

ASD Alu Soudure Diffusion	Rue du Château 08460 LALOBBE	(33 (0)3.24.59.41.91 Fax 33 (0)3.24.59.01.97
-------------------------------------	---------------------------------	--

EDITE LE : 15/11/2005

Réf. : STRUCTURE SD 250			
Affaire N° 06502	Nom : S.C.	Date : 21.11.02	Feuille : 1/14
Indice : B	Date : 06502	Nom : S.C.	
NOTE DE CALCULS			
STRUCTURE SD 250			

• Données :

- Matières :

- σ_e alu 6005 = 21 daN/mm²
- E = 7400 daN/mm²

- Hypothèses de calcul :

- Aucun défaut de fabrication n'est admis.
- Les éléments sont serrés lors de l'utilisation (vis/écrous) au couple normalisé.
- Utilisation de visserie classe 8-8 et d'écrous autobloquants de type « Nylstop ».
- Soudures de la structure réalisées par un opérateur certifié.
- Poids propre des structures négligé.

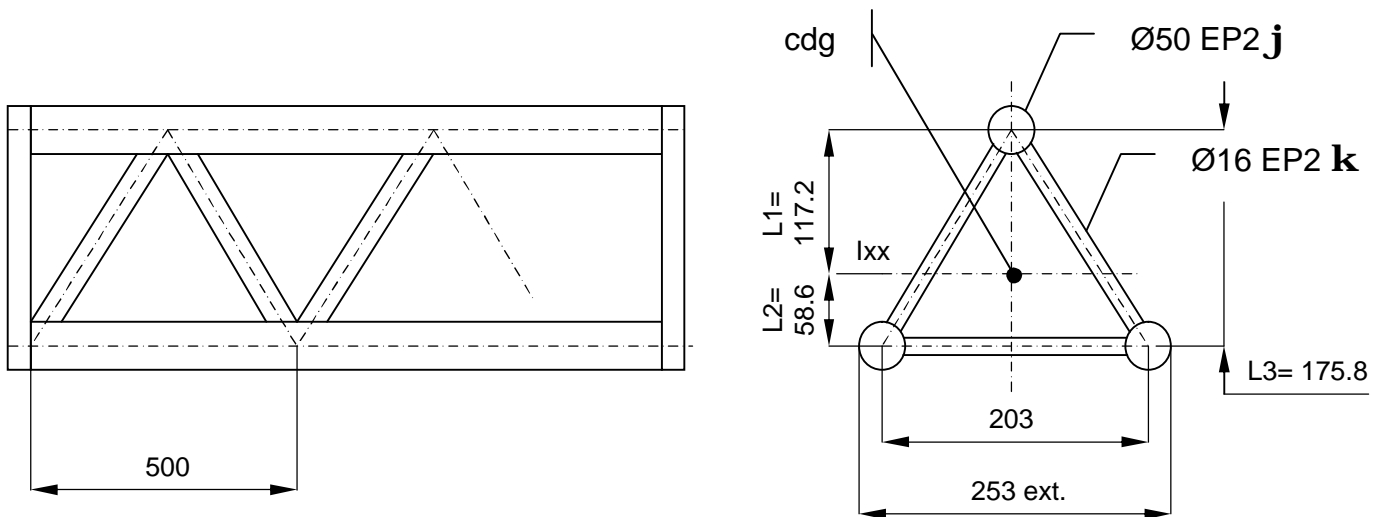
• But :

Déterminer la charge centrée maxi. Admissible en fonction de la longueur et du taux de flèche.

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

Fig 1 :



- Calcul du I_{xx_1} du tube **j** :

- Dimensions : Ø50x2

- $I_{xx_1} = \frac{p}{64} \times (D^4 - d^4)$
- $I_{xx_1} = \frac{p}{64} \times (50^4 - 46^4) = 87010 \text{ mm}^4$

- $\frac{I_{xx_1}}{V} = \frac{I_{xx_1}}{D/2} = \frac{87010}{25} = 3480 \text{ mm}^3$

- Calcul de la section du tube **j** :

