

EDITE LE : 03/09/2013

Réf. : 07312-NC1			
Affaire N° 07312	Nom : S.C.	Date : 09.03.13	Feuille : 1/13
Indice :	Date :	Nom :	
NOTE DE CALCULS			
STRUCTURE SR5030			

- Données :

- Matières :

- * Tube membrure ø 50 ep 3

- σ_e alu 6005-T6 = 26 daN/mm²

- Module d'élasticité E = 7950 daN/mm²

- * Goupilles coniques

- σ_e S300pb = 38 daN/mm²

- * Moyeu male-male

- σ_e Alu 6060-T5 = 19 daN/mm²

- *Tube treillis ø30 ep3

- σ_e alu 6060-T5 = 19 daN/mm²

- E=6950 daN/mm²

- * Manchon femelle membrures

- σ_e alu 2030-T3 = 39 daN/mm²

- Hypothèses de calcul :

- Aucun défaut de fabrication n'est admis.
- Soudures de la structure réalisées par un opérateur certifié.
- Poids propre des structures pris en compte. (11 daN/ml)
- Goupilles coniques emmanchées au maillet (pas au marteau)

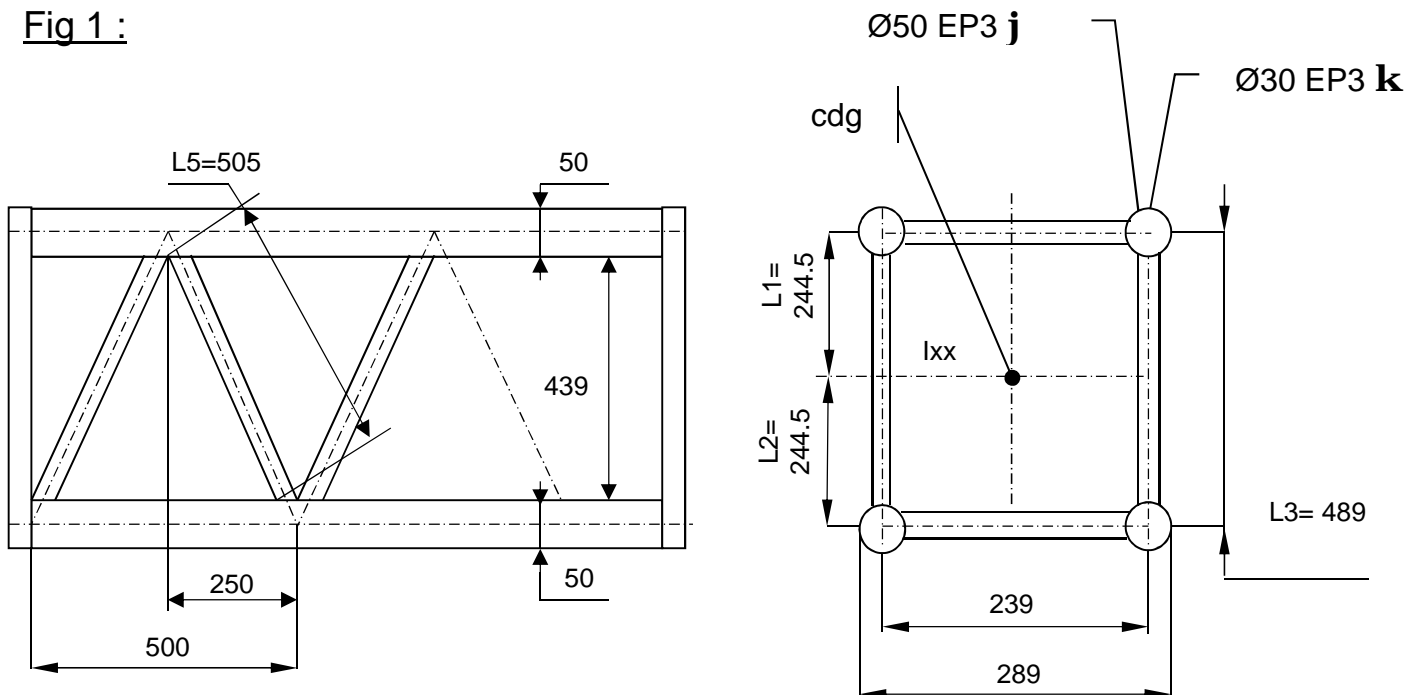
- But :

Déterminer les charges centrées et réparties maximum admissibles en fonction de la longueur et du taux de flèche.

