



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base
Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Session 2008

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

Session 2008

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAVAUX PUBLICS

Épreuve E4

ÉTUDE DES OUVRAGES

MÉCANIQUE DES STRUCTURES

CORRECTION

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

CORRIGÉ

1. Etude de la corniche BA

1.1 Centre de gravité

$$x_G = 424,5 \text{ mm}$$

$$y_G = 228,5 \text{ mm}$$

1.2 Poids linéaire de la corniche

$$P = 0,281 \times 1 \times 25$$

$$P = 7,025 \text{ kN/m}$$

2. Etude du tablier

2.1. Charges sur le hourdis

Hourdis	$g_h = 25 \times 0,27 \times 1$	$g_h = 6,75 \text{ kN/m}$
Trottoir	$g_t = 25 \times 0,33 \times 1$	$g_t = 8,25 \text{ kN/m}$
Étanchéité	$g_e = 24 \times 0,03 \times 1$	$g_e = 0,72 \text{ kN/m}$
C. de roulement	$g_r = 24 \times 0,06 \times 1$	$g_r = 1,44 \text{ kN/m}$

Barrière $F_B = 1,5 \text{ kN}$

Corniche $F_C = 7,1 \text{ kN}$

Action variable $q = 1,5 \times 1$

$$q = 1,5 \text{ kN/m}$$

2.2. Moment sur appui

$$M_{\text{sur } A_0} = - \left[g_h \times \frac{2,6^2}{2} + g_t \times 1,66 \times 1,33 + g_e \times \frac{0,5^2}{2} + g_r \times \frac{0,5^2}{2} + F_B \times 2,24 + F_C \times 2,57 \right]$$

$$\Rightarrow M_{\text{sur } A_0} = - 66,26 \text{ m.kN}$$

2.3. Dimensionnement des armatures longitudinales.

2.3.1 Section sur appui A₀.

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times 35 = \underline{21 \text{ MPa.}}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left| \begin{array}{l} 2/3 f_e \\ \max \left| \begin{array}{l} 250 \\ 110 \sqrt{f_{tj}} \end{array} \right. \end{array} \right. \Rightarrow \underline{\bar{\sigma}_{st} = 250 \text{ MPa.}}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{15 \times 21}{15 \times 21 + 250} = \underline{0,5575}$$

$$\text{Bras de levier } z = 0,23 \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} \right) = \underline{0,187}$$

* Moment repris par le béton

$$\begin{aligned} M_{rb} &= 0,5 b d^2 \bar{\alpha} \bar{\sigma}_{bc} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} \right) \\ &= 0,5 \times 1 \times 0,23^2 \times 0,5575 \times 21 \times \left(1 - \frac{0,5575}{3} \right) \\ M_{rb} &= \underline{0,252 \text{ m.MN}} \end{aligned}$$

$$M_{ser} < M_{rb} \Rightarrow A_{ser} = \frac{M_{ser}}{z \bar{\sigma}_{st}} = \frac{83 \cdot 10^{-3}}{0,187 \times 250}$$

$$A_{ser} = 17,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\underline{A_{ser} = 17,75 \text{ cm}^2}$$

Choix entreprise 5HA14 + 5HA16

$$e = 15 \text{ cm}$$

(les HA 14 seront amarrés dans la travée).

2.3.2 Document réponse.

2.3.3. Contrainte tangentielle.

$$\bar{\sigma}_u = \frac{V_u}{b_0 d} = \frac{0,140}{1 \times 0,23} = 0,609 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_u = \frac{0,07 f_{cj}}{\gamma_b} = 1,63 \text{ MPa}$$

vérifié.

