

EDITE LE : 23/10/2017

Réf. : 02217-NC1/			
Affaire N° 02217	Nom : S.C.	Date : 23.10.17	Feuille : 1/13
Indice : -	Date : -	Nom : S.C	
NOTE DE CALCULS			
STRUCTURE STP500 (50x3)			

- Données :

- Matières :

- | | |
|--|--|
| * Tube membrure ø 50 ep 3
σ_e alu 6005-T6 = 26 daN/mm ²
Module d'élasticité E = 7950 daN/mm ² | *Tube treillis ø30 ep 3
σ_e alu 6106-T6 = 20 daN/mm ²
E=6950 daN/mm ² |
| * Goupilles coniques
σ_e S300pb = 38 daN/mm ² | * Manchon femelle membrures
σ_e alu 2030-T3 = 39 daN/mm ² |
| * Moyeu male-male
σ_e Alu 6060-T5 = 19 daN/mm ² | |

- 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. (10.8 daN/ml)
- Goupilles coniques emmanchées au maillet (pas au marteau)
- Exploitation exclusivement pointe en haut.

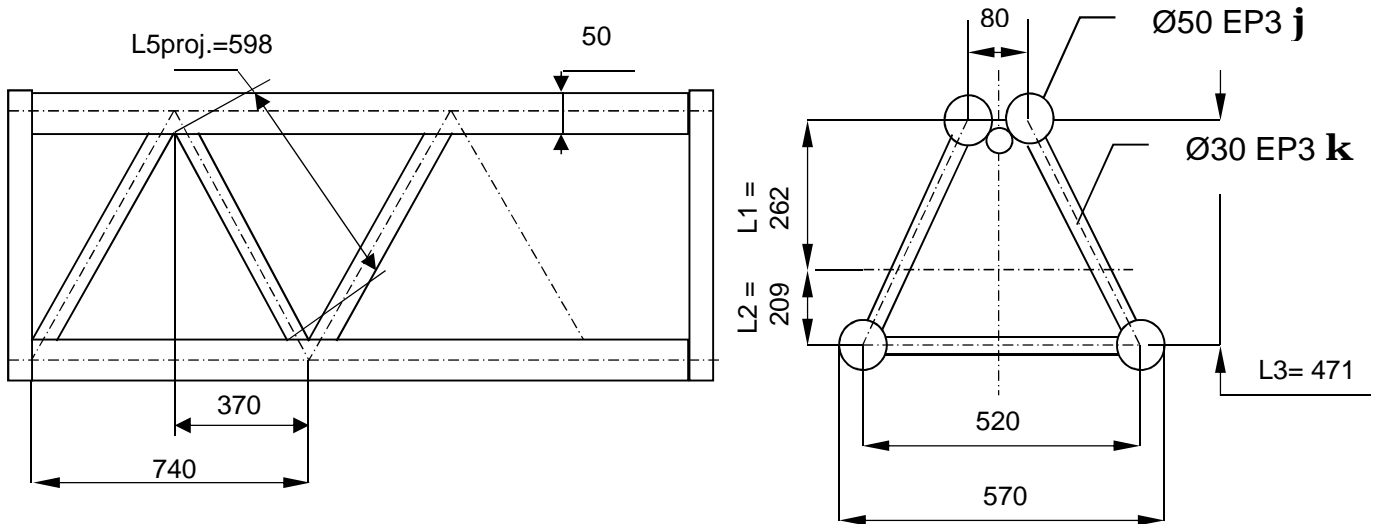
- But :

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

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE STP500 (50x3)

Fig 1 :



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

- Dimensions : $\text{Ø}50 \times 3$

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

$$I_{xx_1} = \frac{p}{64} \times (50^4 - 44^4) = 112\,812 \text{ mm}^4$$

- $\frac{I_{xx_1}}{V} = \frac{I_{xx_1}}{D/2} = \frac{112812}{25} = 4\,512 \text{ mm}^3$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**

- Calcul de la section du tube j :

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

- Calcul du Ixx de la structure assemblée :

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

$$I_{xx} = 2 \left[122812 + (443 \times 262^2) \right] + 2 \left[122812 + (443 \times 209^2) \right]$$

$$I_{xx} = 99880425 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx}}{V} = \frac{I_{xx}}{L1+D/2} = \frac{99880425}{262+25} = 348015 \text{ mm}^3$$

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

- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx1}}{S1}} = \sqrt{\frac{122812}{443}} = 16.7 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L_F}{i} = \frac{740}{16.7} = 44 \rightarrow k0 = 1,39 \text{ (suivant règles AL76)}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**

