



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# 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.**

# Brevet de technicien supérieur Travaux Publics

Session 2012

Épreuve E4 : **ÉTUDE DES OUVRAGES**

Unité : U.41

**MÉCANIQUE DES STRUCTURES**

**CORRIGE**

Ce dossier comprend 8 pages numérotées 1 à 8

BTS TP - Etude des ouvrages -  
Reconstruction d'un pont  
sur l'Indre -  
CORRIGÉ

1<sup>er</sup> thème : étude de la réalisation du tablier

1. Etude des tubes circulaires verticaux de la palée intermédiaire entre P1 et P2.

1.1. Capacité portante de calcul  $R_{cd}$  de chaque tube.

$$R_{cd} = \frac{R_{bk}}{1,3} + \frac{R_{sk}}{1,3}$$

$$R_{bk} = k_p \times p_{le}^* \times A_b$$

$$k_p = 1,8 ; p_{le}^* = 3,55 \text{ MPa}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} (0,516^2 - 0,500^2) = 0,0127674 \text{ m}^2$$

$$R_{bk} = 1,8 \times 3,55 \times 0,0127674 = \underline{0,0815839 \text{ MN}}$$

$$R_{sk} = P \sum_{i=1}^n h_i \cdot q_{si}$$

$$= \pi \times 0,516 \times [ (60,000 - 56,500) \times 0,065 + (56,500 - 53,000) \times 0,12 ]$$

$$= \underline{1,049637 \text{ MN}}$$

$$R_{cd} = \frac{0,0815839}{1,3} + \frac{1,049637}{1,3} = 0,870170 \text{ MN}$$

$$R_{cd} = 870,170 \text{ kN}$$

$$\text{Nombre de tubes nécessaires : } \frac{3345}{870,170} = \underline{3,84 \text{ tubes}}$$

choix effectué : 6 tubes → vérifié

1.2. vérification de la résistance à la compression des tubes métalliques :

$$N_{ed} \leq A_b \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}}$$

$$N_{ed} = \frac{3345}{6 \text{ tubes}} = 557,5 \text{ kN}$$

$$A_b \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 0,0127674 \cdot \frac{235}{1} = 3 \text{ MN} = 3000 \text{ kN}$$

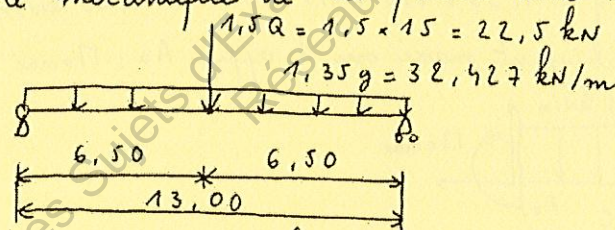
$$N_{ed} = 557,5 \text{ kN} \leq A_b \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 3000 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Aucun risque de flambement n'est à craindre car les tubes sont contreventés en tête et fichés dans le sol en pied.

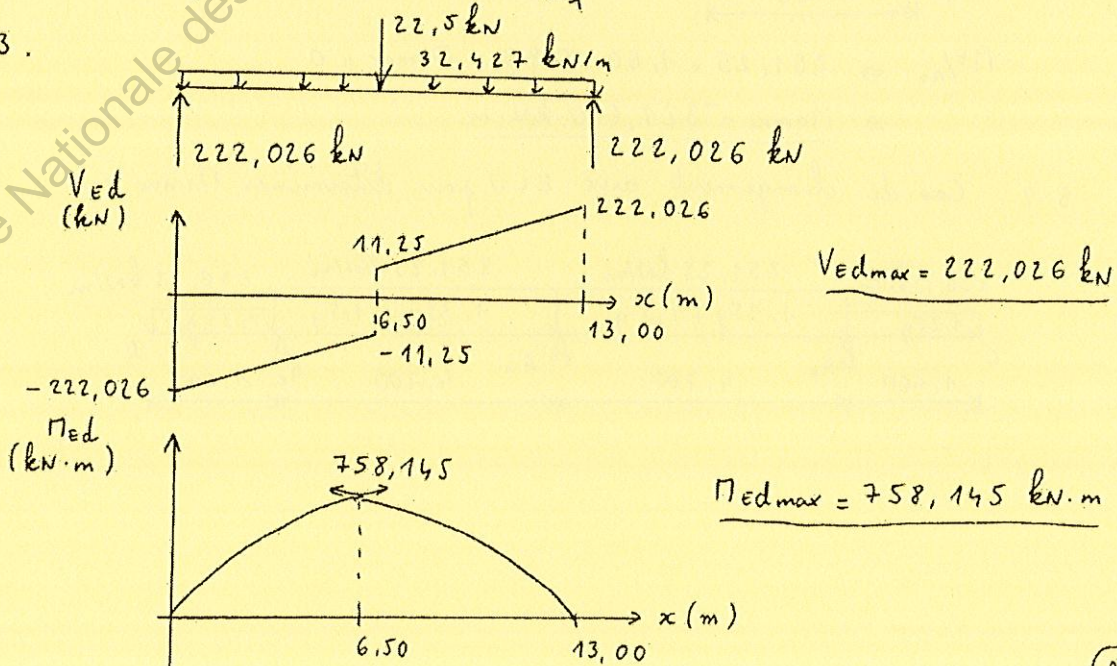
### Etude des profils de franchissement.

