

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 - *Sujet 2011*

Élaboration d'une note de calculs de structures

Construction d'une mairie

CORRIGE

A 1 Charge reprise par la poutre N°9 :

Largeur d'influence : 5.40 mètres

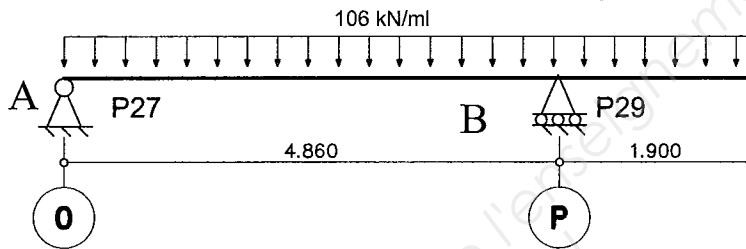
Poids de la dalle $5.4 \times 0.2 \times 25 = 27 \text{ kN/ml}$

Etanchéité + terre végétale $5.4 \times 8 = 43.2 \text{ kN/ml}$

Retombée de poutre : $0.3 \times 0.3 \times 25 = 2.25 \text{ kN/ml}$

Total charges permanentes : **72.45 kN/ml**

A2 - Etude de la poutre N°9 :



Equations du PFS :

Projection sur Ox $\Rightarrow Ax = 0$

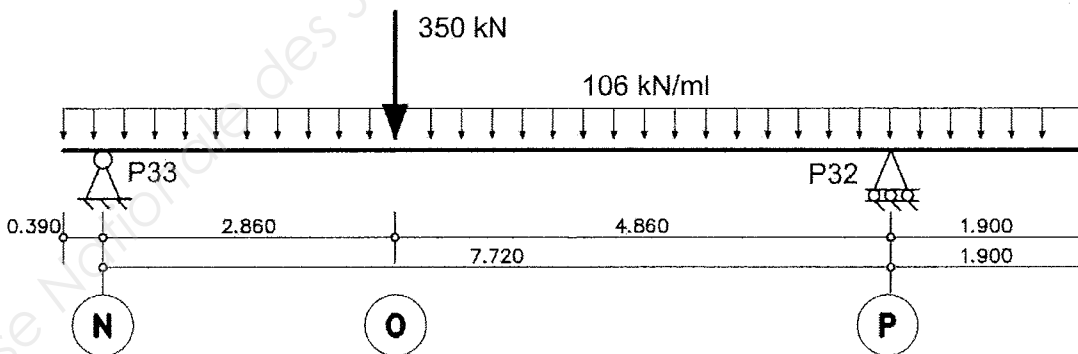
Projection sur Oy $\Rightarrow Ay + By - 6.76 \times 106 = 0$