3. Etude des effets des actions variables.

3.1. Degré d'hyperstaticité.

6n isolé $\frac{\quad}{2 \quad 1 \quad 1 \quad 1}$

Articulation = 2 inconnues.
Appui simple = 1 inconnue.

$$\implies \text{Nombre d'inconnues} = 5$$

$$\text{Nombre d'équation} = 3$$

$$\boxed{H = 2.}$$

3.2. Moments fléchissants sur appuis.

3.2.1. 1^{ère} Equation. $\cancel{l_1} \cancel{l_0} + 2(l_1 + l_2) \eta_1 + l_2 \eta_2 = 6EI (w_{2g} - w_{1d})$
 $2(2+2) \eta_1 + 2 \eta_2 = 6EI \left(-\frac{Fl^2}{16EI} \times 2 \right)$

$$\underline{8\eta_1 + 2\eta_2 = -180} \quad (1)$$

3.2.2. 2^{ème} Equation $l_2 \eta_1 + 2(l_2 + l_3) \eta_2 + l_3 \cancel{\eta_3} = 6EI (w_{3g} - w_{2d})$
 $2\eta_1 + 2(2+2) \eta_2 = 6EI \left(-\frac{Fl^2}{16EI} \right)$

$$\underline{2\eta_1 + 8\eta_2 = -90} \quad (2)$$

3.2.3. Résolution

$$(1) - 4 \times (2) \implies 2\eta_2 - 32\eta_2 = -180 + 4 \times 90$$

$$\implies \boxed{\eta_2 = -6 \text{ m kN}}$$

$$(1) \implies \boxed{\eta_1 = -21 \text{ m kN}}$$

3.3. Diagrammes. DR₃.

Travée A₀A₁ $V_{ic} = V_i(xc) + \frac{\eta_c - \eta_0}{l}$

$$V_g(xc) = -30 + \frac{0 - (-21)}{2} = -19.5 \text{ kN}$$

$$V_d(xc) = 30 + \frac{21}{2} = 40.5 \text{ kN.}$$

Travée A₁A₂.

$$V_g(xc) = -30 + \frac{-21+6}{2} = -37.5 \text{ kN}$$

$$V_d(xc) = 30 - 7.5 = 22.5 \text{ kN}$$

3.4. Actions de liaison

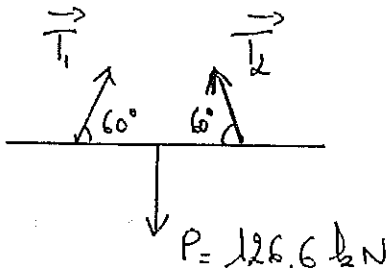
$$R_{A_0} = \underline{19.5 \text{ kN}}$$

$$R_{A_1} = 40.5 + 37.5 = \underline{78 \text{ kN}}$$

$$R_{A_2} = 37.5 + 22.5 = \underline{60 \text{ kN}}$$

4. Etude du levage des dalles préfabriquées.

4.1 Tension dans les élingues.



$$T_1 = T_2 = T$$

$$2T \sin 60 = 126.6$$

$$T = \underline{73.1 \text{ kN}} \text{ pour 2 élingues.}$$

$$\text{Pour 1 élingue } T = \underline{36.55 \text{ kN.}}$$

4.2. Sollicitation dans la dalle.

4.2.1 Vérifier l'équilibre de la dalle.

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{\sum F_{ext/x} = 0} \quad 36.54 - 36.54 = 0 \quad \underline{\text{Vérifié}} \\ \underline{\sum F_{ext/y} = 0} \quad 63.28 \times 2 - 11.3 \times 11.2 = 0 \quad \underline{\text{Vérifié}} \\ \underline{\sum M(F_{ext})} = 0 \quad \text{Par symétrie -} \\ \text{au milieu de la poutre} \end{array} \right.$$

