

NOTE DE CALCUL : CS-ASD_CALCULS_LEST_TOUR_6.5M

DESCRIPTION DE L'ETUDE	Etude d'une tour de 6.5 m de hauteur
------------------------	--------------------------------------

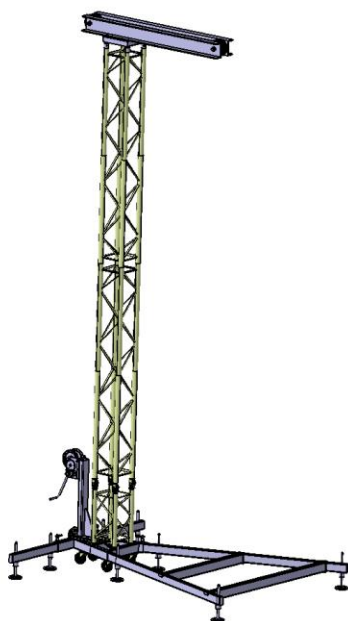
FICHIERS DE REFERENCES	5000.1-A000 - ASSEMBLAGE TOUR DE LEVAGE A CHARIOT.STEP FILAIRE_5M.igs
------------------------	--

REFERENCE DOSSIER CALCUL	\ASD\2019_01_MT-PA5030\DEV
--------------------------	----------------------------

TYPE DE CALCUL	Analyse RDM -		
LOGICIEL PRE/POST	RDM : AUTODESK Robot Structural Analysis Pro 2020	SOLVEUR	RDM : AUTODESK Robot Structural Analysis Pro 2020

DATE	25/06/2019	REFERENCE	TOUR 6.5 M
SOCIETE	ASD	DESTINATAIRE	T. CHENOT

REVISION N°	DATE	MODIFICATIONS	REDIGE PAR	VERIFIE PAR
0	26/06/2019	Rapport initial	S.G.	E. KWASSI
1	29/06/2019	Intégration surfaces au vent	S.G.	E. KWASSI
2				


TOUR 6.5 M

I. Table des matières	
II. INTRODUCTION.....	5
II.2 OBJET DU DOCUMENT.....	5
II.3 DOCUMENTS DE REFERENCE ET TEXTES REGLEMENTAIRES.....	5
a) <i>Documents de référence</i>	5
b) <i>Textes réglementaires</i>	5
II.4 EXCLUSIONS.....	5
II.5 UNITES UTILISEES.....	5
III. HYPOTHESES.....	6
III.2 DESCRIPTION DU PROJET.....	6
III.3 CHARGES.....	7
c) <i>Charges permanentes</i>	7
d) <i>Charges variables</i>	7
e) <i>Charges climatiques</i>	7
IV. MODELE ANALYTIQUE.....	8
IV.2 GEOMETRIE.....	8
IV.3 CHARGEMENTS.....	15
a) <i>Charges Permanentes</i>	15
b) <i>Charges Variables</i>	15
c) <i>Charges de vent sur les profilés en U</i>	16
d) <i>Charges de vent sur les profilés en tubes ronds</i>	16
e) <i>Charges de vent sur l'enceinte</i>	17
IV.4 COMBINAISONS.....	19
IV.5 DESCENTE DE CHARGES (DDC).....	20
IV.6 ANALYSE MODALE.....	28
IV.7 CONTRAINTES.....	29
IV.8 VERIFICATIONS BARRES.....	30
V. CONCLUSIONS.....	34

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Tower Alu.....	6
Figure 2 – Vue d’ensemble.....	8
Figure 3 – Barres de treillis et Code de l’appui.....	8
Figure 4 – Géométrie Base	9
Figure 5 – Géométrie Bras.....	9
Figure 6 – Géométrie Tour 6.5m	9
Figure 7 – Charge du contrepoids _Tour 6.5m.....	15
Figure 8 – Charge Variable Maximale.....	15
Figure 9 – cf pour les sections en U.....	16
Figure 10 – cf pour les sections à base cylindrique	16
Figure 11 – Vent X-	17
Figure 12 – Vent X+	17
Figure 13 – Vent Y+.....	18
Figure 14 – Numérotation Appuis _Tour 6.5m.....	20
Figure 15 – Déformée modale_Tour_ 6.5m.....	28
Figure 16 – Contraintes Max et Min_Tour 6.5m	29
Figure 17 – Déplacements Maximale Tour 6.5m	29
Figure 18 – Vérification CM66 Tour 6.5m	30
Figure 19 – Vérification CM66 Tour 6.5m	32

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Matériaux.....	7
Tableau 2 : Caractéristiques Sections.....	8
Tableau 3 : Barres Tour 6.5m	14
Tableau 4 : Surcharges de Vent.....	17
Tableau 5 : Cas de charge.....	19
Tableau 6 : Chargements tour 6.5m.....	19
Tableau 7 : Appuis	20
Tableau 8 : DDC_ Tour 6.5m Combinaisons	25
Tableau 9 : DDC Cas simples_ Tour 6.5m	27



REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

II. Introduction

II.2 Objet du document

Cette note a pour objet de calculer le lest nécessaire pour éviter le basculement d'une tour en aluminium d'une hauteur de 6.5m. La structure est modélisée avec le logiciel Autodesk Robot Structural Analysis 2019.

Cette note de calcul présente l'ensemble des hypothèses et résultats de vérification sur la base des documents référencés ci-après et selon les normes de vérification françaises.

II.3 Documents de référence et textes réglementaires

a) Documents de référence

Les documents servant de référence à l'étude, sont les suivants :

Nom	Taille
<i>FILAIRE_6M50_MAJ</i>	73 Ko
<i>CAE_CALCUL_ROBOT_ECHANGE_GEOMETRIE_MAJ.</i>	466 Ko

b) Textes réglementaires

La vérification de la structure est effectuée selon les normes françaises :

- AL 76 Avril 2000 pour la définition des pondérations,
- CM66 pour le dimensionnement des éléments CM
- AL76 pour le dimensionnement des éléments AL
- NF EN1991-1-3 pour le calcul des surcharges de vent

II.4 Exclusions

Cette note ne couvre pas les questions suivantes :

- Toute justification en cas d'une remontée d'eau accidentelle ;
- Toute justification en cas d'un effondrement et déformation du sol ;
- Toute justification en fatigue ;
- Toute justification des éléments secondaires, appuis, pieds et fixations temporaires ;
- Toute justification des soudures ;

II.5 Unités utilisées

Les unités utilisées dans l'ensemble de la note sont :

- Dimensions m
- Forces kg
- Moments kg.m
- Contraintes MPa
- Température °C

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

III. Hypothèses

III.2 Description du projet

Dans le cadre de l'estimation du contrepoids nécessaire pour éviter le basculement de la tour de 6.5m en aluminium, les hypothèses de calcul suivantes servent de référence à cette note de calcul. La tour est une structure servant pour la charge et décharge d'éléments, la charge maximale reprise par la tour est de 450 kg.