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

$$F_{\max i} = \frac{S1 \times Re}{ko.S} = \frac{443 \times 26}{1.39 \times 1,7} = 4\,874 \text{ daN}$$

S= 1,7 (coefficient de pondération charges d'exploitations règles AL76)

- Calcul du $Mf1_{\max i}$ respectant la limite au flambement pour ($Mf1_{\text{peh}}$) pour 2 membrures :

$$Mf1_{\text{peh}} = F_{\max i} \times L3 \times 2$$

$$Mf1_{\text{peh}} = 4874 \times 471 \times 2$$

$$Mf1_{\text{peh}} = 4\,591\,300 \text{ daN.mm}$$

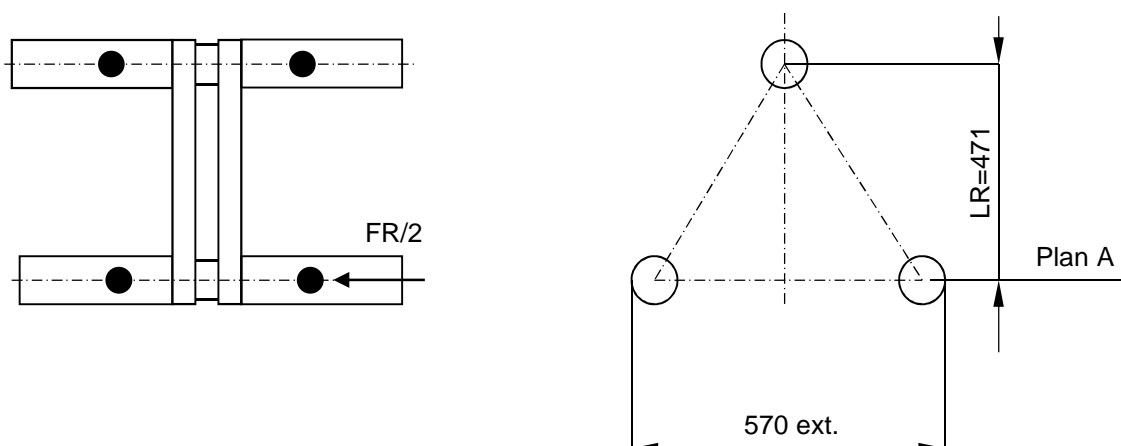
- Calcul du $Mf2_{\max i}$ respectant la contrainte normale admissible totale :

$$Mf2 = \frac{Se}{1.7} \cdot Ixx/v \quad (1.7 = \text{coefficient de pondération règles AL76})$$

$$Mf2 = \frac{26}{1.7} \times 348015$$

$$Mf2 = 5\,322\,580 \text{ daN.mm}$$

- Vérification des moyens de liaison :



- **NOTA :** Reprise des efforts horizontaux pour les tubes inférieurs négligés

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**

- 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 :

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

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

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

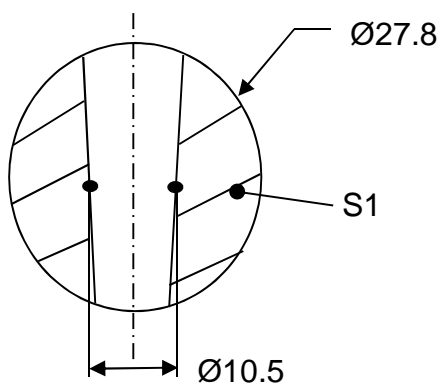
$$F_{g_{\text{peh max}}} \leq 8763 \text{ daN}$$

- Calcul du $Mf3_{\text{maxi}}$ respectant la contrainte des goupilles :

$$Mf3 = F_{g_{\text{maxi}}} \times LR \text{ avec } LR=471$$

$$Mf3_{\text{peh}} = 4\,127\,373 \text{ daN.mm}$$

- Résistance du moyeu male/male :



Alu 6060-T5

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

$$R_g = \frac{19}{1.7} = 11.2 \text{ daN/mm}^2$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**

- 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)

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

$$F_{m_{\text{maxi}}} \leq 11.2 \times 315 \times 2$$

$$F_{m_{\text{peh}_{\text{maxi}}}} \leq 7040 \text{ daN}$$

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

$$Mf4 = F_{m_{\text{maxi}}} \times LR \text{ avec } LR=471$$

$$Mf4_{\text{peh}} = 3\,315\,840 \text{ daN.mm}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**

- Résistance par essais 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 de 3600 à 2500daN aux ELS la valeur maxi pouvant être soumise à l'assemblage d'une membrure en relation également avec les essais d'épreuves réalisés par Socotec.