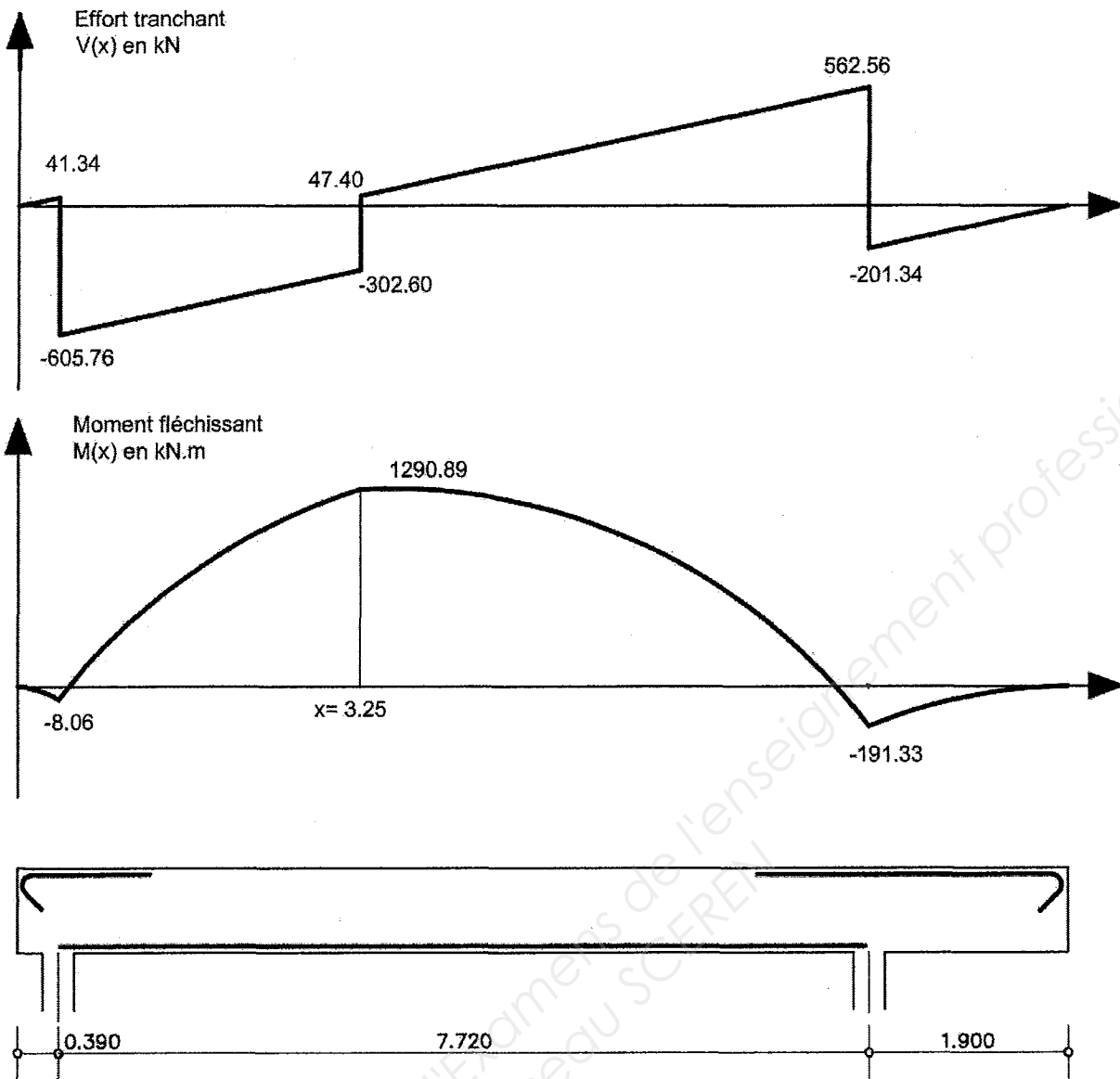
Moment des forces par rapport à A $\Rightarrow (-106 \times 6.76^2)/2 + 4.86 By = 0$

Ay = 218.21 kN

By = 498.34 kN

A3 Etude des sollicitations sur la poutre n°205





A4 Etude du poteau P29 :

Elancement $\Rightarrow \lambda = 4 l_0/D = 4 \times 3.60 / 0.3 = 48$

$\alpha = 0.84/1 + (\lambda/52)^2 = 0.84/1 + (48/52)^2 = 0.454$

Exposition XC1 : $d' = 40$ mm en hypothèse

Enrobage relatif : $\delta = d'/D = 40/300 = 0.133$

Section d'acier : 7HA12 $\Rightarrow 7.92 \text{ cm}^2$ $\rho = A_s/A_c = 7.92/706 = 0.01121$

$K_h = [0.7 + 0.5 D] [1 - 8\rho\delta] = [0.7 + 0.5 \times 0.3] [1 - 8 \times 0.01121 \times 0.133] = 0.840$

$N_{Rd} = \alpha \cdot k_h \cdot (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}) = 0.454 \times 0.840 \times (706 \times 10^{-4} \times 20 + 7.92 \times 10^{-4} \times 435) \times 10^3$