- Section : $S1 = p \times (R^2 - r^2) = p \times (25^2 - 23^2) = 302 \text{ mm}^2$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SD 250**• Calcul du I_{xx} de la structure :

$$- I_{xx} = \left[I_{xx1} + (S1 \times L1^2) \right] + 2 \left[I_{xx1} + (S1 \times L2^2) \right]$$

$$I_{xx} = \left[87010 + (302 \times 117.2^2) \right] + 2 \left[87010 + (302 \times 58.6^2) \right]$$

$$I_{xx} = 4\,235\,234 + 2\,248\,132$$

$$I_{xx} = 6\,483\,366 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx}}{V} = \frac{I_{xx}}{L1 + D/2} = \frac{6483366}{117.2 + 25} = 45\,593 \text{ mm}^3$$

• Résistance de la membrure supérieure à la compression (flambage) :- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx1}}{S1}} = \sqrt{\frac{87010}{302}} = 17 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L_F}{i} = \frac{500}{17} = 29.4$$

- Elancement critique Eulérien :

$$\lambda_K = p \sqrt{\frac{E}{Re}} = p \sqrt{\frac{7400}{21}} = 59$$

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{I}{I_K} = \frac{29.4}{59} = 0.5 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule Eurocode 3 :

$$\bar{I}k = 0.5 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.13$$

- Calcul de la force admissible par la tube j sur membrure supérieure :

$$F_{\text{maxi}} = \frac{S1 \times Re}{k_0} = \frac{302 \times 21}{1.13} = 5612 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SD 250**

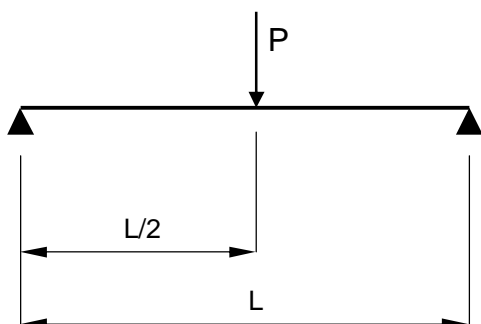
- Calcul du Mf_{maxi} applicable à la structure :

$$Mf = F_{\text{maxi}} \times L^3$$

$$Mf = 5612 \times 175.8$$

$$Mf = 986\,658 \text{ daN.mm}$$

- Charge applicable au centre :



$$E = 7400 \text{ daN/mm}^2$$

$$I_{xx} = 6\,483\,366 \text{ mm}^4$$

Longueur L	Charge applicable au centre	Flèche correspondante	Flèche admissible		
	$Mf = \frac{P \times L}{4}$ donc $P = \frac{Mf \times 4}{L}$	$f = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$
L = 4000	$P = \frac{986658 \times 4}{4000} = 986 \text{ daN}$	$f = \frac{986 \times 4000^3}{48 \times 7400 \times 6483366} = 27.4 \text{ mm}$	40	13.3	8
L = 6000	$P = \frac{986658 \times 4}{6000} = 657 \text{ daN}$	$f = \frac{657 \times 6000^3}{48 \times 7400 \times 6483366} = 61 \text{ mm}$	60	20	12
L = 9000	$P = \frac{986658 \times 4}{9000} = 438 \text{ daN}$	$f = \frac{438 \times 9000^3}{48 \times 7400 \times 6483366} = 138 \text{ mm}$	90	30	18
L = 12000	$P = \frac{986658 \times 4}{12000} = 328 \text{ daN}$	$f = \frac{328 \times 12000^3}{48 \times 7400 \times 6483366} = 246 \text{ mm}$	120	40	24

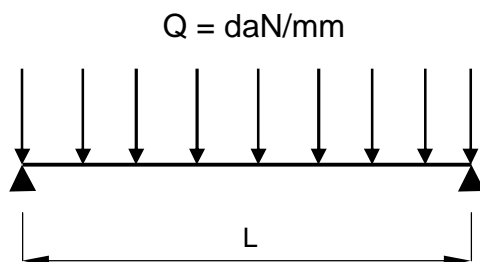
Pour $f = 1/100$, il faut réduire la charge à partir de L = 9000 à L = 12 000

Pour $f = 1/300$, il faut réduire la charge à partir de L = 4000 à L = 12 000

Pour $f = 1/500$, il faut réduire la charge à partir de L = 4000 à L = 12 000

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SD 250**- Optimisation :

Longueur L	Taux de flèche					
	$\frac{1}{100}$		$\frac{1}{300}$		$\frac{1}{500}$	
	P	f	P	f	P	f
L = 4000	986 daN	27	$P = \frac{986 \times 13.3}{27.4} = 478 \text{ daN}$	13.3	$P = \frac{986 \times 8}{27.4} = 287 \text{ daN}$	8
L = 6000	657 daN	61	$P = \frac{657 \times 20}{61} = 215 \text{ daN}$	20	$P = \frac{657 \times 12}{61} = 129 \text{ daN}$	12
L = 9000	$P = \frac{438 \times 90}{138} = 285 \text{ daN}$	90	$P = \frac{438 \times 30}{138} = 95 \text{ daN}$	30	$P = \frac{438 \times 18}{138} = 57 \text{ daN}$	18
L = 12000	$P = \frac{328 \times 120}{246} = 160 \text{ daN}$	120	$P = \frac{328 \times 40}{246} = 53 \text{ daN}$	40	$P = \frac{328 \times 24}{246} = 32 \text{ daN}$	24

- Charge repartie applicable :

$$E = 7400 \text{ daN/mm}^2$$

$$I_{xx} = 6\,483\,366 \text{ mm}^4$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

Longueur L	Charge repartie applicable $Mf = \frac{Q \times L^2}{8}$ donc $Q = \frac{Mf \times 8}{L^2}$	Flèche correspondante $f = \frac{5 \times Q \times L^4}{384 \times E \times I}$	Flèche admissible		
			1/100	1/300	1/500
L = 4000	$Q = \frac{986658 \times 8}{4000^2}$ $Q = 0.493 \text{ daN/mm}$ $Q = 493 \text{ daN/ml}$ $Q_{\text{Total}} = 493 \times 4 = 1972 \text{ daN}$	$f = \frac{5 \times 0.493 \times 4000^4}{384 \times 7400 \times 6483366} = 34 \text{ mm}$	40	13.3	8
L = 6000	$Q = \frac{986658 \times 8}{6000^2}$ $Q = 0.22 \text{ daN/mm}$ $Q = 220 \text{ daN/ml}$ $Q_{\text{Total}} = 220 \times 6 = 1320 \text{ daN}$	$f = \frac{5 \times 0.22 \times 6000^4}{384 \times 7400 \times 6483366} = 77 \text{ mm}$	60	20	12
L = 9000	$Q = \frac{986658 \times 8}{9000^2}$ $Q = 0.097 \text{ daN/mm}$ $Q = 97 \text{ daN/ml}$ $Q_{\text{Total}} = 97 \times 9 = 877 \text{ daN}$	$f = \frac{5 \times 0.097 \times 9000^4}{384 \times 7400 \times 6483366} = 172 \text{ mm}$	90	30	18
L = 12000	$Q = \frac{986658 \times 8}{12000^2}$ $Q = 0.055 \text{ daN/mm}$ $Q = 55 \text{ daN/ml}$ $Q_{\text{Total}} = 55 \times 12 = 660 \text{ daN}$	$f = \frac{5 \times 0.055 \times 12000^4}{384 \times 7400 \times 6483366} = 309 \text{ mm}$	120	40	24

Pour $f = 1/100$, il faut réduire la charge à partir de $L = 6000$ à $L = 12\ 000$

Pour $f = 1/300$, il faut réduire la charge à partir de $L = 4000$ à $L = 12\ 000$

Pour $f = 1/500$, il faut réduire la charge à partir de $L = 4000$ à $L = 12\ 000$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

- Optimisation : _____

Longueur L	Taux de flèche					
	1/100		1/300		1/500	
	Q	f	Q	f	Q	f
L = 4000	Q = 493 daN/ml Q _{Total} = 1972 daN	34	Q = $\frac{493 \times 13.3}{34}$ Q = 193 daN/ml Q _{Total} = 771 daN	13.3	Q = $\frac{493 \times 8}{34}$ Q = 116 daN/ml Q _{Total} = 464 daN	8
L = 6000	Q = $\frac{220 \times 60}{77}$ Q = 171 daN/ml Q _{Total} = 1028 daN	60	Q = $\frac{220 \times 20}{77}$ Q = 57 daN/ml Q _{Total} = 342 daN	20	Q = $\frac{220 \times 12}{77}$ Q = 34 daN/ml Q _{Total} = 205 daN	12
L = 9000	Q = $\frac{97 \times 90}{172}$ Q = 50 daN/ml Q _{Total} = 456 daN	90	Q = $\frac{97 \times 30}{172}$ Q = 17 daN/ml Q _{Total} = 152 daN	30	Q = $\frac{97 \times 18}{172}$ Q = 10 daN/ml Q _{Total} = 91 daN	18
L = 12000	Q = $\frac{55 \times 120}{309}$ Q = 21 daN/ml Q _{Total} = 256 daN	120	Q = $\frac{55 \times 40}{309}$ Q = 7 daN/ml Q _{Total} = 85 daN	40	Q = $\frac{55 \times 24}{309}$ Q = 4 daN/ml Q _{Total} = 51 daN	24

NOTE DE CALCULS (suite)

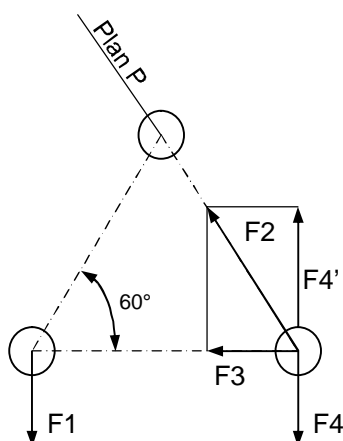
STRUCTURE SD 250

• Vérification du treillis :- Cas défavorable charges réparties :

$$\rightarrow L = 4000$$

$$\rightarrow T_f = 1/100$$

$$\rightarrow Q_{\text{Total}} = 1972 \text{ daN}$$



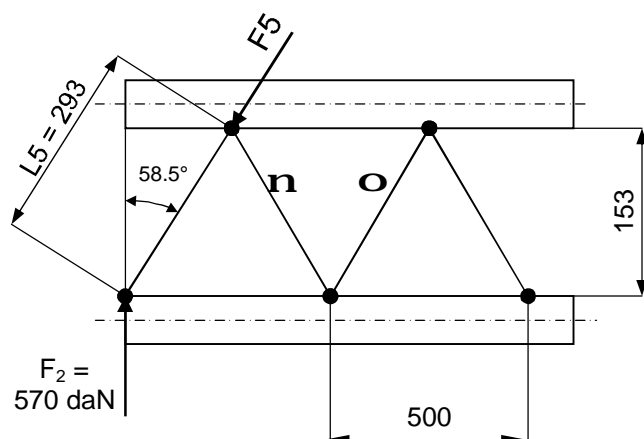
$$R_A = R_B = \frac{Q_{\text{Total}} \text{ maxi}}{2} = \frac{1972}{2} = 986 \text{ daN}$$

$$F1 = F4 = \frac{R_A}{2} = 493 \text{ daN}$$

$$F2 = \frac{493}{\sin 60^\circ} = 570 \text{ daN}$$

$$F3 = 570 \times \cos 60^\circ = 284 \text{ daN}$$

(Compression)

- Projection dans la plan P :

Les barres les plus sollicitées sont **n** et **o**

$$F_5 = \frac{F_2}{\cos \alpha} = \frac{570}{\cos 58.5} = 1092 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

- Calcul du I_{xx2} du tube **k** :

- Dimensions : $\emptyset 16 \times 2$

$$- I_{xx2} = \frac{p}{64} \times (D^4 - d^4)$$

$$I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (16^4 - 12^4) = 2200 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx2}}{V} = \frac{I_{xx2}}{D/2} = \frac{2200}{8} = 275 \text{ mm}^3$$

- Calcul de la section du tube **k** :

$$- \text{Section : } S2 = p \times (R^2 - r^2) = p \times (8^2 - 6^2) = 88 \text{ mm}^2$$

• Résistance du treillis au flambage :

- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx2}}{S2}} = \sqrt{\frac{2200}{88}} = 5 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L_5}{i} = \frac{293}{5} = 58.6$$

- Elancement critique Eulérien :

$$\lambda_k = p \sqrt{\frac{E}{Re}} = p \sqrt{\frac{7400}{21}} = 59$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{I}{Ik} = \frac{58.6}{59} = 1 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule Eurocode 3 :

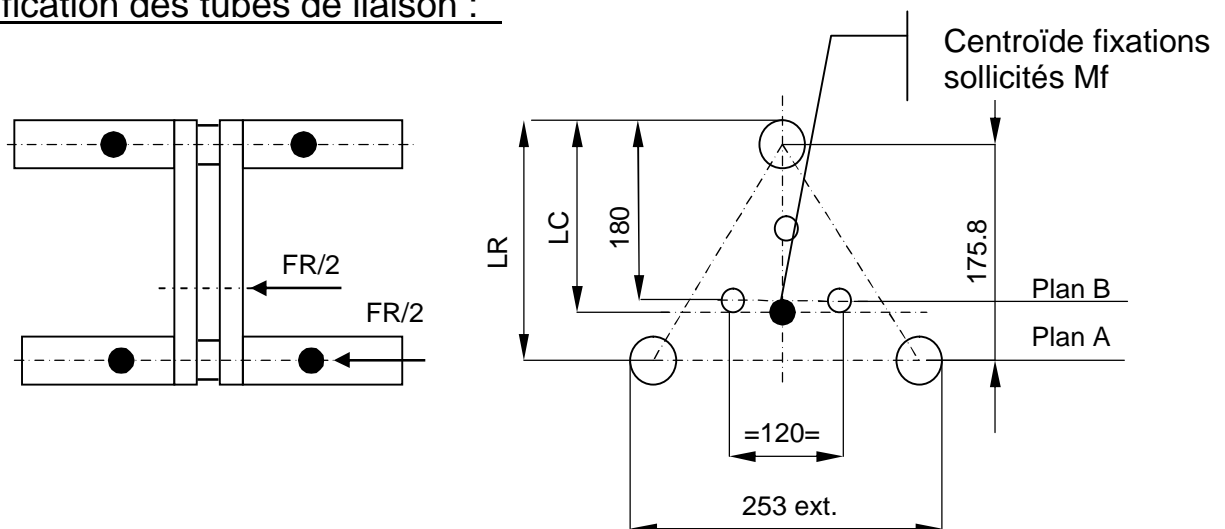
$$\bar{I}k = 1 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.66$$

- Calcul de la force admissible par la tube j sur membrure supérieure :

$$F_{\text{maxi}} = \frac{S_2 \times Re}{k_0} = \frac{88 \times 21}{1.66} = 1113 \text{ daN}$$

$$F_5 = 1092 \text{ daN} < F_{\text{maxi}} = 1113 \text{ daN}$$

• Vérification des tubes de liaison :



NOTA : Reprise des efforts horizontaux pour les tubes intérieurs négligés

$$LR = 175.8 + \frac{D}{2} = 175.8 + 25 = 200.8 \text{ mm}$$

$$LC = \frac{LR + 180}{2} = 190 \text{ mm}$$

$$FR = \frac{M_f}{L_c} = \frac{986658}{190} = 5192 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SD 250**• Vérification des vis de fixation dans la plan A:

Vis CHC M10 classe 8-8

$$R_e = 64 \text{ daN/mm}^2$$

$$R_{pg} = \frac{64}{4} = 16 \text{ daN/mm}^2$$

$$\text{Surface cisailée : } S = \frac{p \cdot (D-p)^2}{4} = \frac{p \cdot (10-1.5)^2}{4} = 56.7 \text{ mm}^2$$

- Condition de résistance des vis des tubes dans le plan A au cisaillement :

$$\sigma_{\text{maxi}} = \frac{FA \times 1}{S \cdot 4 \text{ (Nb sections)}} \leq R_{pg}$$

$$F_{\text{maxi}} \leq R_{pg} \times 4 \times S$$

$$F_{\text{maxi}} \leq 16 \times 4 \times 56.7$$

$$F_{\text{maxi}} \leq 3628 \text{ daN}$$

$$\frac{FR}{2} = 2596 \text{ daN} < F_{\text{maxi}} = 3628 \text{ daN}$$

- Condition de résistance des vis à la traction dans le plan B :

$$\begin{aligned} S_{V1} &= \frac{p(d-p)^2}{4} \times 1.09 \\ &= \frac{p(10-1.5)^2}{4} \times 1.09 \\ S_{V1} &= 61.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$F_{\text{maxi}} = \frac{se \times S_{V1}}{1.25} = \frac{64 \times 61.8}{1.25} = 3167 \text{ daN}$$

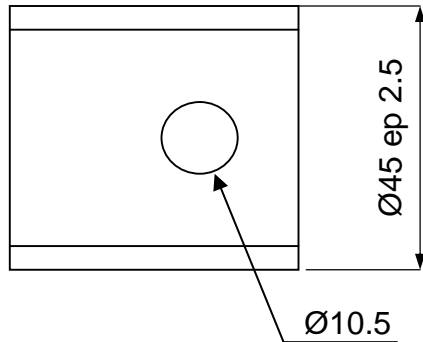
(suivant norme CM66)

$$\frac{FR}{2} = 2596 \text{ daN} < F_{\text{maxi}} = 3167 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

- Résistance de la fixation du tube de liaison :



Acier tu 37 b

$$\sigma_e = 37 \text{ daN/mm}^2$$

$$R_g = \frac{37}{2} = 18.5 \text{ daN/mm}^2$$

- Section en traction :

$$S1 = p \times (R^2 - r^2) - 2(10.5 \times 2.5)$$

$$S1 = p \times (22.5^2 - 10.5^2) - 2(10.5 \times 2.5)$$

$$S1 = 281 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{maxi}} = \frac{F_{\text{MAX}} \times \frac{1}{2}}{S1 \text{ (Nb sections)}} \leq R_g$$

$$F_{\text{maxi}} \leq R_g \times 2 \times S1$$

$$F_{\text{maxi}} \leq 18.5 \times 2 \times 281$$

$$F_{\text{maxi}} \leq 10397 \text{ daN}$$

$$\frac{FR}{2} = 2596 \text{ daN} < F_{\text{maxi}} = 10397 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

• Vérification du tube de liaison au matage :

$$\begin{aligned} \text{Trous } \varnothing 10.5 \Rightarrow \text{surface matée} &= \pi \times \varnothing \times e \times n \\ &= \pi \times 10.5 \times 2.5 \times 4 \\ S_m &= 329 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{MATAGE}} = \frac{FR}{S_m} = \frac{2596}{329} = 7.9 \text{ daN/mm}^2$$

$$P_{\text{matage maxi}} = \frac{R_e}{2} = \frac{37}{2} = 18.5 \text{ daN/mm}$$

$$\sigma_{\text{MATAGE}} = 7.9 \text{ daN/mm}^2 < P_{\text{matage maxi}} = 18.5 \text{ daN/mm}^2$$

• Vérification du tube aluminium au matage :

$$\begin{aligned} \text{Trous } \varnothing 10.5 \Rightarrow \text{surface matée} &= \pi \times \varnothing \times e \times n \\ &= \pi \times 10.5 \times 2 \times 4 \\ S_m &= 263 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{MATAGE}} = \frac{FR}{S_m} = \frac{2596}{263} = 9.9 \text{ daN/mm}^2$$

$$P_{\text{matage maxi}} = \frac{R_e}{2} = \frac{21}{2} = 10.5 \text{ daN/mm}$$

$$\sigma_{\text{MATAGE}} = 9.9 \text{ daN/mm}^2 < P_{\text{matage maxi}} = 10.5 \text{ daN/mm}^2$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SD 250

• Annexe :- Récapitulatif charge centrée maxi :

Longueur L	P max centrée (daN)		
	1/100	1/300	1/500
L = 4000	980	470	280
L = 6000	650	210	120
L = 9000	280	90	50
L = 12000	160	50	30

- Récapitulatif charges réparties maxi :

Longueur L	Q max (daN/ml)		
	1/100	1/300	1/500
L = 4000	490	190	115
L = 6000	170	55	34
L = 9000	50	17	10
L = 12000	20	7	4