

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 : 04/09/2015

Réf. : 02903-NC2/E			
Affaire N° 02903	Nom : S.C.	Date : 30.04.03	Feuille : 1/13
Indice : E	Date : 01.09.15	Nom : S.C	
NOTE DE CALCULS			
STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E			

- 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 ø20 ep2
σ_e alu 6060-T5 = 19 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. (7.7 daN/ml)
- Goupilles coniques emmanchées au maillet (pas au marteau)

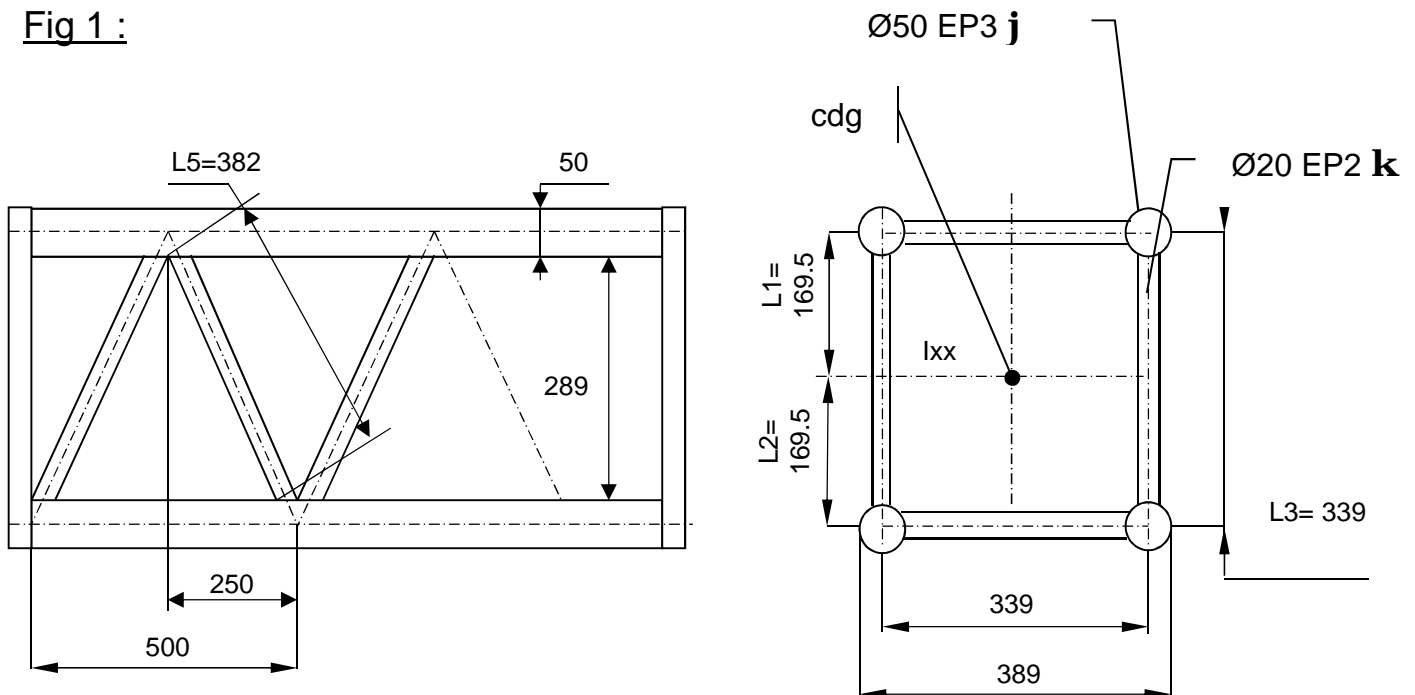
- But :

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

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

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 SC390 (50x3) ind.E

- 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:

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

$$I_{xx} = 4 \left[122812 + (443 \times 169.5^2) \right] \times 1.2$$

$$I_{xx} = 51\,397\,178 \text{ mm}^4 \times 1.2 = 61\,676\,610 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx}}{V} = \frac{I_{xx}}{L1 + D/2} = \frac{61\,676\,610}{169.5 + 25} = 317\,100 \text{ mm}^3$$

