

EHPAD PRE DE MILLET

Chemin de la Geysse
81300 GRAULHET

MAITRE D'OUVRAGE

Centre Hospitalier Graulhet

19, RUE DU DOCTEUR BASTIE, BP49
81301 GRAULHET CEDEX
TEL: 05.63.42.30.00

ARCHITECTE

BET FERRER

128, AVENUE DU MARQUISAT
31170 TOURNEFEUILLE
TEL: 05.34.51.48.48

BUREAU DE CONTROLE

APAVE

20 RUE GUSTAVE EIFFEL - ZA ALBITECH
81000 ALBI

TEL: 05.63.54.10.26

BUREAU D'ETUDE



TECHNOLOGIES
Certifié ISO 9001

3J TECHNOLOGIES

8 BOULEVARD MARCEL PAUL
ZI PAHIN-CONCERTO BP 60003
31170 - TOURNEFEUILLE

TEL: 05.34.50.21.93
3jt@3jtechnologies.fr

DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES

NOTE DE CALCUL ZONE UNITE DE VIE - DIMENSIONNEMENT FERME DE BUTONNEMENT

Indice:	Date:	Modifications:	Pilote de projet:	Etabli par:
0	10/11/23	EMISSION ORIGINALE	A.MARATUECH	Q.C

N° de l'Affaire	Phase	Date	Ech	N° de Plan	Indice
6234	DCE	10/11/23	/	NC08	0

Table des matières

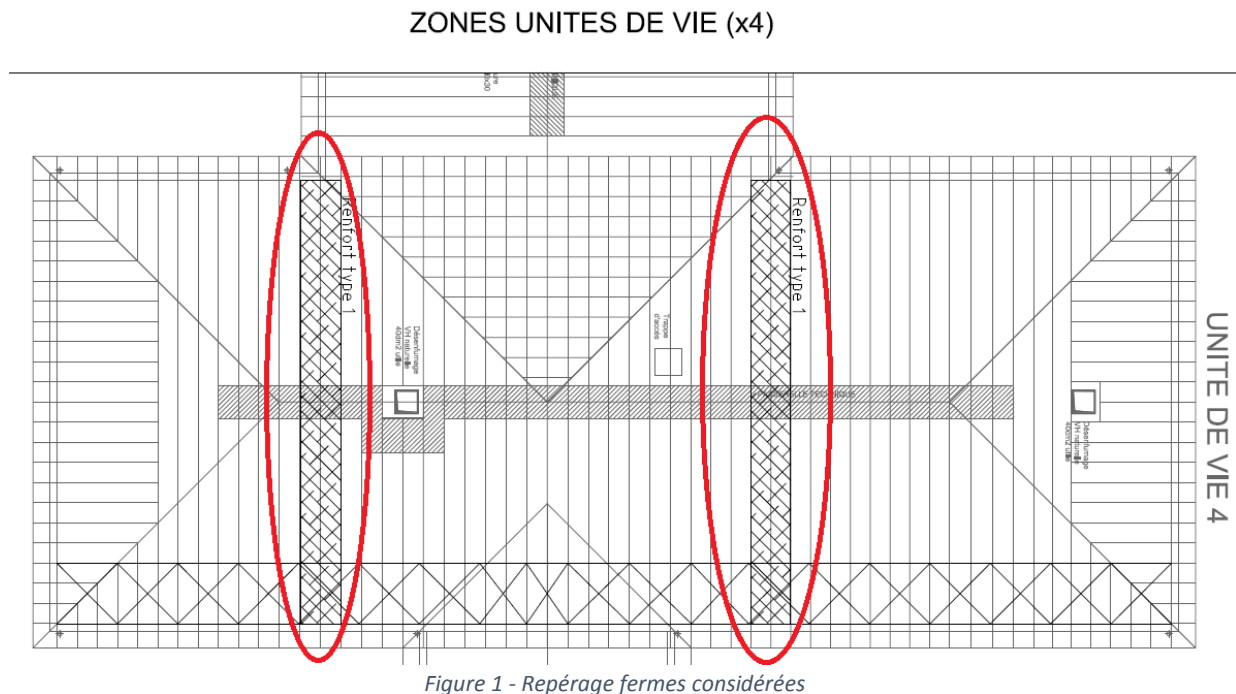
Table des illustrations.....	1
I. Objet de la note.....	2
II. Documents de référence.....	2
III. Hypothèses matériaux.....	2
IV. Hypothèses charges.....	3
V. Descente de charges sur fermettes.....	3
VI. Combinaisons d'actions.....	3
VII. Repérage nœuds + barres du modèle	4
VIII. Résultats modélisation (rdm6)	5
a) Modélisation.....	5
b) Résultats	10
IX. Dimensionnement des éléments	18
a) Entrait – butonnage poutre au vent.....	18
b) Entrait – barre 02	18
c) Entrait – barre 03	19
d) Entrait – barres 04+05+06	19
e) Fiche / arbalétrier – barre 16	19
f) Fiche – barre 19.....	20
g) Arbalétrier – barre 11.....	20
h) Arbalétrier – barre 12.....	21
X. Conclusion	23

Table des illustrations

Figure 1 - Repérage fermes considérées	2
--	---

I. Objet de la note

Cette note de calcul a pour but de dimensionner les nouvelles fermes localisées ci-dessous, qui servent aussi de buton pour la poutre au vent.



