

81 100

Castres

## Bâtiment de stockage des boues

Maîtrise d'ouvrage

**Castraie de l'eau**

03, rue François Thomières

81 100 Castres

Architecte MOE

**Cabinet Cabrol Architecture**

41 bis, rue Amiral Galiber

81 100 Castres

TEL: 05 63 71 49 71

@: [contact@cabrol-architectes.fr](mailto:contact@cabrol-architectes.fr)

Entreprise

**NOVABOIS**

10, Allée des Auques - Maison de la Forêt

81 200, Ausillon

TEL: 06 86 44 42 00

@: [mathieu.molle@novabois.fr](mailto:mathieu.molle@novabois.fr)

Nom fichier:

NC3 - 2018-11-02 - Note de calculs

N° doc	Phase	Indice	Date	Nom document
NC3	EXE	0	02/11/2018	Note de calculs

Indice	Date	Modifications
0	02/11/2018	Création du document

# SOMMAIRE

1. Présentation du projet.....	3
2. Définition des hypothèses de calculs .....	4
2.1. Définition du bâtiment.....	4
2.2. Hypothèses de charges permanentes.....	4
2.2.1. Charges en toiture .....	4
2.2.2. Charges en parois verticales .....	5
2.3. Hypothèses de charges d'exploitations.....	6
2.3.1. Charges en toiture non accessible .....	6
2.4. Charges de neige.....	6
2.4.1. Détermination de la charge de neige normale .....	6
2.4.2. Effets locaux.....	6
2.4.2.1. Concomitance pluie neige .....	6
2.4.2.2. Décalage des toitures .....	6
2.5. Charges de vent.....	8
2.5.1. Hypothèses générales.....	8
2.5.2. Pression dynamique de pointe .....	8
2.6. Sécurité incendie .....	9
2.7. Sécurité vis-à-vis de l'aléa sismique.....	9
2.8. Hypothèses de matériau.....	9
3. Sectionnements des éléments.....	10
3.1. Poteaux LC 16x24cm.....	10
3.1.1. Résultats synthétiques.....	10
3.1.2. Résultats détaillés .....	11
3.2. Poteaux LC 12x24cm.....	12
3.2.1. Résultats synthétiques.....	12
3.2.2. Résultats détaillés .....	13
3.3. Arbalétriers.....	14
3.3.1. Arbalétriers entre 1 et 4 – files C & E - sur 5 appuis .....	14
3.3.2. Arbalétriers en file 4 sur 2 appuis.....	15
3.4. Pannes.....	17
3.4.1. Pannes avec accumulations + photovoltaïques – zone entre 4 à 7 .....	17
3.5. Contreventement.....	20
3.5.1. Résultats synthétiques.....	20
3.5.2. Résultats détaillés .....	20
3.6. Palées de stabilité.....	21
3.6.1. Résultats synthétiques.....	21
3.6.2. Résultats détaillés .....	21
4. Vérification des assemblages.....	22
4.1. Prescellement.....	22
4.1.1. Vérification de la bêche .....	22
4.1.1.1. Vérification des tiges d'ancrages.....	22

4.2. Ferrure de pied de poteau courante.....	24
4.2.1. Surface de contact sous combinaison de charges descendantes.....	24
4.2.2. Resistance des organes de liaisons sous combinaison de charges ascendantes.....	24
4.3. Attache palées de stabilité.....	25
4.4. Attache contreventements en toiture.....	26
4.5. Attache des pannes courantes.....	27
4.6. Attache des pannes butons.....	27
4.7. Cantilever arbalétriers.....	29

## 1. Présentation du projet

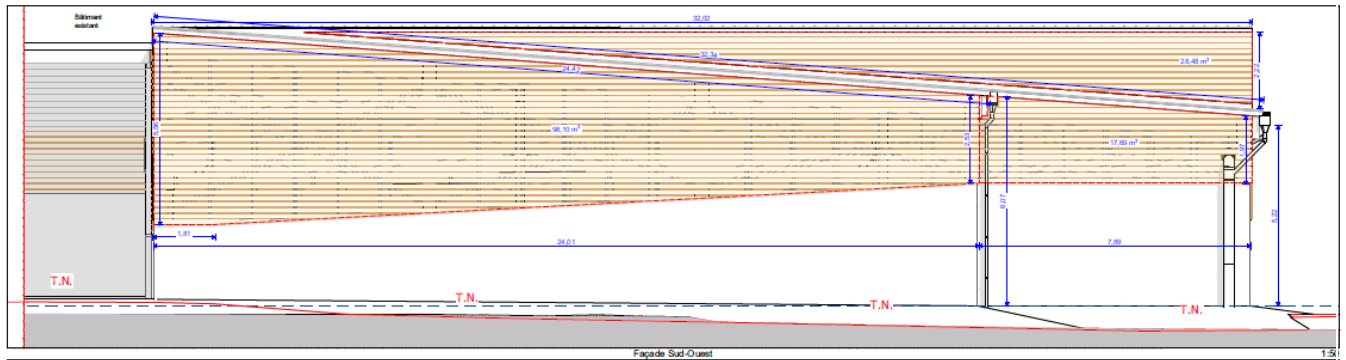
Le projet est un bâtiment destiné à stocker les boues situé à Castres (81).

L'adresse, définie sur le plan de situation des Architectes, est :

11-13, rue de l'industrie

81 100 Castres

Comme indiqué sur les plans MOE, il comporte un seul niveau de toiture situé à une hauteur de 8,15m maximum.



## 2. Définition des hypothèses de calculs

### 2.1. Définition du bâtiment

Le bâtiment est un bâtiment à niveau unique destiné à un emploi en tant que stockage des boues pour la ville de Castres.

### 2.2. Hypothèses de charges permanentes

#### 2.2.1. Charges en toiture

Les charges en toiture se décomposent, du dessus vers le dessous, de la manière suivante :

Nature	valeur	unité
Bac acier	10	daN/m <sup>2</sup>
Divers	5	daN/m <sup>2</sup>
Poids total du complexe de toiture	15	daN/m <sup>2</sup>

#### NOTA relatif au chargement:

Cette charge s'applique sur les pannes. Elle ne comprend pas :

- le poids propre des pannes,
- le poids propre des éléments de stabilité.

#### NOTA relatif aux charges de divers

Cette charge s'applique forfaitairement sur l'ensemble de la couverture.

Elle n'intègre pas de poids spécifiques associés à des machines (suspendues à la charpente).

Nature	valeur	unité
Panneaux photovoltaïques	20	daN/m <sup>2</sup>
Poids total des panneaux photovoltaïques	20	daN/m <sup>2</sup>

#### NOTA relatif aux zones de panneaux photovoltaïques

Cette charge n'est appliquée que des files 4 à 7.

### 2.2.2. Charges en parois verticales

Les charges de parois se décomposent, de l'extérieur vers l'intérieur, de la manière suivante :

<i>Nature</i>	<i>valeur</i>	<i>unité</i>
Lame de bardage	15	<i>daN/m<sup>2</sup></i>
Ossature	10	<i>daN/m<sup>2</sup></i>
Divers	10	<i>daN/m<sup>2</sup></i>
Poids total du complexe de paroi	35	<i>daN/m<sup>2</sup></i>

**NOTA relatif au chargement:**

Cette charge, verticale et gravitaire, s'applique sur les murets béton directement.