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

Fig 1 :



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

- Dimensions : Ø50x3

- $I_{xx_1} = \frac{\rho}{64} \times (D^4 - d^4)$

- $I_{xx_1} = \frac{\rho}{64} \times (50^4 - 44^4) = 122812 \text{ mm}^4$

- $\frac{I_{xx_1}}{V} = \frac{I_{xx_1}}{D/2} = \frac{122812}{25} = 4912 \text{ mm}^3$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

- Calcul de la section du tube j :

- Section : $S1 = p \times (R^2 - r^2) = p \times (25^2 - 22^2) = 443 \text{ mm}^2$

- Calcul du Ixx de la structure assemblée:

- $I_{xx} = 4 \left[I_{xx1} + (S1 \times L2^2) \right] \times 1.2$ (prise en compte des treillis suivant essais réels)

$$I_{xx} = 4 \left[122812 + (443 \times 244.5^2) \right] \times 1.2$$

$$I_{xx} = 106421850 \text{ mm}^4 \times 1.2 = 127\,700\,000 \text{ mm}^4$$

- $\frac{I_{xx}}{V} = \frac{I_{xx}}{L1 + D/2} = \frac{127700000}{244.5 + 25} = 473\,826 \text{ mm}^3$

- Résistance de la membrure supérieure à la compression (flambement) :

- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx1}}{S1}} = \sqrt{\frac{122812}{443}} = 16.6 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L_F}{i} = \frac{500}{16.6} = 30 \rightarrow k = 1,082 \text{ (suivant règles AL76)}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SR5030**

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

$$F_{\max i} = \frac{S1 \times Re}{ko.S} = \frac{443 \times 26}{1.082 \times 1,7} = 6\,262 \text{ daN}$$

$$S = 1,7 \text{ (coefficient de pondération règles AL76)}$$

- Calcul du $Mf1_{\max i}$ respectant la limite au flambage pour 2 membrures :

$$Mf1 = F_{\max i} \times L3 \times 2$$

$$Mf1 = 6262 \times 489 \times 2$$

$$\boxed{Mf1 = 6\,143\,796 \text{ daN.mm}}$$

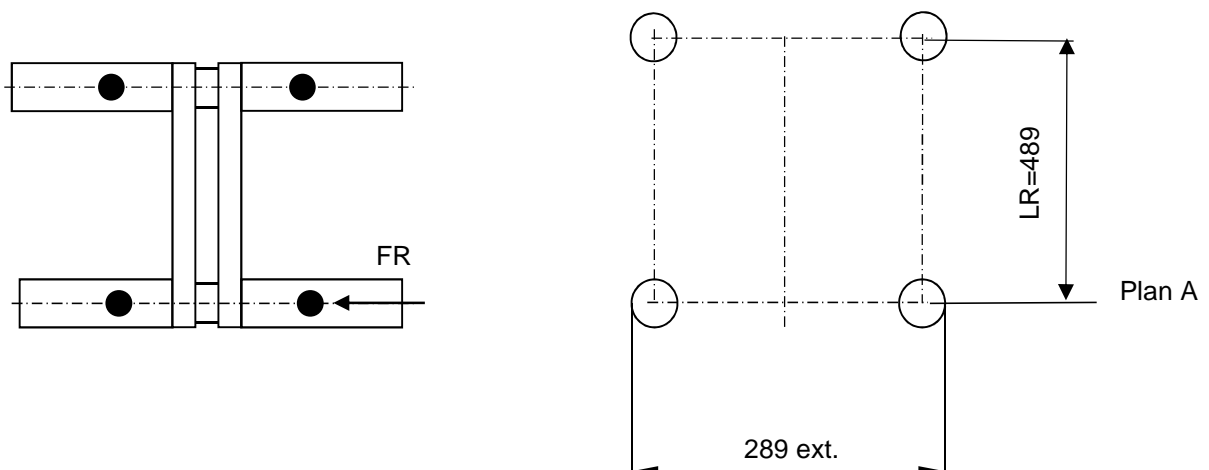
- Calcul du $Mf2_{\max i}$ respectant la contrainte admissible totale :

$$Mf2 = \frac{Se}{3} \cdot I_{xx}/v$$

$$Mf2 = \frac{26}{3} \times 473\,826$$

$$\boxed{Mf2 = 4\,106\,492 \text{ daN.mm}}$$

- Vérification des tubes de liaison :



NOTA : Reprise des efforts horizontaux pour les tubes intérieurs négligés

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

- Vérification des goupilles de fixation dans le plan A:

Goupilles coniques \varnothing moyen = $\varnothing 10.5$

$$R_e = 38 \text{ daN/mm}^2 \text{ (Acier S300pb)}$$

$$R_{pg} = \frac{38}{1.5} = 25.3 \text{ daN/mm}^2$$

$$\text{Surface cisailée : } S = \frac{p \cdot D^2}{4} = \frac{p \cdot 10.5^2}{4} = 86.6 \text{ mm}^2$$

- Condition de résistance des goupilles des manchons dans le plan A au cisaillement :

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

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

$$F_{g_{\text{maxi}}} \leq 25.3 \times 4 \times 86.6$$

$$F_{g_{\text{maxi}}} \leq 8763 \text{ daN}$$

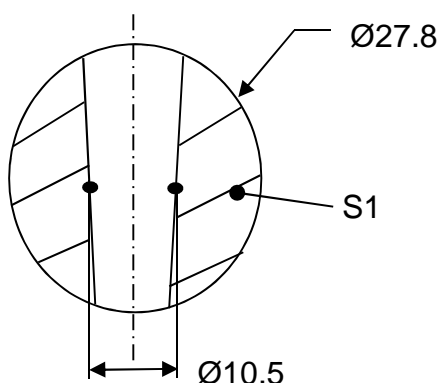
- Calcul du $M_{f3_{\text{maxi}}}$ respectant la contrainte des goupilles :

$$M_{f3} = F_{g_{\text{maxi}}} \times LR$$

$$M_{f3} = 8763 \times 489$$

$$M_{f3} = 4\,285\,107 \text{ daN.mm}$$

- Résistance du moyeu male/male :



Alu 6060-T5

$$\sigma_e = 28 \text{ daN/mm}^2$$

$$R_g = \frac{19}{1.5} = 12.6 \text{ daN/mm}^2$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

- Section en traction :

$$S1 = \frac{p.d^2}{4} \cdot (L \cdot h)$$

$$S1 = \frac{p \cdot 27.8^2}{4} \cdot (27.8 \times 10.5)$$

$$S1 = 315 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{maxi}} = \frac{F_{\text{MAX}}}{S1} \times \frac{1}{2} \leq Rg$$

(Nb sections)

$$F_{m_{\text{maxi}}} \leq Rg \times S1 \times 2$$

$$F_{m_{\text{maxi}}} \leq 12.6 \times 315 \times 2$$

$$F_{m_{\text{maxi}}} \leq 7980 \text{ daN}$$

- Calcul du $Mf4_{\text{maxi}}$ respectant la contrainte des manchons coniques :

$$Mf4 = F_{m_{\text{maxi}}} \times LR$$

$$Mf4 = 7980 \times 489$$

$$Mf4 = 3\,902\,220 \text{ daN.mm}$$

Affaire N° 07312	Nom :	Date :	Feuille : 7/13
NOTE DE CALCULS (suite)			
STRUCTURE SR5030			

- Résistance de l'assemblage complet membrure/goupille/manchon/moyeu:

Pour des raisons de sécurité et d'autocontrôle, des essais de traction sont effectués plusieurs fois par an, pour s'assurer de la qualification dimensionnelle et de la matière utilisée.

Suivant le rapport du laboratoire FAN 120214 du 20/12/12, il en résulte qu'un assemblage complet d'une membrure en $\varnothing 50 \times 3$ résiste à des efforts F_e de 3600daN et F_m de 6500daN, ce dernier provoquant la ruine du manchon conique.

Nous appliquerons une minoration de ces valeurs pour atteindre les coefficients de sécurités suivants :

Nous minorerons forfaitairement à 2500daN aux ELS la valeur maxi pouvant être soumise à l'assemblage d'une membrure.

Le coefficient de sécurité résultant de cette minoration est donc de $3600/2500 = 1.44$ au lieu de 1.7 (restant $>$ à 1.25 pour l'utilisateur final est se rapprochant des 1.5 du coefficient d'épreuve utilisé par les organismes de certifications).

Si nous majorons la valeur de 2500daN par 1.25 (coefficient utilisateur) = 3125daN, nous restons dans le domaine élastique dans le cadre d'utilisation normale client.