La structure porteuse est constituée :

- De la tour en treillis en aluminium : section en tubes ronds avec **des poutres alu SC 300**.
- D'un bras de décharge : deux pièces en U reliées entre elles, situé au sommet de la tour.
- D'une structure située à la base de la tour servant d'appui anti basculement.

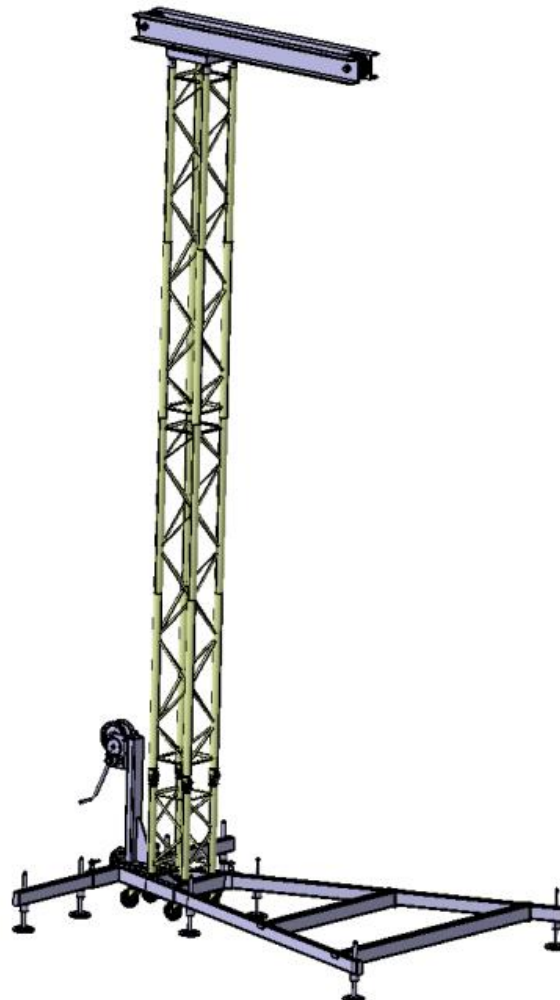


Figure 1 – Tower Alu

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

III.3 Charges

c) Charges permanentes

Poids propre structure calculé automatiquement par le logiciel de calcul.
 Poids du contrepoids.

d) Charges variables

L'objet déplacé par la tour est modélisé comme une charge variable maximale de 450 kg.

Dimensions de l'objet déplacé par la tour pour le calcul du vent :

- Face : 2.25 m de haut x 1m de large **S = 2.25 m²**
- Côté : 2.25 m de haut x 0m65 de profondeur **S = 1.46 m²**

Hauteur Maximale $z_g = 4$ m

Hauteur de référence $z_e = 5.125$ m

e) Charges climatiques

Les charges climatiques prises en compte dans cette étude sont uniquement les surcharges de vent.

VENT : Une vitesse de vent maximale de 20m/s (72Km/h) est prise en compte pour cette structure.

Au-delà de cette vitesse de vent la tour devra être démontée.

Note : La surcharge de vent extrême n'est pas générée. Sous indication du constructeur l'appareillage ne sera pas utilisé dans une situation de vent extrême.

1. Matériaux

	Matériau	E [MPa]	G [MPa]	NU	LX [1/°C]	RO [kg/m ³]	Re [MPa]
1	S 235	210000,00	81000,00	0,30	0,00	7852,835	235,00
2	AL 6005-T6	79500,00	27800,00	0,35	0,00	2801,16	260,00

Tableau 1 : Matériaux

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV. Modèle Analytique

IV.2 Géométrie

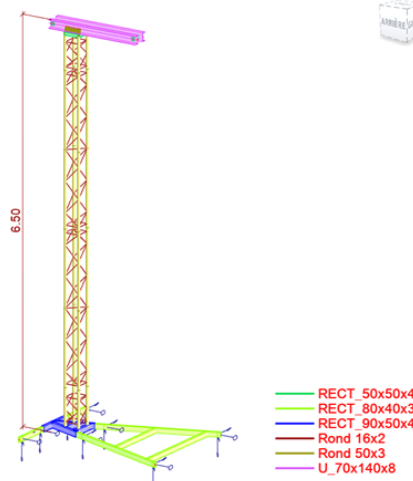


Figure 2 – Vue d'ensemble

Nom de la section	Liste des barres	AX [cm ²]	AY [cm ²]	AZ [cm ²]	IX [cm ⁴]	IY [cm ⁴]	IZ [cm ⁴]
RECT_50x50x4	178A183	7,36	4,00	4,00	38,93	26,15	26,15
RECT_80x40x3	1A10 12 14A16	6,84	2,40	4,80	42,72	55,85	18,43
RECT_90x50x4	11 13 17A19	10,56	4,00	7,20	94,85	110,77	43,12
Rond 16x2	44A177	0,88	0,74	0,74	0,44	0,22	0,22
Rond 50x3	20A43	4,43	2,21	2,21	24,56	12,28	12,28
U_70x140x8	184 185	21,12	11,20	9,92	4,25	615,58	96,82

Tableau 2 : Caractéristiques Sections

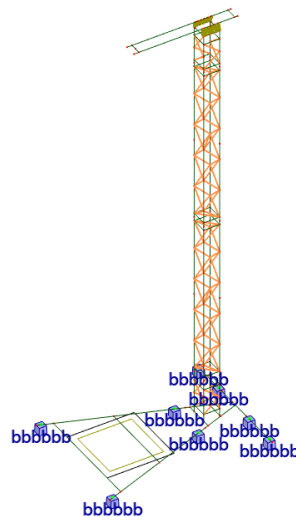


Figure 3 – Barres de treillis et Code de l'appui

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

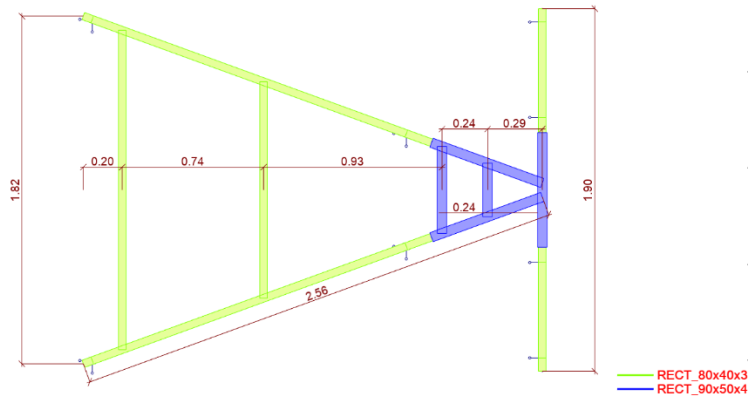


Figure 4 – Géométrie Base

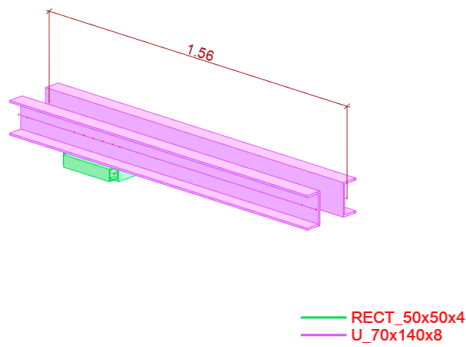


Figure 5 – Géométrie Bras

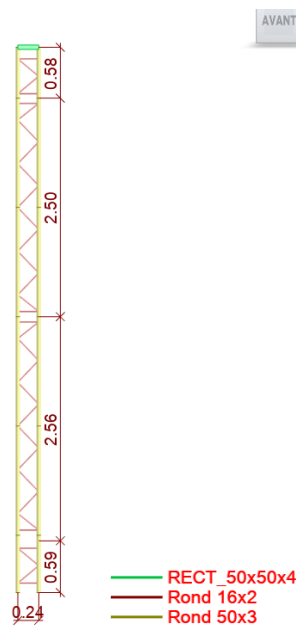


Figure 6 – Géométrie Tour 6.5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
1	RECT_80x40x3	S 235	0,07	zéro	Aucun
2	RECT_80x40x3	S 235	0,08	zéro	Aucun
3	RECT_80x40x3	S 235	0,50	zéro	Aucun
4	RECT_80x40x3	S 235	0,08	zéro	Aucun
5	RECT_80x40x3	S 235	0,14	zéro	Aucun
6	RECT_80x40x3	S 235	0,50	zéro	Aucun
7	RECT_80x40x3	S 235	0,07	zéro	Aucun
8	RECT_80x40x3	S 235	1,67	zéro	Aucun
9	RECT_80x40x3	S 235	0,14	zéro	Aucun
10	RECT_80x40x3	S 235	1,75	zéro	Aucun
11	RECT_90x50x4	S 235	0,60	zéro	Aucun
12	RECT_80x40x3	S 235	0,05	zéro	Aucun
13	RECT_90x50x4	S 235	0,62	zéro	Aucun
14	RECT_80x40x3	S 235	0,05	zéro	Aucun
15	RECT_80x40x3	S 235	1,14	zéro	Aucun
16	RECT_80x40x3	S 235	1,75	zéro	Aucun
17	RECT_90x50x4	S 235	0,28	zéro	Aucun
18	RECT_90x50x4	S 235	0,46	zéro	Aucun
19	RECT_90x50x4	S 235	0,62	zéro	Aucun
20	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
21	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
22	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
23	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
24	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
25	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
26	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
27	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
28	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,66	90,0	Aucun
29	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,66	90,0	Aucun
30	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,66	90,0	Aucun
31	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,66	90,0	Aucun
32	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
33	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
34	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
35	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
36	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
37	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
38	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
39	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Aucun
40	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,58	90,0	Aucun

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
41	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,58	90,0	Aucun
42	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,58	90,0	Aucun
43	Rond 50x3	AL 6005-T6	0,58	90,0	Aucun
44	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
45	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
46	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
47	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
48	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
49	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
50	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
51	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
52	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
53	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
54	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
55	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
56	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
57	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
58	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
59	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
60	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
61	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
62	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
63	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
64	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
65	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
66	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
67	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
68	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
69	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
70	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
71	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
72	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
73	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
74	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
75	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
76	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
77	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
78	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
79	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
80	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
81	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
82	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
83	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
84	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
85	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
86	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
87	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
88	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
89	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
90	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
91	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
92	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
93	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
94	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
95	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
96	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
97	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
98	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
99	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
100	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
101	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
102	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
103	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
104	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
105	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
106	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
107	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
108	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
109	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
110	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
111	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
112	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
113	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
114	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
115	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
116	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
117	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
118	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
119	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
120	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
121	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
122	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
123	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
124	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
125	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
126	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
127	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
128	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
129	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
130	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
131	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
132	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
133	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
134	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
135	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
136	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
137	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
138	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
139	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
140	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
141	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
142	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
143	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
144	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun
145	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
146	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
147	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
148	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
149	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
150	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
151	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
152	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
153	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
154	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Aucun
155	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	180,0	Aucun
156	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
157	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Aucun
158	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
159	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
160	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Aucun

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
161	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Aucun
162	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
163	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
164	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
165	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
166	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
167	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	180,0	Aucun
168	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Aucun
169	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
170	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
171	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
172	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
173	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
174	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Aucun
175	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Aucun
176	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Aucun
177	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Aucun
179	RECT_50x50x4	S 235	0,24	-90,0	Aucun
180	RECT_50x50x4	S 235	0,24	-90,0	Aucun
181	RECT_50x50x4	S 235	0,24	90,0	Aucun
182	RECT_50x50x4	S 235	0,24	90,0	Aucun
184	U_70x140x8	S 235	1,56	-180,0	Aucun
185	U_70x140x8	S 235	1,56	zéro	Aucun

Tableau 3 : Barres Tour 6.5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

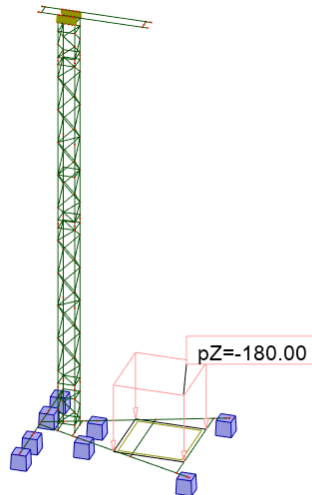
IV.3 Chargements

Les chargements sont conformes aux hypothèses faites au chapitre 2.

a) Charges Permanentes

Le poids propre de la structure est automatiquement généré par le logiciel.

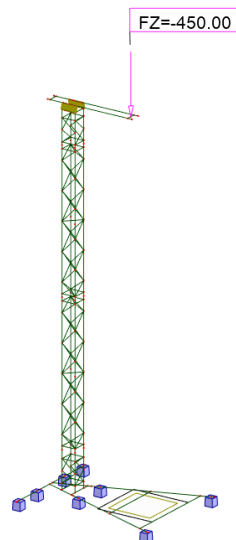
La valeur propre du contrepoids calculé est le suivant :



kg/m²
 Cas: 2 (PERM2)

Figure 7 – Charge du contrepoids _Tour 6.5m

b) Charges Variables



kg
 Cas: 3 (EXPL1)

Figure 8 – Charge Variable Maximale

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

c) Charges de vent sur les profilés en U

Pour le calcul du vent sur le profilé en U 140x70x8 la valeur maximale du coefficient de force $c_f = 2$ a été utilisée :

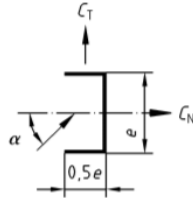


Figure 7.40(NA)

α	c_x	c_y	c_T	c_N
0°	2,00	0,00	0,00	2,00
45°	1,70	-0,85	0,60	1,80
90°	0,60	0,00	0,60	0,00
135°	1,42	0,85	0,40	-1,60
180°	1,80	0,00	0,00	-1,80