4.2.2. Diagrammes DR2.

4.2.3. Nature des sollicitations.

f Zone 1: Flexion Simple
f Zone 2: Flexion Composée

4.3. Vérification de la dalle.

$$A_s = 15HA16 = \underline{30.15 \text{ cm}^2}$$

4.3.1 Calcul du moment maximum que peut reprendre la dalle:

Position de la fibre neutre $\frac{1.25}{2} y_1^2 - 15 \times 30.15 \cdot 10^{-4} (0.23 - y_1) = 0$

$$\underline{y_1 = 0.098 \text{ m.}}$$

Inertie homogène réduite $I_1 = \frac{b y_1^3}{3} + n A_s (d - y_1)^2$

$$I_1 = \frac{1.25 y_1^3}{3} + 15 \times 30.15 \cdot 10^{-4} (0.23 - y_1)^2$$

$$\underline{I_1 = 1.18 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{ser1} = \frac{\bar{\sigma}_{bc} I_1}{y_1} = \frac{21 \times 1.18 \cdot 10^{-3}}{0.098} = 0.253 \text{ m.MN}$$

$$\sigma_{ser2} = \frac{\bar{\sigma}_{st} \times I_1}{n(d - y_1)} = \frac{250 \times 1.18 \cdot 10^{-3}}{15(0.23 - 0.098)} = 0.149 \text{ m.MN}$$

$$\underline{\sigma_{kr \max} = 0.149 \text{ m.MN.}}$$

4.3.2 Conclusion

$$\sigma_{ser \max} = 149 \text{ m.N} > 38.2 \text{ m.kN}$$

\Rightarrow le ferrailage convient

5 Etude de la stabilité de la culée C₄.

5.1. Diagrammes de contraintes. DR₄.

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{33}{2} \right) = 0,295$$

Contraintes de poussée du remblai. $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_A = 0 \\ \sigma_B = k_a \gamma h \\ = 0,295 \times 19 \times 8,65 \\ = \underline{48,5 \text{ kN/m}^2} \end{array} \right.$

Contraintes de poussée dues à la surcharge

$$\sigma_A = k_a q = 2,95 \text{ kN/m}^2 = \sigma_B$$

5.2. Résultantes

- de poussée du remblai $R_s = \frac{48,5 \times 8,65}{2} = \underline{209,8 \text{ kN}}$

- de poussée due à q $R_q = 2,95 \times 8,65 = \underline{25,52 \text{ kN}}$

5.3 Autres Charges.

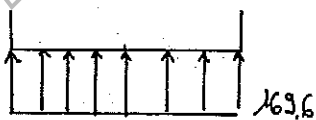
Poids de la culée $P_1 = 14,1 \times 25 = \underline{352,5 \text{ kN}}$

Poids du remblai $P_2 = 12,9 \times 19 = \underline{245,1 \text{ kN}}$

Action Variable $P_3 = 10 \times 1 = \underline{10 \text{ kN}}$

6.1. Stabilité au poinçonnement

6.1.1 Diagramme des contraintes normales dues à R_V



$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{R_V}{B} = \frac{848}{5} = 169,6 \text{ kPa}$$

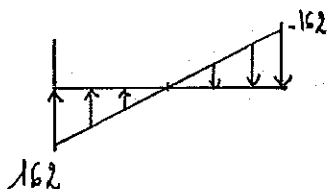
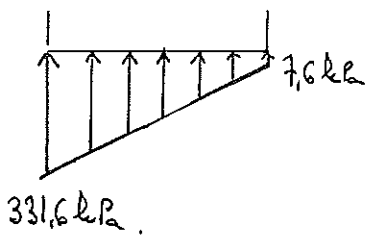


