

EDITE LE : 04/09/2015

<b>Réf. : 03305-NC3/D</b>			
<b>Affaire N° 03305</b>	<b>Nom : S.C.</b>	<b>Date : 30.06.05</b>	<b>Feuille : 1/13</b>
<b>Indice : D</b>	<b>Date : 01.09.15</b>	<b>Nom : S.C</b>	
<b>NOTE DE CALCULS</b>			
STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D			

- Données :

- Matières :

- |  |   |
|--|---|
| * Tube membrure ø 50 ep 3<br>$\sigma_e$ alu 6005-T6 = 26 daN/mm <sup>2</sup><br>Module d'élasticité E = 7950 daN/mm <sup>2</sup> | *Tube treillis ø16 ep2<br>$\sigma_e$ alu 6060-T5 = 19 daN/mm <sup>2</sup><br>E=6950 daN/mm <sup>2</sup> |
| * Goupilles coniques<br>$\sigma_e$ S300pb = 38 daN/mm <sup>2</sup>   | * Manchon femelle membrures<br>$\sigma_e$ alu 2030-T3 = 39 daN/mm <sup>2</sup>                          |
| * Moyeu male-male<br>$\sigma_e$ Alu 6060-T5 = 19 daN/mm <sup>2</sup>   |   |

- 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. (6.5 daN/ml)
- Goupilles coniques emmanchées au maillet (pas au marteau)

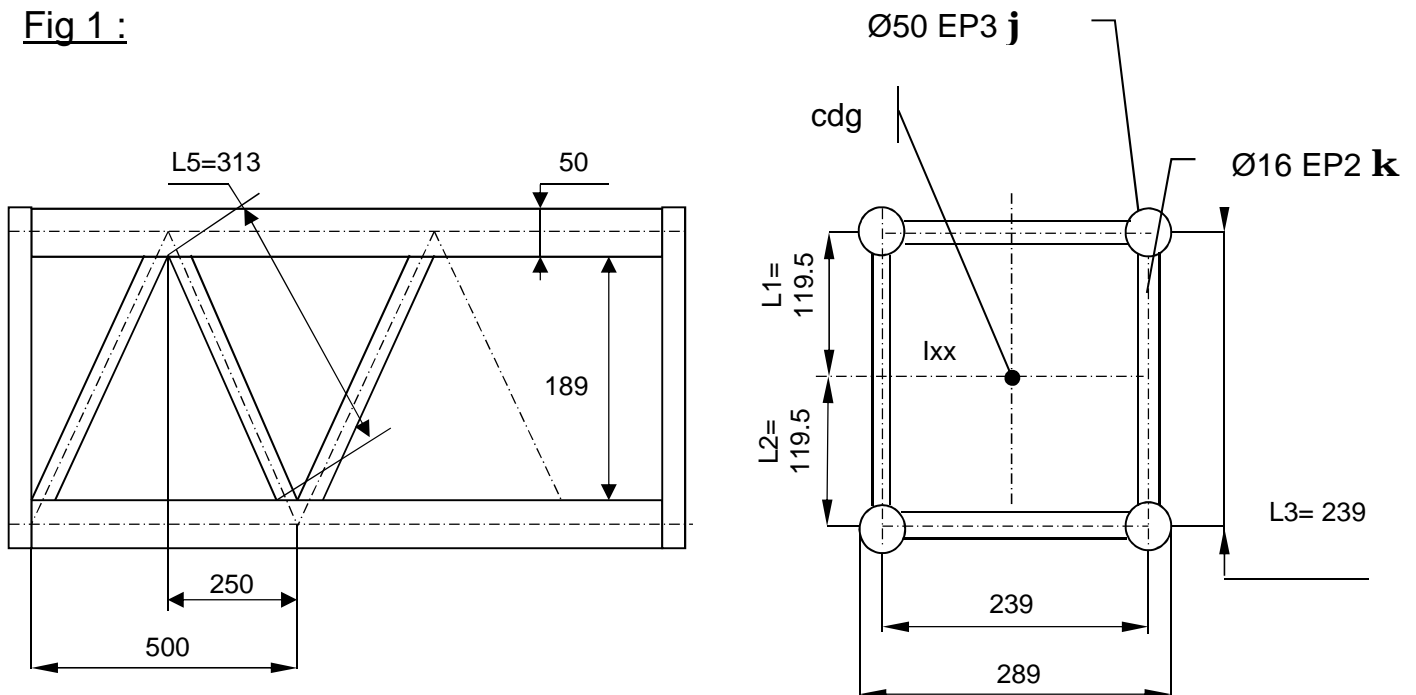
- But :