- 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 :

$$\lambda = \frac{L_F}{i} = \frac{500}{16.7} = 30 \rightarrow k = 1,16 \text{ (suivant règles AL76)}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E**

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

$$F_{\max i} = \frac{S1 \times Re}{ko.S} = \frac{443 \times 26}{1.16 \times 1,7} = 5\,849 \text{ daN}$$

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

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

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

$$Mf1 = 5849 \times 339 \times 2$$

$$\boxed{Mf1 = 3\,965\,620 \text{ daN.mm}}$$

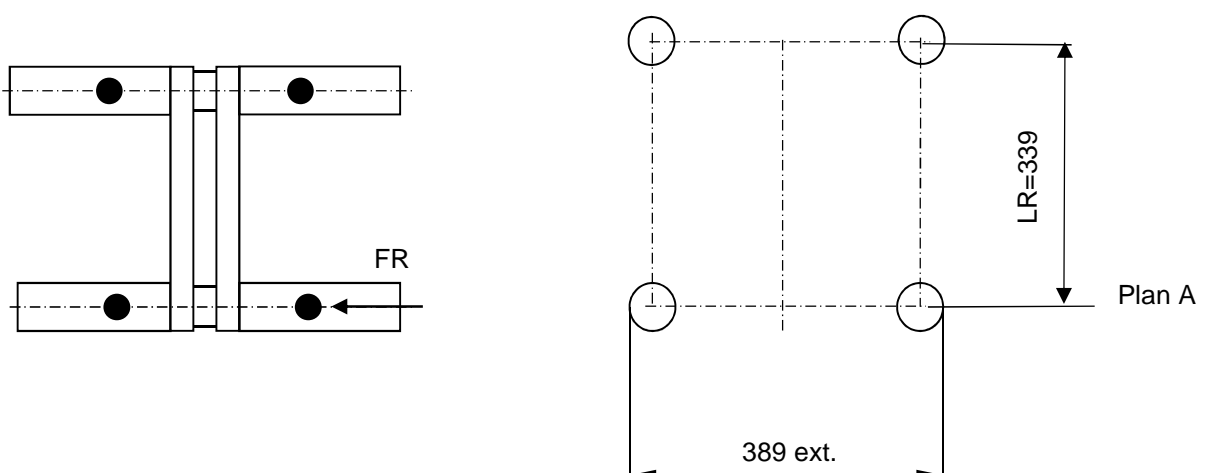
- Calcul du $Mf2_{\max i}$ respectant la contrainte normale admissible totale :

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

$$Mf2 = \frac{26}{1.7} \times 317\,100$$

$$\boxed{Mf2 = 4\,849\,760 \text{ daN.mm}}$$

- Vérification des moyens de liaison :



NOTA : Reprise des efforts horizontaux pour les tubes intérieurs négligés

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

- Vérification des goupilles de fixation dans la 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 :

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

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

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

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

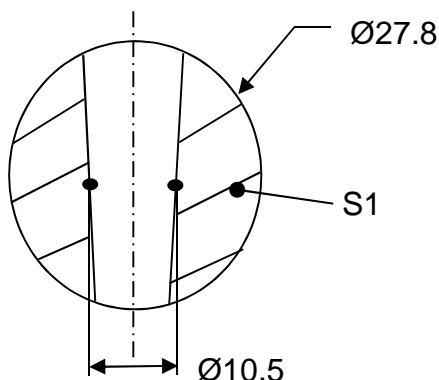
- Calcul du $M_{f3_{\text{maxi}}}$ respectant la contrainte des goupilles :

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

$$M_{f3} = 8763 \times 339$$

$$M_{f3} = 2\,970\,660 \text{ daN.mm}$$

- 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 SC390 (50x3) ind.E**

- 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)

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

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

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

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

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

$$Mf4 = 7040 \times 339$$

$$Mf4 = 2\,386\,560 \text{ daN.mm}$$

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E**

- 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 $2500 \times 2 \times 0.339 = 1695$ daN.m aux ELS ne peut donc provoquer la ruine des assemblages de membrures de la structure.