II. Documents de référence

NF EN 1990 Eurocode 0 (Bases de calcul des structures)

NF EN 1991 Eurocode 1 (Actions sur les structures)

NF EN 1991 Eurocode 3 (Structures en métal)

NF EN 1992 Eurocode 5 (Structures en bois)

+ Annexes nationales + Amendements associés

III. Hypothèses matériaux

Bois massifs :

- Résineux
- Classement C24
- $\rho = 450 \text{ daN/m}^3$
- Classe de service 2 (humidité comprise entre 12% et 20%)

IV. Hypothèses charges

Poids propre : inclus dans la modélisation

Couverture : 50 daN/m²

Complexe de faux plafond : 30 daN/m²

- Plaque placo BA18 : 16 daN/m²
- Plaques démontables 60x60 : 2 daN/m²
- Isolation : 6 daN/m²
- Réseaux : 2daN/m²
- -> soit un total de 26 daN/m² approximé à 30daN/m²

Surcharge réseaux sur partie centrale (sur 2m) : 8 daN/m²

Exploitation passerelle technique : non pris en compte car la neige et le vent seront en charges variables principales et secondaires dans les combinaisons d'actions (configuration la plus défavorable).

Neige : voir *NDC01 – VERIFICATION CHARPENTE EXISTANTE*

Vent : voir *NDC01 – VERIFICATION CHARPENTE EXISTANTE*

V. Descente de charges sur fermettes

Charges courantes (bande de charge 60cm) :

Charges appliquées sur les arbalétriers :

- $G = 30 \text{ daN/m}$
- $S = 21.6 \text{ daN/m}$
- $S_{acc} = 48 \text{ daN/m}$
- $W = 12 \text{ daN/m}$ (versant au vent)
- $W = 7.2 \text{ daN/m}$ (versant sous le vent)

Charges appliquées sur les entrails :

- $G = 18 \text{ daN/m}$
- $G = 4.8 \text{ daN/m}$ sur 2m centré (surcharge réseaux)
- $W = +/- 1.09T$ (butonnage poutre au vent)

VI. Combinaisons d'actions

ELS (1) : $G + S + 0.6W$

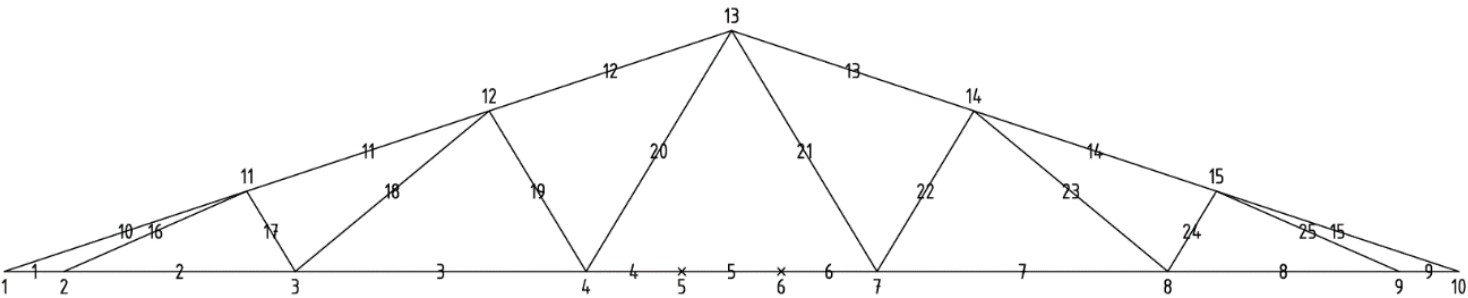
ELS (2) : $G + 0.5S + W$

ELU (1) : $1.35G + 1.5S + 0.9W$

ELU (2) : $1.35G + 0.75S + 1.5W$

ELUA : $G + S_{acc}$

VII. Repérage nœuds + barres du modèle



VIII. Résultats modélisation (rdm6)

a) Modélisation

```
+-----+
| RDM 6 - Ossatures |
+-----+
```

Utilisateur : Quentin CAILLIER

Nom du projet : fermette courante
Date : 9 novembre 2023

```
+-----+
| Données du problème |
+-----+
```

15 Noeuds
25 Poutres(s)
1 Matériau(x)
3 Section(s) droite(s)
2 Liaison(s) nodale(s)
4 Cas de charge(s)
5 Combinaison(s) de cas de charges
1 Mode(s) propre(s) demandé(s)

```
+-----+
| Noeud(s) [ m ] |
+-----+
```

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.000	0.000	2	0.600	0.000
3	2.924	0.000	4	5.848	-0.000
5	6.810	0.000	6	7.810	0.000
7	8.772	0.000	8	11.696	0.000
9	14.020	0.000	10	14.620	0.000
11	2.437	0.804	12	4.873	1.608
13	7.310	2.412	14	9.747	1.608
15	12.183	0.804			

```
+-----+
| Poutres(s) [ m , rad ] |
+-----+
```

Poutre	Ori -> Ext	Orient	Sect	Mat	Long	Type
1	1 2	0.0000	12	11	0.600	Rotule - Rotule
2	2 3	0.0000	12	11	2.324	Rotule - Rotule
3	3 4	0.0000	12	11	2.924	Rotule - Rotule
4	4 5	0.0000	12	11	0.962	Rotule - Rigide
5	5 6	0.0000	12	11	1.000	Rigide - Rigide
6	6 7	0.0000	12	11	0.962	Rigide - Rotule
7	7 8	0.0000	12	11	2.924	Rotule - Rotule
8	8 9	0.0000	12	11	2.324	Rotule - Rotule
9	9 10	0.0000	12	11	0.600	Rotule - Rotule

10	1	11	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
11	11	12	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
12	12	13	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
13	13	14	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
14	14	15	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
15	15	10	0.0000	11	11	2.566	Rotule - Rotule
16	2	11	0.0000	13	11	2.005	Rotule - Rotule
17	11	3	0.0000	13	11	0.940	Rotule - Rotule
18	3	12	0.0000	13	11	2.527	Rotule - Rotule
19	12	4	0.0000	13	11	1.881	Rotule - Rotule
20	4	13	0.0000	13	11	2.821	Rotule - Rotule
21	13	7	0.0000	13	11	2.821	Rotule - Rotule
22	7	14	0.0000	13	11	1.881	Rotule - Rotule
23	14	8	0.0000	13	11	2.527	Rotule - Rotule
24	8	15	0.0000	13	11	0.940	Rotule - Rotule
25	15	9	0.0000	13	11	2.005	Rotule - Rotule

Poids de la structure = 320.041 daN (g = 10.00 m/s²)

Centre de gravité = 7.310 0.467 0.000 m

```
+-----+
| Section(s) droite(s) |
+-----+
```

Le cisaillement transversal est négligé

Section droite 11 :

```
Section paramétrée [ 5 ]
Rectangle plein
Dimension suivant Y = 120.00 mm
Dimension suivant Z = 90.00 mm
Aire = 108.000 cm2
Moments quadratiques : IY = 729.000 cm4 - IZ = 1296.000 cm4
Constante de torsion de Saint Venant J = 1578.693 cm4
Constante de gauchissement Iw = 829.479 cm6
Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.83 kz = 0.83
```

Section droite 12 :

```
Section paramétrée [ 5 ]
Rectangle plein
Dimension suivant Y = 100.00 mm
Dimension suivant Z = 260.00 mm
Aire = 260.000 cm2
Moments quadratiques : IY = 14646.667 cm4 - IZ = 2166.667 cm4
Constante de torsion de Saint Venant J = 6567.297 cm4
Constante de gauchissement Iw = 67122.926 cm6
Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.83 kz = 0.83
```

Section droite 13 :

```
Section paramétrée [ 5 ]
Rectangle plein
Dimension suivant Y = 90.00 mm
Dimension suivant Z = 90.00 mm
Aire = 81.000 cm2
```


Moments quadratiques : $IY = 546.750 \text{ cm}^4$ - $IZ = 546.750 \text{ cm}^4$
Constante de torsion de Saint Venant $J = 922.356 \text{ cm}^4$
Constante de gauchissement $Iw = 71.438 \text{ cm}^6$
Coefficients d'aire cisailée : $ky = 0.83$ $kz = 0.83$

```
+-----+
| Matériau(x) |
+-----+
```

Matériau 11 : BOIS C24

Module de Young = 11000 MPa
Coefficient de Poisson = 0.20
Module de cisaillement = 4583 MPa
Masse volumique = 450 kg/m³
Coefficient de dilatation = 6.00E-06 1/K

```
+-----+
| Liaison(s) nodale(s) |
+-----+
```

Noeud 2 : dx = dy = 0
Noeud 9 : dy = 0

```
+-----+
| Cas de charge(s) 1 |
+-----+
```

PERMANENTES

Le poids propre est pris en compte ($g = 10.00 \text{ m/s}^2$)

14 Charge(s) uniformément répartie(s) [daN/m]

Poutre 10 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 11 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 12 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 13 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 14 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 15 : px = 0.0 py = -30.0
Poutre 2 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 3 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 4 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 5 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 6 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 7 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 8 : px = 0.0 py = -18.0
Poutre 5 : px = 0.0 py = -4.8

2 Charge(s) répartie(s) linéairement sur une partie d'une poutre [m , daN/m]

Poutre 4 : Lo = 0.46 , pxo = 0.0 pyo = -4.8
 Le = 0.96 , pxe = 0.0 pye = -4.8
Poutre 6 : Lo = 0.00 , pxo = 0.0 pyo = -4.8

Le = 0.50 , pxe = 0.0 pye = -4.8

```
+-----+
| Cas de charge(s)  2 |
+-----+
```

NEIGE UNIFORME

6 Charge(s) uniformément répartie(s) [daN/m]

Poutre 10 : px = 0.0 py = -21.6
Poutre 11 : px = 0.0 py = -21.6
Poutre 12 : px = 0.0 py = -21.6
Poutre 13 : px = 0.0 py = -21.6
Poutre 14 : px = 0.0 py = -21.6
Poutre 15 : px = 0.0 py = -21.6

```
+-----+
| Cas de charge(s)  3 |
+-----+
```

NEIGE ACCIDENTELLE UNIFORME

6 Charge(s) uniformément répartie(s) [daN/m]

Poutre 10 : px = 0.0 py = -48.0
Poutre 11 : px = 0.0 py = -48.0
Poutre 12 : px = 0.0 py = -48.0
Poutre 13 : px = 0.0 py = -48.0
Poutre 14 : px = 0.0 py = -48.0
Poutre 15 : px = 0.0 py = -48.0

```
+-----+
| Cas de charge(s)  4 |
+-----+
```

VENT

1 Charge(s) nodale(s) [daN , daN.m]

Noeud 9 : Fx = 1090.00 Fy = 0.00

6 Charge(s) uniformément répartie(s) [daN/m]

Poutre 10 : pX = 0.0 pY = -12.0 (Repère local)
Poutre 11 : pX = 0.0 pY = -12.0 (Repère local)
Poutre 12 : pX = 0.0 pY = -12.0 (Repère local)
Poutre 13 : pX = 0.0 pY = -7.2 (Repère local)
Poutre 14 : pX = 0.0 pY = -7.2 (Repère local)
Poutre 15 : pX = 0.0 pY = -7.2 (Repère local)

```
+-----+
| Combinaison(s) de cas de charges |
+-----+
```

1 : 1.00 Cas 1 + 1.00 Cas 2 + 0.60 Cas 4
2 : 1.00 Cas 1 + 0.50 Cas 2 + 1.00 Cas 4
3 : 1.35 Cas 1 + 1.50 Cas 2 + 0.90 Cas 4
4 : 1.35 Cas 1 + 0.75 Cas 2 + 1.50 Cas 4
5 : 1.00 Cas 1 + 1.00 Cas 3

+-----+
| Analyse dynamique |
+-----+

Hypothèse matrice masse consistante
Précision sur le calcul des pulsations = 1.00E-02

b) Résultats

```
+-----+
| RDM 6 - Ossatures |
+-----+
```

Utilisateur : Quentin CAILLIER

Nom du projet : fermette courante
Date : 9 novembre 2023

```
+-----+
+
| Résultats : Combinaison = 1.00 Cas 1 + 1.00 Cas 2 + 0.60 Cas 4
|
+-----+
+
```

```
+-----+
| Déplacements nodaux [ m, rad ] |
+-----+
```

Noeud	dx	dy	rotz
1	5.446E-06	-6.460E-04	
2	0.000E+00	0.000E+00	
3	1.604E-04	-2.879E-03	
4	3.517E-04	-3.583E-03	
5	4.050E-04	-4.748E-03	-7.292E-04
6	4.604E-04	-4.744E-03	7.361E-04
7	5.137E-04	-3.572E-03	
8	7.040E-04	-2.857E-03	
9	8.628E-04	0.000E+00	
10	8.576E-04	-6.257E-04	
11	6.966E-04	-2.554E-03	
12	6.730E-04	-3.441E-03	
13	4.275E-04	-3.505E-03	
14	1.880E-04	-3.426E-03	
15	1.695E-04	-2.532E-03	

Déplacement maximal sur x = 8.6284E-04 m [Noeud 9]
Déplacement maximal sur y = 4.7475E-03 m [Noeud 5]
Déplacement maximal = 4.7664E-03 m [Noeud 6]

```
+-----+
+
| Résultats : Combinaison = 1.00 Cas 1 + 0.50 Cas 2 + 1.00 Cas 4
|
+-----+
+
```

```
+-----+
```

| Déplacements nodaux [m, rad] |
+-----+

Noeud	dx	dy	rotz
1	4.978E-06	-5.368E-04	
2	0.000E+00	0.000E+00	
3	1.884E-04	-2.859E-03	
4	4.153E-04	-3.597E-03	
5	4.809E-04	-4.760E-03	-7.269E-04
6	5.490E-04	-4.754E-03	7.383E-04
7	6.146E-04	-3.580E-03	
8	8.397E-04	-2.822E-03	
9	1.025E-03	0.000E+00	
10	1.021E-03	-5.030E-04	
11	7.206E-04	-2.537E-03	
12	7.291E-04	-3.457E-03	
13	5.062E-04	-3.534E-03	
14	2.934E-04	-3.431E-03	
15	3.105E-04	-2.500E-03	

Déplacement maximal sur x = 1.0255E-03 m [Noeud 9]
Déplacement maximal sur y = 4.7600E-03 m [Noeud 5]
Déplacement maximal = 4.7859E-03 m [Noeud 6]

+-----+
+
| Résultats : Combinaison = 1.35 Cas 1 + 1.50 Cas 2 + 0.90 Cas 4
|
+-----+
+

+-----+
| Action(s) de liaison [daN daN.m] |
+-----+

Noeud	1	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	2	-	Rx =	-991.4	Ry =	1017.5	Mz =	0.0
Noeud	3	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	4	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	7	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	8	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	9	-	Rx =	0.0	Ry =	1002.2	Mz =	-0.0
Noeud	10	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	11	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	12	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	13	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	14	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	15	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0

Somme des actions de liaison :

Rx = -991.4 daN
Ry = 2019.8 daN

Somme des forces appliquées à la structure :

Fx = -5.45696821063757E-0013 daN

Fy = -1.05501385405659E-0011 daN

```
+-----+
| Efforts intérieurs [ daN daN.m ] |
+-----+
```

N = Effort normal TY = Effort tranchant MfZ = Moment fléchissant

ELE	ori ext	No Ne	TYo TYe TYmax	MfZo MfZe MfZmax	dL(m)
1	1	-367.5	-4.7	0.0	-7.710E-06
	2	-367.5	4.7	0.0	
			4.7	0.7	
2	2	2819.6	-46.6	-0.0	2.291E-04
	3	2819.6	46.6	0.0	
			46.6	27.1	
3	3	2676.3	-58.6	-0.0	2.736E-04
	4	2676.3	58.6	0.0	
			58.6	42.9	
4	4	2277.2	-65.1	0.0	7.660E-05
	5	2277.2	-23.3	43.3	
			65.1	43.3	
5	5	2277.2	-23.3	43.3	7.962E-05
	6	2277.2	23.3	43.3	
			23.3	49.1	
6	6	2277.2	23.3	43.3	7.660E-05
	7	2277.2	65.1	0.0	
			65.1	43.3	
7	7	2660.5	-58.6	0.0	2.720E-04
	8	2660.5	58.6	0.0	
			58.6	42.9	
8	8	2791.9	-46.6	-0.0	2.269E-04
	9	2791.9	46.6	0.0	
			46.6	27.1	
9	9	-349.8	-4.7	0.0	-7.339E-06
	10	-349.8	4.7	0.0	
			4.7	0.7	
10	1	350.5	-110.7	0.0	8.260E-05
	11	414.4	110.7	0.0	
			110.7	71.0	
11	11	-1968.9	-110.7	0.0	-4.184E-04
	12	-1905.0	110.7	0.0	
			110.7	71.0	
12	12	-1662.1	-110.7	-0.0	-3.521E-04
	13	-1598.2	110.7	0.0	
			110.7	71.0	
13	13	-1591.7	-105.1	0.0	-3.507E-04
	14	-1655.6	105.1	0.0	
			105.1	67.4	
14	14	-1885.5	-105.1	0.0	-4.141E-04
	15	-1949.4	105.1	0.0	
			105.1	67.4	

15	15	397.6	-105.1	-0.0	7.897E-05
	10	333.7	105.1	0.0	
			105.1	67.4	
16	2	-2398.9	-4.5	0.0	-5.394E-04
	11	-2394.9	4.5	0.0	
			4.5	2.3	
17	11	-1.5	-1.2	0.0	-3.715E-07
	3	-5.5	1.2	0.0	
			1.2	0.3	
18	3	179.5	-4.8	-0.0	5.203E-05
	12	187.4	4.8	0.0	
			4.8	3.0	
19	12	-302.0	-2.4	-0.0	-6.457E-05
	4	-309.9	2.4	0.0	
			2.4	1.1	
20	4	458.2	-3.6	0.0	1.469E-04
	13	470.1	3.6	0.0	
			3.6	2.5	
21	13	454.8	-3.6	-0.0	1.421E-04
	7	443.0	3.6	0.0	
			3.6	2.5	
22	7	-294.7	-2.4	0.0	-6.136E-05
	14	-286.8	2.4	0.0	
			2.4	1.1	
23	14	177.1	-4.8	-0.0	4.910E-05
	8	169.2	4.8	0.0	
			4.8	3.0	
24	8	2.2	-1.2	-0.0	4.407E-07
	15	6.2	1.2	0.0	
			1.2	0.3	
25	15	-2356.7	-4.5	0.0	-5.308E-04
	9	-2360.7	4.5	0.0	
			4.5	2.3	

```

+-----+
+
| Résultats : Combinaison = 1.35 Cas 1 + 0.75 Cas 2 + 1.50 Cas 4
|
+-----+
+

```

```

+-----+
| Action(s) de liaison [ daN    daN.m ] |
+-----+

```

Noeud	1	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	2	-	Rx =	-1652.4	Ry =	940.1	Mz =	0.0
Noeud	3	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	4	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	7	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	8	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	9	-	Rx =	0.0	Ry =	914.5	Mz =	-0.0
Noeud	10	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	11	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	12	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0

Noeud	13	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	14	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	15	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0

Somme des actions de liaison :

Rx = -1652.4 daN
Ry = 1854.6 daN

Somme des forces appliquées à la structure :

Fx = -3.63797880709171E-0013 daN
Fy = -1.05501385405659E-0011 daN

```
+-----+
| Efforts intérieurs [ daN daN.m ] |
+-----+
```

N = Effort normal TY = Effort tranchant MfZ = Moment fléchissant

ELE	ori ext	No Ne	TYo TYe TYmax	MfZo MfZe MfZmax	dL (m)
1	1	-334.0	-4.7	0.0	-7.007E-06
	2	-334.0	4.7	0.0	
			4.7	0.7	
2	2	3337.1	-46.6	-0.0	2.712E-04
	3	3337.1	46.6	0.0	
			46.6	27.1	
3	3	3198.3	-58.6	-0.0	3.270E-04
	4	3198.3	58.6	0.0	
			58.6	42.9	
4	4	2823.1	-65.1	-0.0	9.496E-05
	5	2823.1	-23.3	43.3	
			65.1	43.3	
5	5	2823.1	-23.3	43.3	9.871E-05
	6	2823.1	23.3	43.3	
			23.3	49.1	
6	6	2823.1	23.3	43.3	9.496E-05
	7	2823.1	65.1	0.0	
			65.1	43.3	
7	7	3172.0	-58.6	0.0	3.243E-04
	8	3172.0	58.6	0.0	
			58.6	42.9	
8	8	3290.8	-46.6	-0.0	2.674E-04
	9	3290.8	46.6	0.0	
			46.6	27.1	
9	9	-304.5	-4.7	0.0	-6.388E-06
	10	-304.5	4.7	0.0	
			4.7	0.7	
10	1	318.7	-100.2	0.0	7.432E-05
	11	369.5	100.2	0.0	
			100.2	64.3	
11	11	-1822.1	-100.2	0.0	-3.880E-04
	12	-1771.2	100.2	0.0	
			100.2	64.3	

12	12	-1537.1	-100.2	-0.0	-3.265E-04
	13	-1486.2	100.2	0.0	
			100.2	64.3	
13	13	-1475.4	-90.9	0.0	-3.242E-04
	14	-1526.3	90.9	0.0	
			90.9	58.3	
14	14	-1738.6	-90.9	0.0	-3.810E-04
	15	-1789.5	90.9	0.0	
			90.9	58.3	
15	15	341.5	-90.9	-0.0	6.827E-05
	10	290.7	90.9	0.0	
			90.9	58.3	
16	2	-2205.7	-4.5	0.0	-4.959E-04
	11	-2201.7	4.5	0.0	
			4.5	2.3	
17	11	1.4	-1.2	0.0	-5.967E-08
	3	-2.5	1.2	0.0	
			1.2	0.3	
18	3	175.5	-4.8	-0.0	5.091E-05
	12	183.4	4.8	0.0	
			4.8	3.0	
19	12	-279.0	-2.4	-0.0	-5.971E-05
	4	-286.9	2.4	0.0	
			2.4	1.1	
20	4	435.2	-3.6	0.0	1.396E-04
	13	447.0	3.6	0.0	
			3.6	2.5	
21	13	421.7	-3.6	-0.0	1.316E-04
	7	409.8	3.6	0.0	
			3.6	2.5	
22	7	-261.5	-2.4	0.0	-5.436E-05
	14	-253.6	2.4	0.0	
			2.4	1.1	
23	14	166.2	-4.8	-0.0	4.602E-05
	8	158.3	4.8	0.0	
			4.8	3.0	
24	8	10.3	-1.2	-0.0	1.294E-06
	15	14.2	1.2	0.0	
			1.2	0.3	
25	15	-2138.0	-4.5	0.0	-4.816E-04
	9	-2142.0	4.5	0.0	
			4.5	2.3	

```

+-----+
| Résultats : Combinaison = 1.00 Cas 1 + 1.00 Cas 3 |
+-----+

```

```

+-----+
| Action(s) de liaison [ daN    daN.m ] |
+-----+

```

Noeud	1	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	2	-	Rx =	-0.0	Ry =	886.0	Mz =	0.0
Noeud	3	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	4	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0

Noeud	7	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	8	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	9	-	Rx =	0.0	Ry =	886.0	Mz =	-0.0
Noeud	10	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	11	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	12	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	13	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	-0.0
Noeud	14	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	15	-	Rx =	0.0	Ry =	0.0	Mz =	0.0

Somme des actions de liaison :

Rx = -0.0 daN
Ry = 1772.0 daN

Somme des forces appliquées à la structure :

Fx = -7.32420547822077E-0013 daN
Fy = -8.91304807737470E-0012 daN

```
+-----+
| Efforts intérieurs [ daN daN.m ] |
+-----+
```

N = Effort normal TY = Effort tranchant MfZ = Moment fléchissant

ELE	ori	No	TYo	MfZo	dL (m)
	ext	Ne	TYe	MfZe	
			TYmax	MfZmax	
1	1	-332.8	-3.5	0.0	-6.981E-06
	2	-332.8	3.5	0.0	
			3.5	0.5	
2	2	1595.8	-34.5	-0.0	1.297E-04
	3	1595.8	34.5	0.0	
			34.5	20.1	
3	3	1478.4	-43.4	-0.0	1.512E-04
	4	1478.4	43.4	0.0	
			43.4	31.7	
4	4	1138.7	-48.2	-0.0	3.830E-05
	5	1138.7	-17.3	32.0	
			48.2	32.0	
5	5	1138.7	-17.3	32.0	3.981E-05
	6	1138.7	17.2	32.0	
			17.3	36.4	
6	6	1138.7	17.2	32.0	3.830E-05
	7	1138.7	48.2	-0.0	
			48.2	32.0	
7	7	1478.4	-43.4	0.0	1.512E-04
	8	1478.4	43.4	0.0	
			43.4	31.7	
8	8	1595.8	-34.5	-0.0	1.297E-04
	9	1595.8	34.5	0.0	
			34.5	20.1	
9	9	-332.8	-3.5	0.0	-6.981E-06
	10	-332.8	3.5	0.0	
			3.5	0.5	

10	1	317.1	-101.0	-0.0	7.569E-05
	11	383.7	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
11	11	-1708.4	-101.0	-0.0	-3.618E-04
	12	-1641.8	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
12	12	-1443.3	-101.0	-0.0	-3.045E-04
	13	-1376.6	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
13	13	-1376.6	-101.0	0.0	-3.045E-04
	14	-1443.3	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
14	14	-1641.8	-101.0	-0.0	-3.618E-04
	15	-1708.4	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
15	15	383.7	-101.0	-0.0	7.569E-05
	10	317.1	101.0	0.0	
			101.0	64.8	
16	2	-2106.8	-3.3	0.0	-4.738E-04
	11	-2103.9	3.3	0.0	
			3.3	1.7	
17	11	-8.3	-0.9	0.0	-1.035E-06
	3	-11.3	0.9	0.0	
			0.9	0.2	
18	3	142.6	-3.6	-0.0	4.129E-05
	12	148.5	3.6	0.0	
			3.6	2.2	
19	12	-266.2	-1.8	-0.0	-5.681E-05
	4	-272.1	1.8	0.0	
			1.8	0.8	
20	4	381.9	-2.7	0.0	1.223E-04
	13	390.7	2.7	0.0	
			2.7	1.9	
21	13	390.7	-2.7	-0.0	1.223E-04
	7	381.9	2.7	0.0	
			2.7	1.9	
22	7	-272.1	-1.8	0.0	-5.681E-05
	14	-266.2	1.8	0.0	
			1.8	0.8	
23	14	148.5	-3.6	-0.0	4.129E-05
	8	142.6	3.6	0.0	
			3.6	2.2	
24	8	-11.3	-0.9	-0.0	-1.035E-06
	15	-8.3	0.9	0.0	
			0.9	0.2	
25	15	-2103.9	-3.3	0.0	-4.738E-04
	9	-2106.8	3.3	0.0	
			3.3	1.7	

IX. Dimensionnement des éléments

a) Entrait – butonnage poutre au vent

- Détermination de la section // élancement limite pièces contreventement : $\lambda < 180$

$$L_{f, \text{selon } h} = 2.924m ; L_{f, \text{selon } b} = 13.42m$$
$$h \geq \frac{2924}{\sqrt{\frac{1}{12}} \times 180} = 57mm ; b \geq \frac{13420}{\sqrt{\frac{1}{12}} \times 180} = 259mm$$

Section choisie : 260x100ht

- Vérification du flambement

$$N_{ed} = 1.09T \times 1.5 = 1.635T$$

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \text{compression axiale avec risque de flambement}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.24 \text{ MPa} ; k_{mod} = 1.1 ; \gamma_m = 1.3 ; f_{c,0,d} = 17.8 \text{ MPa}$$

$$k_{cy} = 0.10 \text{ (} L_f \text{ axe fort} = 2924mm, L_f \text{ axe faible} = 13420mm)$$

$$(1) = 35\%$$

L'entrait est bien dimensionné au flambement.

b) Entrait – barre 02

Vérification de l'élément :

Combinaison 4 : 1.35G + 0.75S + 1.5W

Longueur = 2.324m

Section (mm) : 260x100ht

Efforts internes	Appuis	Mi-portée
Ned [daN]	3338	3338
Ved [daN]	47	0
Med [daNm]	0	28

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion} + \text{traction}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 1.28 \text{ MPa} ; \sigma_{m,d} = 0.65 \text{ MPa} ; k_{mod} = 1.1 ; \gamma_m = 1.3$$

$$f_{t,0,d} = 12.8 \text{ MPa} ; f_{m,d} = 20.3 \text{ MPa}$$

$$(1) = 0.100 + 0.032 = 13\%$$

L'élément 02 est stable.

c) Entrait – barre 03

Vérification de l'élément :

Combinaison 4 : 1.35G + 0.75S + 1.5W

Longueur = 2.925m

Section (mm) : 260x100ht

Efforts internes	Appuis	Mi-portée
Ned [daN]	3199	3199
Ved [daN]	59	0
Med [daNm]	0	43

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion} + \text{traction}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 1.23 \text{ MPa} ; \sigma_{m,d} = 0.99 \text{ MPa} ; k_{mod} = 1.1 ; \gamma_m = 1.3$$

$$f_{t,0,d} = 12.8 \text{ MPa} ; f_{m,d} = 20.3 \text{ MPa}$$

$$(1) = 0.096 + 0.049 = 14.5\%$$

L'élément 03 est stable.

d) Entrait – barres 04+05+06

Vérification de l'élément :

Combinaison 4 : 1.35G + 0.75S + 1.5W

Longueur = 2.925m

Section (mm) : 260x100ht

Efforts internes	Appuis	Mi-portée
Ned [daN]	2824	2824
Ved [daN]	66	0
Med [daNm]	0	50

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion} + \text{traction}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 1.09 \text{ MPa} ; \sigma_{m,d} = 1.15 \text{ MPa} ; k_{mod} = 1.1 ; \gamma_m = 1.3$$

$$f_{t,0,d} = 12.8 \text{ MPa} ; f_{m,d} = 20.3 \text{ MPa}$$

$$(1) = 0.085 + 0.057 = 14.2\%$$

L'élément 04+05+06 est stable.

e) Fiche / arbalétrier – barre 16

Combinaison 3 : 1.35G + 1.5S + 0.9W

Longueur = 2.005m

Section (mm) : 90x120ht

Efforts internes	
Ned [daN]	-2399
Ved [daN]	0
Med [daNm]	0

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \text{compression axiale avec risque de flambement}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2.22 \text{ MPa} ; k_{mod} = 0.9 ; \gamma_m = 1.3 ; f_{c,0,d} = 14.5 \text{ MPa}$$

$$k_{cy} = 0.48 \text{ (Lf axe fort} = 2005\text{mm, Lf axe faible} = 2005\text{mm)}$$

$$(1) = 32\%$$

L'élément 16 est stable.

f) Fiche – barre 19

Combinaison 3 : 1.35G + 1.5S + 0.9W

Longueur = 1.881m

Section (mm) : 90x90ht

Efforts internes	
Ned [daN]	-310
Ved [daN]	0
Med [daNm]	0

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \text{compression axiale avec risque de flambement}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.38 \text{ MPa} ; k_{mod} = 0.9 ; \gamma_m = 1.3 ; f_{c,0,d} = 14.5 \text{ MPa}$$

$$k_{cy} = 0.53 \text{ (Lf axe fort} = 1881\text{mm, Lf axe faible} = 1881\text{mm)}$$

$$(1) = 5\%$$

L'élément 19 est stable.

g) Arbalétrier – barre 11

Combinaison 3 : 1.35G + 1.5S + 0.9W

Longueur = 2.566m

Section (mm) : 90x120ht

Efforts internes	Appuis	Mi-portée
Ned [daN]	-1969	-1969
Ved [daN]	111	0
Med [daNm]	0	71

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \times k_h \times k_{crit}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion avec déversement + compression}$$

$$(2) \rightarrow \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \times k_h \times k_{crit}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion avec déversement}$$

$$(3) \rightarrow \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \times k_h} \leq 1 \rightarrow \text{flexion sans déversement + compression}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 3.29 \text{ MPa} ; \sigma_{c,0,d} = 1.82 \text{ MPa} ; k_{mod} = 0.9 ; \gamma_m = 1.3$$

$$k_h = 1.05 ; k_{ls} = 1 (\text{effet système non pris en compte}) ; k_{crit} = 1$$

$$k_{cy} = 0.31 (L_f \text{ axe fort} = 2566 \text{ mm}, L_f \text{ axe faible} = 2566 \text{ mm})$$

$$f_{m,z,d} = 16.6 \text{ MPa} ; f_{c,0,d} = 14.5 \text{ MPa}$$

$$(1) = 0.189^2 + 0.405 = 44.1\%$$

$$(2) = 18.9\%$$

$$(3) = 0.405 + 0.189 = 59.4\%$$

L'élément 11 est stable.

h) Arbalétrier – barre 12

Combinaison 3 : 1.35G + 1.5S + 0.9W

Longueur = 2.566m

Section (mm) : 90x120ht

Efforts internes	Appuis	Mi-portée
Ned [daN]	-1663	-1663
Ved [daN]	111	0
Med [daNm]	0	71

Vérifications ELU :

$$(1) \rightarrow \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \times k_h \times k_{crit}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion avec déversement + compression}$$

$$(2) \rightarrow \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \times k_h \times k_{crit}} \leq 1 \rightarrow \text{flexion avec déversement}$$

$$(3) \rightarrow \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \times k_h} \leq 1 \rightarrow \text{flexion sans déversement + compression}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 3.29 \text{ MPa} ; \sigma_{c,0,d} = 1.54 \text{ MPa} ; k_{mod} = 0.9 ; \gamma_m = 1.3$$

$$k_h = 1.05 ; k_{ls} = 1 (\text{effet système non pris en compte}) ; k_{crit} = 1$$

$$k_{cy} = 0.31 (L_f \text{ axe fort} = 2566 \text{ mm}, L_f \text{ axe faible} = 2566 \text{ mm})$$

$$f_{m,z,d} = 16.6 \text{ MPa} ; f_{c,0,d} = 14.5 \text{ MPa}$$

$$(1) = 0.189^2 + 0.343 = 37.9\%$$

$$(2) = 18.9\%$$

$$(3) = 0.343 + 0.189 = 53.2\%$$

L'élément 12 est stable.

X. Conclusion

Les nouvelles fermes servant de buton à la poutre au vent dans les zones unités de vie sont bien dimensionnées. Les sections des bois seront les suivantes :

- Entraits : 260x150ht (hauteur augmentée par rapport au calcul pour des raisons de contraintes d'assemblage)
- Fiches : 90x90ht
- Arbalétriers : 90x120ht