Diagramme des contraintes normales dues à M_G

$$\sigma = -\frac{M}{I/y} = -\frac{M}{B^2} \times 6 = -162 \text{ kPa}$$

⑥



$$\sigma_H = 169,6 + 162 = 331,6 \text{ kPa}$$

$$\sigma_m = 169,6 - 162 = 7,6 \text{ kPa}$$

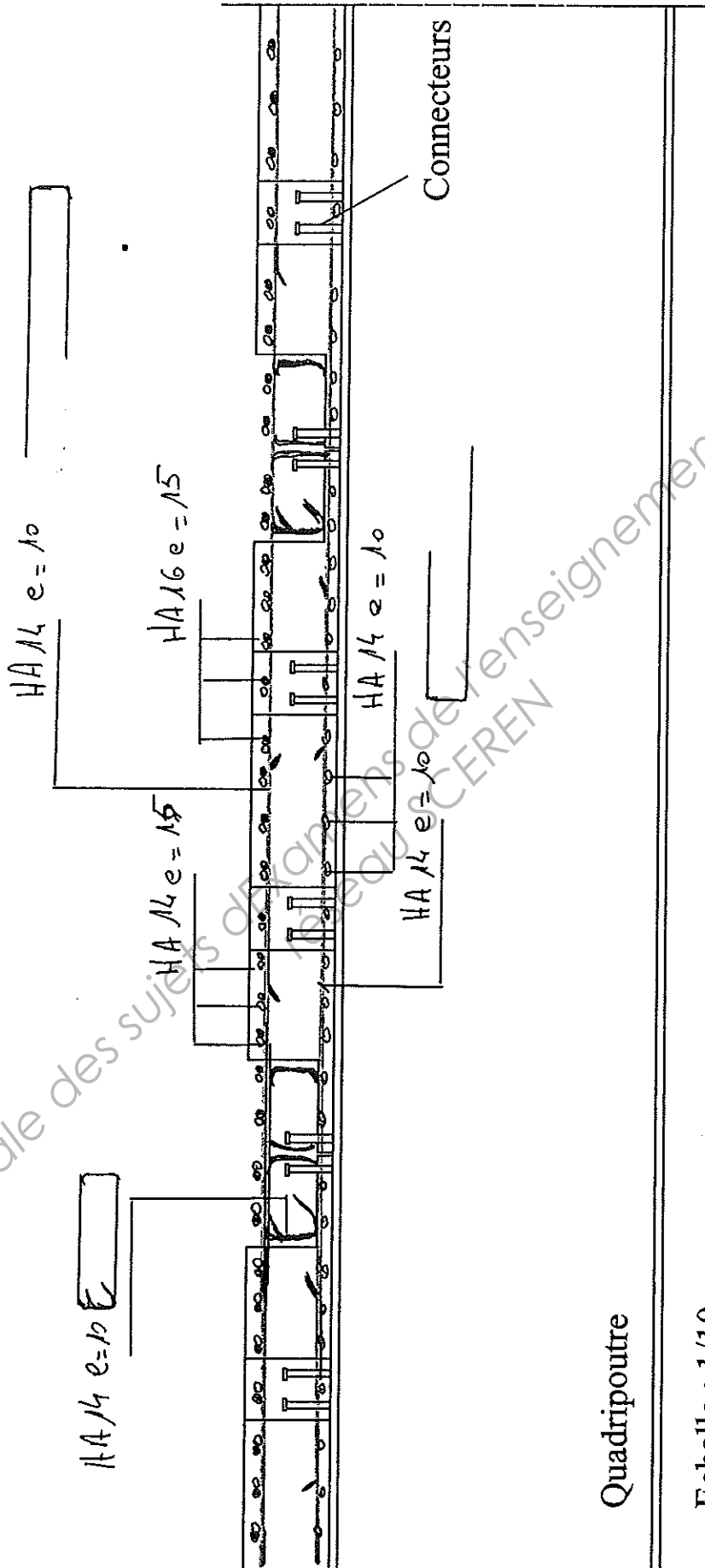
$$\sigma_{314} = \frac{3\sigma_H + \sigma_m}{4} = 250,6 \text{ kPa} < 300 \text{ kPa}$$

Vérifié

6.2 Stabilité au glissement

$$\frac{\tan \rho}{\frac{R_H}{R_V}} = \frac{\tan 33}{\frac{(50 + 25,52 + 209,8)}{(240 + 352,5 + 265,1 + 10)}} = 1,92 > 1,2 \quad \text{Vérifié}$$