2.1.  $g = (25 \times 0,85 + 0,650) \times 1,00 + 2,120$   
 $g = 24,02 \text{ kN/m}$

2.2. Modèle mécanique de la poutre aux ELU :



2.3.



2.4. Vérification du critère de résistance vis à vis de la contrainte normale :

$$M_{ed} \leq W_{ply} \times \frac{f_y}{\gamma_{no}} \quad \text{avec HEB 600}$$

$$M_{ed} = 758,145 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{ply} \times \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 6425 \times 10^{-6} \times \frac{235}{1} = 1,509875 \text{ MN}\cdot\text{m} \\ = 1509,875 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed} = 758,145 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq W_{ply} \times \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 1509,875 \text{ kN}\cdot\text{m} \rightarrow \text{OK}$$

2.5. Vérification du critère de résistance vis à vis de la contrainte tangentielle :

$$V_{ed} \leq 0,58 \cdot A_{v3} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}}$$

$$V_{ed} = 222,026 \text{ kN}$$

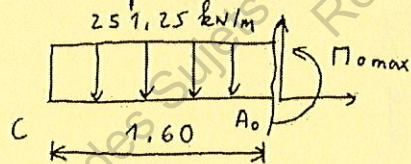
$$0,58 \cdot A_{v3} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 0,58 \times 110,8 \times 10^{-4} \times \frac{235}{1} = 1,510204 \text{ MN} \\ = 1510,204 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 222,026 \text{ kN} \leq 0,58 \cdot A_{v3} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{no}} = 1510,204 \text{ kN} \rightarrow \text{vérifié.}$$

3. Etude des profils de répartition.

$$1,35g + 1,5q = 1,35 \times 175 + 1,5 \times 10 = 251,25 \text{ kN/m}$$

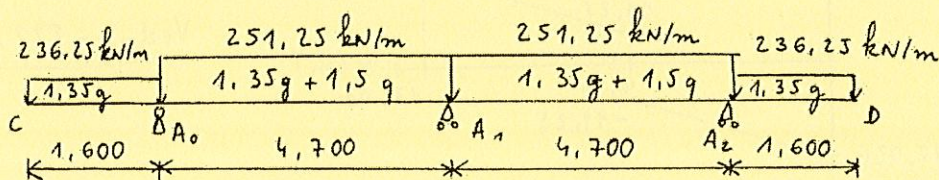
3.1. Moment fléchissant maxi sur l'appui  $A_0$  :  $M_{omax}$



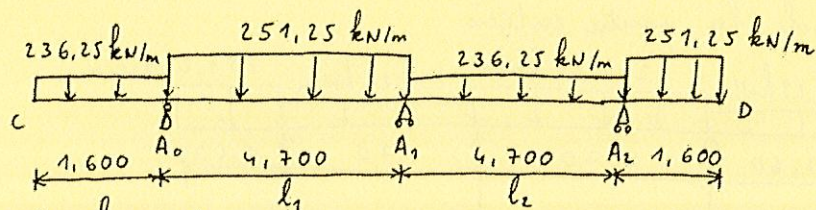
$$M_{t/A_0} \Rightarrow 251,25 \times 1,60 \times 0,80 + M_{omax} = 0$$

$$\Rightarrow M_{omax} = -321,600 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3.2. Cas de chargement aux ELU pour déterminer  $M_{1max}$  :



3.3.