Nous retiendrons donc la valeur de :

$$M_{f5} = 1\,695\,000 \text{ daN.mm}$$

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 SC390 (50x3) ind.E

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

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

- Dimensions : Ø20x2

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

$$I_{xx1} = \frac{p}{64} \times (20^4 - 16^4) = 4\,637 \text{ mm}^4$$

$$- \frac{I_{xx2}}{V} = \frac{I_{xx2}}{D/2} = \frac{4637}{8} = 579 \text{ mm}^3$$

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

$$- \text{Section : } S2 = p \times (R^2 - r^2) = p \times (10^2 - 8^2) = 113 \text{ mm}^2$$

• Résistance du treillis au flambement :

- Rayon de giration :

$$i = \sqrt{\frac{I_{xx2}}{S2}} = \sqrt{\frac{4637}{113}} = 6.4 \text{ mm}$$

- Elancement maximum :

$$\lambda = \frac{L5}{i} = \frac{382}{6.4} = 60$$

- Elancement critique Eulérien :

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

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

- Elancement réduit :

$$\bar{I}k = \frac{I}{I_k} = \frac{60}{60} = 1.0 > 0.2 \text{ risque de flambement}$$

Suivant la formule AL76 :

$$\bar{I}k = 1.0 \Rightarrow \text{coefficient } k_0 = 1.66$$

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

$$F5_{\text{maxi}} = \frac{S2 \times Re}{k_0 \times s} = \frac{113 \times 19}{1.66 \times 1.7} = 761 \text{ daN}$$

s=ponderation AL76

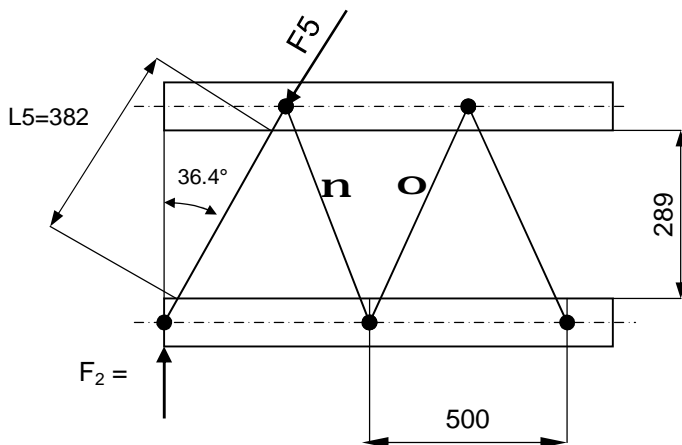
$$F5_{\text{maxi}} = 761 \text{ daN}$$

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

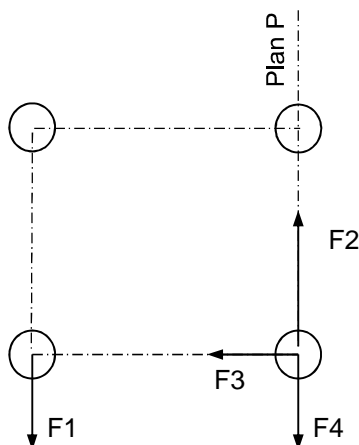
- Détermination de l'effort tranchant maximum applicable à la structure :

- Projection dans la plan P :



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

$$F_2 = F_5 \cdot \cos a = 761 \cdot \cos 36.4^\circ = 612 \text{ daN}$$



$$F_1 = F_4 = F_2 = 612 \text{ daN}$$

$$F_{\max} \text{ ou } Q_{\max} = 4 \times F_2 = 4 \times 612 \approx 2449 \text{ daN}$$

La charge maximum applicable à la structure sera donc \leq à 2449daN

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

Résumé des résultats intermédiaires :