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

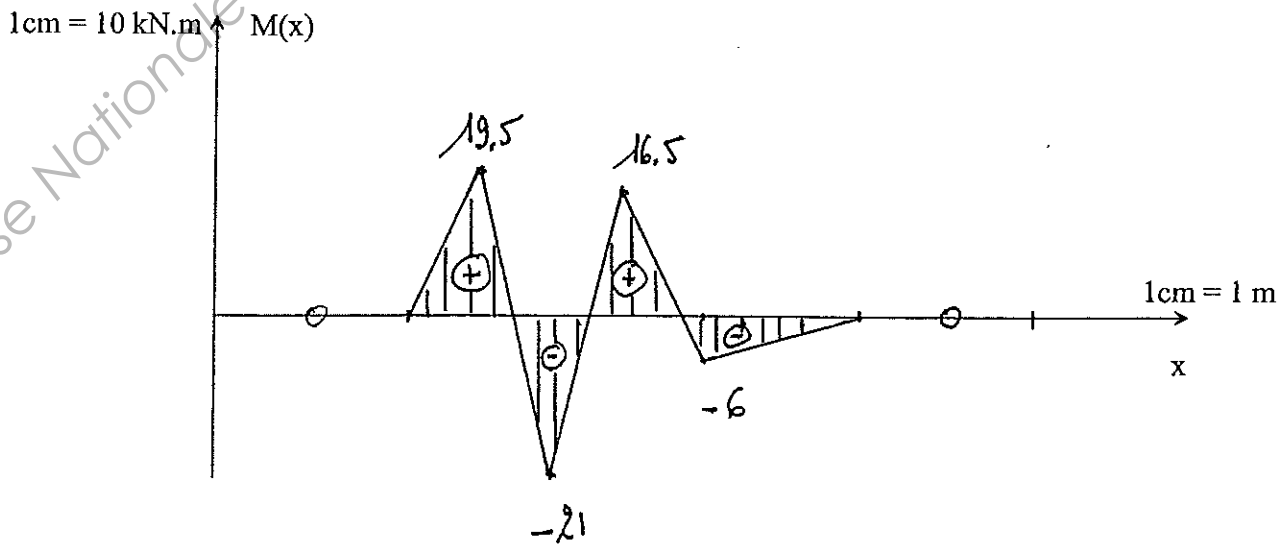
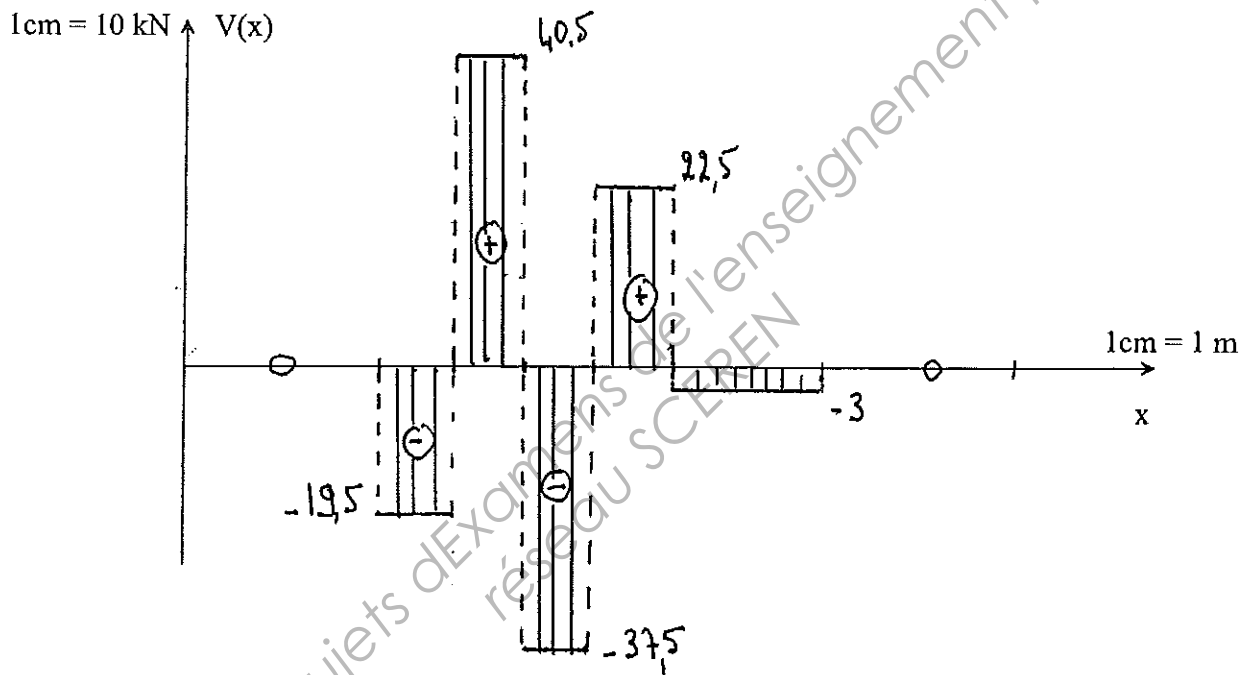
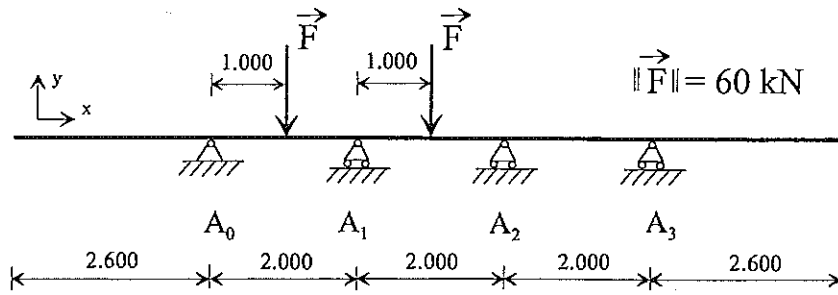