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

## NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

Fig 1 :



- Calcul du  $I_{xx1}$  du tube **j** :

- Dimensions : Ø50x3

- $I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (D^4 - d^4)$

- $I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (50^4 - 44^4) = 122812 \text{ mm}^4$

- $\frac{I_{xx1}}{V} = \frac{I_{xx1}}{D/2} = \frac{122812}{25} = 4912 \text{ mm}^3$

**NOTE DE CALCULS (suite)****STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D**

- 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)

$$I_{xx} = 4 \left[ 122812 + (443 \times 119.5^2) \right] \times 1.2$$

$$I_{xx} = 25\,793\,826 \text{ mm}^4 \times 1.2 = 30\,952\,592 \text{ mm}^4$$

- $\frac{I_{xx}}{V} = \frac{I_{xx}}{L1+D/2} = \frac{30\,952\,592}{119.5 + 25} = 214\,205 \text{ mm}^3$

- 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 SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D**

- 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 flambement pour 2 membrures :

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

$$Mf1 = 6262 \times 239 \times 2$$

$$\boxed{Mf1 = 3\,002\,796 \text{ daN.mm}}$$

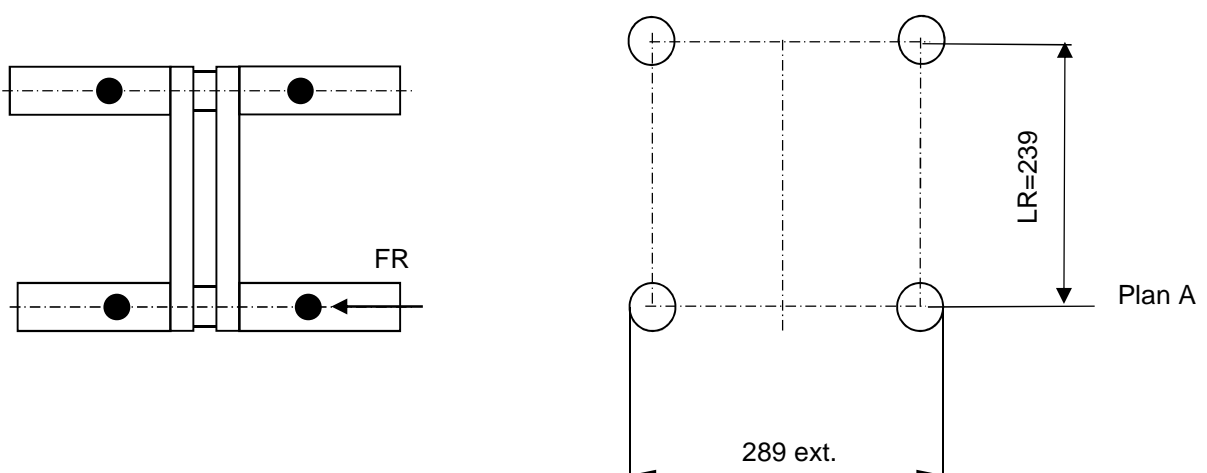
- Calcul du  $Mf2_{\max i}$  respectant la contrainte normale admissible totale :

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

$$Mf2 = \frac{26}{1.7} \times 214\,205$$

$$\boxed{Mf2 = 3\,276\,080 \text{ daN.mm}}$$

- Vérification des moyens de liaison :



**NOTA :** Reprise des efforts horizontaux pour les tubes intérieurs négligés

**NOTE DE CALCULS (suite)**

STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

- 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 :

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

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

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

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

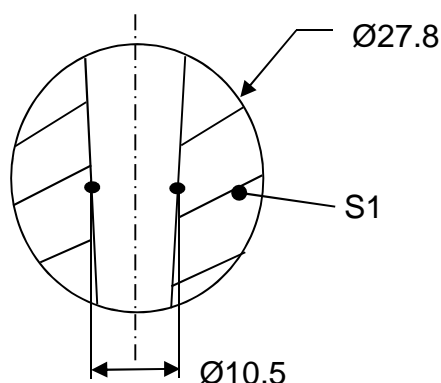
- Calcul du  $M_{f3_{\text{maxi}}}$  respectant la contrainte des goupilles :