3.3.1. hyper 13.3.2. Moment flechissant sur  $A_0$  :

$$\begin{aligned} \sum M_{/A_0} &\Rightarrow 236,25 \times 1,60 \times 0,80 + \Pi_0 = 0 \\ &\Rightarrow \underline{\Pi_0 = -302,4 \text{ kN}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

Moment flechissant sur  $A_2$  :

$$\begin{aligned} -\sum M_{/A_2} &\Rightarrow -\Pi_2 - 251,25 \times 1,60 \times 0,80 = 0 \\ &\Rightarrow \underline{\Pi_2 = -321,6 \text{ kN}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

3.3.3. Moment flechissant sur  $A_1$  :

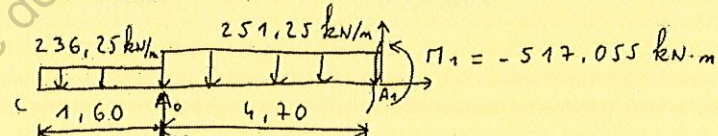
$$l_1 \cdot \Pi_0 + 2(l_1 + l_2) \cdot \Pi_1 + l_2 \cdot \Pi_2 = 6EI (\omega_{1d}^0 - \omega_{1g}^0)$$

$$\begin{aligned} 4,70 \times (-302,4) + 2 \times (4,70 + 4,70) \times \Pi_1 + 4,70 \times (-321,6) \\ = 6EI \cdot \left( -\frac{236,25 \times 4,70^3}{24EI} - \frac{251,25 \times 4,70^3}{24EI} \right) \end{aligned}$$

$$-1421,28 + 18,8\Pi_1 - 1511,52 = -12653,428$$

$$\underline{\Pi_1 = -517,055 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

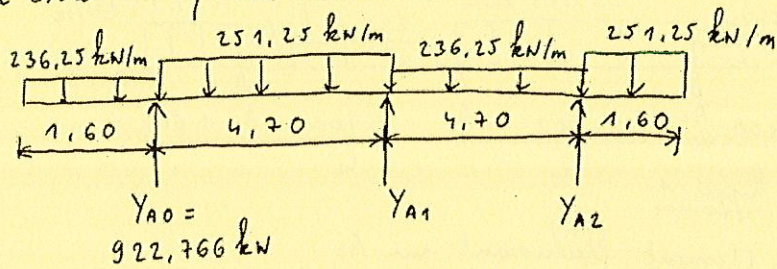
3.3.4. Actions de liaison :

\* On isole  $CA_1$  :

$$\begin{aligned} \sum M_{/A_1} &\Rightarrow 236,25 \times 1,60 \times 5,50 + 251,25 \times 4,70 \times 2,35 \\ &\quad - 517,055 - Y_{A_0} \times 4,70 = 0 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \underline{Y_{A_0} = 922,766 \text{ kN}}$$

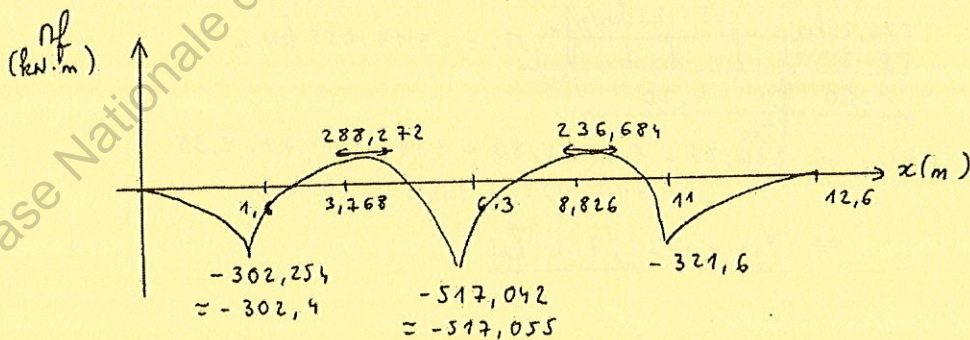
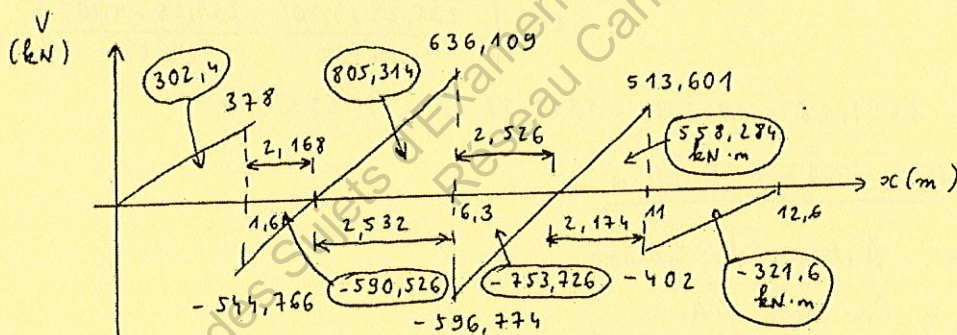
\* On isole la poutre entière :



$$\begin{aligned} \Pi^E/A_1 &\Rightarrow 236,25 \times 1,60 \times 5,50 - 922,766 \times 4,70 + 251,25 \times 4,70 \times 2,35 \\ &\quad - 236,25 \times 4,70 \times 2,35 + Y_{A2} \times 4,70 - 251,25 \times 1,60 \times 5,50 = 0 \\ &\Rightarrow \underline{Y_{A2} = 915,601 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi^E/A_2 &\Rightarrow 236,25 \times 1,60 \times 10,20 + 251,25 \times 4,70 \times 7,05 \\ &\quad + 236,25 \times 4,70 \times 2,35 - 251,25 \times 1,60 \times 0,80 \\ &\quad - 922,766 \times 9,40 - Y_{A1} \times 4,70 = 0 \\ &\Rightarrow \underline{Y_{A1} = 1232,883 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{proj}/y &\Rightarrow -236,25 \times (1,60 + 4,70) - 251,25 \times (4,70 + 1,60) \\ &\quad + 922,766 + 1232,883 + 915,601 = 0 \rightarrow 0 \text{ K} \end{aligned}$$



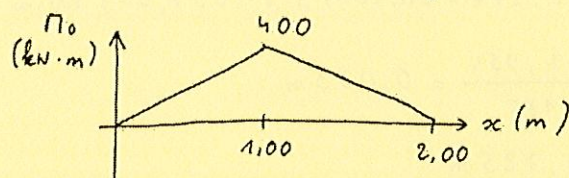
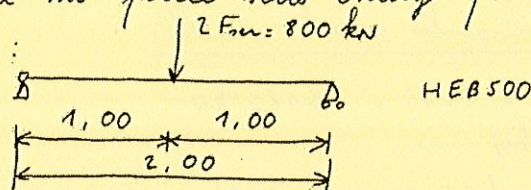
$$\begin{aligned} 3.4. \quad \Pi_{\text{max}} &= -321,6 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \Pi_{1 \text{ max}} &= -542,564 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \Pi_{E_{A_0 A_1 \text{ max}}} &= 288,272 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{On retient} \\ |\Pi_{E d \text{ max}}| = 542,564 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array}$$



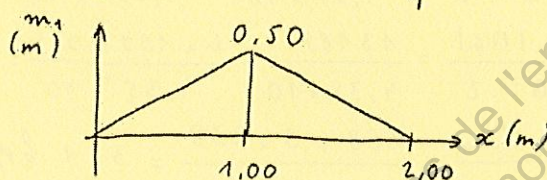
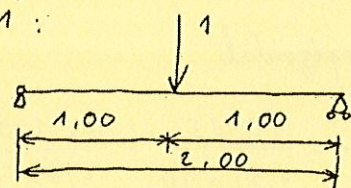
## Etude des profilés de raidissement.

4.1. flèche à mi-portée sous charge ponctuelle :

\* état 0 :



\* état 1 :



$$* f_I = \frac{1}{EI} \times \left\{ \begin{array}{c} \text{400} \\ \text{0.50} \\ \text{1} \quad \text{1} \\ \text{2} \end{array} \right\}$$

$$f_I = \frac{1}{EI} \times 2,00 \times \frac{1}{3} \times 400 \times 0,50 = \frac{400 \text{ kN.m}^3}{3EI}$$

$$f_I = \frac{0,400 \text{ MN.m}^3}{3 \times 210000 \times 107200 \times 10^{-8}} = 0,000592 \text{ m} \\ \text{HEB 500} = 0,592 \text{ mm}$$