Quadripoutre

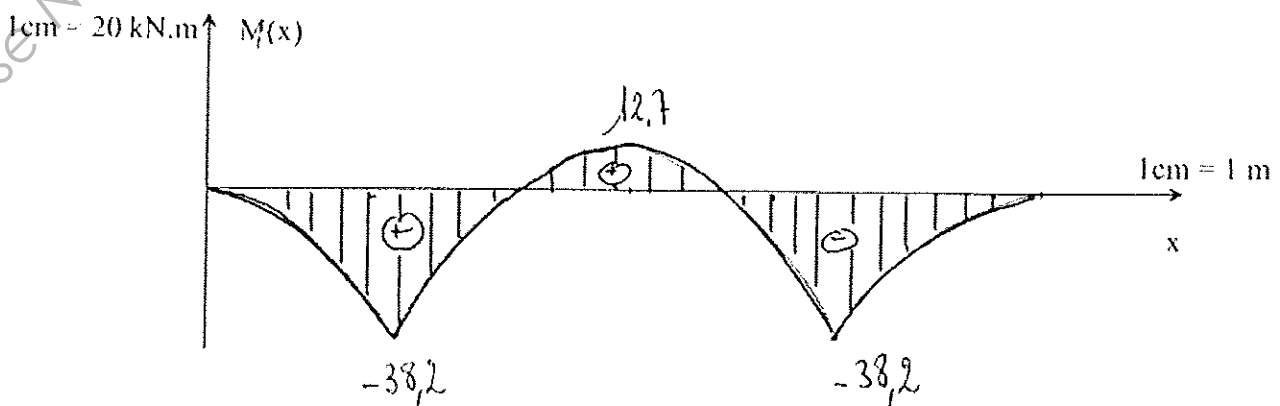
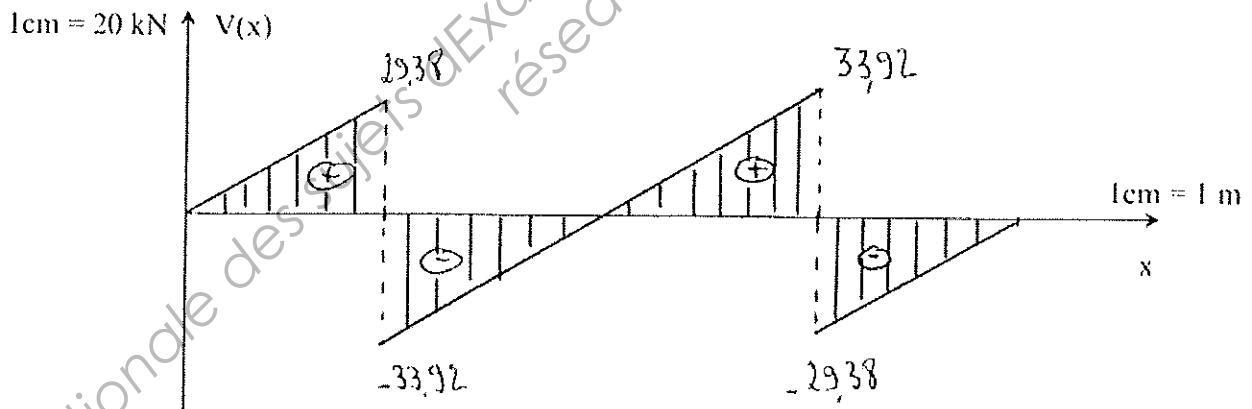
