

Chapitre 10 : Etude de la tour

10.1 Introduction

Les tours de section annulaire sont des constructions que l'on rencontre fréquemment, on peut citer par exemple : les cheminées, les tours de télécommunications, les tours de contrôle, les phares, les supports des châteaux d'eau, certains piliers et mâts des constructions industrielles... etc. du point de vue de calcul, les tours les plus complexes sont les cheminées dont le fût en béton armé est soumis à pratiquement toutes les sollicitations qui peuvent agir sur ce genre d'ouvrage y compris les gradients thermiques.

10.2 Calcul de la tour

Contrairement au calcul des éléments de la cuve sollicités par des efforts tels leurs poids propres ainsi que la poussée des eaux, il n'est pas de même pour le calcul de la tour qui est sollicitée à la fois par : les sollicitations d'ensemble et des sollicitations locales.

10.2.1 Sollicitation d'ensemble : sont les efforts agissant sur la construction considérée comme une console (encastrée dans le sol) suivant :

- des moments fléchissants M (séisme et vent et l'effet hydrodynamique)
- des efforts tranchants T (séisme et vent et l'effet hydrodynamique)
- des efforts normaux N (poids propre et surcharges)

10.2.2 Sollicitations locales : produisent uniquement des flexions locales qui sont les résultats des moments d'ovalisation (interne et externe)

10.3 Combinaison des efforts :

1./ $G+P$

2./ $G+P+V_n$

3./ $G+P\pm E$

4./ $1.35 G + 1.5 P$

5./ $1.35 G + 1.5 P + 1.2 V_n$

6./ $0.8 G \pm E$

7./ $G + P + V_e$

8./ $1.35 G + 1.5 P + 1.2 V_e$

9./ $G + P \pm E_h$

10./ $0.8 G \pm E_h$

Chapitre 10 : Etude de la tour

1^{ère} cas :

10.3.1 Cuve pleine :

$$P = 413,30 + 25230 + 1413$$

$$P = 27056,3 \text{ kg} \Rightarrow (\text{surcharge d'exploitation}).$$

$$G_1 = 830191,54 - 27056,3$$

$$G_1 = 803135,24 \text{ kg}$$

$$G_2 = 5045000 \text{ kg} (\text{dans ce cas l'eau sera considérée comme une charge permanente}).$$

$$S = 3,93 + \frac{0,16}{2}$$

$$S = 4,01$$

$$S = 4,01 \times 0,16 = 0,64$$

$$S = 0,64 \times 2 \times 3,14 = 4,029$$

$$S = 4,029$$

10.3.2 Poids de chaque tranche :

$$G_t = S \times 2500 \times h_i$$

$$G_t = 4,029 \times 2500 \times 3,03$$

$$G_t = 30519,68 \text{ kg}$$

Remarque :

Le poids de la dalle de manœuvre sera pris seulement pour la 1^{ère} tranche.

$$G_D = 7875 \text{ kg}$$

$$P_D = 6765 \text{ kg}$$

$$G = G_1 + G_2$$

$$G = 5848135,24 \text{ kg}$$

2^{ème} cas :

10.3.3 Cuve vide :

$$G_1 = 803135,24 \text{ kg}$$

$$P = 27056,3 \text{ kg}$$

Chapitre 10 : Etude de la tour

$G_t = 30519,68$ kg (poids de chaque tranche)

Même chose que la 1^{ère} cas le poids de la dalle de manœuvre sera pris seulement pour la 1^{ère} tranche.

$G_D = 7875$ kg

$P_D = 6765$ kg

Pour les deux cas les résultats vont être consignés dans les tableaux suivants :

1^{ère} cas : Cuve pleine :

Z	G+P				G+P+V _n			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	0,00	5875191,54	0,00	0,00	48630612,13	5875191,54	5945062,60	8,27
12,12	0,00	5905711,22	0,00	0,00	48885880,26	5905711,22	5976268,98	8,27
9,09	0,00	5936230,9	0,00	0,00	49141148,39	5936230,9	6007475,35	8,27
6,06	0,00	5966750,58	0,00	0,00	49396416,52	5966750,58	6038681,72	8,27
3,03	0,00	5997270,26	0,00	0,00	49651684,65	5997270,26	6069888,09	8,27
0,00	0,00	6027789,94	0,00	0,00	49906952,78	6027789,94	6101094,47	8,27

Z	G+P+E				G+P-E			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	13838968,99	5875191,54	22114197,93	2,35	- 13838968,99	5875191,54	- 22114197,93	-2,35
12,12	13788538,46	5905711,22	2221525,39	2,33	- 13788538,46	5905711,22	-2221525,39	-2,33
9,09	27299498,27	5936230,9	2227224,53	4,59	- 27299498,27	5936230,9	-2227224,53	-4,59
6,06	34054567,03	5966750,58	2231295,34	5,70	- 34054567,03	5966750,58	-2231295,34	-5,70
3,03	40819503,43	5997270,26	2233737,83	6,80	- 40819503,43	5997270,26	-2233737,83	-6,80
0,00	47589373,66	6027789,94	2234551,99	7,89	- 47589373,66	6027789,94	-2234551,99	-7,89

Chapitre 10 : Etude de la tour

Z	0,8G+E				0,8G-E			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	13838968,99	4678508,19	22114197,93	2,95	-13838968,99	4678508,19	22114197,93	-2,95
12,12	13788538,46	4702924,072	2221525,39	2,93	-13788538,46	4702924,072	2221525,39	-2,93
9,09	27299498,27	4727339,95	2227224,53	5,77	-27299498,27	4727339,95	2227224,53	-5,77
6,06	34054567,03	4751755,83	2231295,34	7,16	-34054567,03	4751755,83	2231295,34	-7,16
3,03	40819503,43	4776171,71	2233737,83	8,54	-40819503,43	4776171,71	2233737,83	-8,54
0,00	47589373,66	4800587,59	2234551,99	9,91	-47589373,66	4800587,59	2234551,99	-9,91

Z	1,35G+1,5P				1,35G+1,5P+1,2V _n			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	0,00	7935567,024	0,00	0,00	58356734,56	7935567,024	7134075,12	7,35
12,12	0,00	7976768,59	0,00	0,00	58663056,31	7976768,59	7171522,77	7,35
9,09	0,00	8017970,16	0,00	0,00	58969378,07	8017970,16	7208970,42	7,35
6,06	0,00	8059171,73	0,00	0,00	59275699,82	8059171,73	7246418,06	7,35
3,03	0,00	8100373,3	0,00	0,00	59582021,58	8100373,3	7283865,70	7,35
0,00	0,00	8141574,87	0,00	0,00	59888343,34	8141574,87	7321313,36	7,35

Z	G+P+V _e				1,35G+1,5P+1,2V _e			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	48913495,17	5875191,54	5979644,88	8,32	58696194,2	7935567,024	7175573,85	7,39
12,12	49168763,3	5905711,22	6010851,25	8,32	59002515,96	7976768,59	7213021,5	7,39
9,09	49424031,43	5936230,9	6042057,63	8,32	59308887,72	8017970,16	7250469,15	7,39
6,06	49679299,56	5966750,58	6073264,00	8,33	59615159,47	8059171,73	7287916,8	7,40
3,03	49934567,69	5997270,26	6104470,37	8,33	59921481,23	8100373,3	7325364,44	7,40
0,00	50189835,87	6027789,94	6135676,75	8,33	60227803,04	8141574,87	7362812,1	7,40

Chapitre 10 : Etude de la tour

Z	G+P+E _h				G+P-E _h			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	64419	5875191,54	18720	0,01	-64419	5875191,54	-18720	-0,01
12,12	121140	5905711,22	18720	0,02	-121140	5905711,22	-18720	-0,02
9,09	177862	5936230,9	18720	0,03	-177862	5936230,9	-18720	-0,03
6,06	234583	5966750,58	18720	0,04	-234583	5966750,58	-18720	-0,04
3,03	291305	5997270,26	18720	0,05	-291305	5997270,26	-18720	-0,05
0,00	348027	6027789,94	18720	0,06	-348027	6027789,94	-18720	-0,06

Z	0,8G+ E _h				0,8G- E _h			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	64419	4678508,19	18720	0,01	-64419	4678508,19	-18720	-0,01
12,12	121140	4702924,072	18720	0,02	-121140	4702924,072	-18720	-0,02
9,09	177862	4727339,95	18720	0,04	-177862	4727339,95	-18720	-0,04
6,06	234583	4751755,83	18720	0,05	-234583	4751755,83	-18720	-0,05
3,03	291305	4776171,71	18720	0,06	-291305	4776171,71	-18720	-0,06
0,00	348027	4800587,59	18720	0,07	-348027	4800587,59	-18720	-0,07

2^{ème} cas : Cuve vide :

Z	G+P				G+P+V _n			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	0,00	830191,54	0,00	0,00	6433979,88	830191,54	804247,48	7,74
12,12	0,00	860711,22	0,00	0,00	6689248,01	860711,22	817756,48	7,77
9,09	0,00	891230,9	0,00	0,00	6944516,14	891230,9	848962,85	7,79
6,06	0,00	921750,58	0,00	0,00	7199784,27	921750,58	899973,03	7,81
3,03	0,00	952270,26	0,00	0,00	7455052,40	952270,26	931881,55	7,83
0,00	0,00	982789,94	0,00	0,00	7710320,53	982789,94	942581,97	7,84

Chapitre 10 : Etude de la tour

Z	G+P+E				G+P-E			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	2217466,53	830191,54	343263,09	2,67	-2217466,53	830191,54	-343263,09	-2,67
12,12	3270062,95	860711,22	356094,63	3,79	-3270062,95	860711,22	-356094,63	-3,79
9,09	4344103,81	891230,9	357417,83	4,87	-4344103,81	891230,9	-357417,83	-4,87
6,06	5434228,003	921750,58	361841,19	5,89	-5434228,003	921750,58	-361841,19	-5,89
3,03	6535074,41	952270,26	364495,20	6,86	-6535074,41	952270,26	-364495,20	-6,86
0,00	7641281,93	982789,94	365379,88	7,77	-7641281,93	982789,94	-365379,88	-7,77

Z	0,8G+E				0,8G-E			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	2217466,53	642508,19	343263,09	3,45	-2217466,53	642508,19	-343263,09	-3,45
12,12	3270062,95	666923,93	356094,63	4,90	-3270062,95	666923,93	-356094,63	-4,90
9,09	4344103,81	691339,67	357417,83	6,28	-4344103,81	691339,67	-357417,83	-6,28
6,06	5434228,003	715755,41	361841,19	7,59	-5434228,003	715755,41	-361841,19	-7,59
3,03	6535074,41	740171,15	364495,20	8,82	-6535074,41	740171,15	-364495,20	-8,82
0,00	7641281,93	764586,89	365379,88	9,99	-7641281,93	764586,89	-365379,88	-9,99

Z	1,35G+1,5P				1,35G+1,5P+1,2V _n			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	0,00	1124817,024	0,00	0,00	7720775,85	1124817,024	965096,97	6,86
12,12	0,00	1166018,594	0,00	0,00	8027097,61	1166018,594	981307,77	6,88
9,09	0,00	1207220,164	0,00	0,00	8333419,36	1207220,164	1018755,42	6,90
6,06	0,00	1248421,73	0,00	0,00	8639741,12	1248421,73	1079967,63	6,92
3,03	0,00	1289623,304	0,00	0,00	8946062,88	1289623,304	1118257,86	6,94
0,00	0,00	1330824,874	0,00	0,00	9252384,63	1330824,874	1131098,36	6,95

Chapitre 10 : Etude de la tour

Z	G+P+V_e				1,35G+1,5P+1,2V_e			
(m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)	M (kg.m)	N (kg)	T (kg)	e (m)
15,15	6716862,92	830191,54	821132,38	8,09	8060235,50	1124817,024	985358,85	7,16
12,12	6972131,05	860711,22	852338,75	8,10	8366557,26	1166018,594	1022806,5	7,17
9,09	7227399,18	891230,9	883545,13	8,11	8672879,01	1207220,164	1060254,15	7,18
6,06	7482667,31	921750,58	914751,50	8,12	8979200,77	1248421,73	1097701,8	7,19
3,03	7737935,44	952270,26	945957,87	8,13	9285522,52	1289623,304	1135149,44	7,20
0,00	7993203,62	982789,94	977164,25	8,14	9591844,34	1330824,874	1172597,1	7,21