

# 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.**

# EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Sous-Epreuve : U 41

Elaboration d'une note de calcul de structures

# CORRECTION

- Ne pas porter plusieurs corrigés sur une même feuille.
- Si, pour un même corrigé, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.

## CONSTRUCTION D'UNE CANTINE SCOLAIRE

### PARTIE I: Poteau Béton Armé

#### I.1 Armatures longitudinales

\* Données :  $N_u = 570 \text{ kN}$

$l_f = l_0 = 4,70 \text{ m}$

$\phi = 30 \text{ cm}$

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$\gamma_b = 1,5$

$f_e = 500 \text{ MPa}$

$B_r = \phi_{28 \text{ cm}} = 6,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

B8.4.1  $\Rightarrow N_{ulim} = \alpha \left[ \frac{B_r f_{c28}}{0,9 \gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$

#### \* calcul de $\alpha$ (B8.4.1)

$\alpha$  est fonction de  $\lambda$  l'étalement lui-même fonction du rayon de gyration  $i$  et de la longueur de flambement considérée.

$$i = \sqrt{\frac{I}{B}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi \times \phi^4}{64}}{\frac{\pi \phi^2}{4}}} = \sqrt{\frac{\phi^2}{16}} = \frac{\phi}{4} = \frac{0,30}{4}$$

$\Rightarrow i = 7,5 \text{ cm}$

$\Rightarrow \lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{470}{7,5} \Rightarrow \lambda = 62,7 \Rightarrow \alpha = 0,60 \cdot \left( \frac{50}{\lambda} \right)^2 \text{ car } 50 \leq \lambda \leq 70$

$\Rightarrow \alpha = 0,382$

Or plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours  $\Rightarrow \alpha = \frac{0,382}{1,1}$

$\Rightarrow \alpha = 0,347$

- Ne pas porter plusieurs corrigés sur une même feuille.
- Si, pour un même corrigé, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.

$$\Rightarrow \text{section d'acier } \boxed{A_e = 11,54 \text{ cm}^2} \Rightarrow 6\phi 16 \text{ (12,06 cm}^2\text{)}$$

$$\text{Vérification Axes Minimaux (A8.121)} \Rightarrow A_{\min} = 4 \times \pi \times \phi = 3,77 \text{ cm}^2 < A_e$$

### I.2 Armatures transversales

$$A_{815} \Rightarrow \phi_t \approx \frac{\phi_e}{3} \approx \frac{16}{3} \Rightarrow \underline{\phi_t = 6 \text{ mm}}$$

\* espacement  $s_t$

$$s_t \leq \min (15\phi_t; 40 \text{ cm}; a+10 \text{ cm})$$

$$s_t \leq \min (24 \text{ cm}; 40 \text{ cm}; 40 \text{ cm})$$

$a$  = plus petite dimension de la pièce -

$$\Rightarrow \boxed{s_t = 24 \text{ cm}}$$

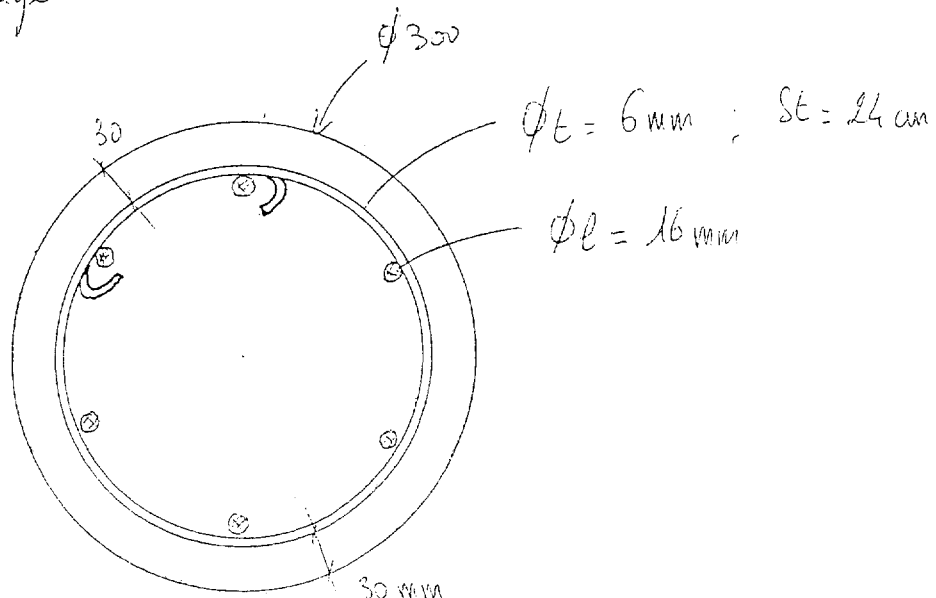
### I.3 Schéma

A8.122  $\Rightarrow$  au moins 6 armatures

Enrobage 3 cm

(A8.122) - Enrobage 3 cm

$\hookrightarrow$  au moins 6 armatures



- Ne pas porter plusieurs corrigés sur une même feuille.

- Si, pour un même corrigé, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.

## PARTIE II : Poutre continue Béton Armé

### II-1 Justification schéma mécanique

\* portée

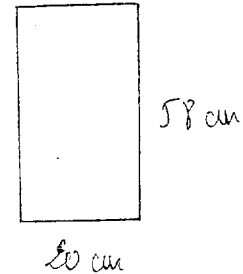
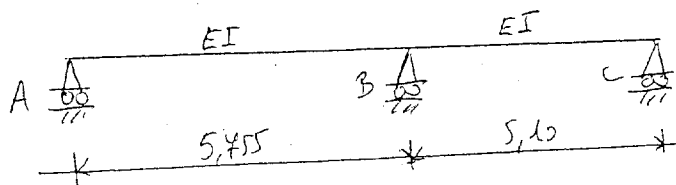
B611  $\Rightarrow$  portée entre murs des appuis

\* charges

	Calcul	g (kN/m)	q (kN/m)
* poutre (poids propre) 25 kN/m <sup>3</sup>	$0,58 \times 0,2 \times 25$	2,9	
* toiture	/	1,4	
* maçonnerie 1,75 kN/m <sup>2</sup> de façades hauteur = 74,10 - 72,78 = 1,32 m	$1,75 \times 1,32$	2,31	
* toiture-terrasse largeur de reprise $\frac{1,705}{2}$ dalle ep: 18 cm charge d'exploitation = 1,5 kN/m <sup>2</sup>	$g = 0,18 \times \frac{1,705}{2} \times 25$  $q = 1,5 \times \frac{1,705}{2}$	3,84	1,28
* étanchéité 0,12 kN/m <sup>2</sup>	$0,12 \times \frac{1,705}{2}$	0,10	
* gravillon (5 cm) 0,2 kN/m <sup>2</sup> /cm	$0,2 \times \frac{1,705}{2} \times 5$	0,85	
BTE4ENC4		g = 11,4 kN/m	q = 1,28 kN/m

- Ne pas porter plusieurs corrigés sur une même feuille.
- Si, pour un même corrigé, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.

## II-2 Méthode Forfaitaire - Domaine d'application



$$B62-e10 = * q > 2q \quad \text{OK!}$$

$$* q < 5000 \text{ N/m}^2 \quad \text{OK!}$$

$$* I \text{ constant} \quad \text{OK!}$$

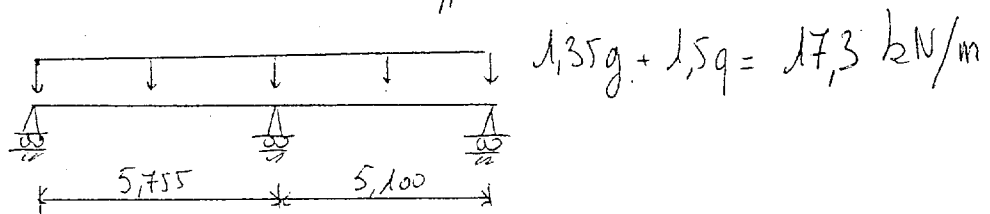
$$* \frac{l_1}{l_2} = 1,13 \Rightarrow 0,8 < \frac{l_1}{l_2} < 1,2 \quad \text{OK!}$$

$$* \text{flexion non préjudiciable} \quad \text{OK!}$$

$\Rightarrow$  Méthode Forfaitaire utilisable

## II-3 Calcul des moments en travée et sur appuis

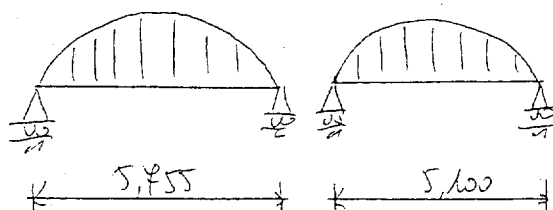
Annexe E13



$$M_{01} = 71,66 \text{ kN.m}$$

$$M_{02} = 56,28 \text{ kN.m}$$

traçées de  
comparaison



$$\alpha = \frac{Q_B}{G + Q_B} = 0,101$$

- Ne pas porter plusieurs corrigés sur une même feuille.

- Si, pour un même corrigé, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.

\* Moment sur appuis B =  $0,6 \cdot M_{0\max}$  (pour à 2 travées)

$$\Rightarrow |M_B| = 43 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (M_A = M_C = 0) \Rightarrow \underline{M_B = -43 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

\* Travées AB et BC = travées de rive

$$\text{et } 1 + 0,3\alpha = 1,03 \Rightarrow \underline{M_E + \frac{M_W + M_E}{2} \geq 1,05 M_0}$$

\* Travée AB

$$M_E + \frac{M_W + M_E}{2} \geq 1,05 M_{01} \quad \xrightarrow{M_W=0; M_E=43} \quad M_E \geq 53,74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{et } M_E \geq \frac{1,2 + 0,3\alpha}{2} M_{01} \Rightarrow M_E \geq 44,08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\Rightarrow \boxed{M_{EAB} = 53,74 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

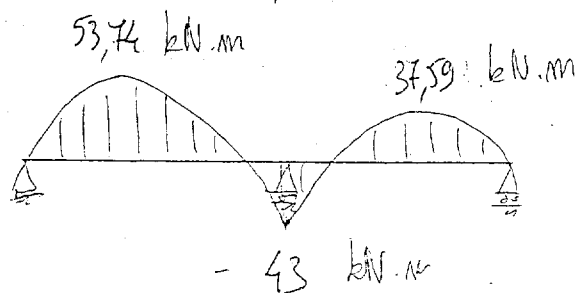
\* Travée BC

$$M_E + \frac{M_W + M_E}{2} \geq 1,05 M_{02} \quad \xrightarrow{M_W=43; M_E=0} \quad M_E \geq 37,59 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{et } M_E \geq \frac{1,2 + 0,3\alpha}{2} M_{02} \Rightarrow M_E \geq 34,62 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

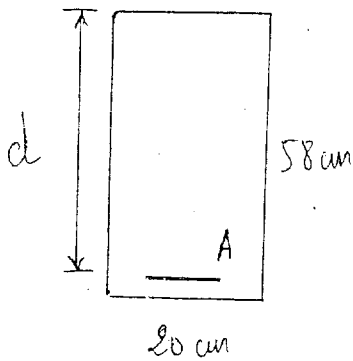
$$\Rightarrow \boxed{M_{EBC} = 37,59 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Allure des moments (courbe enveloppe)



- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.

## II-4 Calcul section d'acier



$$f_{c28} = 25 \text{ MPa} \Rightarrow f_{bu} = \frac{0,85 f_{c28}}{\sigma \cdot f_b} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$f_e = 500 \text{ MPa}$$

$$M_u = 54 \text{ kN.m}$$

$$d = 0,9h = 0,522 \text{ m}$$

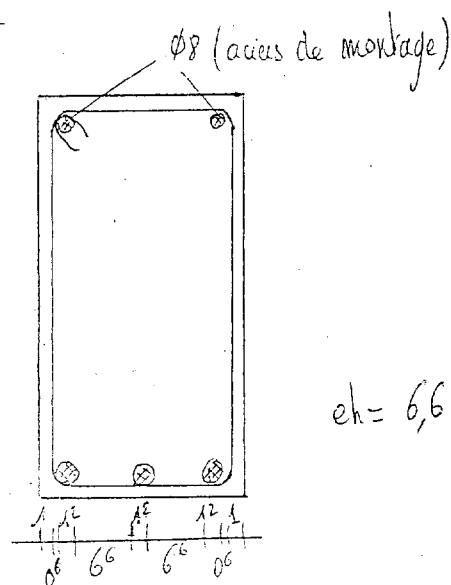
$$\Rightarrow \mu = \frac{M_u}{bd^2 f_{bu}} = 0,069 \Rightarrow \text{pivot A} \Rightarrow \alpha_u = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha_u = 0,09 \quad \gamma_u = \alpha_u \times d$$

$$\Rightarrow A_e = \frac{0,81 b \gamma_u f_{bu}}{f_e / \gamma_s} \Rightarrow \underline{\underline{A_e = 2,5 \text{ cm}^2}} \Rightarrow 3 \phi 12 \text{ (HA)}$$

vérification section minimale =  $A_{min} = 0,23 bd \frac{f_{tj}}{f_e} = 1 \text{ cm}^2$  OK! ( $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_c$ )

## II.5 Schéma pour le



enrobage : 1 cm

$d_t = 6 \text{ mm}$

$\phi_e = 3 \phi 12$

$$e_h = 6,6 \text{ cm} \text{ ou } e_h \geq \max(1,5 c_g; \phi) \text{ (A725)}$$

$$e_h \geq 3 \text{ cm} \text{ OK!}$$



- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.

### PARTIE III = Poutre Métallique Continue sur 3 appuis

#### III-1 Théorème des 3 moments

$$\text{on sait : Appui 2} \Rightarrow 17,3 M_2 + 3,45 M_3 = -4087,6 \text{ daN.m}^2$$

$$\text{Appui 3} \Rightarrow 3,45 M_2 + 14 M_3 + 3,55 M_4 = -1930,5 \text{ daN.m}^2$$

théorème des 3 moments sur appui 4 :

$$3,55 M_3 + 2(3,55 + 1,55) M_4 + 1,55 M_5 = 6EI \left( \frac{-90 \times 1,55^3}{24EI} - \frac{90 \times 3,55^3}{24EI} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{3,55 M_3 + 10,2 M_4 = -1090,4} \text{ daN.m}^2$$

#### III-2 Résolution du système d'équations

$$\begin{cases} 17,3 M_2 + 3,45 M_3 = -4087,6 \\ 3,45 M_2 + 14 M_3 + 3,55 M_4 = -1930,5 \\ 3,55 M_3 + 10,2 M_4 = -1090,4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M_2 = -224,12 \text{ daN.m} \\ M_3 = -60,92 \text{ daN.m} \\ M_4 = -85,69 \text{ daN.m} \end{cases}$$

#### III-3 Vérification contrainte (ELU)

$$M_{\max} = M_2 = -225 \text{ daN.m} \Rightarrow \sigma = -\frac{M}{I_x} \text{ (flexion simple)}$$

$$\sigma_{\text{lim}} = 235 \text{ MPa}$$

$$\text{IPE80} \Rightarrow \frac{I}{S} = 20 \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow \sigma_{\max} = \frac{2250}{20 \cdot 10^{-6}} = 112,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{lim}} \Rightarrow \text{OK!}$$

- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.

### III-3 Expliquer le choix d'un IPE 100

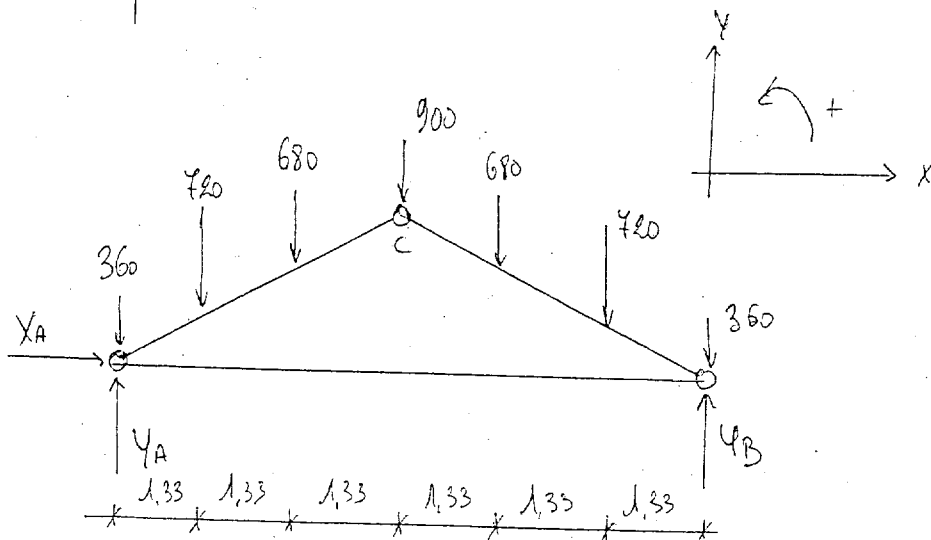
L'autre critère de dimensionnement est la flèche (déformation) - Ici la flèche maximale = - 28,465 mm (voir Annexe 4) dans la travée 1-2. Or la flèche limite est fixée à  $f = \frac{l}{300} = \frac{5200}{300} = 17,33$  mm

$\Rightarrow$  Donc l'IPE 80 ne convient pas du point de vue de la déformation  $\Rightarrow$  IPE 100

## PARTIE IV : ETUDE D'UNE FERME

### IV-1 Calcul réactions d'appui

Schéma mécanique:



### Principe Fondamental de la Statique

$$\sum F_{ext/x} = X_A = 0$$

$$\sum F_{ext/y} = Y_A + Y_B - 2 \times 360 - 720 - 680 - 900 - 680 - 720 = 0 \Rightarrow Y_A + Y_B = 4420$$

$$\sum M/c \Rightarrow -Y_A \times 4,00 + Y_B \times 4,00 + 360(4-4) + 720(1,33-1,33) + 680(2,66-1,33) + 900(4-1,33) + 680(2,66-1,33) + 720(4-1,33) = 0$$

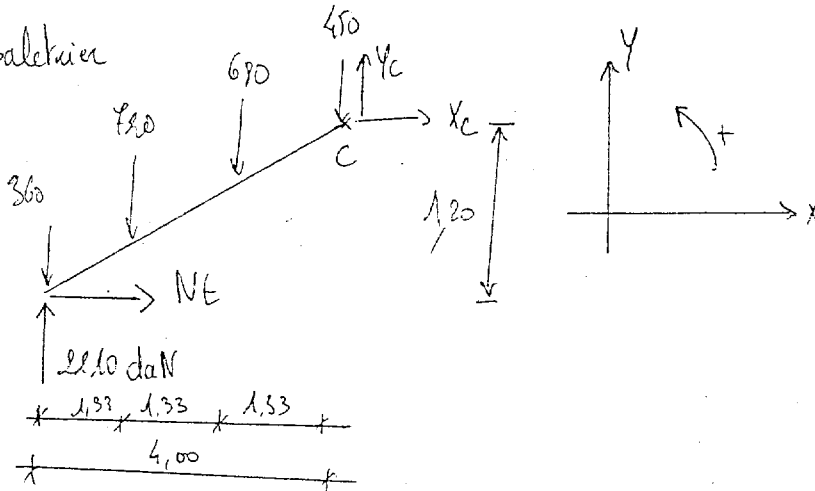
$$Y_A = Y_B \text{ (symétrie)}$$

$$\Rightarrow Y_A = Y_B = 2210 \text{ daN}$$

- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.

#### IV-2 Effort dans le tirant

Ouïsse d'arbaletrier



$$PFS = \sum M/C = N_E \times 1,20 - 2210 \times 4 + 360 \times 4 + 720 \times 1,66 + 680 \times 1,33 = 0$$

$$\Rightarrow N_E = N_{ELS} = 3817 \text{ daN}$$

#### IV-3 Dimensionnement en Compression - Traction Simple -

$$N_u = 5321 \text{ daN} \Rightarrow \sigma_{\max} = \frac{N}{S}$$

$$\sigma_{\lim} = 355 \text{ MPa}$$

$$\text{il faut } \sigma_{\max} \leq \sigma_{\lim}$$

$$\Rightarrow \frac{53210}{S} \leq 355 \Rightarrow S_{\min} \geq \frac{53210}{355} \text{ mm}^2$$

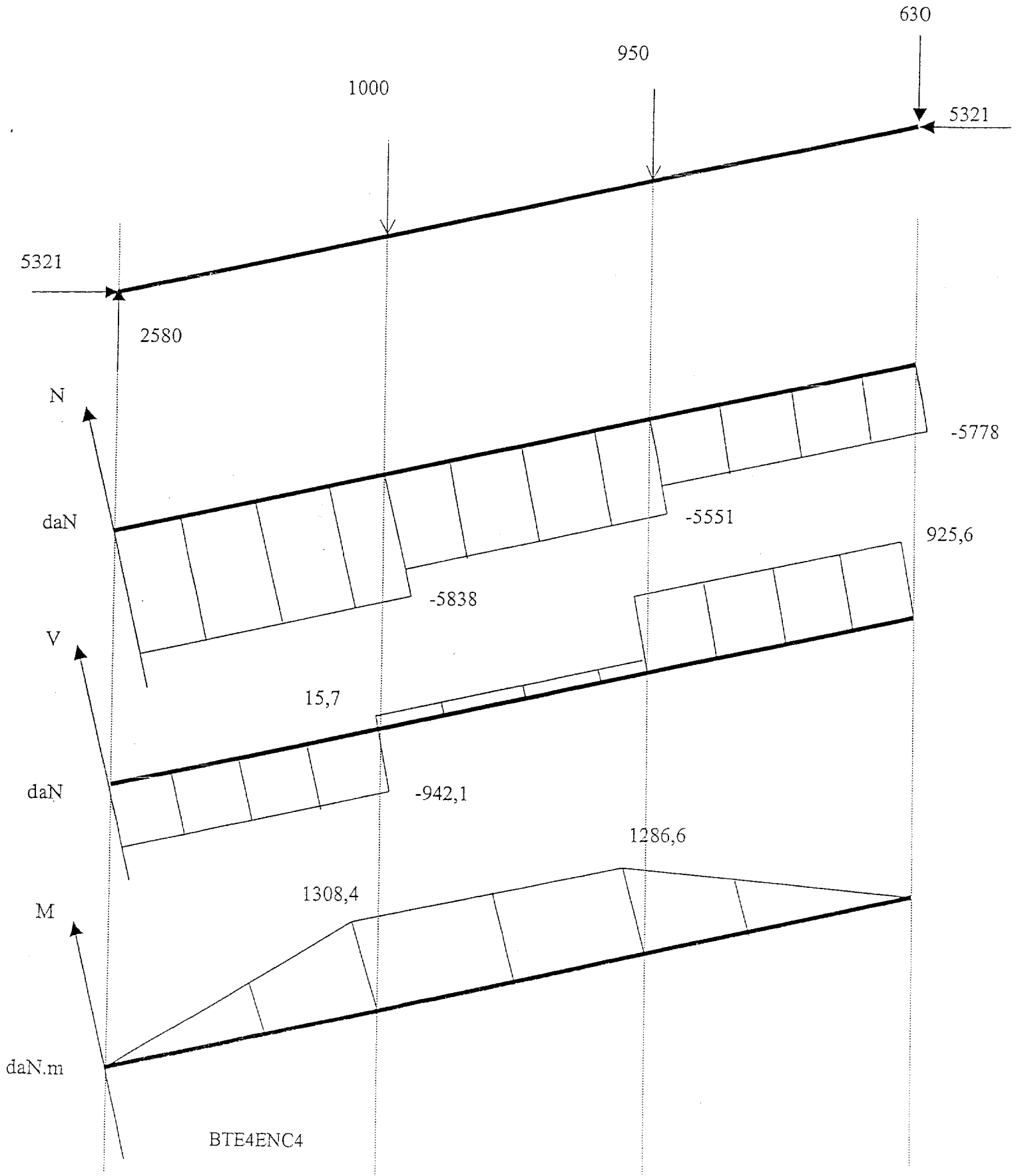
$$S_{\min} \geq 149,9 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{\min} \geq 13,81 \text{ mm}$$

#### IV-4 - Diagrammes des sollicitations sur l'arbaletrier

$\Rightarrow$  voir DR 1 complète ci-après

- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroter chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.



- Ne pas porter plusieurs sujets (ou exercices) sur une même feuille.
- Si, pour un même sujet, plusieurs feuilles sont nécessaires, numéroté chacune d'elles.
- N'utiliser ces feuilles qu'au recto.

### IV5 - Vérification de l'absorbélier - Flexion composée -

$$* N_{\max} = -5850 \text{ daN}$$

$$\text{IPE 140 : } S = 16,4 \text{ cm}^2$$

$$* M_{\max} = 1300 \text{ daN.m}$$

$$\frac{I}{S} = 77,3 \text{ cm}^3$$

$$* \sigma_{\text{lim}} = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{-5850}{16,4 \cdot 10^{-4}} - \frac{13000}{77,3 \cdot 10^{-6}} = -203\,846\,670 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow |\sigma_{\max}| = 203,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{lim}} \Rightarrow \underline{\text{OK!}}$$