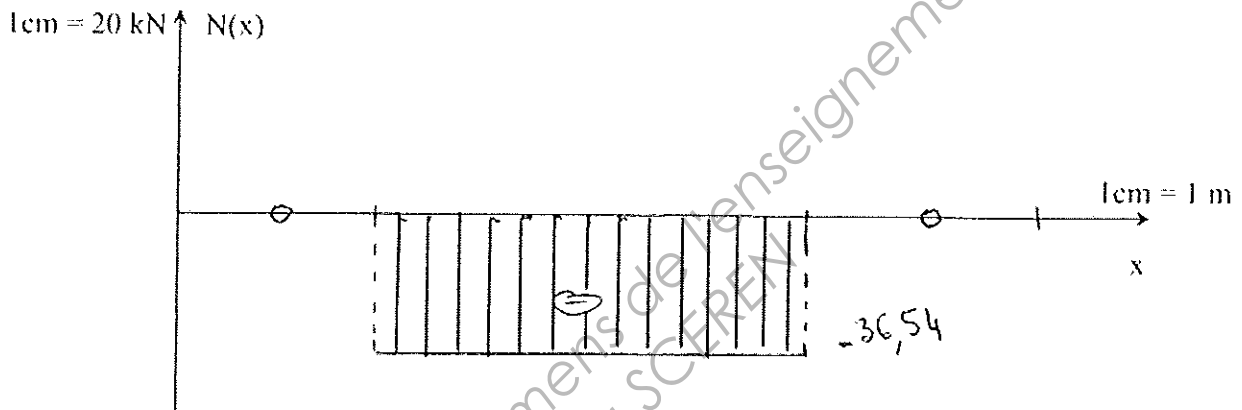
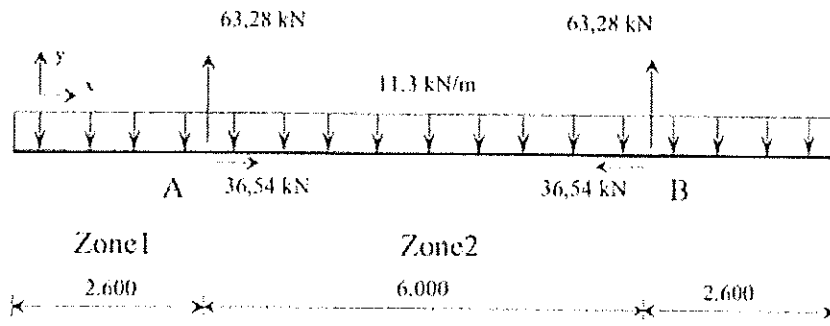
Echelle : 1/10