Figure 9 – c_f pour les sections en U

d) Charges de vent sur les profilés en tubes ronds

Pour le calcul de la surcharge de vent sur les profilés ROND50 et ROND16 la valeur de $c_f = 1.2$ a été utilisée. Pour ces profilés les coefficients de pression des sections dépendent du nombre de Reynolds (Re) qui a une valeur inférieure/égale à 10^5 :

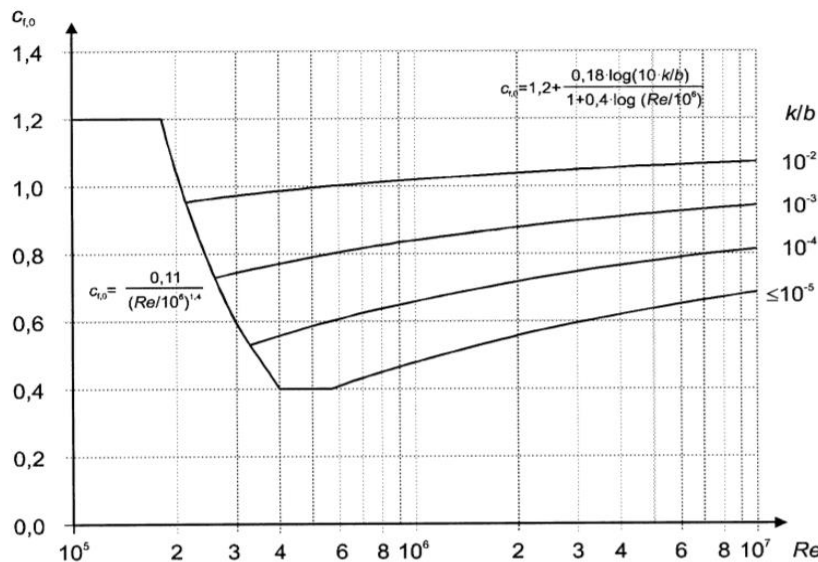


Figure 7.28 — Coefficient de force $c_{r,0}$ des cylindres à base circulaire sans écoulement de contournement d'extrémités et pour différentes rugosités équivalentes k/b

Figure 10 – c_f pour les sections à base cylindrique

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

e) Charges de vent sur l'enceinte

L'enceinte d'une dimension de 2.25x1x0.65 est solidarisée à la tour à travers deux barres de reprise. Ainsi, le vent est repris pour moitié par la tour, là où la solidarisation est faite (à 4 m).

$A_{ref} \text{ (face)} = 2.25 \text{ m}^2$

$A_{ref} \text{ (côté)} = 1.46 \text{ m}^2$

Element	cf	SURCHARGE DE VENT (kg/m ²)	Résultant à h = z _e	Charge reprise par la solidarisation
Enceinte (face)	1,8	44.3	99.7 kg	49.85 kg
Enceinte (côté)	1.8	44.3	64.7 kg	32.34 kg

Tableau 4 : Surcharges de Vent

Trois configurations possibles des surcharges de vent ont été étudiées :

- A) VENT X-:

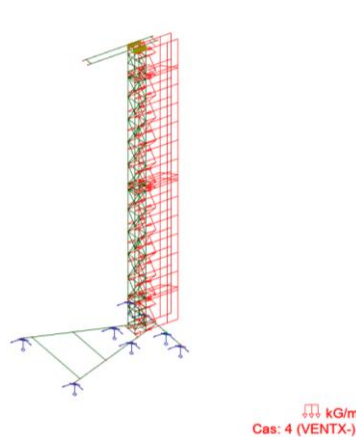


Figure 11 – Vent X-

- B) VENT X+:

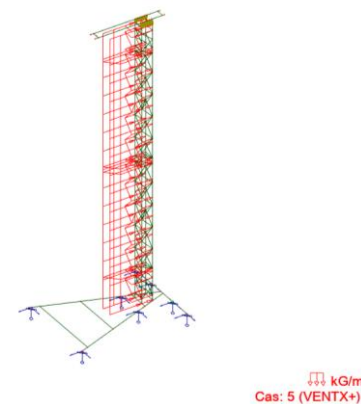


Figure 12 – Vent X+

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

- C) VENT Y+:

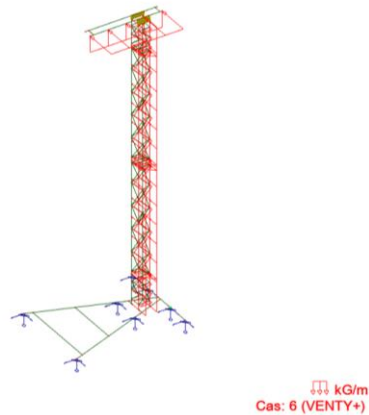


Figure 13 – Vent Y+

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	PERM1	PERM1	permanente	Statique non linéaire (auxiliaire)
2	PERM2	PERM2	permanente	Statique non linéaire (auxiliaire)
3	EXPL1	EXPL1	d'exploitation	Statique non linéaire (auxiliaire)
4	VENTX-	VENTX-	vent	Statique non linéaire (auxiliaire)
5	VENTX+	VENTX+	vent	Statique non linéaire (auxiliaire)
6	VENTY+	VENTY+	vent	Statique non linéaire (auxiliaire)
7	MOD4	Modale		Modale
8		ELU1		Combinaison non-lin.
9		ELU2		Combinaison non-lin.
10		ELU3		Combinaison non-lin.
11		ELU4		Combinaison non-lin.
12		ELU5		Combinaison non-lin.
13		ELU6		Combinaison non-lin.
14		ELU7		Combinaison non-lin.
15		ELU8		Combinaison non-lin.
16		ELU9		Combinaison non-lin.
17		ELU10		Combinaison non-lin.
18		ELU11		Combinaison non-lin.
19		ELU12		Combinaison non-lin.
20		ELU13		Combinaison non-lin.
21		ELU14		Combinaison non-lin.
22		ELS1		Combinaison non-lin.
23		ELS2		Combinaison non-lin.
24		ELS3		Combinaison non-lin.
25		ELS4		Combinaison non-lin.
26		ELS5		Combinaison non-lin.

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
27		ELS6		Combinaison non-lin.
28		ELS7		Combinaison non-lin.