## 2.3. Hypothèses de charges d'exploitations


### 2.3.1. Charges en toiture non accessible

Usage spécifique et catégorie d'utilisation	$q_k$	$Q_k$
Toitures accessibles pour un usage de catégorie <b>H</b> .  Toiture inaccessible sauf pour entretien et réparation courante Toiture de pente inférieure à 15% (recevant une étanchéité)	80 daN/m <sup>2</sup>	150 daN

Ces charges s'appliquent conformément à la clause 6.3 de l'EC1 partie 1-1 et de son annexe nationale.

## 2.4. Charges de neige

### 2.4.1. Détermination de la charge de neige normale

	Région	A2	<a href="#">?</a>	
	Coefficient d'exposition : Ce	Site normal	1	<a href="#">?</a>
	Coefficient thermique : Ct	1	<a href="#">?</a>	
	<input type="checkbox"/> Pourcentage de charge en longue durée (Psi2) défini par utilisateur			

Valeurs des charges		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir rapport détaillé		
$s_{k0}$	45 daN/m <sup>2</sup>	Valeur caractéristique de la charge de neige au niveau de la mer
$s_k$	61.5 daN/m <sup>2</sup>	Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol pour l'altitude considérée $s_k = s_{k0} + (A - 200) = 45 + (365 - 200) \times 1/10 = 61.5 \text{ daN/m}^2$
$s_{Ad}$	100 daN/m <sup>2</sup>	Valeur de la charge exceptionnelle de neige sur le sol : sAd $s_{Ad} = C_{esl} s_{k0} = 2.22 \times 45 = 100 \text{ daN/m}^2$

### 2.4.2. Effets locaux

#### 2.4.2.1. Concomitance pluie neige

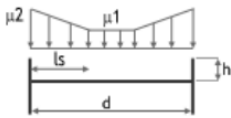
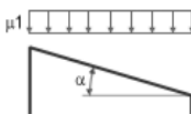
Une accumulation de neige liée à la concomitance pluie / neige est prise en compte dans les zones de noues au sens du §5.2.6 + AN clause 5.2.6.

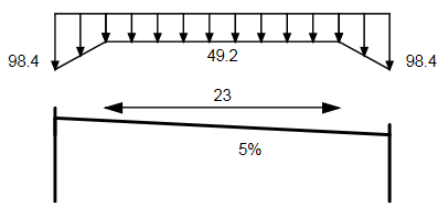
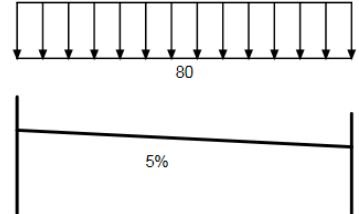
Selon l'EN 1991-1-3-AN §5.2.6, une charge de neige de 20 daN/m<sup>2</sup> sur une bande de 2,00m de large est prise en compte.

#### 2.4.2.2. Décalage des toitures

Le décalage des toitures, parties entre les files 1 & 4 et 4 & 7, est traité comme un acrotère sur la toiture située plus en contrebas.

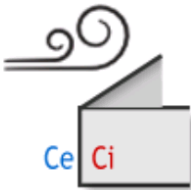
→ Accumulation de neige entre les files 4 et 5 prise en compte sous la forme d'une charge triangulaire :  
100 daN/m<sup>2</sup> réduite à 50 daN/m<sup>2</sup> au bout de 5 mètres.

Cas de neige : S1	
	$S_1 = \mu_1 C_t C_e s_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 61.5 = 49.2 \text{ daN/m}^2$ $\mu_1 = 0.8$ $S_2 = \mu_2 C_t C_e s_k = 1.6 \times 1 \times 1 \times 61.5 = 98.4 \text{ daN/m}^2$ $\mu_2 = \min\left(1.6, \frac{\gamma \cdot h}{s_k + s_{ice}}\right) = \min\left(1.6, \frac{2000 \times 1}{615 + 0}\right) = 1.6$ $l_s = \max(2h, 5) = \max(2 \times 1, 5) = 5 \text{ m}$
Cas de neige : Sa1	
	$S_a = \mu_1 C_t C_e s_{Ad} = 0.8 \times 1 \times 1 \times 100 = 80 \text{ daN/m}^2$

Représentation des cas de charge de neige	
Neige "normale" : Situation de projet durable / transitoire (daN/m <sup>2</sup> )	Neige accidentelle : Situation de projet accidentelle (daN/m <sup>2</sup> )
	

## 2.5. Charges de vent

### 2.5.1. Hypothèses générales

	Région	2	<a href="#">?</a>
	Catégorie de terrain définissant la rugosité	(IIIa) Campagne avec végétations et habitats tr	<a href="#">?</a>
	Type d'obstacles constituant l'orographie du site	Terrain plat ou de faible pente (Inférieur à 5%)	<a href="#">?</a>
	Hauteur de calcul de la pression dynamique du vent Attention : Cette valeur peut être modifiée dans les études du projet en fonction des hauteurs de constructions considérées		8 m

### 2.5.2. Pression dynamique de pointe

Valeur de la pression dynamique de pointe		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir rapport détaillé		
Vitesse de référence du vent		
$v_b$	24 m/s	$v_b = c_{dir} c_{season} c_{prob} v_{b,0} = 1 \times 1 \times 1 \times 24 = 24 m/s$
$c_{prob}$	1	$c_{prob} = \left( \frac{1 - k \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - k \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^n = \left( \frac{1 - 0,15 \cdot \ln(-\ln(1-1/50))}{1 - 0,15 \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^{0.5} = 1$
Rugosité du terrain : (IIIa) Campagne avec végétations et habitats très dispersés		
$c_r(z)$	0.77	$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.21 \cdot \ln\left(\frac{8}{0}\right) = 0.77$
$k_r$	0.21	$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0}{0}\right)^{0.07} = 0.21$
$z$	8 m	$z = Min(z_{max}, Max(z_{user}, z_{min})) = Min(200, Max(8, 5)) = 8m$
Orographie du terrain : Terrain plat ou de faible pente (Inférieure à 5%)		
$c_o(z)$	1	-
Turbulence du vent		
$l_v(z)$	0.26	$l_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{0.97}{1 \cdot \ln(8/0)} = 0.26$
$k_l$	0.97	$k_l = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6 = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(0) + 3)^6 = 0.97$
Pression dynamique de pointe pour la hauteur de calcul z		
$q_p(z)$	59.79 daN/m2	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)]^{\frac{1}{2}} \rho v_m^2 = [1 + 7 \times 0.26]^{\frac{1}{2}} 1.23 \times 18.54^2 = 59.79 daN/m^2$
$v_m(z)$	18.54 m/s	$v_m = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0.77 \times 1 \times 24 = 18.54 m/s$

→ Le bâtiment est étudié sous la forme d'un ouvrage fermé sur 3 côté et ouvert complètement sur son 4ème coté

## 2.6. Sécurité incendie

Ce bâtiment est régit par le code du travail au sens de la réglementation incendie.

Les exigences en matière de stabilité au feu de la structure pour les immeubles de bureaux sont définies par le Code du travail (article R. 235-4) et l'arrêté du 5 août 1992.

Etant en simple rez-de-chaussée sans plancher, **la structure n'est soumise à aucune exigence de stabilité au feu.**

→SF 0min : pas de stabilité au feu exigée

## 2.7. Sécurité vis-à-vis de l'aléa sismique

La zone sismique est la zone 1 (zone de sismicité très faible).

→Aucune étude sismique exigée selon le guide ministériel sur la réglementation sismique.

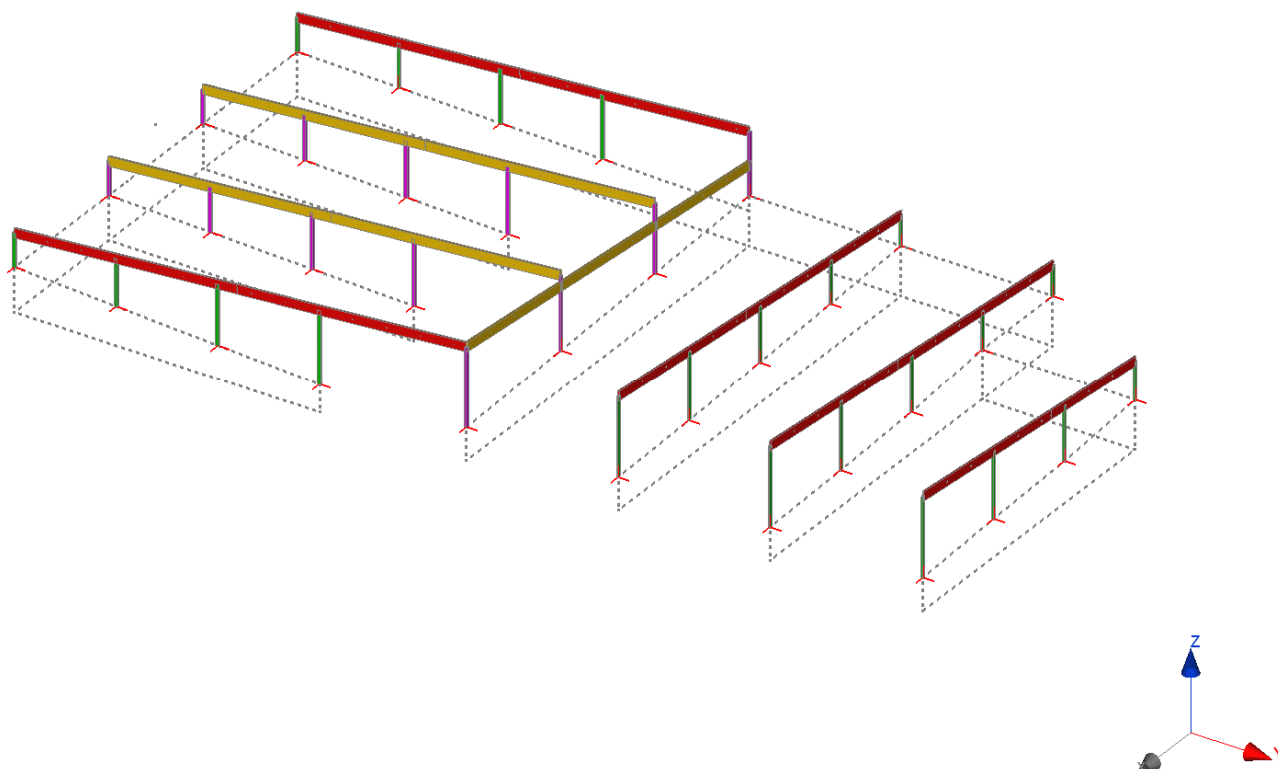
## 2.8. Hypothèses de matériau

Sigle	Nature	Unité	GL24h	GL28h
$f_{m,k}$	Résistance en flexion	N/mm <sup>2</sup>	24,0	28,0
$f_{t,0,k}$	Résistance en traction axiale	N/mm <sup>2</sup>	19,2	22,4
$f_{t,90,k}$	Résistance en traction perpendiculaire	N/mm <sup>2</sup>	0,50	0,50
$f_{c,0,k}$	Résistance en compression axiale	N/mm <sup>2</sup>	24,0	28,0
$f_{c,90,k}$	Résistance en compression perpendiculaire	N/mm <sup>2</sup>	2,5	2,5
$f_{v,g,k}$	Résistance au cisaillement	N/mm <sup>2</sup>	3,5	3,5
$E_{0,g,moy}$	Module d'élasticité axial moyen	kN/mm <sup>2</sup>	11,5	12,6
$E_{0,g,05}$	Module d'élasticité axial au 5e percentile	kN/mm <sup>2</sup>	9,6	10,5
$E_{90,g,moy}$	Module d'élasticité transversal moyen	kN/mm <sup>2</sup>	0,30	0,30
$G_{g,moy}$	Module de cisaillement moyen	kN/mm <sup>2</sup>	0,65	0,65
$\rho_{g,k}$	Masse volumique caractéristique	kg/m <sup>3</sup>	385	425
$\rho_{g,moy}$	Masse volumique moyenne	kg/m <sup>3</sup>	420	460

Caractéristiques matériaux (selon NF EN 14080 – Juin 2013)

### 3. Sectionnements des éléments


#### 3.1. Poteaux LC 16x24cm



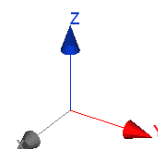
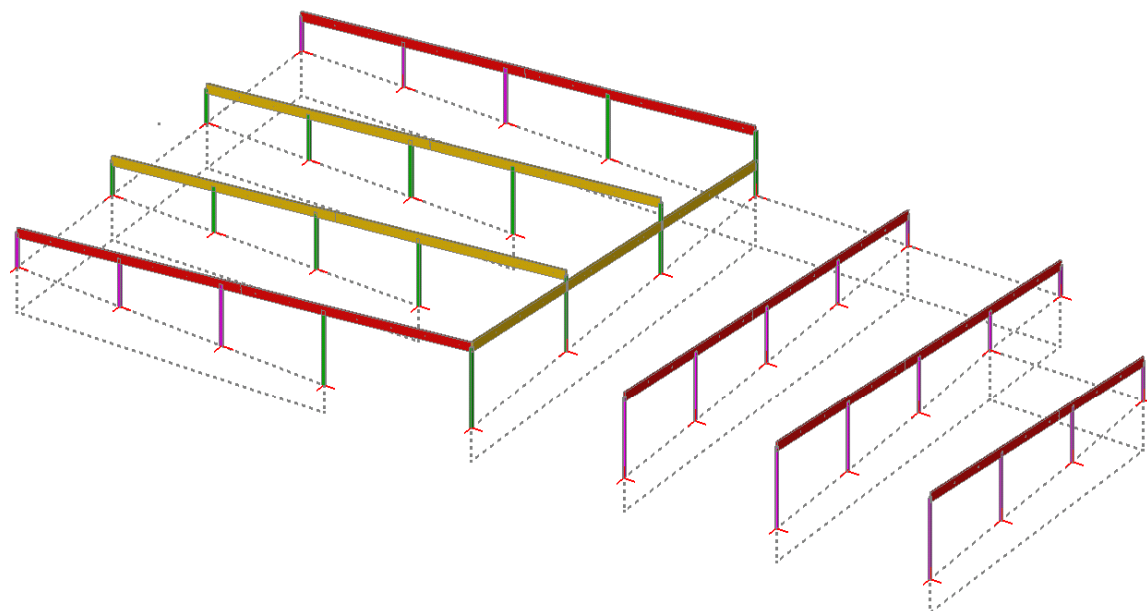
##### 3.1.1. Résultats synthétiques