Base Nationale des sujets des diplômes de l'enseignement professionnel
CEREN

Document réponse - DR2 - question 3.3



Document réponse - DR3 - question 3)2.2



Document réponse - DR4 - questions 5.1, 5.2 et 5.3

Diagramme des efforts

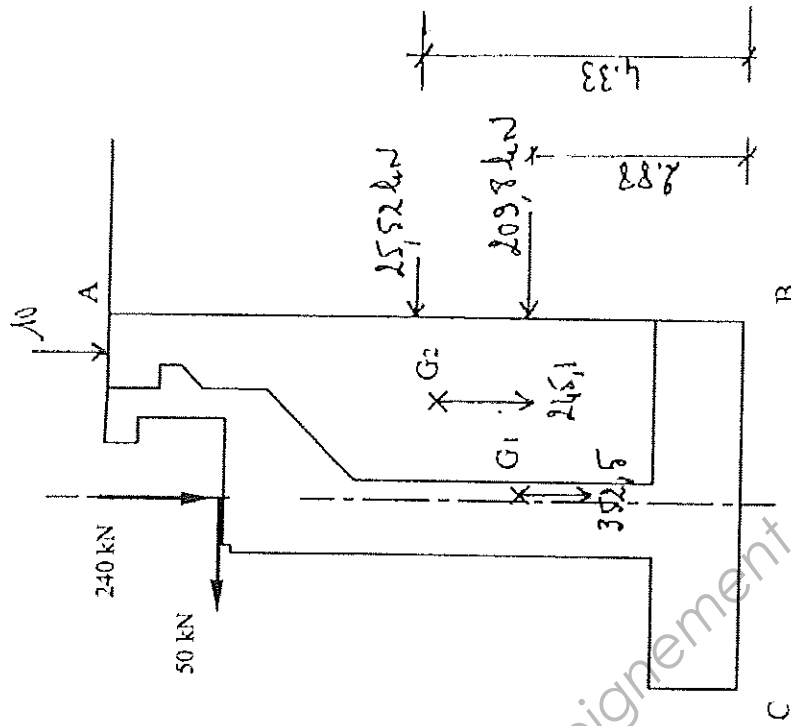
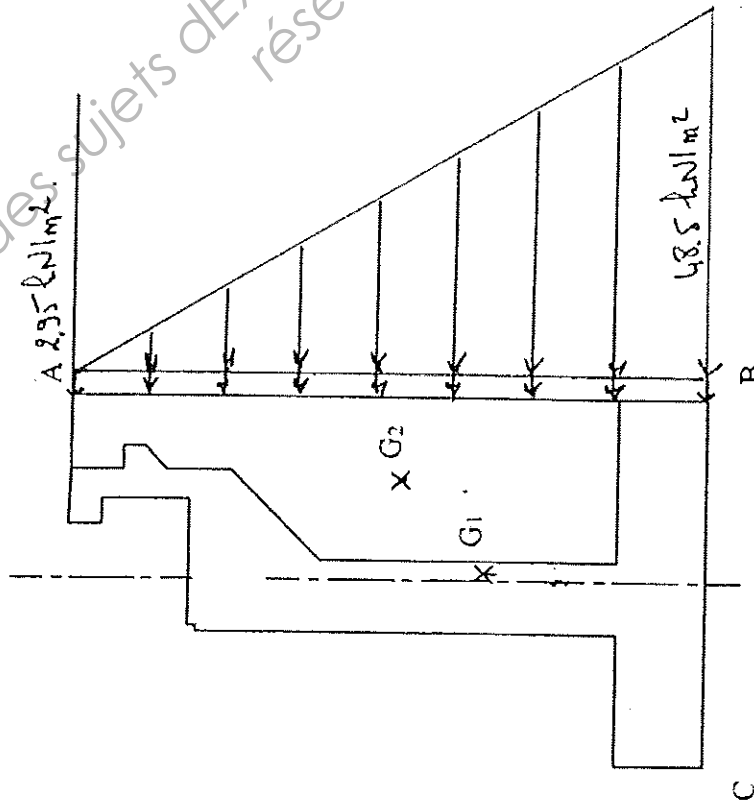


Diagramme des contraintes



Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN