

NOTE DE CALCUL : CS-ASD_CALCULS_LEST_TOUR_5M

DESCRIPTION DE L'ETUDE	Etude d'une tour de 5 m de hauteur
------------------------	------------------------------------

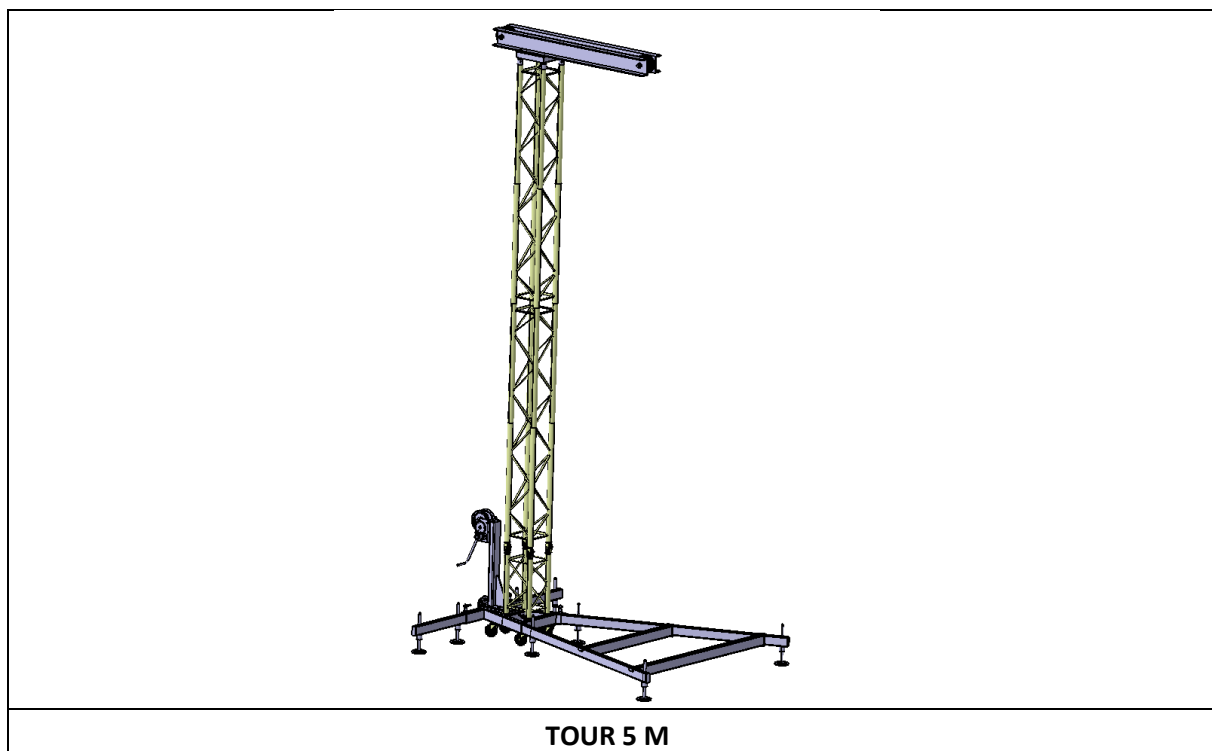
FICHIERS DE REFERENCES	5000.1-A000 - ASSEMBLAGE TOUR DE LEVAGE A CHARIOT.STEP FILAIRE_5M.igs
------------------------	--

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 5 M
SOCIETE	ASD	DESTINATAIRE	T. CHENOT

REVISION N°	DATE	MODIFICATIONS	REDIGE PAR	VERIFIE PAR
0	25/06/2019	Rapport initial	S. G	E. KWASSI
1	28/06/2019	Intégration des surfaces au vent	S.G	E. KWASSI
2				



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.....	14
a) <i>Charges Permanentes</i>	14
b) <i>Charges Variable</i>	14
c) <i>Charges de vent sur les profilés en U</i>	15
d) <i>Charges de vent sur les profilés en tubes ronds</i>	15
e) <i>Charges de vent sur l'enceinte</i>	16
IV.4 COMBINAISONS.....	18
IV.5 DESCENTE DE CHARGES (DDC).....	19
IV.6 ANALYSE MODALE.....	27
IV.7 CONTRAINTES.....	28
IV.8 VERIFICATIONS BARRES.....	29
V. CONCLUSIONS.....	33

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 5m	9
Figure 7 – Charge du contrepoids _Tour 5m.....	14
Figure 8 – Charge Variable Maximale.....	14
Figure 9 – Cf pour les sections en U	15
Figure 10 – cf pour les sections à base cylindrique	15
Figure 11 – Vent X-	16
Figure 12 – Vent X+	17
Figure 13 – Vent Y+.....	17
Figure 14 – Numérotation Appuis _Tour 5m.....	19
Figure 15 – Déformée modale_Tour_ 5m	27
Figure 16 – Contraintes Max et Min_Tour 5m	28
Figure 17 – Déplacements_Tour 5m	28
Figure 18 – Vérification CM66 Tour 5m	29
Figure 19 – Vérification AL76 Tour 5m.....	31

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Matériaux.....	7
Tableau 2 : Caractéristiques Sections.....	8
Tableau 3 : Barres Tour 5m	13
Tableau 4 : Surcharges de Vent.....	15
Tableau 5 : Surcharges de Vent.....	16
Tableau 6 : Surcharges de Vent.....	16
Tableau 7 : Cas de charge.....	18
Tableau 8 : Chargements tour 5m.....	18
Tableau 9 : Appuis	20
Tableau 10 : DDC Combinaisons_ Tour 5m	24
Tableau 11 : DDC Cas simples_ Tour 5m	26



REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 5m. La structure est modélisée avec le logiciel Autodesk Robot Structural Analysis 2020.

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_5M.IGS</i>	72 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	28/06/2019	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 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 300 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.

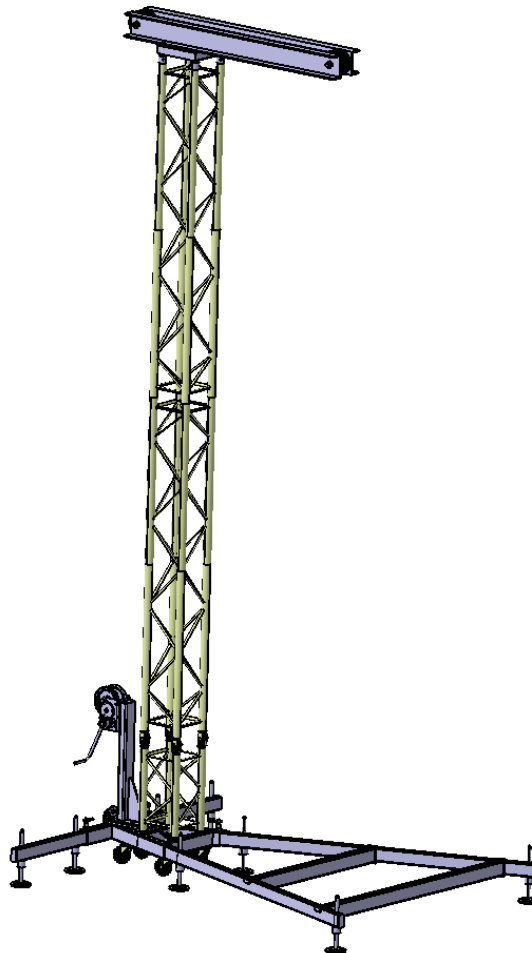


Figure 1 – Tower Alu

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 300 kg

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

- Face : 1.5 m de haut x 1m de large **S = 1.50 m²**
- Côté : 1.5m de haut x 0m65 de profondeur **S = 0.97 m²**

Hauteur Maximale $z_g = 3.25$ m

Hauteur de référence $z_e = 4$ 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/m3]	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	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV. Modèle Analytique

IV.2 Géométrie

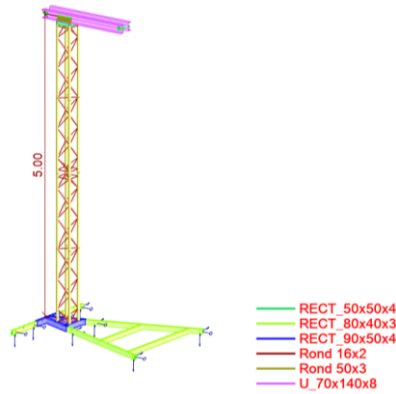


Figure 2 – Vue d'ensemble

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

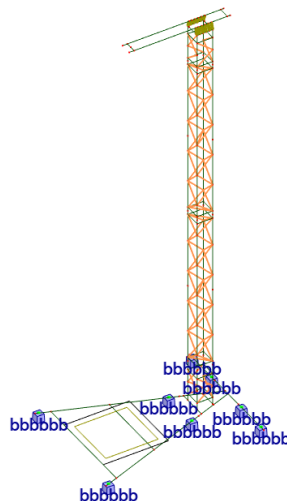


Figure 3 – Barres de treillis et Code de l'appui

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

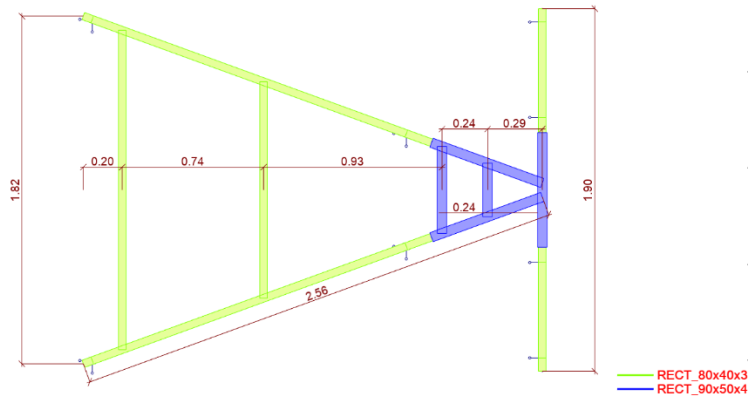


Figure 4 – Géométrie Base

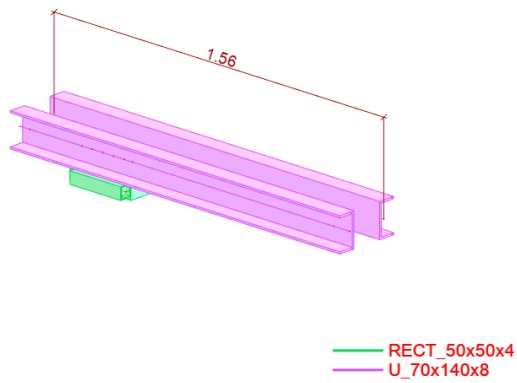


Figure 5 – Géométrie Bras

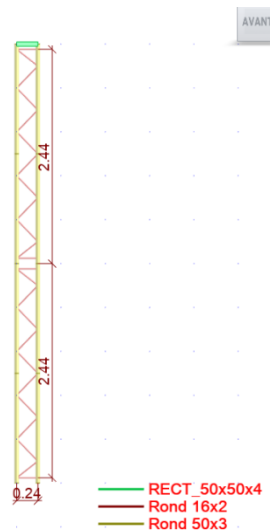


Figure 6 – Géométrie Tour 5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
200	RECT_80x40x3	S 235	0,07	zéro	Barre
201	RECT_80x40x3	S 235	0,08	zéro	Barre
202	RECT_80x40x3	S 235	0,50	zéro	Barre
203	RECT_80x40x3	S 235	0,08	zéro	Barre
204	RECT_80x40x3	S 235	0,14	zéro	Barre
205	RECT_80x40x3	S 235	0,50	zéro	Barre
206	RECT_80x40x3	S 235	0,07	zéro	Barre
207	RECT_80x40x3	S 235	1,67	zéro	Barre
208	RECT_80x40x3	S 235	0,14	zéro	Barre
209	RECT_80x40x3	S 235	1,75	zéro	Barre
210	RECT_90x50x4	S 235	0,60	zéro	Barre
211	RECT_80x40x3	S 235	0,05	zéro	Barre
212	RECT_90x50x4	S 235	0,62	zéro	Barre
213	RECT_80x40x3	S 235	0,05	zéro	Barre
214	RECT_80x40x3	S 235	1,14	zéro	Barre
215	RECT_80x40x3	S 235	1,75	zéro	Barre
216	RECT_90x50x4	S 235	0,28	zéro	Barre
217	RECT_90x50x4	S 235	0,46	zéro	Barre
218	RECT_90x50x4	S 235	0,62	zéro	Barre
219	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
220	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
221	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
222	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
223	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
224	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
225	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
226	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
227	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
228	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
229	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
230	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
231	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
232	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
233	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
234	Rond 50x3	AL 6005-T6	1,25	90,0	Barre
239	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
240	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
241	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
242	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
243	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-180,0	Diag

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
244	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
245	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
246	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
247	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
248	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Diag
249	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
250	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
251	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
252	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
253	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
254	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
255	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
256	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
257	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Diag
258	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Diag
259	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
260	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
261	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
262	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
263	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
264	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
265	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Diag
266	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Diag
267	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
268	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
269	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
270	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
271	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
272	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
273	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
274	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-180,0	Diag
275	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
276	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
277	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
278	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
279	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
280	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Diag
281	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Diag
282	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
283	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
284	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
285	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
286	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
287	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
288	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	-90,0	Diag
289	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	90,0	Diag
290	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
291	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
292	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
293	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
294	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
295	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
296	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
297	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-180,0	Diag
298	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
299	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
300	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
301	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
302	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Diag
303	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
304	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,24	90,0	Diag
305	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Diag
306	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
307	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
308	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
309	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
310	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
311	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Diag
312	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
313	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Diag
314	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
315	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
316	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
317	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
318	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Diag
319	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
320	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
321	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
322	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
323	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	zéro	Diag

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Barre	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
324	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
325	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
326	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
327	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
328	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-180,0	Diag
329	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
330	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
331	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	zéro	Diag
332	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-180,0	Diag
333	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
334	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	90,0	Diag
335	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,35	-90,0	Diag
336	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,31	-90,0	Diag
337	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
338	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
339	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
340	Rond 16x2	AL 6005-T6	0,34	-90,0	Diag
342	RECT_50x50x4	S 235	0,24	-90,0	Barre
343	RECT_50x50x4	S 235	0,24	-90,0	Barre
344	RECT_50x50x4	S 235	0,24	90,0	Barre
345	RECT_50x50x4	S 235	0,24	90,0	Barre
347	U_70x140x8	S 235	1,56	-180,0	Barre
348	U_70x140x8	S 235	1,56	zéro	Barre
349	Rond 50x3	AL 6005-T6	5,00	90,0	Membrures
350	Rond 50x3	AL 6005-T6	5,00	90,0	Membrures
351	Rond 50x3	AL 6005-T6	5,00	90,0	Membrures
352	Rond 50x3	AL 6005-T6	5,00	90,0	Membrures

Tableau 3 : Barres Tour 5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 appliqué est le suivant :

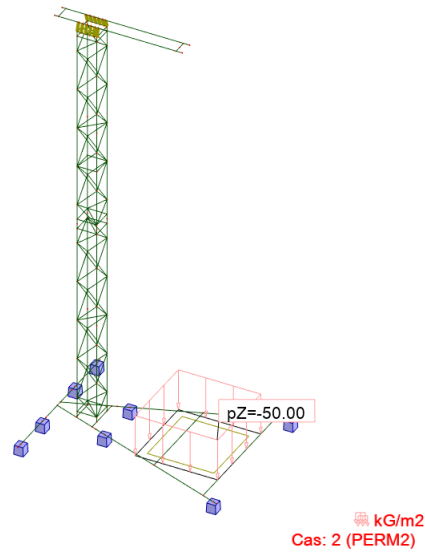


Figure 7 – Charge du contrepoids _Tour 5m

b) Charges Variable

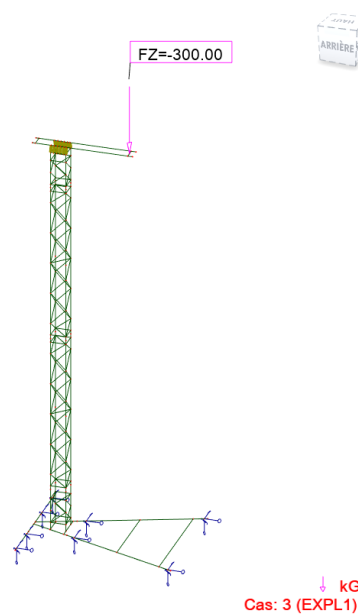


Figure 8 – Charge Variable Maximale

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 :

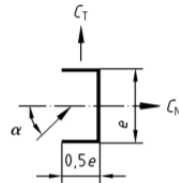


Figure 7.40(NA)

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 – Cf pour les sections en U

Section	b(m)	VENT (24.58 kg/m ²) x b(m)	cf	SURCHARGE DE VENT (kg/ml)
U 140	0,140	3,44 kg/ml	2	6,88
U 70	0,070	1,72 kg/ml	2	3,44

Tableau 4 : Surcharges de Vent

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 :

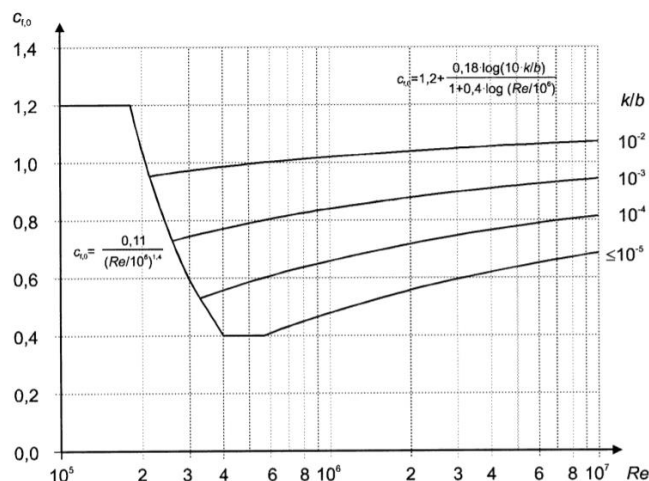


Figure 7.28 — Coefficient de force $c_{f,0}$ des cylindres à base circulaire sans écoulement de contournement d'extrémités et pour différentes rugosités équivalentes k/b

Figure 10 – cf pour les sections à base cylindrique

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Section	b(m)	VENT (24.58 kg/m ²) x b(m)	cf	SURCHARGE DE VENT (kg/ml)
ROND 50	0,079	1,93 kg/ml	1,2	2,32
ROND 16	0,050	0,62 kg/ml	1,2	0,74

Tableau 5 : Surcharges de Vent

e) Charges de vent sur l'enceinte

L'enceinte d'une dimension de 1.5x1x0.65 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 3.25 m).

$$A_{ref} \text{ (face)} = 1.5 \text{ m}^2$$

$$A_{ref} \text{ (côté)} = 0.975 \text{ m}^2$$

Element	cf	SURCHARGE DE VENT (kg/m ²)	Resultant à h = z _e	Charge reprise par la solidarisation
Enceinte (face)	1,8	44.3	66.45 kg	33.22 kg
Enceinte (côté)	1.8	44.3	43.2 kg	21.6 kg

Tableau 6 : Surcharges de Vent

Trois configurations possibles des surcharges de vent ont été étudiées :

- **A) VENT X-**

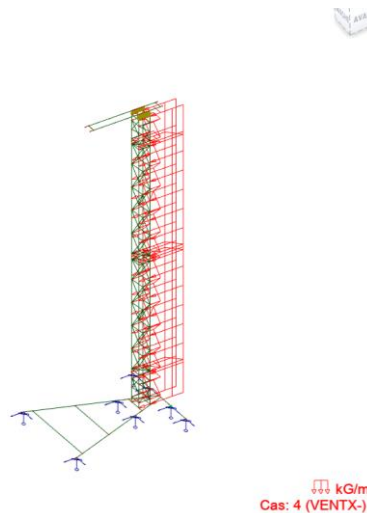


Figure 11 – Vent X-

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

- **B) VENT X-:**

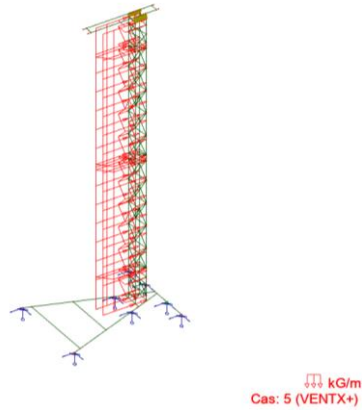


Figure 12 – Vent X+

- **C) VENT Y+:**

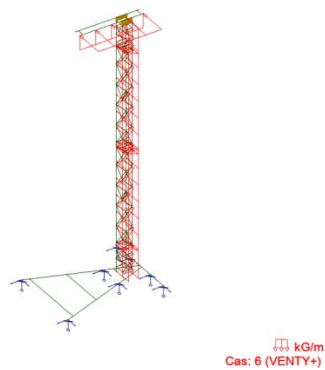


Figure 13 – Vent Y+

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.

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

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

Tableau 7 : Cas de charge

Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
1	poids propre	200A234 239A348 353A357	PZ Moins Coef=1,00
2	(EF) surfacique uniforme	353	PZ=-50,00[kG/m2]
3	force nodale	183	FZ=-300,00[kG]
4	charge uniforme	219A234 337A340	PX=-2,32[kG/m]
4	charge uniforme	243A256 263 264 273A279 286 287 294 296A302 304A310 323A332 337A340 344 345 354 357	PX=-0,74[kG/m]
4	force nodale	29 185	FX=-16,61[kG]
4	force nodale	183	FX=-33,22[kG]
5	charge uniforme	219A234 337A340	PX=2,32[kG/m]
5	charge uniforme	243A256 263 264 273A279 286 287 294 296A302 304A310 323A332 337A340 344 345 354 357	PX=0,74[kG/m]
5	force nodale	183	FX=33,22[kG]
5	force nodale	29 185	FX=16,11[kG]
6	charge uniforme	219A234 337A340	PY=2,32[kG/m]
6	charge uniforme	239A242 257A262 265A272 280A286 288A293 295 303 310A322 33-3A340 355 356	PY=0,74[kG/m]
6	force nodale	29 185	FY=10,80[kG]
6	force nodale	183	FY=21,60[kG]
6	charge uniforme	348	PY=6,88[kG/m] PZ=3,4-4[kG/m]

Tableau 8 : Chargements tour 5m

IV.4 Combinaisons

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

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
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)

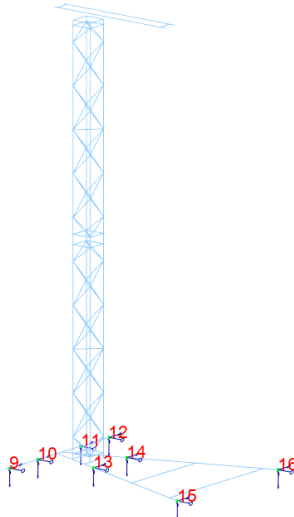


Figure 14 – Numérotation Appuis _Tour 5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

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

Tableau 9 : Appuis

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	ELU1					
8 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
8 (C)/ 10	-1,39	-1,72	308,69	-0,49	0,05	-0,00
8 (C)/ 11	0,56	-1,39	306,83	0,49	0,05	-0,00
8 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
8 (C)/ 13	-2,41	2,67	-672,46	0,27	0,28	0,00
8 (C)/ 14	3,24	0,43	-670,31	-0,27	0,27	-0,00
8 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
8 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU2					
9 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
9 (C)/ 10	-1,36	-1,63	312,40	-0,50	0,05	-0,00
9 (C)/ 11	0,48	-1,29	310,65	0,49	0,05	-0,00
9 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
9 (C)/ 13	-2,20	2,21	-643,20	0,26	0,26	0,00
9 (C)/ 14	3,08	0,70	-641,16	-0,26	0,26	-0,00
9 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
9 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU3					
10 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
10 (C)/ 10	-3,70	-1,15	466,66	-0,74	0,08	-0,01
10 (C)/ 11	-4,75	-0,38	466,44	0,74	0,08	0,01
10 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
10 (C)/ 13	-95,57	39,17	-575,37	0,21	0,04	0,00
10 (C)/ 14	-90,38	-37,64	-574,98	-0,21	0,05	-0,00
10 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
10 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU4					
11 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
11 (C)/ 10	3,49	0,59	-485,39	0,76	-0,09	0,01
11 (C)/ 11	5,15	-0,23	-485,82	-0,76	-0,09	-0,01
11 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
11 (C)/ 13	93,58	-36,11	376,82	-0,17	-0,03	-0,00
11 (C)/ 14	90,67	35,75	377,14	0,17	-0,03	0,00
11 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
11 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	ELU5					
12 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
12 (C)/ 10	6,40	6,19	-220,52	0,22	-0,05	0,01
12 (C)/ 11	-6,37	6,21	196,21	0,19	0,04	0,01
12 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
12 (C)/ 13	18,76	84,21	-997,33	0,32	1,07	0,08
12 (C)/ 14	-18,79	78,45	812,41	0,29	-1,07	0,07
12 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
12 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU6					
13 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
13 (C)/ 10	-3,67	-1,06	470,38	-0,75	0,09	-0,01
13 (C)/ 11	-4,82	-0,28	470,26	0,75	0,09	0,01
13 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
13 (C)/ 13	-95,36	38,71	-546,11	0,20	0,03	0,00
13 (C)/ 14	-90,54	-37,37	-545,84	-0,20	0,03	-0,00
13 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
13 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU7					
14 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
14 (C)/ 10	3,52	0,68	-481,68	0,75	-0,09	0,01
14 (C)/ 11	5,08	-0,13	-482,00	-0,75	-0,09	-0,01
14 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
14 (C)/ 13	93,79	-36,57	406,08	-0,18	-0,05	-0,00
14 (C)/ 14	90,51	36,02	406,28	0,18	-0,05	0,00
14 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
14 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU8					
15 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
15 (C)/ 10	6,43	6,28	-216,81	0,22	-0,04	0,01
15 (C)/ 11	-6,45	6,31	200,04	0,20	0,04	0,01
15 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
15 (C)/ 13	18,97	83,74	-968,06	0,31	1,06	0,08
15 (C)/ 14	-18,95	78,71	841,55	0,30	-1,08	0,07
15 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
15 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU9					
16 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
16 (C)/ 10	-5,09	-2,48	780,73	-1,24	0,13	-0,01
16 (C)/ 11	-4,78	-1,34	779,16	1,23	0,13	0,01
16 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
16 (C)/ 13	-103,47	42,83	-1114,56	0,45	0,28	0,00
16 (C)/ 14	-94,01	-39,01	-1112,58	-0,45	0,28	-0,01

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
16 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
16 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU10					
17 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
17 (C)/ 10	2,58	-0,62	-234,82	0,36	-0,05	0,00
17 (C)/ 11	5,78	-1,18	-236,61	-0,37	-0,05	-0,01
17 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
17 (C)/ 13	98,29	-37,48	-98,87	0,04	0,20	0,00
17 (C)/ 14	99,11	39,28	-96,96	-0,04	0,20	0,00
17 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
17 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU11					
18 (C)/ 9	zéro	zéro	-2,58	0,00	zéro	zéro
18 (C)/ 10	5,69	5,35	47,72	-0,21	-0,00	0,01
18 (C)/ 11	-6,52	5,69	490,92	0,65	0,09	0,01
18 (C)/ 12	zéro	zéro	-2,58	-0,00	zéro	zéro
18 (C)/ 13	18,48	90,86	-1564,66	0,56	1,38	0,08
18 (C)/ 14	-17,65	84,82	367,33	0,08	-0,90	0,08
18 (C)/ 15	zéro	zéro	-31,24	0,06	0,07	zéro
18 (C)/ 16	zéro	zéro	-31,25	-0,06	0,07	zéro
Nom du cas	ELU12					
19 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
19 (C)/ 10	-4,44	-1,91	658,51	-1,04	0,12	-0,01
19 (C)/ 11	-4,62	-0,91	657,50	1,04	0,12	0,01
19 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
19 (C)/ 13	-96,41	39,47	-884,32	0,35	0,19	0,00
19 (C)/ 14	-88,93	-36,65	-882,99	-0,35	0,19	-0,00
19 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
19 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU13					
20 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
20 (C)/ 10	2,75	-0,16	-293,54	0,46	-0,06	0,00
20 (C)/ 11	5,28	-0,77	-294,76	-0,46	-0,06	-0,01
20 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
20 (C)/ 13	92,74	-35,82	67,87	-0,03	0,11	-0,00
20 (C)/ 14	92,12	36,75	69,13	0,03	0,11	0,00
20 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
20 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELU14					
21 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
21 (C)/ 10	5,67	5,44	-28,67	-0,08	-0,01	0,01
21 (C)/ 11	-6,25	5,68	387,27	0,49	0,07	0,01

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
21 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
21 (C)/ 13	17,92	84,50	-1306,28	0,46	1,22	0,08
21 (C)/ 14	-17,34	79,44	504,39	0,15	-0,93	0,07
21 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
21 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS1					
22 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
22 (C)/ 10	-0,83	-1,03	180,71	-0,29	0,03	-0,00
22 (C)/ 11	0,35	-0,84	179,59	0,29	0,03	-0,00
22 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
22 (C)/ 13	-1,47	1,68	-406,45	0,16	0,15	0,00
22 (C)/ 14	1,95	0,19	-405,15	-0,16	0,15	-0,00
22 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
22 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS2					
23 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
23 (C)/ 10	-2,47	-0,77	311,11	-0,49	0,06	-0,00
23 (C)/ 11	-3,17	-0,25	310,96	0,49	0,06	0,00
23 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
23 (C)/ 13	-63,71	26,12	-386,82	0,14	0,02	0,00
23 (C)/ 14	-60,25	-25,09	-386,56	-0,14	0,02	-0,00
23 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
23 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS3					
24 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
24 (C)/ 10	2,32	0,39	-323,59	0,51	-0,06	0,00
24 (C)/ 11	3,43	-0,16	-323,88	-0,51	-0,06	-0,00
24 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
24 (C)/ 13	62,39	-24,07	247,98	-0,11	-0,03	-0,00
24 (C)/ 14	60,45	23,83	248,19	0,11	-0,03	0,00
24 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
24 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS4					
25 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
25 (C)/ 10	4,27	4,13	-147,02	0,15	-0,03	0,00
25 (C)/ 11	-4,25	4,14	130,81	0,13	0,03	0,00
25 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
25 (C)/ 13	12,51	56,14	-668,12	0,21	0,70	0,05
25 (C)/ 14	-12,53	52,30	538,37	0,19	-0,72	0,05
25 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
25 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS5					

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
26 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
26 (C)/ 10	-3,23	-1,62	499,24	-0,79	0,09	-0,00
26 (C)/ 11	-2,97	-0,89	498,19	0,79	0,09	0,00
26 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
26 (C)/ 13	-64,76	26,87	-725,03	0,29	0,17	0,00
26 (C)/ 14	-58,64	-24,37	-723,71	-0,29	0,17	-0,00
26 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
26 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS6					
27 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
27 (C)/ 10	1,56	-0,45	-135,46	0,21	-0,03	0,00
27 (C)/ 11	3,63	-0,79	-136,65	-0,21	-0,03	-0,00
27 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
27 (C)/ 13	61,34	-23,32	-90,24	0,03	0,12	0,00
27 (C)/ 14	62,06	24,56	-88,97	-0,03	0,12	0,00
27 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
27 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro
Nom du cas	ELS7					
28 (C)/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
28 (C)/ 10	3,50	3,28	41,12	-0,15	-0,00	0,00
28 (C)/ 11	-4,05	3,51	318,04	0,42	0,06	0,00
28 (C)/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
28 (C)/ 13	11,46	56,89	-1006,34	0,36	0,86	0,05
28 (C)/ 14	-10,91	53,02	201,21	0,05	-0,57	0,05
28 (C)/ 15	zéro	zéro	-25,96	0,05	0,06	zéro
28 (C)/ 16	zéro	zéro	-25,97	-0,05	0,06	zéro

Tableau 10 : DDC Combinaisons_ Tour 5m

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Nom du cas	PERM1					
1/ 9	zéro	zéro	-1,72	0,00	zéro	zéro
1/ 10	-0,06	-0,18	-7,43	0,01	-0,00	-0,00
1/ 11	0,15	-0,20	-7,65	-0,01	-0,00	-0,00
1/ 12	zéro	zéro	-1,72	-0,00	zéro	zéro
1/ 13	-0,42	0,92	-58,53	0,02	0,03	0,00
1/ 14	0,33	-0,53	-58,29	-0,02	0,03	-0,00
1/ 15	zéro	zéro	-10,56	0,02	0,02	zéro
1/ 16	zéro	zéro	-10,56	-0,02	0,02	zéro
Cas 1	PERM1					
Somme totale	0,00	-0,00	-156,46	-0,00	0,10	-0,00
Somme réactions	0,00	-0,00	-156,46	0,18	-0,39	0,00
Somme efforts	-0,00	0,00	-156,46	0,18	-0,39	0,00

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Vérification	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Nom du cas	PERM2					
2/ 9	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 10	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 11	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 12	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
2/ 13	zéro	zéro	-9,71	-0,01	-0,04	zéro
2/ 14	zéro	zéro	-9,71	0,01	-0,04	zéro
2/ 15	zéro	zéro	-15,39	0,03	0,04	zéro
2/ 16	zéro	zéro	-15,41	-0,03	0,04	zéro
Cas 2	PERM2					
Somme totale	zéro	zéro	-50,22	-0,00	-0,00	zéro
Somme réactions	zéro	zéro	-50,22	0,06	-0,59	zéro
Somme efforts	zéro	zéro	-50,22	0,06	-0,59	zéro
Vérification	zéro	zéro	-0,00	-0,00	-0,00	zéro
Nom du cas	EXPL1					
3/ 9	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 10	-0,76	-0,85	188,14	-0,30	0,03	-0,00
3/ 11	0,20	-0,64	187,23	0,30	0,03	-0,00
3/ 12	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 13	-1,05	0,76	-338,21	0,15	0,16	0,00
3/ 14	1,61	0,73	-337,16	-0,15	0,16	-0,00
3/ 15	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
3/ 16	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 3	EXPL1					
Somme totale	0,00	-0,00	-300,00	-0,00	0,38	-0,00
Somme réactions	0,00	-0,00	-300,00	0,35	-2,79	0,00
Somme efforts	zéro	zéro	-300,00	0,35	-2,79	zéro
Vérification	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Nom du cas	VENTX-					
4/ 9	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 10	-2,41	-0,58	318,54	-0,50	0,06	-0,00
4/ 11	-3,31	-0,05	318,61	0,50	0,06	0,00
4/ 12	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 13	-63,29	25,19	-318,58	0,13	0,03	0,00
4/ 14	-60,58	-24,56	-318,56	-0,13	0,03	-0,00
4/ 15	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
4/ 16	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 4	VENTX-					
Somme totale	-129,60	-0,00	-0,00	0,00	0,17	-0,00
Somme réactions	-129,60	-0,00	-0,00	0,00	-4,28	-0,15

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

Cas/Noeud	FX [kG]	FY [kG]	FZ [kG]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
Somme efforts	-129,60	0,00	zéro	-0,00	-4,28	-0,15
Vérification	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Nom du cas	VENTX+					
5/ 9	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 10	2,39	0,58	-316,16	0,50	-0,06	0,00
5/ 11	3,29	0,05	-316,23	-0,50	-0,06	-0,00
5/ 12	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 13	62,81	-25,00	316,21	-0,13	-0,02	-0,00
5/ 14	60,12	24,37	316,19	0,13	-0,03	0,00
5/ 15	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
5/ 16	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 5	VENTX+					
Somme totale	128,60	0,00	0,00	-0,00	-0,17	0,00
Somme réactions	128,60	0,00	0,00	-0,00	4,25	0,15
Somme efforts	128,60	-0,00	zéro	0,00	4,25	0,15
Vérification	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00
Nom du cas	VENTY+					
6/ 9	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 10	4,33	4,31	-139,59	0,14	-0,03	0,00
6/ 11	-4,40	4,35	138,46	0,14	0,03	0,00
6/ 12	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 13	12,93	55,21	-599,89	0,20	0,71	0,05
6/ 14	-12,86	52,83	606,37	0,21	-0,72	0,05
6/ 15	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
6/ 16	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro	zéro
Cas 6	VENTY+					
Somme totale	0,00	116,70	5,35	0,68	-0,00	0,11
Somme réactions	0,00	116,70	5,35	-3,86	0,01	-0,15
Somme efforts	0,00	116,70	5,35	-3,86	0,01	-0,15
Vérification	-0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00

Tableau 11 : DDC Cas simples_ Tour 5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

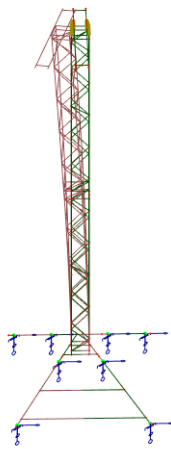
IV.6 Analyse modale

Cas 7 : Modale

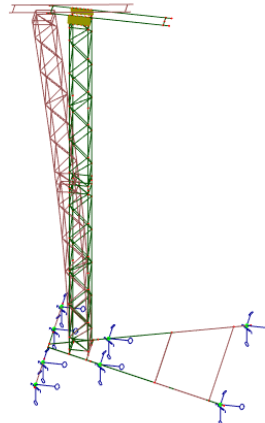
Type d'analyse: Modale

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



Fréquence: 1,10 (Hz)



Fréquence: 1,55 (Hz)

Cas: 7 (Modale)

Cas: 7 (Modale)

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	1.10	0.91	0.00	80.41	0.00	80.41	443.86	443.86
7/ 2	1.55	0.65	79.01	80.41	79.01	0.00	443.86	443.86
7/ 3	5.69	0.18	79.01	85.05	0.00	4.64	443.86	443.86

Figure 15 – Déformée modale_Tour_5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV.7 Contraintes

Les diagrammes des contraintes maximales et minimales sont présentés par combinaisons de charges enveloppe.

Les contraintes max et min tiennent compte de l'effort normal et de l'effort fléchissant.

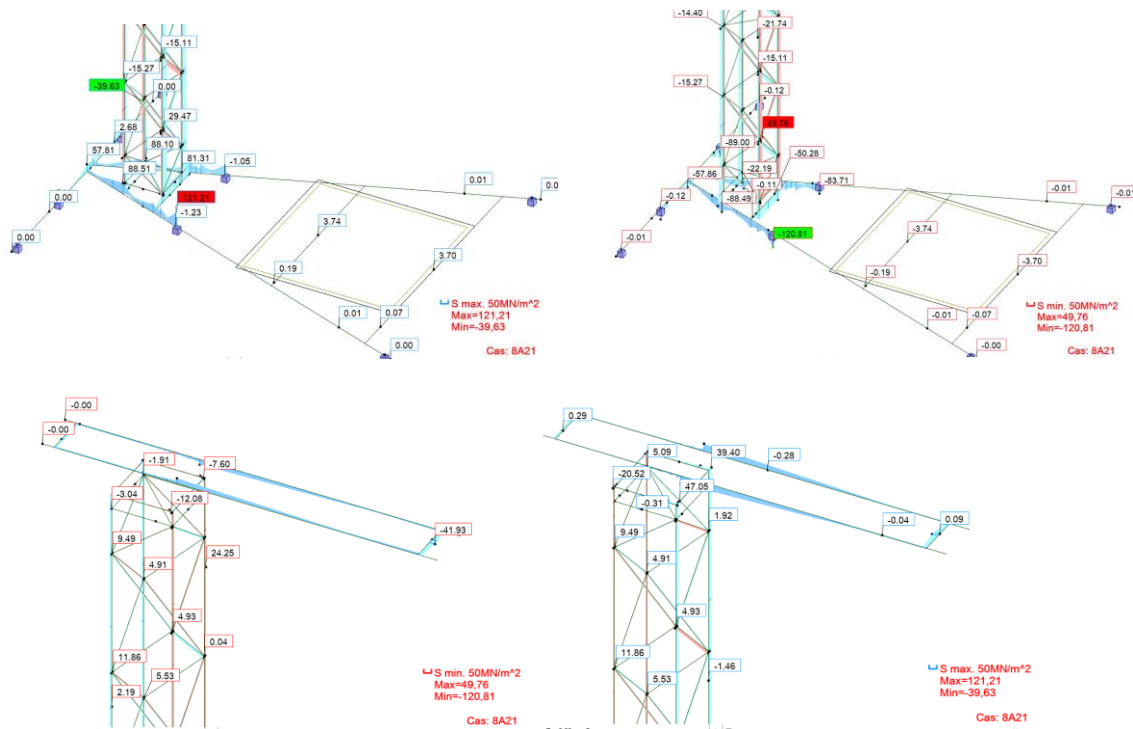


Figure 16 – Contraintes Max et Min_Tour 5m

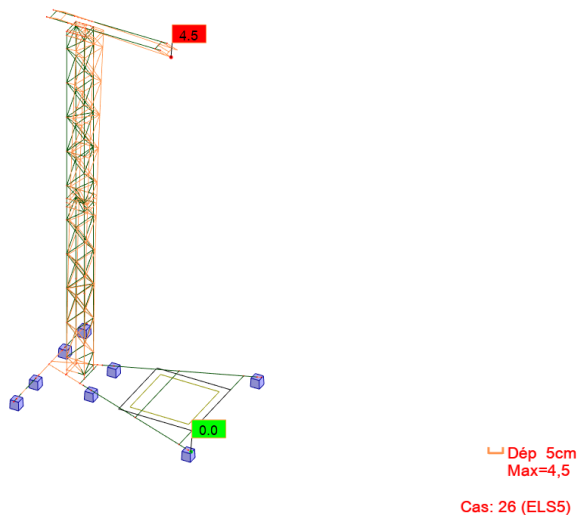



Figure 17 – Déplacements_Tour 5m

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

IV.8 Vérifications Barres

 CM66 - Vérification des pièces (ELU) 200A218 342A345 347 348


























Résultats		Messages				
Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
204 Barres	 RECT 80x40x	S 235	4.90	8.53	0.52	18 ELU11
203 Barres	 RECT 80x40x	S 235	2.80	4.87	0.38	16 ELU9
201 Barres	 RECT 80x40x	S 235	2.80	4.87	0.38	16 ELU9
212 Barres	 RECT 90x50x	S 235	19.07	30.56	0.38	16 ELU9
218 Barres	 RECT 90x50x	S 235	19.07	30.56	0.38	16 ELU9
208 Barres	 RECT 80x40x	S 235	4.90	8.53	0.36	15 ELU8
217 Barres	 RECT 90x50x	S 235	14.05	22.52	0.35	16 ELU9
347 Barres	 U 70x140x8	S 235	28.80	72.63	0.25	8 ELU1
348 Barres	 U 70x140x8	S 235	28.80	72.63	0.25	8 ELU1
210 Barres	 RECT 90x50x	S 235	18.53	29.69	0.25	16 ELU9
216 Barres	 RECT 90x50x	S 235	8.68	13.91	0.21	16 ELU9
342 Barres	 RECT 50x50x	S 235	12.68	12.68	0.11	18 ELU11
343 Barres	 RECT 50x50x	S 235	12.68	12.68	0.10	8 ELU1
345 Barres	 RECT 50x50x	S 235	12.68	12.68	0.06	18 ELU11
344 Barres	 RECT 50x50x	S 235	12.68	12.68	0.05	18 ELU11
215 Barres	 RECT 80x40x	S 235	61.24	106.61	0.03	8 ELU1
209 Barres	 RECT 80x40x	S 235	61.24	106.61	0.03	8 ELU1
214 Barres	 RECT 80x40x	S 235	39.72	69.15	0.02	8 ELU1
207 Barres	 RECT 80x40x	S 235	58.59	102.00	0.02	8 ELU1
202 Barres	 RECT 80x40x	S 235	17.50	30.46	0.00	8 ELU1
205 Barres	 RECT 80x40x	S 235	17.50	30.46	0.00	8 ELU1
206 Barres	 RECT 80x40x	S 235	2.45	4.26	0.00	8 ELU1
200 Barres	 RECT 80x40x	S 235	2.45	4.26	0.00	8 ELU1
211 Barres	 RECT 80x40x	S 235	1.75	3.05	0.00	8 ELU1
213 Barres	 RECT 80x40x	S 235	1.75	3.05	0.00	8 ELU1

Figure 18 – Vérification CM66 Tour 5m

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 204 Barres

POINT: 3

COORDONNEE: x = 1.00 L = 0.14 m

CHARGEMENTS:

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

MATERIAU:

S 235 fy = 235.00 MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: RECT_80x40x3

ht=8.0 cm

bf=4.0 cm

Ay=2.28 cm²

Az=4.56 cm²

Ax=6.84 cm²

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

ea=0.3 cm Iy=55.85 cm⁴ Iz=18.43 cm⁴ Ix=42.72 cm⁴
 es=0.3 cm Wely=13.96 cm³ Welz=9.21 cm³

CONTRAINTES: SigN = 13.71/6.84 = 0.20 MPa
 SigFy = 1.56/13.96 = 112.03 MPa
 SigFz = 0.08/9.21 = 8.98 MPa



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly=0.14 m Muy=439362.32
 Lfy=0.14 m kly=1.00
 Lambda y=4.90 kFy=1.00



en z:

Lz=0.14 m Muz=144971.03
 Lfz=0.14 m klz=1.00
 Lambda z=8.53 kFz=1.00

FORMULES DE VERIFICATION:


$k1 * SigN + kD * kFy * SigFy + kFz * SigFz = 1.00 * 0.20 + 1.00 * 1.00 * 112.03 + 1.00 * 8.98 = 121.21 < 235.00$
 MPa (3.731)

$1.54 * Tau_y = |1.54 * -3.94| = |-6.07| < 235.00$ MPa (1.313)

$1.54 * Tau_z = |1.54 * -33.23| = |-51.17| < 235.00$ MPa (1.313)

Profil correct !!!

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

 AL76 - Vérification des pièces (ELU) 239A340 349A352 354A357

Résultats		Messages					
Pièce		Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio▲	Cas
350	Membrures	Rond 50x3	AL 6005-T6	30.03	30.03	0.44	18 ELU11
351	Membrures	Rond 50x3	AL 6005-T6	30.03	30.03	0.42	16 ELU9
349	Membrures	Rond 50x3	AL 6005-T6	30.03	30.03	0.34	16 ELU9
352	Membrures	Rond 50x3	AL 6005-T6	30.03	30.03	0.33	16 ELU9
299	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.12	18 ELU11
301	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.12	18 ELU11
300	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.11	18 ELU11
273	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.11	18 ELU11
306	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.11	18 ELU11
274	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.11	18 ELU11
298	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.11	18 ELU11
297	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.10	18 ELU11
304	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.10	18 ELU11
276	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.10	18 ELU11
309	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.10	18 ELU11
308	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.10	18 ELU11
307	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.10	18 ELU11
275	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.09	18 ELU11
305	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.09	15 ELU8
296	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.08	16 ELU9
278	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	18 ELU11
263	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	18 ELU11
253	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	18 ELU11
255	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	18 ELU11
254	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	18 ELU11
277	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.07	15 ELU8
283	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	16 ELU9
288	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.06	18 ELU11
282	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	17 ELU10
315	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	17 ELU10
316	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	16 ELU9
284	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	16 ELU9
272	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	47.80	47.80	0.06	18 ELU11
289	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	61.06	61.06	0.06	18 ELU11
285	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	16 ELU9
319	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	18 ELU11
317	Diag	Rond 16x2	AL 6005-T6	69.17	69.17	0.06	17 ELU10

Figure 19 – Vérification AL76 Tour 5m

CALCUL DES STRUCTURES ALUMINIUM

NORME: AL76

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 350 Membrures

POINT: 1

COORDONNEE: x = 1.00 L = 5.00 m

CHARGEMENTS:

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

MATERIAU:

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT

AL 6005-T6 $f_y = 260.00 \text{ MPa}$

PARAMETRES DE LA SECTION: Rond 50x3
 $ht=5.0 \text{ cm}$
 $ea=0.3 \text{ cm}$
 $A_y=2.66 \text{ cm}^2$
 $I_y=12.28 \text{ cm}^4$
 $W_{ely}=4.91 \text{ cm}^3$
 $A_z=2.66 \text{ cm}^2$
 $I_z=12.28 \text{ cm}^4$
 $W_{elz}=4.91 \text{ cm}^3$
 $A_x=4.43 \text{ cm}^2$
 $I_x=24.56 \text{ cm}^4$
CONTRAINTES:
 $\text{SigN} = 2606.14/4.43 = 57.70 \text{ MPa}$
 $\text{SigFy} = 0.25/4.98 = 49.70 \text{ MPa}$
 $\text{SigFz} = 0.04/30.41 = 1.33 \text{ MPa}$
PARAMETRES DE DEVERSEMENT:
PARAMETRES DE FLAMBEMENT:


en y:

 $L_y=5.00 \text{ m}$
 $L_{fy}=0.50 \text{ m}$
 $\text{Lambda } y=30.03$
 $\mu_{uy}=15.08$
 $k_{1y}=1.01$
 $k_{Fy}=1.09$


en z:

 $L_z=5.00 \text{ m}$
 $L_{fz}=0.50 \text{ m}$
 $\text{Lambda } z=30.03$
 $\mu_{uz}=15.08$
 $k_{1z}=1.01$
 $k_{Fz}=1.09$
FORMULES DE VERIFICATION:
 $k_1 * \text{SigN} + k_{Fy} * \text{SigFy} + k_{Fz} * \text{SigFz} = 1.01 * 57.70 + 1.09 * 49.70 + 1.09 * 1.33 = 114.08 < 260.00 \text{ MPa} \quad (4.831)$
 $1.66 * \text{Tau}_y = |1.66 * -0.31| = |-0.51| < 260.00 \text{ MPa} \quad (4.313)$
 $1.66 * \text{Tau}_z = 1.66 * 10.97 = 18.22 < 260.00 \text{ MPa} \quad (4.313)$
Profil correct !!!

REVISION N°	DATE	REDIGE PAR	VERIFIE PAR	CLIENT	DESTINATAIRE
1	28/06/2019	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 analyser les DDC sur appuis fixes.

Avec un lest de 50 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 de 72Km/h, la tour devra être démontée. De plus il est impératif de solidariser la base de l'enceinte avec la tour tels que considéré dans les hypothèses de la note de calcul.

Il est important aussi de souligner qu'avec le même modèle analytique et des appuis qui permettent le soulèvement en UZ+, **et un lest de 50 kg, le calcul analytique dans le domaine non-linéaire est convergent pour tous les cas de combinaison.**

➤ **Le dimensionnement de la charge du lest est de : 50 kg.**

RAPPEL DES HYPOTHESES DE CALCUL

- Utilisation du matériel d'origine ASD (Poutres Alu SC300).
- Hauteur de la tour égale à 5m
- Lest de 50 Kg
- Charge Maximale de 300 Kg
- Les surfaces au vent :
 - Face : 1.5 m de haut x 1m de large $S = 1.50 \text{ m}^2$
 - Côté : 1.5m de haut x 0m65 de profondeur $S = 0.97 \text{ m}^2$
- L'enceinte d'une dimension de 1.5x1x0.65 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	28/06/2019	S.G	E. KWASSI	ASD	T. CHENOT