Le coefficient de ruine se situant lui à $6500/2500 = 2.6$

Contrôle du domaine de contrainte :

Si nous pondérons la valeur de 2500daN $\times 1.7$ (AL76) = 4250daN, nous restons $<$ 6500daN donc dans le domaine plastique de la matière aux ELU.

Si nous restons aux ELU dans le domaine plastique, un moment fléchissant M_{f5} de $2500 \times 2 \times 0.489 = 2445 \text{ daN.m}$ aux ELS ne peut donc provoquer la ruine des assemblages de membrures de la structure.

Nous retiendrons donc la valeur de :

$$M_{f5} = 2\,445\,000 \text{ daN.mm}$$

M_{f5} étant le plus petit, donc le plus défavorable des moments fléchissants, nous retiendrons celui-ci pour la suite des calculs.

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

Effort maxi applicable au treillis à la compression (flambement) :

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

- Dimensions : Ø30x3

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

$$I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (30^4 - 24^4) = 23474 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx2}}{V} = \frac{I_{xx2}}{D/2} = \frac{23474}{15} = 1564 \text{ mm}^3$$

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

$$- \text{Section : } S2 = p \times (R^2 - r^2) = p \times (15^2 - 12^2) = 254 \text{ mm}^2$$

- Résistance du treillis au flambement :

- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx2}}{S2}} = \sqrt{\frac{23474}{254}} = 9.6 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L5}{i} = \frac{505}{9.6} = 53$$

- Elancement critique Eulérien :

$$\lambda_k = p \sqrt{\frac{E}{Re}} = p \sqrt{\frac{6950}{19}} = 60$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{I}{I_k} = \frac{53}{60} = 0.88 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule AL76 :

$$\bar{I}k = 0.88 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.48$$

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

$$F5_{\text{maxi}} = \frac{S2 \times Re}{koxs} = \frac{254 \times 19}{1.48 \times 1.7} = 1927 \text{ daN}$$

S=ponderation AL76

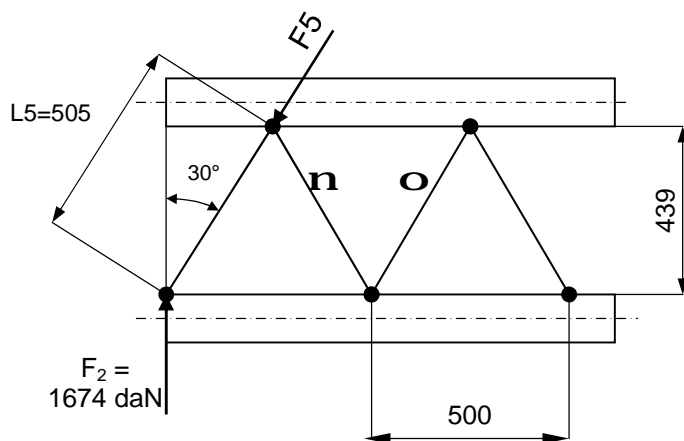
$$F5_{\text{maxi}} = 1927 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

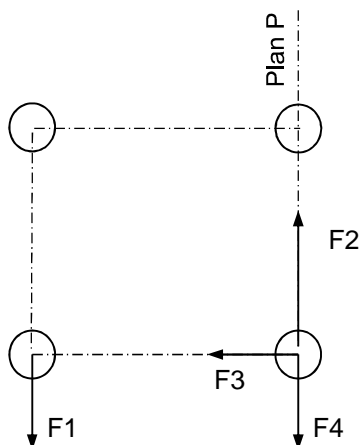
- Détermination de la charge maximum supportable par la structure :

- Projection dans la plan P :



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

$$F_2 = F_5 \cdot \cos a = 1927 \cdot \cos 30^\circ = 1674 \text{ daN}$$



$$F_1 = F_4 = F_2 = 1674 \text{ daN}$$

$$F_{\max} \text{ ou } Q_{\max} = 4 \times F_2 = 4 \times 1674 \approx 6697 \text{ daN}$$

La charge maximum applicable à la structure sera donc \leq à 6697 daN

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SR5030

Résumé des résultats intermédiaires :

$$E = 7950 \text{ daN/mm}^2$$

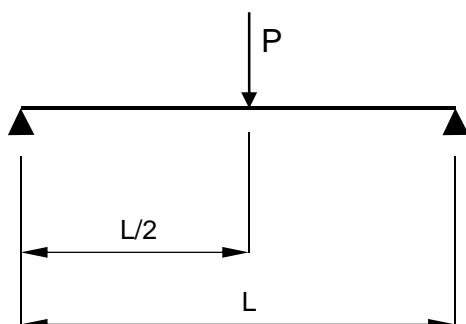
$$I_{xx} = 127\,700\,000 \text{ mm}^4$$

$$Mf5 = 2445\,000 \text{ dan.mm}$$

$$P_{\max} = 6697 \text{ daN}$$

Poids propre moyen: 11 daN/ml

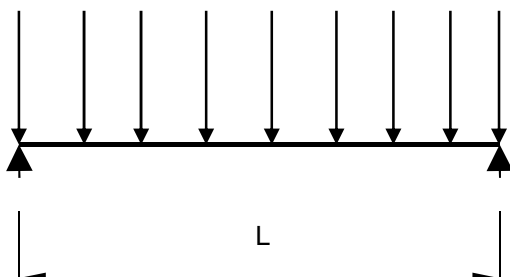
$$Tf = 1/100^e - 1/300^e - 1/500^e$$

A) Charge applicable au centre :

$$PMf = \frac{Mf \cdot 4}{L} \text{ et } Pf = \frac{L \cdot Tf \cdot 48 \cdot E \cdot I_{xx}}{L^3}$$

B) Charge repartie applicable :

$$Q = \text{daN/mm}$$



$$QMf = \frac{Mf \times 8}{L^2} \text{ et } Qf = \frac{L \cdot Tf \cdot 384 \cdot E \cdot I_{xx}}{5 \cdot L^4}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SR5030**Résultantes de charges:

poids propre	11	daN/ml																	
Mf max	2445	daN.m																	
inertie majeure	12770	cm ⁴																	
pmax (2*tranchant treillis)	6697	daN																	
	Résultantes des Limites										Résultats								
	P limité (mf max)	P limité par fleche			P limite treillis	sans poids propre													
L(m)		1/100	1/300	1/500		L(m)	Pmax(1/100)	Pmax(1/300)	Pmax(1/500)										
4	2445	30456	10152	6091	6697	4	2445	2445	2445										
6	1630	13536	4512	2707	6697	6	1630	1630	1630										
8	1223	7614	2538	1523	6697	8	1223	1223	1223										
10	978	4873	1624	975	6697	10	978	978	975										
12	815	3384	1128	677	6697	12	815	815	677										
14	699	2486	829	497	6697	14	699	699	497										
16	611	1903	634	381	6697	16	611	611	381										
18	543	1504	501	301	6697	18	543	501	301										
20	489	1218	406	244	6697	20	489	406	244										
	Résultantes des Limites										Résultats								
	Q limité (mf max)	Q limité par fleche (daN/m)			Q limite treillis	sans poids propre													
L(m)		1/100	1/300	1/500		L(m)	Qmax(1/100)	Qmax(1/300)	Q.max(1/500)										
4	1223	12182	4061	2436	1674	4	1223	1223	1223										
6	543	3610	1203	722	1116	6	543	543	543										
8	306	1523	508	305	837	8	306	306	305										
10	196	780	260	156	670	10	196	196	156										
12	136	451	150	90	558	12	136	136	90										
14	100	284	95	57	478	14	100	95	57										
16	76	190	63	38	419	16	76	63	38										
18	60	134	45	27	372	18	60	45	27										
20	49	97	32	19	335	20	49	32	19										

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SR5030**Conclusion :

Tableau de charges SR5030
Utilisateur final aux ELS, Charge centrée et Charge Uniformément Répartie

Résultats Pmax en daN			
poids propre enlevé			
L(m)	Pmax(1/100)	Pmax(1/300)	Pmax(1/500)
4	2401	2401	2401
6	1564	1564	1564
8	1135	1135	1135
10	868	868	865
12	683	683	545
14	545	545	343
16	435	435	205
18	345	303	103
20	269	186	24
Résultats Qmax en daN/ml			
poids propre enlevé			
L(m)	Qmax(1/100)	Qmax(1/300)	Q.max(1/500)
4	1212	1212	1212
6	532	532	532
8	295	295	294
10	185	185	145
12	125	125	79
14	89	84	46
16	65	52	27
18	49	34	16
20	38	21	8