4.2. flèche à mi-portée due à la charge répartie :

$$f_{II} = \frac{5 \text{ par } l^4}{384 EI} = \frac{5 \times 1,87 \times 10^{-3} \times 2,00^4}{384 \times 210000 \times 107200 \times 10^{-8}} = 0,0000017 \text{ m} \\ \approx 0,002 \text{ mm}$$

4.3. flèche totale :

$$f = f_I + f_{II} = 0,592 + 0,002 = 0,594 \text{ mm}$$

$$\overline{f} = 20 \text{ mm} + \frac{1}{2000} \text{ de la portée} = 20 + \frac{2000}{2000} = 21 \text{ mm}$$

$$f = 0,594 \text{ mm} \ll \overline{f} = 21 \text{ mm}$$

La flèche obtenue est quasi-nulle. Elle n'est pas déterminante pour le choix du profilé.

2<sup>ème</sup> thème : étude de l'appui intermédiaire (pile P1)

5. Vérification des contraintes sous la semelle.

$$5.1. \quad R_v = 8410 + 4775 = 13185 \text{ kN}$$

$$R_h = 121 \text{ kN}$$

$$|M_G| = +121 \times (65,274 - 56,200) = +1097,954 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$5.2. \quad e = \frac{|M_G|}{R_v} = \frac{1097,954}{13185} = 0,083 \text{ m}$$

$$\frac{B}{6} = \frac{4,350}{6} = 0,725 \text{ m}$$

$e < \frac{B}{6} \rightarrow$  diagramme trapézoïdal

$$5.3. \quad \sigma_{\max} = \frac{|R_v|}{B \cdot L} + \frac{6 \cdot |M_G|}{B^2 \cdot L} = \frac{13185}{4,35 \times 10} + \frac{6 \times 1097,954}{4,35^2 \times 10} = 338 \text{ kPa}$$

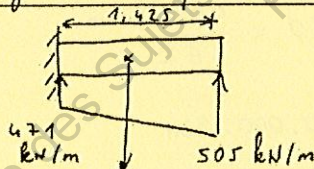
$$\sigma_{\min} = \frac{|R_v|}{B \cdot L} - \frac{6 \cdot |M_G|}{B^2 \cdot L} = \frac{13185}{4,35 \times 10} - \frac{6 \times 1097,954}{4,35^2 \times 10} = 268 \text{ kPa}$$

$$5.4. \quad \sigma_{3/4} = \frac{\sigma_{\min} + 3 \cdot \sigma_{\max}}{4} = \frac{268 + 3 \times 338}{4} = 321 \text{ kPa}$$

$\sigma_{3/4} = 0,321 \text{ MPa} < q_{adm} = 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow$  la stabilité au poinçonnement est vérifiée.

6. Ferrailage d'une partie de la semelle.

6.1.



$$\|P\| = 25 \times 1,425 \times 1,00 = 35,625 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = -35,625 \times \frac{1,425}{2} + 471 \times \frac{1,425}{2} + (505 - 471) \times \frac{1,425}{2} \times \frac{2}{3} \times 1,425$$

$$M_{ed} = 475,843 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

6.2. Choix d'armatures :

$$\text{béton C30/37} \Rightarrow f_{ck} = 30 \text{ MPa} \Rightarrow f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$M_{ed} = N_u = 475,843 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$b_w = 1,00 \text{ m}$$

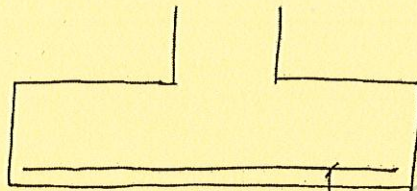
$$d = 0,9 h = 0,9 \times 1,00 = 0,90 \text{ m}$$

$$\mu_u = \frac{475,843 \times 10^{-3}}{1,00 \times 0,90^2 \times 20} = 0,029$$

$$\alpha_u = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0,037$$

$$A_s \geq \frac{0,8 \alpha_u b_w d f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \times 0,037 \times 1,00 \times 0,9 \times 20}{435} \times 10^4 = 12,34 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{choix : } 9 \text{ HA } 14 / \text{m} = 13,85 \text{ cm}^2/\text{m}$$



9 HA 14 / m de profondeur  
 $\Rightarrow$  HA 14 tous les 11 cm