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

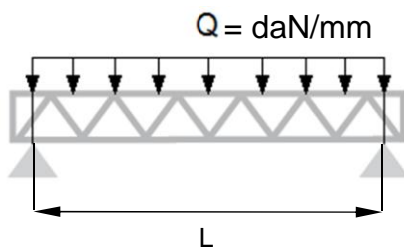
$$I_{xx} = 6168 \text{ cm}^4$$

$$M_f = 1695 \text{ daN.m}$$

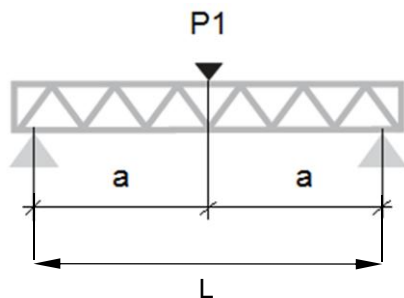
$$P_{\max} = 2449 \text{ daN}$$

$$\text{Poids propre moyen: } 7.7 \text{ daN/ml}$$

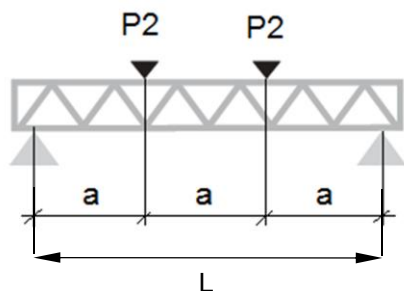
$$T_f = 1/100^e - 1/300^e$$

A) Charge uniformément répartie admissible :

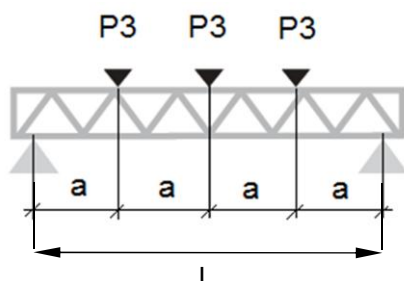
$$QM_f = \frac{M_f \times 8}{L^2} \text{ et } Q_f = \frac{L \cdot T_f \cdot 384 \cdot E \cdot I_{xx}}{5 \cdot L^4}$$

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:

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

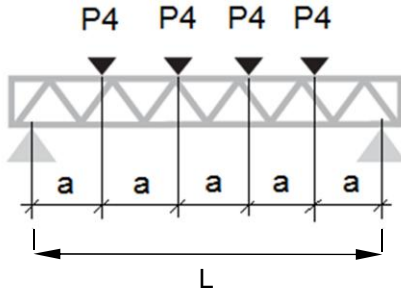
D) Charge ponctuelle P3 maxi pour de 3 points uniformément espacés:

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

NOTE DE CALCULS (suite)

STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E

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	6780	235358	78453	5085	138145	46048	3390	99098	33033	2825	77830	25943	2449	2449	1224	816	612	2449	1224	816	612
2	3390	58839	19613	2543	34536	11512	1695	24775	8258	1413	19458	6486	2449	2449	1224	816	612	2449	1224	816	612
3	2260	26151	8717	1695	15349	5116	1130	11011	3670	942	8648	2883	2449	2260	1224	816	612	2260	1224	816	612
4	1695	14710	4903	1271	8634	2878	848	6194	2065	706	4864	1621	2449	1695	1224	816	612	1695	1224	816	612
5	1356	9414	3138	1017	5526	1842	678	3964	1321	565	3113	1038	2449	1356	1017	678	565	1356	1017	678	565
6	1130	6538	2179	848	3837	1279	565	2753	918	471	2162	721	2449	1130	848	565	471	1130	848	565	471
7	969	4803	1601	726	2819	940	484	2022	674	404	1588	529	2449	969	726	484	404	969	726	484	404
8	848	3677	1226	636	2159	720	424	1548	516	353	1216	405	2449	848	636	424	353	848	636	424	353
9	753	2906	969	565	1705	568	377	1223	408	314	961	320	2449	753	565	377	314	753	565	377	314
10	678	2354	785	509	1381	460	339	991	330	283	778	259	2449	678	509	339	283	678	509	339	259
11	616	1945	648	462	1142	381	308	819	273	257	643	214	2449	616	462	308	257	616	462	308	214
12	565	1634	545	424	959	320	283	688	229	235	540	180	2449	565	424	283	235	545	320	229	180
13	522	1393	464	391	817	272	261	586	195	217	461	154	2449	522	391	261	217	464	272	195	154
14	484	1201	400	363	705	235	242	506	169	202	397	132	2449	484	363	242	202	400	235	169	132
15	452	1046	349	339	614	205	226	440	147	188	346	115	2449	452	339	226	188	349	205	147	115
16	424	919	306	318	540	180	212	387	129	177	304	101	2449	424	318	212	177	306	180	129	101
17	399	814	271	299	478	159	199	343	114	166	269	90	2449	399	299	199	166	271	159	114	90
18	377	726	242	283	426	142	188	306	102	157	240	80	2449	377	283	188	157	242	142	102	80
19	357	652	217	268	383	128	178	275	92	149	216	72	2449	357	268	178	149	217	128	92	72
20	339	588	196	254	345	115	170	248	83	141	195	65	2449	339	254	170	141	196	115	83	65