$N_{Rd} = 670 \text{ kN} > 655 \text{ kN}$

Section minimale :

$0.10 N_{Ed}/f_{yd} = (0.10 \times 655 \times 10^3)/435 \times 10^4 = 1.506 \text{ cm}^2$

$0.2 \times A_c / 100 = 0.2 \times 706/100 = 1.41 \text{ cm}^2$

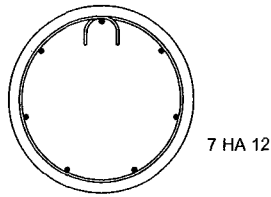
$A_{smin} = 1.506 \text{ cm}^2 < 7.91 \text{ cm}^2$

Armatures transversales :

$$\phi_t \geq \max (6 \text{ mm}; \phi_{l,\max}/4) = \max (6\text{mm}; 12/4) = 6 \text{ mm}$$

$$S_{cl,\max} = \min (400 \text{ mm}; 20\phi_{l,\min}; b) = \min (400 \text{ mm}; 20 \times 12 = 240 \text{ mm}; 300 \text{ mm})$$

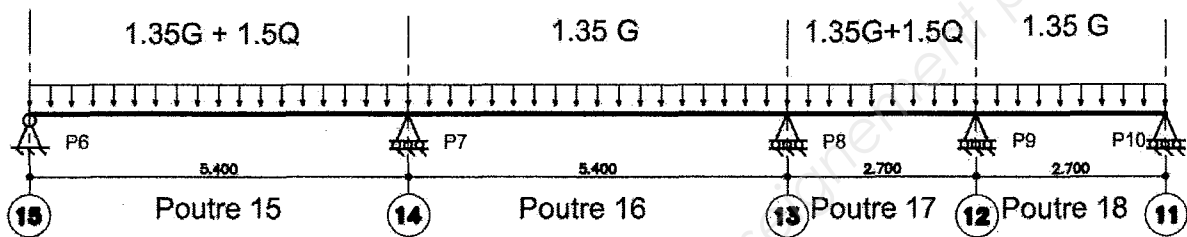
$$S_{cl,\max} = 240 \text{ mm}$$



Coupe transversale :

B1 – Cas de charge défavorable : moment fléchissant maximum en travée sur la poutre 16

Cas de charges défavorable : travées impaires déchargées, travées paires chargées



B2 – Calcul du moment fléchissant maximum en travée sur la poutre 15 :

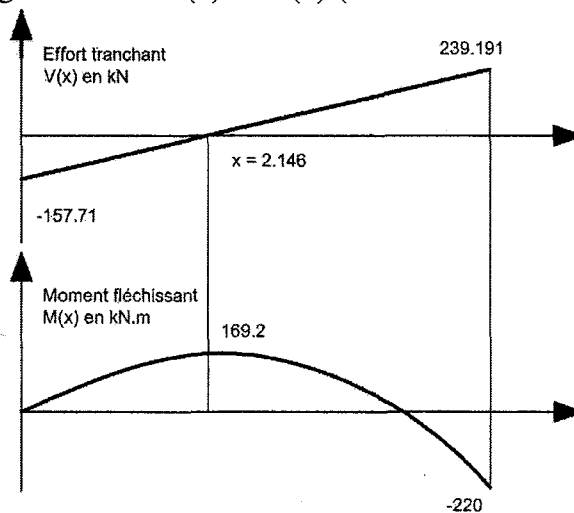
Charge aux ELU : $1.35 \times 50 + 1.5 \times 4 = 73.5 \text{ kN/ml}$

$$V_{(P6)} = -\frac{pl}{2} + \frac{M_{(P6)} - M_{(P7)}}{l} = -\frac{73.5 \times 5.4}{2} + \frac{(0 - (-220))}{5.40} = 157.71 \text{ kN}$$

