne.

Nous étudierons la stabilité interne en deux phases ; d'abord nous vérifierons le taux de compression de la maçonnerie puis nous dimensionnerons la semelle.

Pour le calcul des contraintes, on donne :

$$\sigma_A = \frac{P}{0.6} + \frac{6 \cdot M_R}{0.6^2} \text{ [kPa]} \text{ et } \sigma_B = \frac{P}{0.6} - \frac{6 \cdot M_R}{0.6^2} \text{ [kPa]}$$

Avec :

$$M_R = \frac{2.50}{3} \cdot F_x + \frac{2.50}{2} \cdot F_y - \frac{H}{3} \cdot F_z \text{ [kN.m]}$$

Pour la détermination de la section d'acier de la semelle, on donne :

$$A_{s1A} \geq \max \left(\frac{N_s(A-a)}{8 \cdot d \cdot f_{et} \cdot \gamma_s} ; \frac{N_s(A-a)}{8 \cdot d \cdot \sigma_{st}} ; 3 \text{ cm}^2 \right) \text{ et } A_{s2A} \geq \max \left(\frac{A_{s1A}}{4} ; 2 \text{ cm}^2 \right)$$

Avec :

$$A = 1 \text{ m} ; a = 60 \text{ cm} ; d = 25 \text{ cm} ; f_s = 500 \text{ MPa} ; \sigma_{st} = 202 \text{ MPa} \text{ et } \gamma_s = 1.15$$

3.1. Calculer la contrainte due aux efforts internes au point « A » et préciser s'il s'agit d'une contrainte de compression ou de traction.

$$F_x = 5.00 \text{ kN} ; F_y = 4.175 \text{ kN} ; F_z = 15.625 \text{ kN}$$

$$M_x = \frac{2.50}{3} \cdot F_y + \frac{2.50}{2} \cdot F_z - \frac{H}{3} \cdot F_x = 16.590 \text{ kPa}$$

$$\sigma_A = \frac{P}{0.6} + \frac{6 \cdot M_x}{0.6^2} = \frac{34.50}{0.6} + \frac{6 \times 16.59}{0.6^2} = 334 \text{ kPa}$$

Il s'agit d'une contrainte de compression car $\sigma_A > 0$.

3.2. Calculer la contrainte due aux efforts internes au point « B » et préciser s'il s'agit d'une contrainte de compression ou de traction.

$$\sigma_B = \frac{P}{0.6} - \frac{6 \cdot M_x}{0.6^2} = \frac{34.50}{0.6} - \frac{6 \times 16.59}{0.6^2} = -219 \text{ kPa}$$

Il s'agit d'une contrainte de traction car $\sigma_B < 0$.

3.3. Vérifier le taux de compression de la maçonnerie si la résistance à la compression de la maçonnerie est de 10 MPa.

La résistance à la compression est vérifiée car :

$$\sigma_{max} = \sigma_A = 334 \text{ kPa} = 0.334 \text{ MPa} < 10 \text{ MPa}$$

3.4. Sans tenir compte du poids propre de la semelle, calculer l'effort normal ultime « N_U » et l'effort normal de service « N_S » appliqué sur la semelle.

$$N_U = 1.35 \times (P + (0.2 \times P_x) + (0.2 \times P_y)) + 1.50 \times (0.2 \times P_z) = 53.151 \text{ kN}$$

$$N_S = P + (0.2 \times P_x) + (0.2 \times P_y) + (0.2 \times P_z) = 39.334 \text{ kN}$$

3.5. En supposant que ces efforts sont centrés, déterminer les ferrillages transversal « A_{stA} » et longitudinal « A_{slA} » de la semelle.

$$A_{stA} \geq \max \left(\frac{0.053 \times 40}{8 \times 25 \times 500 / 1.15} ; \frac{0.039 \times 40}{8 \times 25 \times 202} ; 3 \text{ cm}^2 \right) \text{ et } A_{slA} \geq \max \left(\frac{A_{stA}}{4} ; 2 \text{ cm}^2 \right)$$

Soient :

$$A_{stA} = 3 \text{ cm}^2 \text{ et } A_{slA} = 2 \text{ cm}^2$$

3.6. Calculer la contrainte moyenne appliquée au sol de fondation et vérifier le taux de compression du sol.

$$\sigma = \frac{N_U}{S} = \frac{39.334}{1 \times 1} = 39.334 \text{ kPa} = 0.039 \text{ MPa} < \sigma_{sol}$$

▪ **Question (4) : Travaux d'exécution.**

La longueur du mur de soutènement étudié est de 50 mètres. Chaque mètre carré du mur nécessite pour son exécution 850 litres de mortier. On donne le dosage des différents types de béton utilisés :

Béton	Mortier	Béton
Ciment	250 kg/m ³	350 kg/m ³
Sables : 0/ 5	625 l/m ³	590 l/m ³
Gravier : 5/ 12.5	--	400 l/m ³
Gravier : 5/ 20	--	350 l/m ³

4.1. Sachant que les bétons sont préparés sur chantier, déterminer les quantités des matériaux nécessaires pour réaliser l'ouvrage étudié.

Les quantités à prévoir sont :

Béton	Mortier	Béton armé	Total
Ciment (t)	26,563	8,400	34,963
Sables : 0/ 5 (m ³)	66,41	14,160	80,570
Gravier : 5/ 12.5 (m ³)	0	9,600	9,600
Gravier : 5/ 20 (m ³)	0	8,400	8,400

4.2. Décrire les modes opératoires à appliquer pour réaliser cet ouvrage tout en précisant les matériels et les outillages à utiliser.

Modes opératoires	Matériels et outillages
- Implantation et tracé de la zone à ablayer ; - Déblaiement pour implanter la semelle ; - Excavation de la semelle en béton armé ; - Réalisation du mur en maçonnerie ; - Rendèlement avec compactage ; - Réalisation couronnement en béton armé ; - Nettoyage et repiement du chantier.	Matériels de topographie de chantier, Polylinéarique Broutte bétonnière, outillages divers Broutte bétonnière, outillages de maçon, Polylinéarique compacteur, Broutte bétonnière, outillages divers --

4.3. Le terrain sur lequel l'ouvrage sera implanté est sensiblement incliné dans le sens longitudinal du mur. Au fait, un nivellement par rayonnement effectué sur quelques points distants d'environ 10 mètres a permis d'établir le carnet de nivellement suivant :

Points	Lecture sur la mire (mm)		Dénivelée (mm)		Altitudes (m)
	Arrière	Avant	+	-	
1	1115				112.150
2		1250			
3		1380			
4		1515			
5		1650			
6		1785			

4.3.1. Compléter le carnet de nivellement.

Points	Lecture sur la mire (mm)		Dénivelée (mm)		Altitudes (m)
	Arrière	Avant	+	-	
1	1115				112.150
2		1250		135	112.015
3		1380		265	111.885
4		1515		400	111.750
5		1650		535	111.615
6		1785		670	111.480

4.3.2. Déterminer la pente moyenne du terrain.

$$\text{Pente} = (112.150 - 111.480) / (5 \times 10) = 1.34 \%$$

4.3.3. Citer les matériels topographiques nécessaires pour l'implantation de la semelle.

Un niveau de chantier et ses accessoires (fil à plomb, trépied) et une mire sont suffisants pour réaliser ce travail d'implantation.