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

$$M_{f3} = 8763 \times 239$$

$$M_{f3} = 2\,094\,357 \text{ daN.mm}$$

- 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 SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

- 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)

$$Fm_{\text{maxi}} \leq Rg \times S1 \times 2$$

$$Fm_{\text{maxi}} \leq 11.2 \times 315 \times 2$$

$$Fm_{\text{maxi}} \leq 7040 \text{ daN}$$

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

$$Mf4 = Fm_{\text{maxi}} \times LR$$

$$Mf4 = 7040 \times 239$$

$$Mf4 = 1\,682\,560 \text{ daN.mm}$$

**NOTE DE CALCULS (suite)****STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D**

- 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 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  $M_{f5}$  de  $2500 \times 2 \times 0.239 = 2445$ daN.m aux ELS ne peut donc provoquer la ruine des assemblages de membrures de la structure.

Nous retiendrons donc la valeur de :

$$M_{f5} = 1\,195\,000 \text{ daN.mm}$$

***M<sub>f5</sub> 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 SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

Effort maxi applicable au treillis à la compression (flambement) :- Calcul du  $I_{xx2}$  du tube **k** :

- Dimensions : Ø16x2

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

$$I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (16^4 - 12^4) = 2\,199 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx2}}{V} = \frac{I_{xx2}}{D/2} = \frac{2199}{8} = 275 \text{ mm}^3$$

- 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 flambement :- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx2}}{S2}} = \sqrt{\frac{2199}{88}} = 5 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L5}{i} = \frac{313}{5} = 63$$

- Elancement critique Eulérien :

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



**NOTE DE CALCULS (suite)**

STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{I}{I_k} = \frac{63}{60} = 1.04 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule AL76 :

$$\bar{I}k = 1.04 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.75$$

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

$$F5_{\text{maxi}} = \frac{S2 \times Re}{k_0 \times s} = \frac{88 \times 19}{1.75 \times 1.7} = 561 \text{ daN}$$

s=ponderation AL76

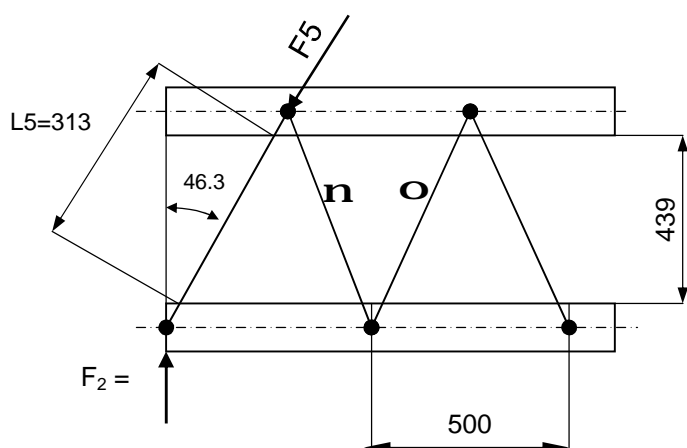
$$F5_{\text{maxi}} = 561 \text{ daN}$$

## NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

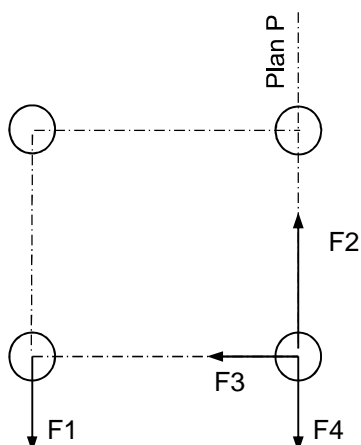
- Détermination de l'effort tranchant maximum applicable à la structure :

- Projection dans la plan P :



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

$$F_2 = F_5 \cdot \cos a = 561 \cdot \cos 46.3^\circ = 387 \text{ daN}$$



$$F_1 = F_4 = F_2 = 387 \text{ daN}$$

$$F_{\max} \text{ ou } Q_{\max} = 4 \times F_2 = 4 \times 387 \approx 1550 \text{ daN}$$

La charge maximum applicable à la structure sera donc  $\leq$  à 1550daN

**NOTE DE CALCULS (suite)**

STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

**Résumé des résultats intermédiaires :**

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

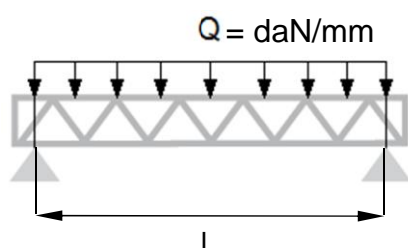
$$I_{xx} = 3095 \text{ cm}^4$$

$$M_f = 1195 \text{ daN.m}$$

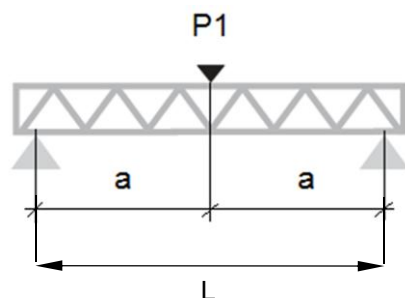
$$P_{\max} = 1550 \text{ daN}$$

$$\text{Poids propre moyen: } 6.5 \text{ daN/ml}$$

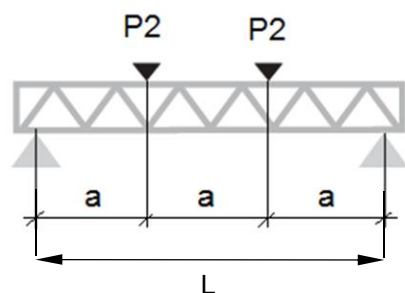
$$T_f = 1/100^e - 1/300^e$$

**A) Charge uniformément répartie admissible :**

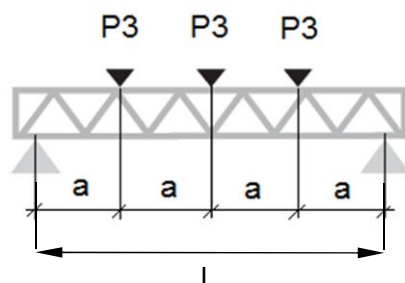
$$QM_f = \frac{M_f \times 8}{L^2} \text{ et } Q_f = \frac{L \cdot T_f \cdot 384 \cdot E \cdot I_{xx}}{5 \cdot L^4}$$

**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:**

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

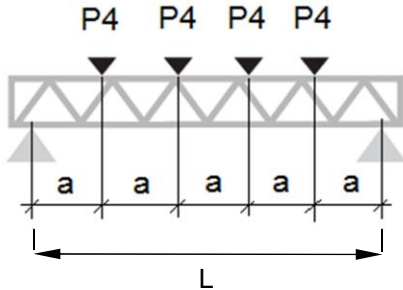
**D) Charge ponctuelle P3 maxi pour de 3 points uniformément espacés:**

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

# NOTE DE CALCULS (suite)

## STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D

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



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

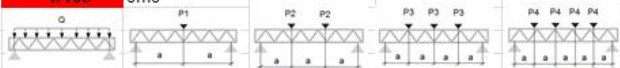
Résultantes de charges en fonction de la portée L:

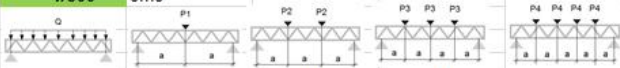
L(m)	STRUCTURE CARREE												Resultats sans poids propre retiré								
	P1 limité par (daN)			P2 limité par (daN)			P3 limité par (daN)			P4 limité par (daN)			T limite treillis daN	au 1/100e				au 1/300e			
	mf max	1/100	1/300	mf max	1/100	1/300	mf max	1/100	1/300	mf max	1/100	1/300		P1max	P2max	P3max	P4max	P1max	P2max	P3max	P4max
1	4780	118115	39372	3585	69328	23109	2390	49733	16578	1992	39059	13020	1550	1550	775	517	387	1550	775	517	387
2	2390	29529	9843	1793	17332	5777	1195	12433	4144	996	9765	3255	1550	1550	775	517	387	1550	775	517	387
3	1593	13124	4375	1195	7703	2568	797	5526	1842	664	4340	1447	1550	1550	775	517	387	1550	775	517	387
4	1195	7302	2461	896	4333	1444	598	3108	1036	498	2441	814	1550	1195	775	517	387	1195	775	517	387
5	956	4725	1575	717	2773	924	478	1989	663	398	1562	521	1550	956	717	478	387	956	717	478	387
6	797	3281	1094	598	1926	642	398	1381	460	332	1085	362	1550	797	598	398	332	797	598	398	332
7	683	2411	804	512	1415	472	341	1015	338	285	797	266	1550	683	512	341	285	683	472	338	266
8	598	1846	615	448	1083	361	299	777	259	249	610	203	1550	598	448	299	249	598	361	259	203
9	531	1458	486	398	856	285	266	614	205	221	482	161	1550	531	398	266	221	486	285	205	161
10	478	1181	394	359	693	231	239	497	166	199	391	130	1550	478	359	239	199	394	231	166	130
11	435	976	325	326	573	191	217	411	137	181	323	108	1550	435	326	217	181	325	191	137	108
12	398	820	273	299	481	160	199	345	115	166	271	90	1550	398	299	199	166	273	160	115	90
13	368	699	233	276	410	137	184	294	98	153	231	77	1550	368	276	184	153	233	137	98	77
14	341	603	201	256	354	118	171	254	85	142	199	66	1550	341	256	171	142	201	118	85	66
15	319	525	175	239	308	103	159	221	74	133	174	58	1550	319	239	159	133	175	103	74	58
16	299	461	154	224	271	90	149	194	65	124	153	51	1550	299	224	149	124	154	90	65	51
17	281	409	136	211	240	80	141	172	57	117	135	45	1550	281	211	141	117	136	80	57	45
18	266	365	122	199	214	71	133	153	51	111	121	40	1550	266	199	133	111	122	71	51	40
19	252	327	109	189	192	64	126	138	46	105	108	36	1550	252	189	126	105	109	64	46	36
20	239	295	98	179	173	58	120	124	41	100	98	33	1550	239	173	120	98	98	58	41	33

L(m)	Q limité par fleche (daN/m)			Q limite treillis daN/ml	Resultats sans poids propre retiré	
	mf max	1/100	1/300		au 1/100e Qmax	au 1/300e Qmax
1	9560	188984	62995	1550	1550	1550
2	2390	23623	7874	775	775	775
3	1062	6999	2333	517	517	517
4	598	2953	984	387	387	387
5	382	1512	504	310	310	310
6	266	875	292	258	258	258
7	195	551	184	221	195	184
8	149	369	123	194	149	123
9	118	259	86	172	118	86
10	96	189	63	155	96	63
11	79	142	47	141	79	47
12	66	109	36	129	66	36
13	57	86	29	119	57	29
14	49	69	23	111	49	23
15	42	56	19	103	42	19
16	37	46	15	97	37	15
17	33	38	13	91	33	13
18	30	32	11	86	30	11
19	26	28	9	82	26	9
20	24	24	8	77	24	8

**NOTE DE CALCULS (suite)****STRUCTURE SZ290FC/SC300 (50x3) ind.D**Conclusion :

Tableau de charges utiles de service maximales sur SZ290FC ET SC300 (50x3)

Structure SZ290FC/SC300							
Taux de flèche maxi :		1/100 ème					
							
Portée	Fleche maxi tolérée	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
1	10	1543	1543	772	514	386	7
2	20	768	1537	768	512	384	13
3	30	510	1530	765	510	383	20
4	40	381	1169	762	508	381	26
5	50	303	924	701	467	379	33
6	60	252	758	578	385	322	39
7	70	189	637	489	326	273	46
8	80	143	546	422	281	236	52
9	90	112	473	369	246	207	59
10	100	89	413	326	217	183	65
11	110	73	363	290	193	163	72
12	120	60	320	260	173	146	78
13	130	50	283	234	156	132	85
14	140	42	250	211	140	120	91
15	150	36	221	190	127	108	98
16	160	31	195	172	115	98	104
17	170	27	171	156	104	90	111
18	180	23	149	141	94	81	117
19	190	20	128	127	85	74	124
20	200	17	109	108	76	65	130

Structure SZ290FC/SC300							
Taux de flèche maxi :		1/300 ème					
							
Portée	Fleche maxi tolérée	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
1	3	1543	1543	772	514	386	7
2	7	768	1537	768	512	384	13
3	10	510	1530	765	510	383	20
4	13	381	1169	762	508	381	26
5	17	303	924	701	467	379	33
6	20	252	758	578	385	322	39
7	23	177	637	449	323	254	46
8	27	117	546	335	242	190	52
9	30	80	428	256	185	146	59
10	33	56	329	199	144	114	65
11	37	41	254	155	113	90	72
12	40	30	195	121	89	71	78
13	43	22	148	94	70	56	85
14	47	16	110	72	54	44	91
15	50	12	77	54	41	33	98
16	53	9	50	38	30	25	104
17	57	6	26	25	21	17	111
18	60	4	5	13	12	11	117
19	63	3		2	5	5	124
20	67	1				0	130