Groupe : Poteaux 16x24								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
64	-	R16x24	GL24H	15 %	0 %	63 %	-	-
114	-	R16x24	GL24H	6,5 %	0 %	7,4 %	-	-
115	-	R16x24	GL24H	6,5 %	0 %	7,4 %	-	-
119	-	R16x24	GL24H	58,1 %	6,6 %	53,1 %	-	-
140	-	R16x24	GL24H	61,1 %	17,9 %	70,3 %	-	-
141	-	R16x24	GL24H	58,2 %	8,1 %	61,3 %	-	-
235	-	R16x24	GL24H	17,2 %	0 %	25,7 %	-	-
236	-	R16x24	GL24H	17,2 %	0 %	25,8 %	-	-
239	-	R16x24	GL24H	10,6 %	0 %	22,8 %	-	-
240	-	R16x24	GL24H	10,8 %	0 %	22,7 %	-	-
243	-	R16x24	GL24H	21,9 %	0 %	64,7 %	-	-
244	-	R16x24	GL24H	22 %	0 %	64,8 %	-	-

### 3.1.2. Résultats détaillés

Pièce : 140				Groupe : Poteaux 16x24				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R16x24								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	384	18432	8192	1536	1024	6,9	4,6	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	17: G+1.5W ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{19,1}{151,5} + 0,7 \frac{5,1}{189,4} + \frac{88,5}{190,1} = 0,61$								61,1 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{46,6}{216} = 0,22$								21,6 %
Résistance cisaillement								
ELU-STR	7: 1.35G+1.5W+0.75S ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{4,5}{25,2} = 0,18$								17,9 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0,1}{31,5} = 0$								0,5 %
Résistance au flambement								
ELU-STR	11: 1.35G+1.5W3+0.75S ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-36,9}{0,68 \times 172,8} + 0,7 \frac{-0,4}{189,4} + \frac{-73,3}{190,1} = 0,7$								70,3 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-46,4}{0,68 \times 216} + 0,7 \frac{-0,4}{236,7} + \frac{-2,8}{237,6} = 0,33$								33,1 %


### 3.2. Poteaux LC 12x24cm



#### 3.2.1. Résultats synthétiques


Groupe : Poteaux 12x24								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
56	—	R12x24	GL24H	7,1 %	0 %	13,3 %	-	-
57	—	R12x24	GL24H	26,1 %	0 %	48,6 %	-	-
58	—	R12x24	GL24H	7,7 %	0 %	10,1 %	-	-
59	—	R12x24	GL24H	12,8 %	0 %	16,9 %	-	-
61	—	R12x24	GL24H	6,4 %	0 %	46,8 %	-	-
62	—	R12x24	GL24H	11,9 %	0 %	87,8 %	-	-
63	—	R12x24	GL24H	12 %	0 %	88,3 %	-	-
116	—	R12x24	GL24H	5,1 %	0 %	7,8 %	-	-
117	—	R12x24	GL24H	5,1 %	0 %	7,8 %	-	-
237	—	R12x24	GL24H	11,9 %	0 %	27,5 %	-	-
238	—	R12x24	GL24H	11,9 %	0 %	31,8 %	-	-
241	—	R12x24	GL24H	8,5 %	0 %	29,1 %	-	-
242	—	R12x24	GL24H	12,3 %	0 %	52,9 %	-	-
256	—	R12x24	GL24H	15,4 %	0 %	79,7 %	-	-
259	—	R12x24	GL24H	14,4 %	0 %	50,6 %	-	-
260	—	R12x24	GL24H	25,9 %	0 %	95,2 %	-	-
261	—	R12x24	GL24H	25,4 %	0 %	93,4 %	-	-
262	—	R12x24	GL24H	30,6 %	0 %	68,2 %	-	-

### 3.2.2. Résultats détaillés

Pièce : 63				Groupe : Poteaux 12x24				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R12x24								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	288	13824	3456	1152	576	6,9	3,5	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{16,2}{134,4} = 0,12$							12 %	
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{25,5}{216} = 0,12$							11,8 %	
Résistance cisaillement								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0}{19,6} = 0$							0 %	
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0}{31,5} = 0$							0 %	
Résistance au flambement								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-16,2}{0,14 \times 134,4} + 0,7 \frac{0}{147,3} + \frac{0}{147,8} = 0,88$							88,3 %	
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-25,5}{0,14 \times 216} + 0,7 \frac{0}{236,7} + \frac{0}{237,6} = 0,87$							86,8 %	


### 3.3. Arbalétriers

#### 3.3.1. Arbalétriers entre 1 et 4 – files C & E - sur 5 appuis

Pièce : 159				Groupe : Arbalétriers files C & E				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R16x68								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	1088	419242,67	23210,67	12330,67	2901,33	19,6	4,6	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	4: 1.35G+1.5S+0.9W2 ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,2}{138,2} + \frac{56,1}{172,8} + 0,7 \frac{1}{190,1} = 0,34$								34,4 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4}{172,8} + \frac{74,2}{216} + 0,7 \frac{0,2}{237,6} = 0,35$								34,7 %
Résistance cisaillement								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{7}{19,6} = 0,36$								35,7 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{12,9}{31,5} = 0,41$								41 %
Résistance au flambement								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-0,2}{0,95 \times 134,4} + \frac{-45,6}{134,4} + 0,7 \frac{-0,2}{147,8} = 0,34$								34,2 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-0,4}{0,95 \times 216} + \frac{-74,2}{216} + 0,7 \frac{-0,2}{237,6} = 0,35$								34,6 %

Vérifications flèches		
ELS-UINST	5: W (L/300) (Travée)	
$\frac{w_{inst}}{w_{inst,adm}} = \frac{5}{25} = 0,19$		18,7 %
ELS-UINST	5: W (L/150) (Console)	
$\frac{w_{inst}}{w_{inst,adm}} = \frac{1}{10} = 0,06$		5,5 %
ELS-UINST	9: W3 (L/300) (Travée)	
$\frac{v_{inst}}{v_{inst,adm}} = \frac{3}{55} = 0,06$		5,8 %
ELS-UFIN	4: G+S+0.6W2 (L/200) (Travée) ( $w_{creep}=3$ )	
$\frac{w_{fin}-w_c}{w_{net,fin,adm}} = \frac{8-0}{38} = 0,21$		20,7 %
ELS-UFIN	5: G+S+0.6W3 (L/100) (Console) ( $w_{creep}=0$ )	
$\frac{w_{fin}-w_c}{w_{net,fin,adm}} = \frac{1-0}{15} = 0,05$		5,1 %
ELS-UFIN	10: G+W3 (L/200) (Travée) ( $v_{creep}=0$ )	
$\frac{v_{fin}-v_c}{v_{net,fin,adm}} = \frac{3-0}{82} = 0,03$		3,5 %