Tableau 5 : Cas de charge

Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
1	poids propre	1A185 190A194	PZ Moins Coef=1,00
2	(EF) surfacique uniforme	190	PZ=-180,00[kG/m2]
3	force nodale	183	FZ=-450,00[kG]
4	charge uniforme	20A43 58 59 156 157	PX=-2,32[kG/m]
4	charge uniforme	48A63 70 71 80A90 99A102 109 110 117 119A125 1-27A133 146A157 159 162 164A169 181 182 191 194	PX=-0,74[kG/m]
4	force nodale	29 78	FX=-25,00[kG]
4	force nodale	183	FX=-50,00[kG]
5	charge uniforme	20A43 58 59 156 157	PX=2,32[kG/m]
5	charge uniforme	48A63 70 71 80A90 99A102 109 110 117 119A125 1-27A133 146A157 159 162 164A169 181 182 191 194	PX=0,74[kG/m]
5	force nodale	29 78	FX=25,00[kG]
5	force nodale	183	FX=50,00[kG]
6	charge uniforme	20A43 58 59 156 157	PY=2,32[kG/m]
6	charge uniforme	185	PY=6,88[kG/m] PZ=3,44[kG/m]
6	charge uniforme	44A47 58 59 64A69 72A79 91A98 103A109 111A116 118 126 133A145 156A158 160 161 163 170A177 19-2 193	PY=0,74[kG/m]
6	force nodale	29 78	FY=16,17[kG]
6	force nodale	183	FY=32,34[kG]

Tableau 6 : Chargements tour 6.5m

IV.4 Combinaisons

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Définition
8	ELU1	Combinaison non-lin.	1*1.50+3*1.70+2*1.00
9	ELU2	Combinaison non-lin.	(1+2)*1.00+3*1.70
10	ELU3	Combinaison non-lin.	(1+4)*1.50+2*1.00
11	ELU4	Combinaison non-lin.	(1+5)*1.50+2*1.00
12	ELU5	Combinaison non-lin.	(1+6)*1.50+2*1.00
13	ELU6	Combinaison non-lin.	(1+2)*1.00+4*1.50
14	ELU7	Combinaison non-lin.	(1+2)*1.00+5*1.50
15	ELU8	Combinaison non-lin.	(1+2)*1.00+6*1.50
16	ELU9	Combinaison non-lin.	(1+3)*1.50+4*1.60+2*1.00
17	ELU10	Combinaison non-lin.	(1+3)*1.50+5*1.60+2*1.00
18	ELU11	Combinaison non-lin.	(1+3)*1.50+6*1.60+2*1.00
19	ELU12	Combinaison non-lin.	(1+3+2)*1.00+4*1.50
20	ELU13	Combinaison non-lin.	(1+3+2)*1.00+5*1.50
21	ELU14	Combinaison non-lin.	(1+3+2)*1.00+6*1.50
22	ELS1	Combinaison non-lin.	(1+3+2)*1.00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Définition
23	ELS2	Combinaison non-lin.	(1+4+2)*1.00
24	ELS3	Combinaison non-lin.	(1+5+2)*1.00
25	ELS4	Combinaison non-lin.	(1+6+2)*1.00
26	ELS5	Combinaison non-lin.	(1+3+4+2)*1.00
27	ELS6	Combinaison non-lin.	(1+3+5+2)*1.00
28	ELS7	Combinaison non-lin.	(1+3+6+2)*1.00

IV.5 Descente de Charges (DDC)

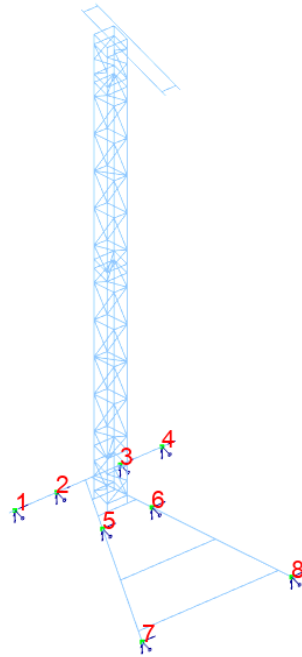


Figure 14 – Numérotation Appuis _Tour 6.5m

Nom de l'appui	Liste de noeuds	Conditions d'appui
ENCASTREMENT	1A16	UX UY UZ RX RY RZ