Le coefficient de pondération résultant de cette minoration est donc de $3600/2500 = 1.44$ au lieu de 1.7 (restant > 1.25 pour un facteur de sécurité d'exploitation final).

Si nous majorons la valeur de 2500daN par 1.25 (un facteur de sécurité d'exploitation final) = 3125daN (< 3600 daN), 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 $< F_m = 6500$ daN donc dans le domaine plastique de la matière aux ELU.

Si nous restons aux ELU dans le domaine plastique, un moment fléchissant $M_{f5_{peh}}$ de $2500 \times 2 \times 0.471 = 2355$ daN.m aux ELS, ne peut donc provoquer la ruine des assemblages de membrures de la structure.

Nous retiendrons donc la valeur de :

$$M_{f5_{peh}} = 2355 \text{ 000 daN.mm}$$

Mf5 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 STP500 (50x3)

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

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

- Dimensions : Ø30x3

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

$$I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (30^4 - 24^4) = 23\,475 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx2}}{V} = \frac{I_{xx2}}{D/2} = \frac{23475}{15} = 1565 \text{ mm}^3$$

- 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 :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx2}}{S2}} = \sqrt{\frac{23475}{254}} = 9.6 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L5}{i} = \frac{598}{9.6} = 62$$

- Elancement critique Eulérien :

$$\lambda_k = p \sqrt{\frac{E}{Re}} = p \sqrt{\frac{6950}{20}} = 59$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE STP500 (50x3)

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{l}{Ik} = \frac{62}{59} = 1.06 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule AL76 :

$$\bar{I}k = 1.06 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.79$$

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

$$F5_{\text{maxi}} = \frac{S2 \times Re}{k_0 \times s} = \frac{254 \times 20}{1.79 \times 1.7} = 1670 \text{ daN}$$

s=ponderation AL76

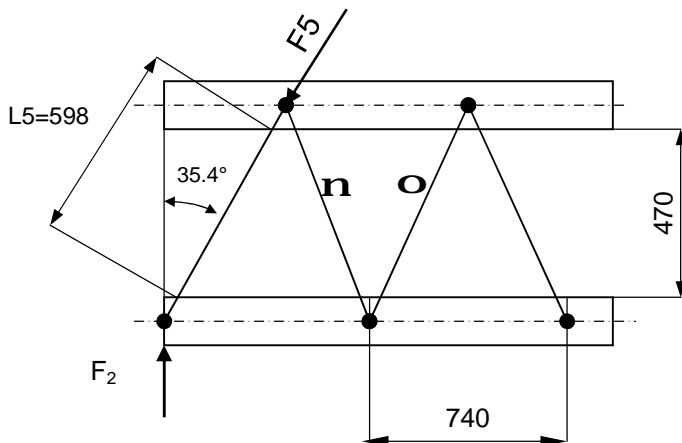
$$F5_{\text{maxi}} = 1670 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE STP500 (50x3)

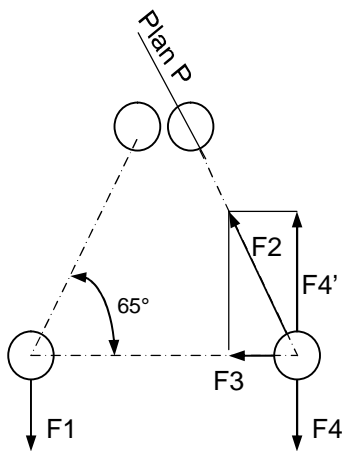
- Détermination de l'effort tranchant maximum applicable à la structure :

- Projection dans la plan P :



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

$$F_2 = F_5 \cdot \cos a = 1670 \cdot \cos 35.4^\circ = 1361 \text{ daN}$$



$$F_1 = F_4 = F_2 \cdot \sin 65^\circ = 1361 \cdot \sin 65^\circ = 1233 \text{ daN}$$

$$F_{\max} \text{ ou } Q_{\max} = 4 \times F_1 = 4 \times 1233 = 4933 \text{ daN}$$

La charge maximum applicable à la structure sera donc \leq à 4933daN

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)****Résumé des résultats intermédiaires :**