### 3.3.2. Arbalétriers en file 4 sur 2 appuis

Pièce : 146				Groupe : Arbalétriers files 4				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R16x68								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	1088	419242,67	23210,67	12330,67	2901,33	19,6	4,6	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0}{107,5} + \frac{92,3}{134,4} + 0,7 \frac{0,5}{147,8} = 0,69$								69 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0}{172,8} + \frac{127,5}{216} + 0,7 \frac{0,8}{237,6} = 0,59$								59,3 %
Résistance cisaillement								
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{7}{19,6} = 0,36$								35,9 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{10,6}{31,5} = 0,34$								33,6 %

Résistance au flambement		
ELU-STR	2: 1.35G+1.5S ( $K_{mod}=0,7$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )	
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-0,1}{0,87 \times 134,4} + \frac{-92,3}{134,4} + 0,7 \frac{-0,5}{147,8} = 0,69$		69 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )	
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-0,1}{0,87 \times 216} + \frac{-127,6}{216} + 0,7 \frac{-0,8}{237,6} = 0,59$		59,3 %
Vérifications flèches		
ELS-UINST	5: W (L/300) (Travée)	
$\frac{w_{inst}}{w_{inst,adm}} = \frac{17}{35} = 0,49$		49 %
ELS-UINST	6: W+0.5S (L/300) (Travée)	
$\frac{v_{inst}}{v_{inst,adm}} = \frac{1}{35} = 0,02$		2,2 %
ELS-UFIN	4: G+S+0.6W2 (L/200) (Travée) ( $w_{creep}=20$ )	
$\frac{w_{fin}-w_c}{w_{net,fin,adm}} = \frac{43-0}{53} = 0,81$		81,4 %
ELS-UFIN	7: G+W+0.5S (L/200) (Travée) ( $v_{creep}=0$ )	
$\frac{v_{fin}-v_c}{v_{net,fin,adm}} = \frac{1-0}{53} = 0,02$		1,5 %

### 3.4. Pannes

#### 3.4.1. Pannes avec accumulations + photovoltaïques – zone entre 4 à 7

Taux de travail		
Résistance contraintes axiales		
ELU-STR / 3: 1.35G+1.5S (LC1) / Court terme / kmod = 0,7 / gamma_m = 1,25 xrel = 0,48 / Vz = -21 daN / My = -4458,75 daN*m		
Taux de travail EC5_FT1	60%	$\left  \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right  = \left  \frac{0}{10,91} + \frac{-8,24}{13,63} + 0,7 \frac{0}{14,78} \right  = 0,6$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0,5 / My = -3896,02 daN*m		
Taux de travail EC5_FT1	33%	$\left  \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right  = \left  \frac{0}{17,53} + \frac{-7,2}{21,91} + 0,7 \frac{0}{23,76} \right  = 0,33$
Résistance cisaillement		
ELU-STR / 3: 1.35G+1.5S (LC1) / Court terme / kmod = 0,7 / gamma_m = 1,25 xrel = 0 / Vz = -1808 daN		
Taux de travail EC5_Sz	33%	$\frac{ \tau_{z,d} }{f_{v,d}} = \frac{ -0,65 }{1,96} = 0,33$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0 / Vz = -1410 daN		
Taux de travail EC5_Sz	16%	$\frac{ \tau_{z,d} }{f_{v,d}} = \frac{ -0,51 }{3,15} = 0,16$
Résistance au déversement		
ELU-STR / 3: 1.35G+1.5S (LC1) / Court terme / kmod = 0,7 / gamma_m = 1,25 xrel = 0,48 / Vz = -21 daN / My = -4458,75 daN*m		
Taux de travail EC5_LB1	70%	$\frac{ \sigma_{m,y,d} }{k_{crit} f_{m,y,d}} = \frac{ -8,24 }{0,86 \times 13,63} = 0,7$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0,5 / My = -3896,02 daN*m		
Taux de travail EC5_LB1	38%	$\frac{ \sigma_{m,y,d} }{k_{crit} f_{m,y,d}} = \frac{ -7,2 }{0,86 \times 21,91} = 0,38$

Vérification flèches			
Composantes w de la flèche (mm)			
Tronçon	Type	$\frac{w_{inst}}{w_{inst,adm}}$	$\frac{w_{fin}-w_c}{w_{net,fin,adm}}$
1 (11,05m)	Travée	$\frac{22}{37} = 61\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{53-0}{55} = 96\%$ 3: G+S+0.6W (LC4) (L/200) (wcreep=24mm)
Composantes v de la flèche (mm)			
Tronçon	Type	$\frac{v_{inst}}{v_{inst,adm}}$	$\frac{v_{fin}-v_c}{v_{net,fin,adm}}$
1 (5,53m)	Travée	$\frac{1}{18} = 4\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{1-0}{28} = 3\%$ 7: G+W2 (LC4) (L/200) (wcreep=0mm)
2 (5,53m)	Travée	$\frac{1}{18} = 4\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{1-0}{28} = 3\%$ 7: G+W2 (LC4) (L/200) (wcreep=0mm)

Pannes courantes zone entre 1 à 4

Taux de travail		
Résistance contraintes axiales		
ELU-STR / 17: G+1.5W2 (LC1) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1,25 xrel = 0,5 / Vy = 82 daN / My = 3709,85 daN*m / Mz = -85,4 daN*m		
Taux de travail EC5_FT1	42%	$\left  \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right  = \left  \frac{0}{14,02} + \frac{6,86}{17,53} + 0,7 \frac{0,68}{19,01} \right  = 0,42$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0,5 / My = -3564,7 daN*m		
Taux de travail EC5_FT1	30%	$\left  \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right  = \left  \frac{0}{17,53} + \frac{-6,59}{21,91} + 0,7 \frac{0}{23,76} \right  = 0,3$
Résistance cisaillement		
ELU-STR / 3: 1.35G+1.5S (LC1) / Court terme / kmod = 0,7 / gamma_m = 1,25 xrel = 0 / Vz = -1146 daN		
Taux de travail EC5_Sz	21%	$\frac{ \tau_{z,d} }{f_{v,d}} = \frac{ -0,41 }{1,96} = 0,21$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0 / Vz = -1368 daN		
Taux de travail EC5_Sz	16%	$\frac{ \tau_{z,d} }{f_{v,d}} = \frac{ -0,49 }{3,15} = 0,16$
Résistance au flambement		
ELU-STR / 7: 1.35G+1.5W+0.75S (LC1) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1,25 xrel = 0,5 / N = -8550 daN / Vy = -23 daN / My = -3340,52 daN*m / Mz = 23,72 daN*m		
Taux de travail EC5_B2	73%	$\left  \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right  = \left  \frac{-1,37}{0,17 \times 17,28} + 0,7 \frac{-6,18}{17,53} + \frac{-0,19}{19,01} \right  = 0,73$

Résistance au déversement		
ELU-STR / 7: 1.35G+1.5W+0.75S (LC1) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1,25 xrel = 0,5 / N = -8550 daN / Vy = -23 daN / My = -3340,52 daN*m / Mz = 23,72 daN*m		
Taux de travail EC5_LB2	63%	$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{ \sigma_{c,0,d} }{k_{c,z} f_{c,0,d}} = \left( \frac{-6,18}{0,88 \times 17,53} \right)^2 + \frac{ -1,37 }{0,17 \times 17,28} = 0,63$
ELU-Accidental / 1: G+A (LC2) / Instantané / kmod = 0,9 / gamma_m = 1 xrel = 0,5 / My = -3564,7 daN*m		
Taux de travail EC5_LB1	34%	$\frac{ \sigma_{m,y,d} }{k_{crit} f_{m,y,d}} = \frac{ -6,59 }{0,88 \times 21,91} = 0,34$


Vérification flèches			
Composantes w de la flèche (mm)			
Tronçon	Type	$\frac{w_{inst}}{w_{inst,adm}}$	$\frac{w_{fin}-w_c}{w_{net,fin,adm}}$
1 (10,42m)	Travée	$\frac{22}{35} = 64\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{31-0}{52} = 60\%$ 3: G+S+0.6W (LC4) (L/200) (wcreep=13mm)
Composantes v de la flèche (mm)			
Tronçon	Type	$\frac{v_{inst}}{v_{inst,adm}}$	$\frac{v_{fin}-v_c}{v_{net,fin,adm}}$
1 (5,21m)	Travée	$\frac{1}{17} = 5\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{1-0}{26} = 3\%$ 7: G+W2 (LC4) (L/200) (wcreep=0mm)
2 (5,21m)	Travée	$\frac{1}{17} = 5\%$ 6: W2 (LC3) (L/300)	$\frac{1-0}{26} = 3\%$ 7: G+W2 (LC4) (L/200) (wcreep=0mm)

### 3.5. Contreventement

#### 3.5.1. Résultats synthétiques

Groupe : cvt toiture								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
294	—	R12x24	GL24H	18,7 %	2,9 %	57,6 %	—	—
295	—	R12x24	GL24H	2 %	0 %	5,4 %	—	—
296	—	R12x24	GL24H	12,9 %	0,5 %	25,1 %	—	—
297	—	R12x24	GL24H	21 %	0,5 %	51,5 %	—	—
308	—	R12x24	GL24H	18,6 %	2,5 %	77,4 %	—	—
403	—	R12x24	GL24H	16 %	0,9 %	16,5 %	—	—
404	—	R12x24	GL24H	26,4 %	2,8 %	23,8 %	—	—

#### 3.5.2. Résultats détaillés


Pièce : 308				Groupe : cvt toiture				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R12x24								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	288	13824	3456	1152	576	6,9	3,5	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	17: G+1.5W ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{-16,2}{172,8}\right)^2 + \frac{26,6}{189,4} + 0,7 \frac{10,1}{190,1} = 0,19$								18,6 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4}{189,4} + 0,7 \frac{1,5}{236,7} + \frac{21,4}{237,6} = 0,1$								9,7 %
Résistance cisaillement								
ELU-STR	17: G+1.5W ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0,6}{25,2} = 0,02$								2,5 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0,2}{31,5} = 0,01$								0,5 %
Résistance au flambement								
ELU-STR	17: G+1.5W ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-20,1}{0,17 \times 172,8} + 0,7 \frac{-5}{189,4} + \frac{-15}{190,1} = 0,77$								77,4 %

### 3.6. Palées de stabilité

#### 3.6.1. Résultats synthétiques

Groupe : Palée de stabilité								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
330	—	R16x24	GL24H	5,5 %	0 %	4,4 %	-	-
332	—	R16x24	GL24H	21,3 %	1,2 %	10,5 %	-	-
334	—	R16x24	GL24H	13,3 %	1,2 %	18,8 %	-	-
336	—	R16x24	GL24H	11 %	1,2 %	9,9 %	-	-
350	—	R18x24	GL24H	7 %	0 %	87,4 %	-	-
353	—	R16x24	GL24H	11,7 %	1,3 %	38 %	-	-
355	—	R16x24	GL24H	9,8 %	1,3 %	39,7 %	-	-
358	—	R18x24	GL24H	9,1 %	0 %	94,8 %	-	-
363	—	R16x24	GL24H	8,7 %	1,2 %	56,2 %	-	-
365	—	R16x24	GL24H	8,6 %	1,2 %	49,5 %	-	-
369	—	R16x24	GL24H	12 %	1,3 %	64,8 %	-	-
370	—	R16x24	GL24H	15,8 %	1,3 %	76,2 %	-	-
372	—	R16x24	GL24H	4,4 %	0 %	48 %	-	-
415	—	R16x24	GL24H	6,6 %	0 %	25,8 %	-	-
416	—	R16x24	GL24H	3,9 %	0 %	16,4 %	-	-

#### 3.6.2. Résultats détaillés

Pièce : 358				Groupe : Palée de stabilité				
Matériau : GL24H (Humidité classe de service : 3)								
$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{m,k}$	$f_{v,k}$	$k_{def}$				
192	240	240	35	2				
Section : R18x24								
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ely}$	$W_{elz}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
	432	20736	11664	1728	1296	6,9	5,2	0,7
Résistance contraintes axiales								
ELU-STR	17: G+1.5W ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{13,7}{151,5} + 0,7 \frac{0}{189,4} + \frac{0}{190,1} = 0,09$								9,1 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{4,2}{216} = 0,02$								2 %
Résistance cisaillement								
ELU-STR	7: 1.35G+1.5W+0.75S ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0}{25,2} = 0$								0 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{cr}=0,67$ )							
$\frac{ \tau_d }{f_{v,d}} = \frac{0}{31,5} = 0$								0 %
Résistance au flambement								
ELU-STR	9: 1.35G+1.5W+0.75S ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1,25$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-12,4}{0,08 \times 172,8} + 0,7 \frac{0}{189,4} + \frac{0}{190,1} = 0,95$								94,8 %
ELU-Accidental	1: G+A ( $K_{mod}=0,9$ ) ( $\gamma_m=1$ ) ( $k_{hy}=1,1$ ) ( $k_{hz}=1,1$ )							
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{-4,2}{0,08 \times 216} + 0,7 \frac{0}{236,7} + \frac{0}{237,6} = 0,26$								25,7 %

## 4. Vérification des assemblages

### 4.1. Prescellement

#### 4.1.1. Vérification de la bêche

Conditions de profondeur :

$$L_{eff} = 120mm \begin{pmatrix} > 60mm \\ < 1,5 \times 100 = 150mm \end{pmatrix}$$

$$h_n = 120mm < 0,4 \times 340 = 135mm$$

Bêche HEB 100 Profondeur 100mm -  $f_{cd} = 100bars$

$$V_{Rd} = 12 \times 10 \times 100 = 12T > V_{Ed} = 7,0T$$

Ame de la bêche :

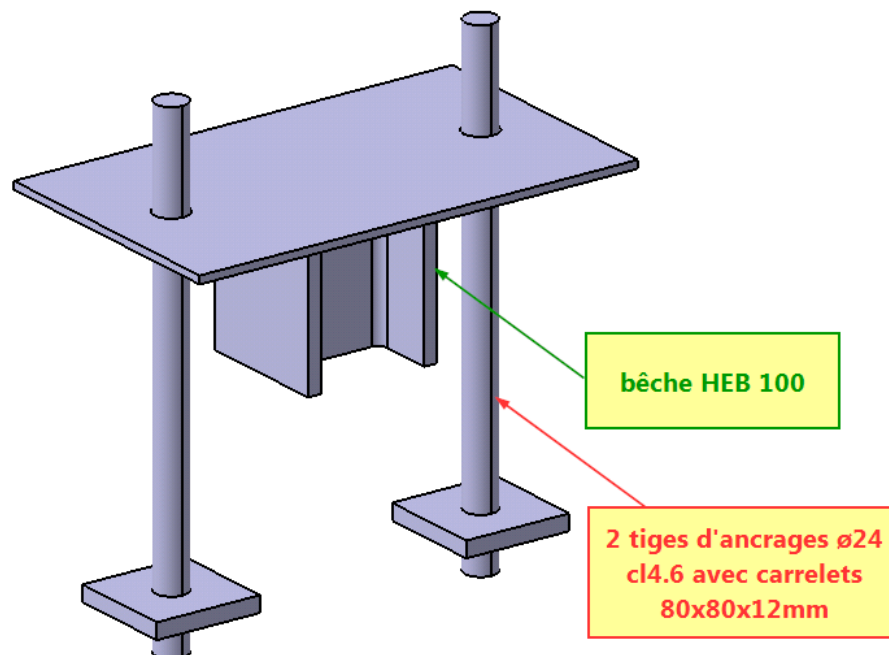
$$V_{Rd} = 12 \times 0,6 \times \frac{2350}{\sqrt{3}} = 9,77T > V_{Ed} = 7,0T$$

#### 4.1.1.1. Vérification des tiges d'ancrages

$$N_{Ed} = \frac{12,3}{2} = 6,2T \text{ par tige}$$

$$F_{t,Rd} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,85 \times 0,9 \times \frac{400 \times 353}{12,5} = 8,6T / tige \\ 2,55 \times 10,7 \times 3,14 \times \left( 40^2 - \frac{24^2}{4} \right) \left( 1 - \frac{40}{100} \right) = 7,45T / tige \end{array} \right] > N_{Ed} = 6,2T$$

- Compte tenu du calcul de la résistance des tiges d'ancrages, la distance minimale admissible entre l'axe des tiges d'ancrage et le bord du béton doit être supérieure ou égale à 80mm.



Prescellement – Logiciel Catia @Bim-B

- soudures continues de la bêche sur la platine de prescellement de 6mm

## 4.2. Ferrure de pied de poteau courante

Poteaux 16x24cm<sup>2</sup> au droit de la file 3:

$$N_{Ed-poteauxbois} = \begin{pmatrix} -11.35T - k_{mod} = 0,7 \\ +12.5T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

Poteaux 16x24cm<sup>2</sup> à l'exception de ceux au droit de la file 3:

$$N_{Ed-poteauxbois} = \begin{pmatrix} -15.20T - k_{mod} = 0,7 \\ +9.6T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

Poteaux 12x24cm<sup>2</sup> :

$$N_{Ed-poteauxbois} = \begin{pmatrix} -10.90T - k_{mod} = 0,7 \\ +6.7T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

### 4.2.1. Surface de contact sous combinaison de charges descendantes

Poteaux 16x24cm<sup>2</sup> :

$$N_{Ed-poteauxbois} = -15.20T - k_{mod} = 0,7 < 15 \times 16 \times \frac{240 \times 0,7}{1,3} = 31T$$

Poteaux 12x24cm<sup>2</sup> :

$$N_{Ed-poteauxbois} = -10.90T - k_{mod} = 0,7 < 15 \times 12 \times \frac{240 \times 0,7}{1,3} = 23T$$

### 4.2.2. Resistance des organes de liaisons sous combinaison de charges ascendantes

Poteaux 16x24cm<sup>2</sup> au droit de la file 3:

$$N_{Ed-poteauxbois} = +12.5T - k_{mod} = 0,9 < \frac{2 \times 2228 \times 0,9}{1,3} \times 3 \times 1,47 = 13,6T > 12,5T$$

Poteaux 16x24cm<sup>2</sup> à l'exception de ceux au droit de la file 3:

$$N_{Ed-poteauxbois} = +9.6T - k_{mod} = 0,9 < \frac{2 \times 1669 \times 0,9}{1,3} \times 3 \times 1,47 = 10,19T > 9,6T$$

Poteaux 12x24cm<sup>2</sup> :

$$N_{Ed-poteauxbois} = +6.70T - k_{mod} = 0,9 < \frac{2 \times 1669 \times 0,9}{1,3} \times 3 \times 1,47 = 10,19T > 6,7T$$

Assemblage des ferrures de pied de poteaux vis-à-vis des combinaisons d'actions de vent ascendantes :

- poteaux 16x24cm<sup>2</sup> au droit de la file 3 : 3x2 bls ø16 cl8.8
- poteaux 16x24cm<sup>2</sup> à l'exception de ceux au droit de la file 3 : 3x2 bls ø16 cl4.6
- poteaux 12x24cm<sup>2</sup> : 3x2 bls ø16 cl4.6

### 4.3. Attache palées de stabilité

Palée de stabilité:

$$N_{Ed-paléebois} = \begin{pmatrix} -5.4T - k_{mod} = 0,9 \\ +7.95T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

$$N_{Ed-Assbois} = +7,95T - k_{mod} = 0,9 < \frac{2 \times 1669 \times 0,9}{1,3} \times 2 \times 1,72 = 7,95T = N_{Ed-paléebois}$$

$$N_{Ed-Assmetal} = +7,95T < \min \left[ \begin{array}{l} \frac{0,6 \times 157 \times 800}{12,5} \times 2 = 12,0T \\ \frac{0,74 \times 2,5 \times 3600 \times 1,6 \times 0,6}{1,25} \times 2 = 10,2T \end{array} \right] > N_{Ed-paléebois}$$

Assemblage des ferrures de palées :

- 2x2 bls Ø16 cl4.6 sur buton bois,
- 2 bls Ø16 cl8.8 en simple cisaillement métal sur métal + 2bls avec trous oblongs pour aide au montage.

#### 4.4. Attache contreventements en toiture

Contreventement en toiture:

$$N_{Ed-cvt} = \begin{pmatrix} -5.8T - k_{\text{mod}} = 0,9 \\ +4.8T - k_{\text{mod}} = 0,9 \end{pmatrix}$$

$$N_{Ed-Assbois} = +5,8T - k_{\text{mod}} = 0,9 < \frac{1669 \times 0,9}{1,3} \times 3 \times 1,72 = 5,96T = N_{Ed-cvt}$$

$$N_{Ed-Assmetal} = +7,95T < \min \left[ \begin{array}{l} \frac{0,6 \times 157 \times 800}{12,5} \times 1 = 6,0T \\ \frac{0,74 \times 2,5 \times 3600 \times 1,6 \times 0,8}{1,25} \times 1 = 6,8T \end{array} \right] > N_{Ed-cvt}$$

Assemblage des ferrures de contreventement :

- 3x2 bl ø16 cl4.6 sur contreventement bois,
- 1 bl ø16 cl8.8 en simple cisaillement métal sur métal + 1bl avec trous oblongs pour aide au montage.

#### 4.5. Attache des pannes courantes

Pannes en toiture:

$$V_{Ed-z} = \begin{pmatrix} 2,0T - k_{\text{mod}} = 0,7 \\ -1,5T - k_{\text{mod}} = 0,9 \end{pmatrix}$$

Type	MODELE		Dimensions en mm				Fixations				Valeurs caractéristiques [kN] BOIS/BOIS Classe C24			
							Nombre		Type					
			A	B	C	Ep.	Porteur	Porté	Pointes annelées		Descendante	Ascendante	Latérale	Traction
120	220	315	GLE540/120/2,5	120	210	90	2.5	30	17	Ø4,0 x 50	37.2	33.5	11.3	13.7
	250	360	GLE600/120/2,5	120	240	90	2.5	36	20	Ø4,0 x 50	43.8	39.4	12.2	15.6
	280	405	GLE660/120/2,5	120	270	90	2.5	40	23	Ø4,0 x 50	50.3	45.3	12.8	17.6
	310	450	GLE720/120/2,5	120	300	90	2.5	46	26	Ø4,0 x 50	56.9	51.2	13.4	19.6

Si les boitiers sont vissés (clouage total) sur les arbalétriers porteurs vis-à-vis de la combinaison de charge de neige (charge descendante):

$$V_{Ed-z} = +2,0T - k_{\text{mod}} = 0,7 < \frac{5690 \times 0,7}{1,3} = 3,06T = V_{Rd-z}$$

Si les boitiers sont boulonnés (6 bls Ø16 cl4.6) sur les arbalétriers porteurs vis-à-vis de la combinaison de charge de neige (charge descendante):

$$V_{Ed-z} = +2,0T - k_{\text{mod}} = 0,7 < \frac{870 \times 0,7}{1,3} \times 6 = 2,8T = V_{Rd-z}$$

Si les boitiers sont vissés (clouage total) sur les arbalétriers porteurs vis-à-vis de la combinaison de charge de vent (charge ascendante):

$$V_{Ed-z} = +1,5T - k_{\text{mod}} = 0,9 < \frac{5120 \times 0,9}{1,3} = 3,5T = V_{Rd-z}$$

Si les boitiers sont boulonnés (6 bls Ø16 cl4.6) sur les arbalétriers porteurs vis-à-vis de la combinaison de charge de vent (charge ascendante):

$$V_{Ed-z} = +1,5T - k_{\text{mod}} = 0,9 < \frac{870 \times 0,9}{1,3} \times 6 = 3,6T = V_{Rd-z}$$

#### 4.6. Attache des pannes butons

File 1 en C:  $N_{Ed-X} = +5,5T - k_{\text{mod}} = 0,9 < \frac{1155 \times 0,9}{1,3} \times 5 = 5,77T = N_{Rd-X} \rightarrow 5 \text{ bls } \varnothing 16 \text{ cl } 4.6 \text{ en sp}$

cisaillement bois métal sur porté

Pannes butons entre 1 & 4:

$$\begin{pmatrix} N_{Ed-X} \\ V_{Ed-z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3,9T - k_{\text{mod}} = 0,9 \\ -1,5T - k_{\text{mod}} = 0,9 \end{pmatrix} < \frac{1580 \times 0,9}{1,3} \times 2 \times 4 = 8,75T = R_{Rd} \rightarrow 4 \text{ bls } \varnothing 16 \text{ cl } 4.6 \text{ en dble cisaillement}$$

bois métal sur porté

$$\begin{pmatrix} N_{Ed-X} \\ V_{Ed-z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0T - k_{\text{mod}} = 0,7 \\ -1,3T - k_{\text{mod}} = 0,7 \end{pmatrix} < \frac{1490 \times 0,7}{1,3} \times 2 \times 4 = 5,9T = R_{Rd} \rightarrow 4 \text{ bls } \varnothing 16 \text{ cl } 4.6 \text{ en dble cisaillement}$$

bois métal sur porté

Pannes butons entre 4 & 7:

$$\left( \begin{array}{c} N_{Ed-X} \\ V_{Ed-z} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} 1,9T - k_{\text{mod}} = 0,9 \\ + 2,2T / - 0,6T - k_{\text{mod}} = 0,9 \end{array} \right) < \frac{1390 \times 0,9}{1,3} \times 2 \times 2 = 3,85T = R_{Rd} \rightarrow 2 \text{ bls } \varnothing 16 \text{ cl 4.6 en dble}$$

cisaillement bois métal sur porté

$$\left( \begin{array}{c} N_{Ed-X} \\ V_{Ed-z} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} 0T - k_{\text{mod}} = 0,7 \\ -1,9T - k_{\text{mod}} = 0,7 \end{array} \right) < \frac{1390 \times 0,7}{1,3} \times 2 \times 2 = 2,99T = R_{Rd} \rightarrow 2 \text{ bls } \varnothing 16 \text{ cl 4.6 en dble cisaillement}$$

bois métal sur porté

#### 4.7. Cantilever arbalétriers

Cantilever arbalétriers en épaisseur de 16cm sur les files C & E:

$$V_{Ed-Cantilever} = \begin{pmatrix} -1.45T - k_{mod} = 0,7 \\ +1.6T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

Cantilever arbalétriers en épaisseur de 12cm sur les files 5 & 6:

$$V_{Ed-Cantilever} = \begin{pmatrix} -2.8T - k_{mod} = 0,7 \\ +1.3T - k_{mod} = 0,9 \end{pmatrix}$$

Sur les arbalétriers de 16cm d'épaisseur :

$$V_{Ed-porté} = +1,45T < 2 \times \frac{1390 \times 0,7}{1,3} \times 3 = 4,5T$$

$$V_{Ed-porteur} = +1,45T + V_{M-Ed-porteur} = +1,45T \times \frac{240}{240} = 1,45T < 2 \times \frac{1669 \times 0,7}{1,3} \times 1 = 1,79T > 1,45T$$

Sur les arbalétriers de 12cm d'épaisseur :

$$V_{Ed-porté} = +2,8T < 2 \times \frac{1390 \times 0,7}{1,3} \times 3 = 4,5T$$

$$V_{Ed-porteur} = +2,8T + V_{M-Ed-porteur} = +2,8T \times \frac{240}{240} = 2,8T < 2 \times \frac{1973 \times 0,7}{1,3} \times 1,47 = 3,12T$$

Assemblage des cantilevers des arbalétriers en 16cm d'épaisseur:

- 3 bl ø16 cl4.6 sur porté,
- 5 bl ø16 cl4.6 sur porteur.

Assemblage des cantilevers des arbalétriers en 12cm d'épaisseur:

- 3 bl ø16 cl4.6 sur porté,
- 7 bl ø16 cl6.8 sur porteur.

## FIN DU DOCUMENT