Abscisse de la section droite pour laquelle l'effort tranchant est nul : $X_0 = \frac{157.71}{73.5} = 2.146 \text{ m}$

$$M(2.146) = - (157.71 \times 2.146 + \frac{73.5 \times 2.146^2}{2}) = 169.2 \text{ kN.m}$$

Autre méthode à partir eds diagrammes de V(x) et M(x) (non demandés dans le sujet) :



A partir de l'aire du diagramme de $V(x)$:
 $M(2.146) = - (-157.71 \times 2.146 / 2) = 169.2 \text{ kN.m}$

B3 – section des aciers longitudinaux sur l'appui P7

$M_{Ed2} = -217 \text{ kN.m}$ (au nu de l'appui),

$$\mu_u = \frac{M_{Ed,u}}{b_w d^2 f_{cd}} \text{ avec } f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \times \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa ; } d = 0,9 h = 0,54 \text{ m}$$

(Unités : m, N, Pa)

$$\mu = \frac{217}{0,3 \times 0,54^2 \times 20} = 0.124$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0.166 \quad z_u = d(1 - 0,4 \alpha_u) = 0,504 \text{ m}$$

$$A_{s1} = \frac{M_u}{z_u f_{yd}} = \left(\frac{217 \times 10^{-3}}{0,504 \times \frac{500}{1,15}} \right) 10^4 = 9.90 \text{ cm}^2$$

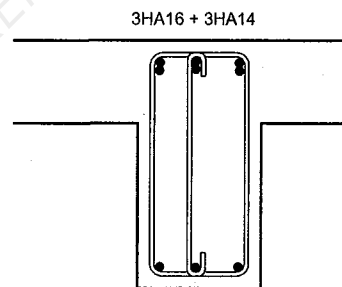
Section minimale :

$$A_{s,min} = \max \left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d ; 0,0013 b_w d \right]$$

$$A_{s,min} = \max \left[0,26 \frac{2,9}{500} 0,3 \times 0,54 \times 10^4 ; 0,0013 \times 0,3 \times 0,54 \times 10^4 \right]$$

$$A_{s,min} = \max [2.44 ; 2.106] = 2.44 \text{ cm}^2$$

$$9.90 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3 \text{ HA } 16 + 3 \text{ HA } 14 \text{ soit } 10.65 \text{ cm}^2$$



C1 : Actions de liaisons verticales :

Application du PFS à la structure :

- Projection sur Ox : $A_x = 0$
- Projection sur Oy : $A_y - 8.5 \times 8.11 + B_y = 0$
- Moment par rapport à A : $-8.5 \times 8.11 \times 4.055 + 8.11 B_y = 0$

Résolution :

- $A_x = 0$
- $A_y = B_y = 34.47 \text{ kN}$

C2 : Effort dans le tirant AC:

Application du PFS à la structure :

- Projection sur Ox : $T + B_x_{BC/AB} = 0$
- Projection sur Oy : $34.47 - 8.5 \times 4.055 + B_y_{BC/AB} = 0$
- Moment par rapport à B : $-34.47 \times 4.055 + 8.5 \times 4.055^2 / 2 + T \times 0.91 = 0$

Résolution :

- $T = 76.79 \text{ kN}$; $B_x_{BC/AB} = -76.79 \text{ kN}$
- $A_y = 34.47 \text{ kN}$; $B_y_{BC/AB} = 0$

C3 : dimensionnement du tirant :

$$N_{Ed} \leq A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} ; \Rightarrow A \geq N_{Ed} \times \frac{\gamma_{M0}}{f_y}$$

$$A \geq \left(80 \cdot 10^{-3} \times \frac{1}{235} \right) 10^6 = 340 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diamètre : } D = \sqrt{\frac{4 \times 340}{\pi}} = 20.80 \text{ mm}$$

D1 : Etude des sollicitations aux ELU :

$$M_A = M_D = 0 ;$$

$$\text{Par symétrie : } M_B = M_C$$

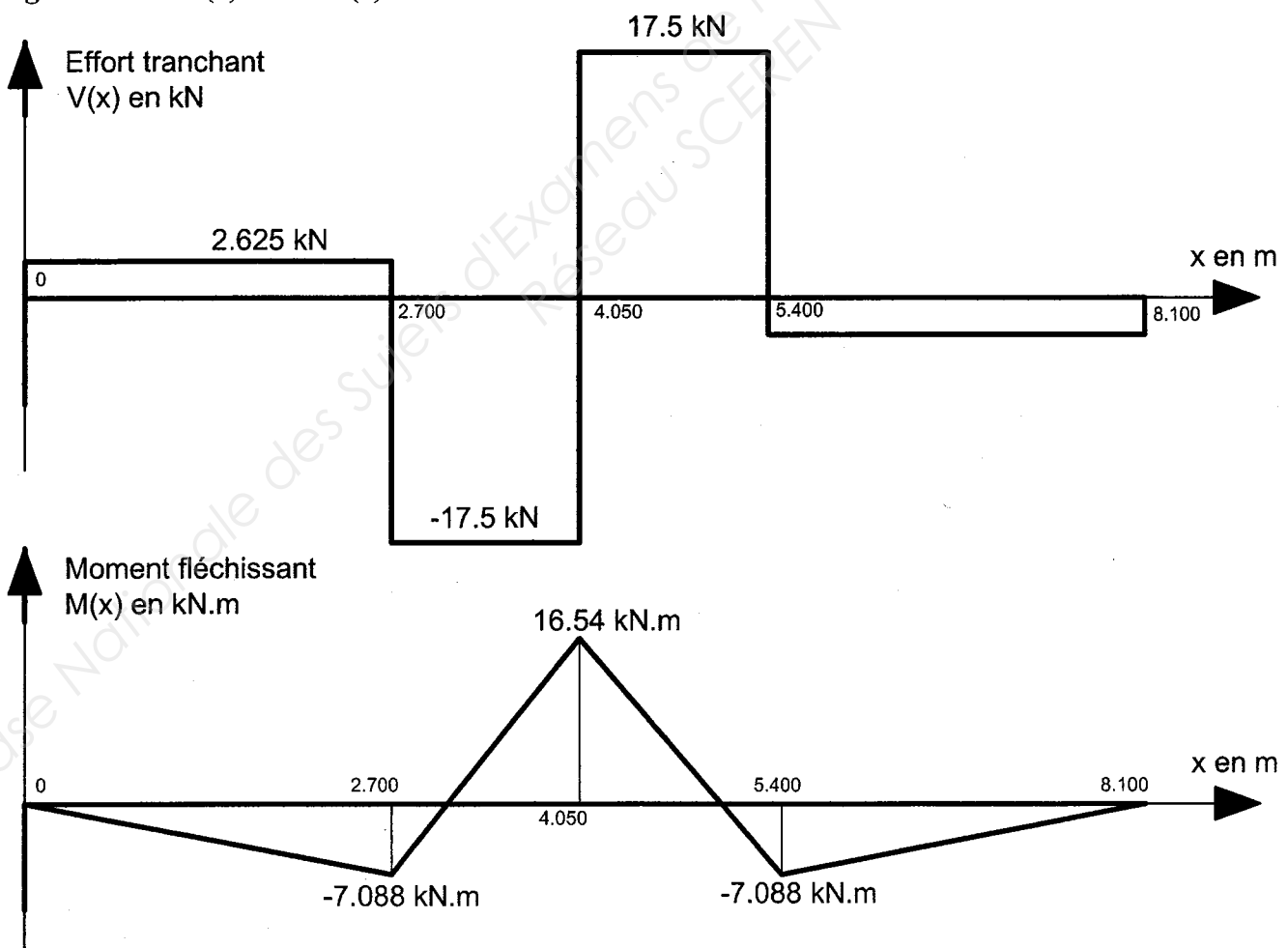
Application du théorème des 3 moments sur ABC :

$$M_A \times l_1 + 2M_B \times (l_1 + l_2) + M_C \times l_2 = 6EI (\omega_{\text{droite}} - \omega_{\text{gauche}})$$

$$0 \times 2.7 + 2M_B \times (2.7 + 2.7) + M_C \times 2.7 = 6EI \left(-\frac{35 \times 2.7^2}{16EI} - 0 \right)$$

$$M_B = M_C = -7.09 \text{ kN.m}$$

Diagramme de $V(x)$ et de $M(x)$:



D2 : Vérification vis à vis du moment fléchissant

Il faut vérifier $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$ avec $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = (148.03 \times 10^{-6} \times 235/1) \times 10^3 = 34.78 \text{ kN.m}$$

$$16.6 \text{ kN.m} \leq 34.78 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$

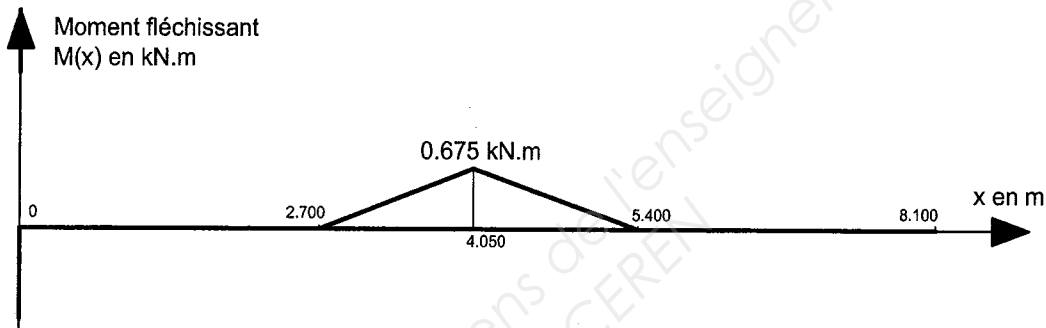
D3 : Vérification vis à vis de l'effort tranchant :

Il faut vérifier $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$ avec $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$

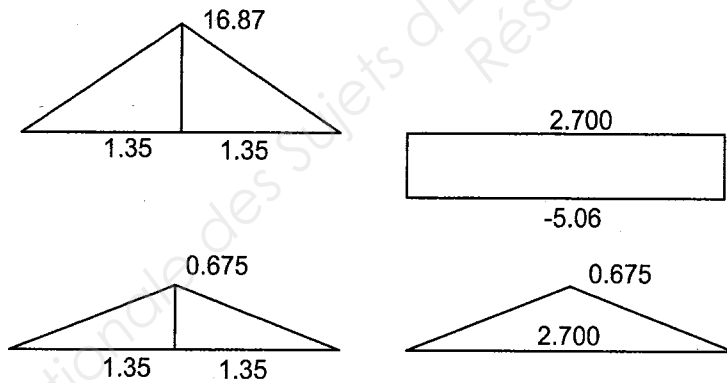
$$V_{pl,Rd} = 0,58 A_v \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = (0,58 \times 16 \times 10^{-4} \times 235) \times 10^3 = 218.78 \text{ kN}$$

$$17.5 \leq 218.78 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

D4a : Etude de la structure virtuelle isostatique associée :



D4b : Calcul de la flèche au milieu de la travée BC :



$$f_{(L/2)} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{3} LM_i M_j + \frac{1}{3} LM_i M_j + \frac{1}{2} LM_i M_j \right)$$

$$f_{(L/2)} = \frac{1}{EI} \left(\left[\frac{1}{3} (1.35 \times 16.87 \times 0.675) \right] \times 2 - \left[\frac{1}{2} \times 2.7 \times 5.06 \times 0.675 \right] \right) \times 10^{-3}$$

$$f_{(L/2)} = \left(\frac{1}{210000 \times 1191.44 \times 10^{-8}} (10.249 - 4.611) \times 10^{-3} \right) \times 10^3 = 2.254 \text{ mm} < 13.5 \text{ mm}$$