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	au 1/300e
	Qmax	Qmax	Qmax	Qmax	Qmax	
1	13560	376573	125524	2449	2449	2449
2	3390	47072	15691	1224	1224	1224
3	1507	13947	4649	816	816	816
4	848	5884	1961	612	612	612
5	542	3013	1004	490	490	490
6	377	1743	581	408	377	377
7	277	1098	366	350	277	277
8	212	735	245	306	212	212
9	167	517	172	272	167	167
10	136	377	126	245	136	126
11	112	283	94	223	112	94
12	94	218	73	204	94	73
13	80	171	57	188	80	57
14	69	137	46	175	69	46
15	60	112	37	163	60	37
16	53	92	31	153	53	31
17	47	77	26	144	47	26
18	42	65	22	136	42	22
19	38	55	18	129	38	18
20	34	47	16	122	34	16

NOTE DE CALCULS (suite)**STRUCTURE SC390 (50x3) ind.E**Conclusion :

Tableau de charges utiles de service maximales sur SC390 (50x3)

Structure SC390							
Taux de flèche maxi :		1/100 ème					
Portée	Flèche 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	2441	2441	1221	814	610	8
2	20	1217	2433	1217	811	608	15
3	30	809	2237	1213	809	606	23
4	40	604	1664	1209	806	604	31
5	50	482	1318	998	665	555	39
6	60	369	1084	824	550	459	46
7	70	269	915	699	466	390	54
8	80	204	786	605	403	338	62
9	90	160	684	530	354	297	69
10	100	128	601	470	313	263	77
11	110	104	532	420	280	236	85
12	120	86	473	378	252	212	92
13	130	73	421	341	227	192	100
14	140	61	376	309	206	175	108
15	150	53	337	281	188	159	116
16	160	45	301	256	171	146	123
17	170	39	268	234	156	133	131
18	180	34	238	213	142	122	139
19	190	30	211	194	130	112	146
20	200	26	185	177	118	103	154

Structure SC390							
Taux de flèche maxi :		1/300 ème					
Portée	Flèche 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	2441	2441	1221	814	610	8
2	7	1217	2433	1217	811	608	15
3	10	809	2237	1213	809	606	23
4	13	604	1664	1209	806	604	31
5	17	482	1318	998	665	555	39
6	20	369	1084	824	550	459	46
7	23	269	915	699	466	390	54
8	27	204	786	605	403	338	62
9	30	160	684	530	354	297	69
10	33	118	601	422	305	240	77
11	37	87	532	338	245	193	85
12	40	65	452	274	199	157	92
13	43	49	364	222	162	128	100
14	47	38	292	181	133	105	108
15	50	29	233	147	108	86	116
16	53	23	183	118	88	71	123
17	57	18	141	94	71	57	131
18	60	14	104	73	56	45	139
19	63	11	71	54	43	35	146
20	67	8	42	38	31	26	154