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

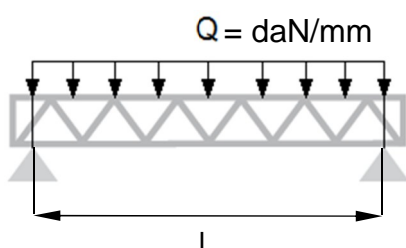
$$I_{xx} = 9988 \text{ cm}^4$$

$$M_{f_{peh}} = 2355 \text{ daN.m}$$

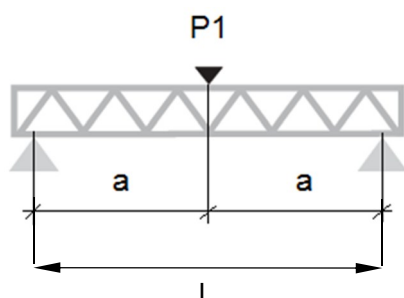
$$P_{max} = 4933 \text{ daN}$$

$$\text{Poids propre moyen: } 10.8 \text{ daN/ml}$$

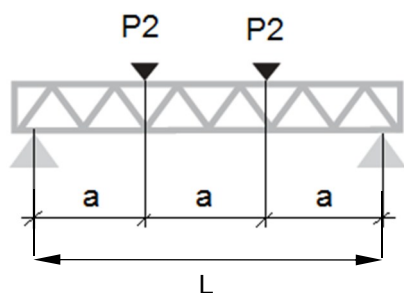
$$T_f = 1/150^e$$

A) Charge uniformément répartie admissible :

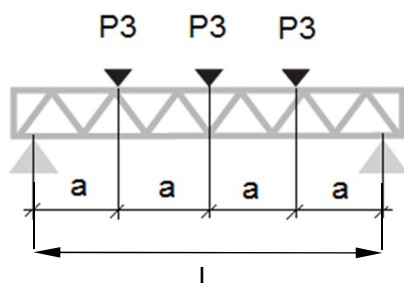
$$QM_f = \frac{M_f \times 8}{L^2} \text{ et } Q_f = \frac{L \cdot T_f \cdot 384 \cdot E \cdot I_{xx}}{5 \cdot L^4}$$

B) Charge ponctuelle P1 centrée admissible:

$$P1M_f = \frac{M_f \cdot 4}{L} \text{ et } P1f = \frac{L \cdot T_f \cdot 48 \cdot E \cdot I_{xx}}{L^3}$$

C) Charge ponctuelle P2 maxi pour de 2 points uniformément espacés:

$$P2M_f = \frac{M_f \cdot 3}{L} \text{ et } P2f = \frac{L \cdot T_f \cdot 648 \cdot E \cdot I_{xx}}{23 \cdot L^3}$$

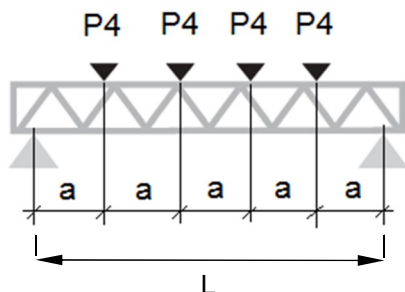
D) Charge ponctuelle P3 maxi pour de 3 points uniformément espacés:

$$P3M_f = \frac{M_f \cdot 2}{L} \text{ et } P3f = \frac{L \cdot T_f \cdot 384 \cdot E \cdot I_{xx}}{19 \cdot L^3}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE STP500 (50x3)

D) Charge ponctuelle P4 maxi pour de 4 points uniformément espacés:



$$P4Mf = \frac{Mf \cdot 5}{3 \cdot L} \text{ et } P3f = \frac{L \cdot Tf \cdot 1000 \cdot E \cdot I_{xx}}{63 \cdot L^3}$$

Résultantes de charges en fonction de la portée L en position pointe en haut:

poids propre		10.8 daN/ml																
Mf max		2355 daN.m	STRUCTURE TRIANGULAIRE POINTE EN HAUT															
inertie		9988 cm4																
pmax (2*tranchant treillis)		4933 daN																
L(m)	P1 limité par (daN)		P2 limité par (daN)		P3 limité par (daN)		P4 limité par (daN)		T limite treillis daN	au 1/150e				Portée				
	mf max	1/150	mf max	1/150	mf max	1/150	mf max	1/150		P1max	P2max	P3max	P4max	L(m)	P1max	P2max	P3max	P4max
2.4	3925	44114	2944	25893	1963	18574	1635	14588	4933	3925	2466	1644	1233	2.4	3899	2453	1636	1227
3.6	2617	19606	1963	11508	1308	8255	1090	6484	4933	2617	1963	1308	1090	3.6	2578	1943	1295	1081
4.8	1963	11028	1472	6473	981	4644	818	3647	4933	1963	1472	981	818	4.8	1911	1446	964	805
6	1570	7058	1178	4143	785	2972	654	2334	4933	1570	1178	785	654	6	1505	1145	763	638
7.2	1308	4902	981	2877	654	2064	545	1621	4933	1308	981	654	545	7.2	1231	942	628	526
8.4	1121	3601	841	2114	561	1516	467	1191	4933	1121	841	561	467	8.4	1031	796	530	445
9.6	981	2757	736	1618	491	1161	409	912	4933	981	736	491	409	9.6	878	684	456	383
10.8	872	2178	654	1279	436	917	363	720	4933	872	654	436	363	10.8	756	596	397	334
12	785	1765	589	1036	393	743	327	584	4933	785	589	393	327	12	655	524	349	295
13.2	714	1458	535	856	357	614	297	482	4933	714	535	357	297	13.2	571	464	309	262
14.4	654	1225	491	719	327	516	273	405	4933	654	491	327	273	14.4	499	413	275	234
15.6	604	1044	453	613	302	440	252	345	4933	604	453	302	252	15.6	435	369	246	209
16.8	561	900	421	528	280	379	234	298	4933	561	421	280	234	16.8	379	330	220	188
18	523	784	393	460	262	330	218	259	4933	523	393	262	218	18	329	295	197	169
19.2	491	689	368	405	245	290	204	228	4933	491	368	245	204	19.2	283	264	176	153
20.4	462	611	346	358	231	257	192	202	4933	462	346	231	192	20.4	241	236	157	137
21.6	436	545	327	320	218	229	182	180	4933	436	320	218	180	21.6	203	203	140	122
22.8	413	489	310	287	207	206	172	162	4933	413	287	206	162	22.8	167	164	124	100
24	393	441	294	259	196	186	164	146	4933	393	259	186	146	24	133	129	99	81
25.2	374	400	280	235	187	168	156	132	4933	374	235	168	132	25.2	102	99	78	64

L(m)	Q limité par fleche		Q limite treillis daN/ml	Resultats sans poids propre retiré Qmax
	mf max	1/150		
2.4	3271	29409	2055	2055
3.6	1454	8714	1370	1370
4.8	818	3676	1028	818
6	523	1882	822	523
7.2	363	1089	685	363
8.4	267	686	587	267
9.6	204	460	514	204
10.8	162	323	457	162
12	131	235	411	131
13.2	108	177	374	108
14.4	91	136	343	91
15.6	77	107	316	77
16.8	67	86	294	67
18	58	70	274	58
19.2	51	57	257	51
20.4	45	48	242	45
21.6	40	40	228	40
22.8	36	34	216	34
24	33	29	206	29
25.2	30	25	196	25

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE STP500 (50x3)**Conclusion :

Tableau de charges de service utiles maximales sur STP500 (50x3)
Installée POINTE EN HAUT

Structure STP 500 50x3 PEH							
Taux de flèche maxi :		1/150 ème					
Portée	Flèche maxi tolérée	Q	P1	P2	P3	P4	SW
		Charge uniformément répartie admissible	Charge ponctuelle P1 centrée admissible	Charge ponctuelle maxi pour de 2 points uniformément espacés	Charge ponctuelle maxi pour de 3 points uniformément espacés	Charge ponctuelle maxi pour de 4 points uniformément espacés	Poids propre moyen de la structure seule
L(m)	mm	kg/ml	kg	kg/pt2	kg/pt3	kg/pt4	kgs
2.4	16	2044	3899	2453	1636	1227	26
3.6	24	1359	2578	1943	1295	1081	39
4.8	32	807	1911	1446	964	805	52
6	40	513	1505	1145	763	638	65
7.2	48	353	1231	942	628	526	78
8.4	56	256	1031	796	530	445	91
9.6	64	194	878	684	456	383	104
10.8	72	151	756	596	397	334	117
12	80	120	655	524	349	295	130
13.2	88	97	571	464	309	262	143
14.4	96	80	499	413	275	234	156
15.6	104	67	435	369	246	209	168
16.8	112	56	379	330	220	188	181
18	120	47	329	295	197	169	194
19.2	128	40	283	264	176	153	207
20.4	136	34	241	236	157	137	220
21.6	144	30	203	203	140	122	233
22.8	152	24	167	164	124	100	246
24	160	19	133	129	99	81	259
25.2	168	15	102	99	78	64	272