Tableau 7 : Appuis

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	ELU1					
8 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
8 (C)/ 2	-0,63	-0,43	466,23	-0,74	0,07	-0,00
8 (C)/ 3	-0,53	-0,00	464,89	0,74	0,07	0,00
8 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
8 (C)/ 5	0,08	-0,03	-989,90	0,38	0,31	0,00
8 (C)/ 6	1,08	0,46	-988,29	-0,38	0,31	-0,00
8 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
8 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU2					
9 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
9 (C)/ 2	-0,65	-0,44	470,63	-0,75	0,07	-0,00
9 (C)/ 3	-0,54	0,00	469,32	0,74	0,07	0,00
9 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
9 (C)/ 5	0,10	-0,30	-959,24	0,37	0,30	0,00
9 (C)/ 6	1,09	0,73	-957,67	-0,37	0,30	-0,00
9 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
9 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU3					
10 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
10 (C)/ 2	-7,01	-0,58	816,94	-1,29	0,15	-0,01
10 (C)/ 3	-4,55	0,45	814,77	1,29	0,15	0,01
10 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
10 (C)/ 5	-126,34	52,15	-958,18	0,33	-0,02	0,00
10 (C)/ 6	-128,95	-52,01	-955,59	-0,33	-0,02	-0,00
10 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
10 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU4					
11 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
11 (C)/ 2	7,10	0,59	-843,30	1,32	-0,16	0,01
11 (C)/ 3	4,64	-0,48	-841,33	-1,32	-0,16	-0,01
11 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
11 (C)/ 5	126,23	-50,53	702,50	-0,33	-0,16	-0,00
11 (C)/ 6	128,88	50,42	700,07	0,33	-0,16	0,00
11 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
11 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU5					
12 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
12 (C)/ 2	12,73	14,04	-358,61	0,36	-0,07	0,01
12 (C)/ 3	-11,98	13,87	329,71	0,33	0,07	0,01
12 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
12 (C)/ 5	45,05	107,68	-1598,94	0,49	1,66	0,11
12 (C)/ 6	-45,79	93,80	1353,80	0,50	-1,85	0,10
12 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
12 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU6					
13 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
13 (C)/ 2	-7,02	-0,58	821,33	-1,30	0,15	-0,01
13 (C)/ 3	-4,57	0,45	819,19	1,30	0,15	0,01
13 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
13 (C)/ 5	-126,32	51,88	-927,52	0,32	-0,04	0,00
13 (C)/ 6	-128,94	-51,75	-924,97	-0,32	-0,04	-0,00
13 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
13 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU7					
14 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
14 (C)/ 2	7,08	0,59	-838,91	1,32	-0,15	0,01
14 (C)/ 3	4,63	-0,48	-836,91	-1,31	-0,15	-0,01
14 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
14 (C)/ 5	126,25	-50,80	733,16	-0,34	-0,18	-0,00
14 (C)/ 6	128,89	50,68	730,69	0,34	-0,17	0,00
14 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
14 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU8					
15 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
15 (C)/ 2	12,71	14,04	-354,21	0,35	-0,07	0,01
15 (C)/ 3	-12,00	13,88	334,14	0,33	0,07	0,01
15 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
15 (C)/ 5	45,07	107,41	-1568,29	0,48	1,64	0,11
15 (C)/ 6	-45,78	94,06	1384,42	0,51	-1,87	0,10
15 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
15 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU9					
16 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
16 (C)/ 2	-8,07	-1,01	1295,31	-2,05	0,23	-0,01
16 (C)/ 3	-5,37	0,49	1291,91	2,04	0,22	0,01
16 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
16 (C)/ 5	-134,64	54,83	-1774,20	0,69	0,34	0,01
16 (C)/ 6	-136,57	-54,32	-1770,10	-0,69	0,34	-0,00
16 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
16 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU10					
17 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
17 (C)/ 2	6,97	0,25	-475,65	0,74	-0,10	0,01
17 (C)/ 3	4,44	-0,50	-474,64	-0,74	-0,10	-0,01
17 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
17 (C)/ 5	134,77	-54,69	-2,76	-0,02	0,19	-0,00
17 (C)/ 6	138,46	54,95	-4,01	0,02	0,20	0,00
17 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
17 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU11					
18 (C)/ 1	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
18 (C)/ 2	12,98	14,59	41,37	-0,29	-0,01	0,01
18 (C)/ 3	-13,30	14,81	774,51	1,01	0,14	0,01
18 (C)/ 4	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
18 (C)/ 5	48,18	114,07	-2457,70	0,86	2,13	0,11
18 (C)/ 6	-47,86	101,22	693,31	0,20	-1,61	0,10
18 (C)/ 7	0,00	-0,00	-70,34	0,14	0,16	-0,00
18 (C)/ 8	0,00	0,00	-70,39	-0,14	0,16	0,00
Nom du cas	ELU12					
19 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
19 (C)/ 2	-7,42	-0,84	1103,34	-1,74	0,19	-0,01
19 (C)/ 3	-4,90	0,46	1100,48	1,74	0,19	0,01
19 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
19 (C)/ 5	-126,24	51,39	-1434,61	0,54	0,20	0,00
19 (C)/ 6	-128,28	-51,01	-1431,17	-0,54	0,20	-0,00
19 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
19 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU13					
20 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
20 (C)/ 2	6,68	0,33	-556,90	0,87	-0,11	0,01
20 (C)/ 3	4,29	-0,47	-555,62	-0,87	-0,11	-0,01
20 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
20 (C)/ 5	126,33	-51,29	226,06	-0,12	0,06	-0,00
20 (C)/ 6	129,55	51,43	224,49	0,12	0,06	0,00
20 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
20 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELU14					
21 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
21 (C)/ 2	12,31	13,78	-72,20	-0,09	-0,03	0,01
21 (C)/ 3	-12,34	13,88	615,42	0,77	0,11	0,01
21 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
21 (C)/ 5	45,15	106,92	-2075,38	0,70	1,88	0,11
21 (C)/ 6	-45,13	94,81	878,22	0,29	-1,63	0,10
21 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
21 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS1					
22 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
22 (C)/ 2	-0,37	-0,25	273,22	-0,43	0,04	-0,00
22 (C)/ 3	-0,31	-0,00	272,43	0,43	0,04	0,00
22 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
22 (C)/ 5	0,04	0,05	-604,28	0,21	0,13	0,00
22 (C)/ 6	0,63	0,21	-603,34	-0,21	0,13	-0,00
22 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
22 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	ELS2					
23 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
23 (C)/ 2	-4,67	-0,39	544,62	-0,86	0,10	-0,01
23 (C)/ 3	-3,03	0,30	543,18	0,86	0,10	0,00
23 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
23 (C)/ 5	-84,23	34,77	-650,74	0,21	-0,06	0,00
23 (C)/ 6	-85,97	-34,68	-649,02	-0,21	-0,06	-0,00
23 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
23 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS3					
24 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
24 (C)/ 2	4,73	0,40	-562,20	0,88	-0,10	0,01
24 (C)/ 3	3,10	-0,32	-560,89	-0,88	-0,10	-0,00
24 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
24 (C)/ 5	84,15	-33,69	456,38	-0,23	-0,15	-0,00
24 (C)/ 6	85,92	33,61	454,75	0,23	-0,15	0,00
24 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
24 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS4					
25 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
25 (C)/ 2	8,48	9,36	-239,07	0,24	-0,05	0,01
25 (C)/ 3	-7,99	9,25	219,81	0,22	0,04	0,01
25 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
25 (C)/ 5	30,03	71,79	-1077,92	0,32	1,06	0,07
25 (C)/ 6	-30,53	62,53	890,57	0,34	-1,28	0,06
25 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
25 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS5					
26 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
26 (C)/ 2	-5,07	-0,65	826,63	-1,31	0,14	-0,01
26 (C)/ 3	-3,37	0,31	824,46	1,30	0,14	0,01
26 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
26 (C)/ 5	-84,15	34,27	-1157,83	0,43	0,18	0,00
26 (C)/ 6	-85,31	-33,93	-1155,22	-0,43	0,17	-0,00
26 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
26 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS6					
27 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
27 (C)/ 2	4,33	0,14	-280,19	0,44	-0,06	0,01
27 (C)/ 3	2,76	-0,31	-279,61	-0,44	-0,06	-0,00
27 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
27 (C)/ 5	84,23	-34,18	-50,72	-0,01	0,08	-0,00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
27 (C)/ 6	86,58	34,35	-51,45	0,01	0,09	0,00
27 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
27 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00
Nom du cas	ELS7					
28 (C)/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
28 (C)/ 2	8,09	9,10	42,94	-0,21	-0,00	0,01
28 (C)/ 3	-8,33	9,26	501,09	0,66	0,09	0,01
28 (C)/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
28 (C)/ 5	30,12	71,29	-1585,01	0,54	1,30	0,07
28 (C)/ 6	-29,87	63,27	384,37	0,12	-1,04	0,06
28 (C)/ 7	0,00	-0,00	-65,06	0,14	0,15	-0,00
28 (C)/ 8	0,00	0,00	-65,10	-0,14	0,15	0,00

Tableau 8 : DDC_ Tour 6.5m Combinaisons

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	PERM1					
1/ 1	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
1/ 2	0,03	0,00	-8,79	0,01	-0,00	0,00
1/ 3	0,03	-0,01	-8,86	-0,01	-0,00	-0,00
1/ 4	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
1/ 5	-0,04	0,54	-61,32	0,02	0,03	0,00
1/ 6	-0,02	-0,53	-61,24	-0,02	0,03	-0,00
1/ 7	0,00	-0,00	-10,56	0,02	0,02	-0,00
1/ 8	0,00	0,00	-10,56	-0,02	0,02	0,00
Cas 1	PERM1					
Somme totale	-0,00	-0,00	-164,77	-0,00	0,11	-0,00
Somme réactions	-0,00	-0,00	-164,77	0,19	-0,39	-0,00
Somme efforts	-0,00	0,00	-164,77	0,19	-0,39	0,00
Vérification	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nom du cas	PERM2					
2/ 1	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 2	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 3	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 4	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 5	-0,00	0,00	-35,86	-0,03	-0,14	-0,00
2/ 6	-0,00	-0,00	-35,90	0,03	-0,14	0,00
2/ 7	0,00	-0,00	-54,50	0,12	0,13	-0,00
2/ 8	0,00	0,00	-54,54	-0,12	0,13	0,00
Cas 2	PERM2					
Somme totale	-0,00	-0,00	-180,80	0,00	-0,02	0,00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Somme réactions	-0,00	-0,00	-180,80	0,21	-2,11	0,00
Somme efforts	zéro	zéro	-180,80	0,21	-2,11	zéro
Vérification	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00
Nom du cas	EXPL1					
3/ 1	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 2	-0,40	-0,26	282,01	-0,44	0,04	-0,00
3/ 3	-0,34	0,01	281,28	0,44	0,04	0,00
3/ 4	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 5	0,08	-0,49	-507,09	0,22	0,24	0,00
3/ 6	0,65	0,74	-506,20	-0,22	0,24	-0,00
3/ 7	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 8	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 3	EXPL1					
Somme totale	-0,00	-0,00	-450,00	-0,00	0,56	-0,00
Somme réactions	-0,00	-0,00	-450,00	0,53	-4,19	-0,00
Somme efforts	zéro	zéro	-450,00	0,53	-4,19	zéro
Vérification	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nom du cas	VENTX-					
4/ 1	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 2	-4,70	-0,39	553,41	-0,87	0,10	-0,01
4/ 3	-3,07	0,31	552,03	0,87	0,10	0,00
4/ 4	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 5	-84,19	34,23	-553,56	0,22	0,05	0,00
4/ 6	-85,94	-34,14	-551,89	-0,22	0,04	-0,00
4/ 7	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 8	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 4	VENTX-					
Somme totale	-177,90	0,00	-0,00	-0,00	0,29	-0,00
Somme réactions	-177,90	0,00	-0,00	-0,00	-7,58	-0,21
Somme efforts	-177,90	0,00	zéro	-0,00	-7,58	-0,21
Vérification	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nom du cas	VENTX+					
5/ 1	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 2	4,70	0,39	-553,41	0,87	-0,10	0,01
5/ 3	3,07	-0,31	-552,03	-0,87	-0,10	-0,00
5/ 4	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 5	84,19	-34,23	553,56	-0,22	-0,05	-0,00
5/ 6	85,94	34,14	551,89	0,22	-0,04	0,00
5/ 7	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 8	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Cas 5	VENTX+					
Somme totale	177,90	-0,00	0,00	0,00	-0,29	0,00
Somme réactions	177,90	-0,00	0,00	0,00	7,58	0,21
Somme efforts	177,90	-0,00	zéro	0,00	7,58	0,21
Vérification	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Nom du cas	VENTY+					
6/ 1	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 2	8,45	9,36	-230,28	0,23	-0,05	0,01
6/ 3	-8,02	9,26	228,66	0,23	0,05	0,01
6/ 4	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 5	30,07	71,25	-980,74	0,33	1,17	0,07
6/ 6	-30,51	63,06	987,70	0,33	-1,17	0,07
6/ 7	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 8	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 6	VENTY+					
Somme totale	-0,00	152,92	5,35	1,12	-0,01	0,15
Somme réactions	-0,00	152,92	5,35	-6,44	0,01	-0,24
Somme efforts	0,00	152,92	5,35	-6,44	0,01	-0,24
Vérification	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00

Tableau 9 : DDC Cas simples_ Tour 6.5m

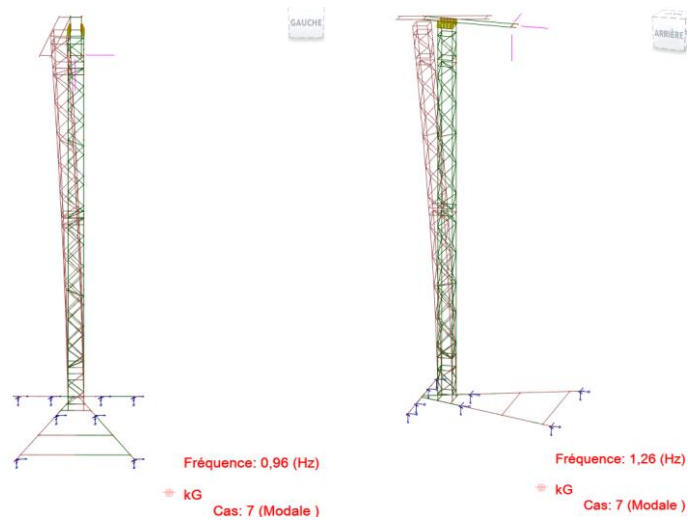
REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV.6 Analyse modale

Cas 7 : Modale
Type d'analyse: Modale

Données:

Mode d'analyse : Modal
 Type de matrices de masses : Concentrée sans rotations
 Nombre de modes : 3
 Limites : 0.000
 Coefficient des masses participantes : 0.000




Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]
7/ 1	0,96	1,04	0,00	77,75	0,00	77,75	392,17	392,17
7/ 2	1,26	0,79	78,22	77,75	78,22	0,00	392,17	392,17
7/ 3	4,46	0,22	78,22	82,17	0,00	4,42	392,17	392,17

Figure 15 – Déformée modale_Tour_ 6.5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV.8 Vérifications Barres

 AL76 - Vérification des pièces (ELU) 44A177 186A189 191A194


































Résultats		Messages				
Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
186 Membrure	 Rond 50x3	AL 6005-T6	37.46	37.46	0.72	16 ELU9
188 Membrure	 Rond 50x3	AL 6005-T6	37.46	37.46	0.71	18 ELU11
189 Membrure	 Rond 50x3	AL 6005-T6	37.46	37.46	0.56	16 ELU9
187 Membrure	 Rond 50x3	AL 6005-T6	37.46	37.46	0.54	16 ELU9
119 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.26	18 ELU11
89 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.24	18 ELU11
120 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.20	18 ELU11
87 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	62.33	62.33	0.19	18 ELU11
88 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	62.33	62.33	0.19	15 ELU8
121 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.16	18 ELU11
84 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.16	18 ELU11
129 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.15	18 ELU11
85 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.15	18 ELU11
124 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.15	18 ELU11
122 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.15	18 ELU11
99 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.14	18 ELU11
127 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.14	18 ELU11
123 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.14	18 ELU11
96 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.14	16 ELU9
131 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.13	18 ELU11
132 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.13	18 ELU11
103 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.13	17 ELU10
94 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.13	16 ELU9
118 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.13	16 ELU9
90 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.13	15 ELU8
130 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.13	18 ELU11
128 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.12	15 ELU8
167 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	62.33	62.33	0.12	18 ELU11
98 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	62.33	62.33	0.11	17 ELU10
60 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.11	18 ELU11
93 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	62.33	62.33	0.11	16 ELU9
86 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.11	16 ELU9
104 Diag	 Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.10	16 ELU9

Figure 18 – Vérification CM66 Tour 6.5m

CALCUL DES STRUCTURES ALUMINIUM

NORME: AL76

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 186 Membrure

POINT: 1

COORDONNEE: x = 1.00 L = 6.24 m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 16 ELU9 (1+3)*1.50+4*1.60+2*1.00

MATERIAU:

AL 6005-T6 fy = 260.00 MPa

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT


PARAMETRES DE LA SECTION: Rond 50x3

ht=5.0 cm

ea=0.3 cm

 Ay=2.66 cm²

 Iy=12.28 cm⁴

 Wely=4.91 cm³

 Az=2.66 cm²

 Iz=12.28 cm⁴

 Welz=4.91 cm³

 Ax=4.43 cm²

 Ix=24.56 cm⁴
CONTRAINTES:

SigN = 4095.13/4.43 = 90.66 MPa

SigFy = 0.34/5.26 = 65.05 MPa

SigFz = 0.13/13.71 = 9.59 MPa

PARAMETRES DE DEVERSEMENT:
PARAMETRES DE FLAMBEMENT:


en y:

Ly=6.24 m

Lfy=0.62 m

Lambda y=37.46

Muy=6.17

k1y=1.04

kFy=1.24



en z:

Lz=6.24 m

Lfz=0.62 m

Lambda z=37.46


Muz=6.17

k1z=1.04

kFz=1.24

FORMULES DE VERIFICATION:
 $k1 * SigN + kFy * SigFy + kFz * SigFz = 1.04 * 90.66 + 1.24 * 65.05 + 1.24 * 9.59 = 186.86 < 260.00 \text{ MPa (4.831)}$
 $1.66 * Tau_y = 1.66 * 0.68 = 1.13 < 260.00 \text{ MPa (4.313)}$
 $1.66 * Tau_z = 1.66 * 9.64 = 16.00 < 260.00 \text{ MPa (4.313)}$
Profil correct !!!

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

 CM66 - Vérification des pièces (ELU) 1A19 178A185

Résultats		Messages					
Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas	
5	RECT 80x40x3	S 235	4.90	8.53	0.81	18 ELU11	
4	RECT 80x40x3	S 235	2.80	4.87	0.63	16 ELU9	
2	RECT 80x40x3	S 235	2.80	4.87	0.63	16 ELU9	
13	RECT 90x50x4	S 235	19.07	30.56	0.62	16 ELU9	
19	RECT 90x50x4	S 235	19.07	30.56	0.62	16 ELU9	
9	RECT 80x40x3	S 235	4.90	8.53	0.58	15 ELU8	
18	RECT 90x50x4	S 235	14.05	22.52	0.56	16 ELU9	
11	RECT 90x50x4	S 235	18.53	29.69	0.41	16 ELU9	
184	U 70x140x8	S 235	28.80	72.63	0.37	8 ELU1	
185	U 70x140x8	S 235	28.80	72.63	0.37	8 ELU1	
17	RECT 90x50x4	S 235	8.68	13.91	0.35	16 ELU9	
183	RECT 50x50x4	S 235	9.02	9.02	0.28	8 ELU1	
179	RECT 50x50x4	S 235	12.68	12.68	0.16	18 ELU11	
180	RECT 50x50x4	S 235	12.68	12.68	0.15	8 ELU1	
178	RECT 50x50x4	S 235	9.02	9.02	0.13	18 ELU11	
182	RECT 50x50x4	S 235	12.68	12.68	0.10	18 ELU11	
181	RECT 50x50x4	S 235	12.68	12.68	0.08	18 ELU11	
16	RECT 80x40x3	S 235	61.24	106.61	0.03	8 ELU1	
10	RECT 80x40x3	S 235	61.24	106.61	0.03	8 ELU1	
8	RECT 80x40x3	S 235	58.59	102.00	0.02	8 ELU1	
15	RECT 80x40x3	S 235	39.72	69.15	0.02	8 ELU1	
3	RECT 80x40x3	S 235	17.50	30.46	0.00	8 ELU1	
6	RECT 80x40x3	S 235	17.50	30.46	0.00	8 ELU1	
1	RECT 80x40x3	S 235	2.45	4.26	0.00	8 ELU1	
7	RECT 80x40x3	S 235	2.45	4.26	0.00	8 ELU1	
14	RECT 80x40x3	S 235	1.75	3.05	0.00	8 ELU1	
12	RECT 80x40x3	S 235	1.75	3.05	0.00	8 ELU1	

Figure 19 – Vérification CM66 Tour 6.5m

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

 NORME: **CM66**

 TYPE D'ANALYSE: **Vérification des pièces**

FAMILLE:

 PIECE: **5**

 POINT: **3**

 COORDONNEE: **x = 1.00 L = 0.14 m**

CHARGEMENTS:

 Cas de charge décisif: **18 ELU11 (1+3)*1.50+6*1.60+2*1.00**

MATERIAU:

 S 235 $f_y = 235.00$ MPa

 PARAMETRES DE LA SECTION: **RECT_80x40x3**

ht=8.0 cm

bf=4.0 cm

ea=0.3 cm

es=0.3 cm

 $A_y = 2.28$ cm²
 $I_y = 55.85$ cm⁴
 $W_{ely} = 13.96$ cm³
 $A_z = 4.56$ cm²
 $I_z = 18.43$ cm⁴
 $W_{elz} = 9.21$ cm³
 $A_x = 6.84$ cm²
 $I_x = 42.72$ cm⁴

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

CONTRAINTES: SigN = -6.26/6.84 = -0.09 MPa
 SigFy = -2.47/13.96 = -177.06 MPa
 SigFz = -0.11/9.21 = -12.34 MPa



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

FORMULES DE VERIFICATION:

SigN + kD*SigFy + SigFz = -0.09 + 1.00*-177.06 + -12.34 = | -189.49 | < 235.00 MPa (3.731)

1.54*Tauy = |1.54*-5.32| = |-8.19| < 235.00 MPa (1.313)

1.54*Tauz = |1.54*-51.87| = |-79.88| < 235.00 MPa (1.313)

Profil correct !!!

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

V. Conclusions

Les résultats du calcul analytique dans le domaine linéaire élastique sont présentés dans cette note de calcul afin d'analyser les DDC sur appuis fixes.

Avec un lest de 180 Kg, les vérifications effectuées lors de l'analyse numérique linéaire montrent des résultats de calcul satisfaisants et un déplacement maximal en tête de tour de 10.5 cm pour une vitesse de vent de 72 Km/h qui ne devra pas être dépassée. Au-delà de cette vitesse de vent la tour devra être démontée.

Il est important de souligner qu'avec le même modèle analytique et des appuis qui permettent le soulèvement en UZ+, **avec un lest de 180 kg le calcul analytique dans le domaine non-linéaire est convergent :**

➤ **Le dimensionnement du lest est de 180 kg.**

RAPPEL DES HYPOTHESES DE CALCUL

- Utilisation du matériel d'origine ASD (Poutres Alu SC300).
- Hauteur de la tour égale à 6.5m
- Lest de 180 Kg
- Charge Maximale de l'enceinte 450 Kg
- Les surfaces au vent :
 - Face : 2.25 m de haut x 1m de large $S = 2.25 \text{ m}^2$
 - Côté : 2.25 m de haut x 0.65 de profondeur $S = 1.46 \text{ m}^2$
- L'enceinte d'une dimension de 2.25x1x0.65 est solidarisée à la tour à travers deux barres de reprise.
- Installation en extérieur, pour vent maxi de 72 km/h

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	29/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT