

VANNES, le mercredi 27 avril 2022

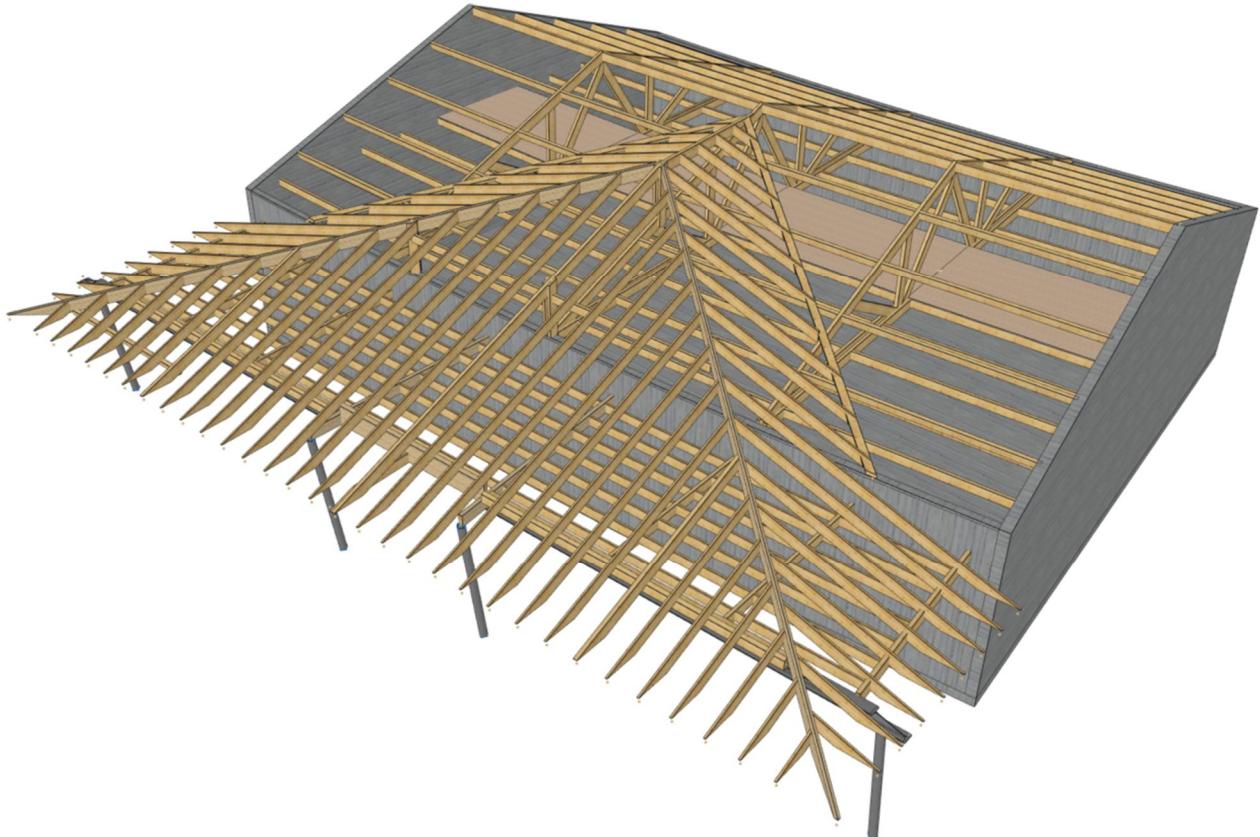
EHPAD

M. Guillo Yohan
2 rue des Chênes
56890 MEUCON

MISSION D'INGENIERIE STRUCTURE BOIS – IND 0

Note de calculs des renforcements des auvents

EHPAD RESIDENCE MAREVA – 56890 MEUCON



MAITRE D'OUVRAGE

EHPAD RESIDENCE MAREVA

2 rue des Chênes
56890 MEUCON

SOMMAIRE

1 PRINCIPALES REGLES ET NORMES CONCERNEES PAR LES CALCULS	3
1.1 Matériaux bois	3
1.2 Matériaux acier : S235 :	4
2 HYPOTHESES DE CALCUL	4
2.1 Charges permanentes	4
2.2 Charges d'exploitation	5
2.3 Charges climatiques	5
3 RESULTATS DE CALCULS	7
3.1 Ramasse chevrons auvent 63x175mm	7
3.2 Arétiers auvent	9
3.3 Ramasse poutre auvent	11
3.4 Entaille des chevrons porteurs (37x225mm)	12
3.5 Fixation poutre de rive BLC 80x450mm	13
3.6 Fixation solives de sous-face des auvents	14
3.7 Fixation des poutres de rive BM 75x225mm sur HEA200 (fourrure bois)	14
3.8 Assemblage poteaux moisés des arétiers	15
3.9 Assemblage diagonale-gousset CTBX du faîte (ferme)	16
4 ANNEXES	17

1 Principales règles et normes concernées par les calculs

L'intégralité des calculs a été mené sur logiciels internes ou sur Acord-Bat3D, version 6.

Règles CB 71

NF P 06-001 : Base de calculs des constructions - Charges d'exploitation des bâtiments

NF P 06-002 – Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions (selon modificatif n°3 – avril 2000)

Guide pratique de conception et de mise en œuvre des charpentes en bois lamellé-collé

Règles CM66

1.1 Matériaux bois

1.1.1 Classe d'emploi

Classe d'emploi 2 pour tous les bois intérieurs et à l'abri

Classe d'emploi 3 pour les bois susceptibles d'être humidifiés

1.1.2 Bois massif : résineux, classe de résistance C22 :

Contrainte admissible de flexion	:	$\sigma_f = 110 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de compression axiale	:	$\sigma'a = 95 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de compression transversale	:	$\sigma't = 23 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de cisaillement	:	$\tau = 11 \text{ daN/m}^2$
Module d'élasticité	:	$E = 100\,000 \text{ daN/cm}^2$
Masse volumique	:	$\rho = 420 \text{ daN/m}^3$
Humidité du bois	:	$H = 15\% ; \Delta H = 5\%$

1.1.3 Bois lamellé collé : résineux, classe de résistance GL24h :

Contrainte admissible de flexion	:	$\sigma_f = 109 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de compression axiale	:	$\sigma'a = 109 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de traction axiale	:	$\sigma'a = 75 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de compression transversale	:	$\sigma't = 24 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de cisaillement	:	$\tau = 12 \text{ daN/m}^2$
Module d'élasticité	:	$E = 105\,000 \text{ daN/cm}^2$
Masse volumique	:	$\rho = 440 \text{ daN/m}^3$
Humidité du bois	:	$H = 12\% ; \Delta H = 5\%$

1.1.4 Contreplaqué CTBX Okoumé

Contrainte admissible de flexion	:	$\sigma_f = 124 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de cisaillement dans le plan	:	$\tau_v = 36 \text{ daN/m}^2$
Contrainte admissible de cisaillement roulant	:	$\tau_r = 15 \text{ daN/m}^2$
Humidité du bois	:	$H = 15\% ; \Delta H = 5\%$

1.1.5 Panneaux de longues lamelles orientées, OSB3 d'épaisseur 18 à 25 mm compris :

Contrainte admissible de flexion perpendiculairement au fil du bois	: $\sigma = 24 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de flexion parallèlement au fil du bois	: $\sigma = 48 \text{ daN/cm}^2$
Contrainte admissible de cisaillement dans le plan	: $\tau_v = 22 \text{ daN/m}^2$
Contrainte admissible de cisaillement roulant	: $\tau_r = 3 \text{ daN/m}^2$
Humidité du bois : $H = 15\% - \Delta H = 5\%$	

1.2 Matériaux acier : S235 :

Contrainte admissible	: $\sigma = 2\ 350 \text{ daN/cm}^2$
Module d'élasticité	: $E = 2\ 060\ 000 \text{ daN/cm}^2$
Masse volumique	: $\rho = 7\ 850 \text{ daN/m}^3$

1.2.1 Boulonnnerie

Classe de résistance : acier 6.8 et 8.8

2 Hypothèses de calcul

2.1 Charges permanentes

2.1.1 Toiture bâtiment principal

Ardoises sur voliges	: 28	daN/m ²
Chevrons 42x63, esp. 50 cm	: 2,5	daN/m ²
Pannes 63x175, esp. 1,45 m	: 3	daN/m ²
Divers	: 3	daN/m ²
Total G	: 36,5	daN/m²

2.1.2 Toiture auvent

Ardoises sur voliges	: 28	daN/m ²
Chevrons porteurs 37x225, esp. 60 cm	: 6	daN/m ²
Divers	: 3	daN/m ²
Total G	: 37	daN/m²

2.1.3 Plafond bâtiment principal (compris plancher technique)

OSB 18 mm	: 12	daN/m ²
Solivage 63x175 mm, esp. 44 cm	: 10,5	daN/m ²
Isolation Laine de verre 20 cm	: 2,5	daN/m ²
Plafond BA13 + oss. métallique	: 18	daN/m ²
Divers	: 5	daN/m ²
Total G	: 48	daN/m²

2.1.4 Plafond bâtiment principal (hors plancher technique)

Solivage 63x175 mm, esp. 1,18 m	: 4	daN/m ²
---------------------------------	-----	--------------------

Isolation Laine de verre 20 cm	: 2,5	daN/m ²
Complément isolation LdV soufflée 50 cm	: 5,5	daN/m ²
Plafond BA13 + oss. métallique	: 18	daN/m ²
Divers	: 5	daN/m ²
Total G	: 35	daN/m²

2.1.5 Sous-face auvent

Solivage 37x200, esp 50 cm	: 6	daN/m ²
Lambris PVC	: 2	daN/m ²
Divers	: 3	daN/m ²
Total G	: 11	daN/m²

2.2 Charges d'exploitation

Combles non aménageables, accessibles avec plancher : **100 daN/m²** dont 20% de charge de longue durée

2.3 Charges climatiques

2.3.1.1 Neige

Région A1 : 35 daN/m²

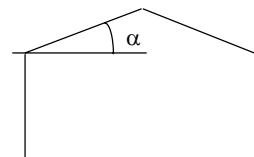
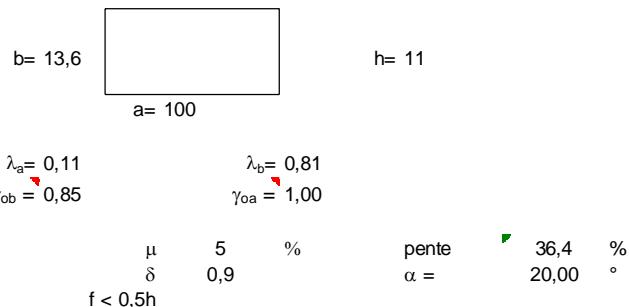
2.3.1.2 Vent

Vent	Zone 3	Site normal	k_s	1,00
			q_H/q_{10}	1,00
Charges =				75,0 daN/m ²

a) Vent sur bâtiment principal

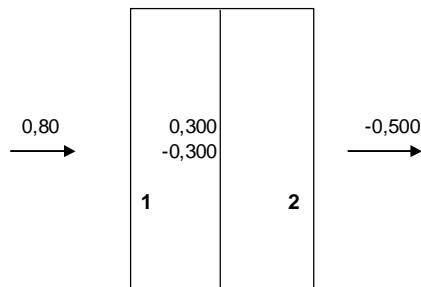
Calcul des coefficients de vent:

caractéristiques dimensionnelles:

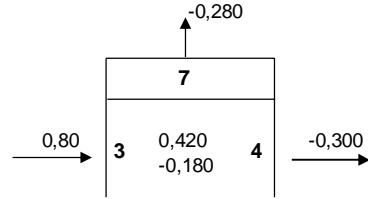
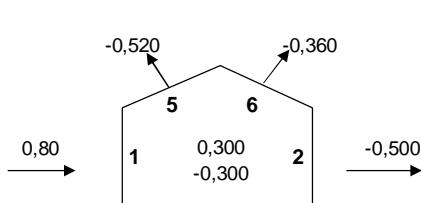
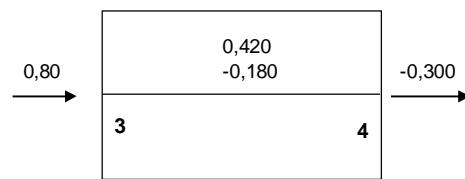


Coefficients de pression

Vent long pan



Pignon



Calculs des surcharges de vent

Vent transversal, surpression intérieure

Sur parois :

$$P_v(1) = 33,8 \text{ daN/m}^2$$

$$P_v(2) = -54,0 \text{ daN/m}^2$$

En toiture :

$$P_v(5) = -55,4 \text{ daN/m}^2$$

$$P_v(6) = -44,6 \text{ daN/m}^2$$

Vent transversal, dépression intérieure

Sur parois :

$$P_v(1) = 74,3 \text{ daN/m}^2$$

$$P_v(2) = -13,5 \text{ daN/m}^2$$

En toiture :

$$P_v(5) = -14,9 \text{ daN/m}^2$$

$$P_v(6) = -4,1 \text{ daN/m}^2$$

Vent longitudinal, surpression intérieure

Sur parois :

$$P_v(3) = 25,7 \text{ daN/m}^2$$

$$P_v(4) = -48,6 \text{ daN/m}^2$$

En toiture :

$$P_v(7) = -47,3 \text{ daN/m}^2$$

Vent longitudinal, dépression intérieure

Sur parois :

$$P_v(3) = 66,2 \text{ daN/m}^2$$

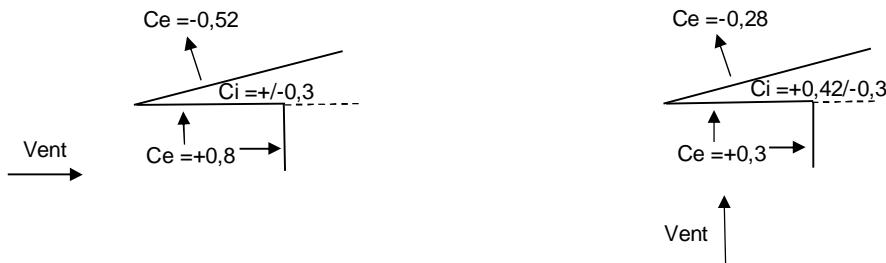
$$P_v(4) = -8,1 \text{ daN/m}^2$$

En toiture :

$$P_v(7) = -6,8 \text{ daN/m}^2$$

b) Vent sur auvent

Coefficient de pression



Calculs des surcharges de vent

Vent transversal, surpression intérieure

En toiture :

$$P_v = -55,4 \text{ daN/m}^2$$

En sous-face auvent :

$$P_v = 33,8 \text{ daN/m}^2$$

Vent transversal, dépression intérieure

En toiture :

$$P_v = -14,9 \text{ daN/m}^2$$

En sous-face auvent :

$$P_v = 74,3 \text{ daN/m}^2$$

Vent longitudinal, surpression intérieure

En toiture :

$$P_v = -39,2 \text{ daN/m}^2$$

En sous-face auvent :

$$P_v = -48,6 \text{ daN/m}^2$$

Vent longitudinal, dépression intérieure

En toiture :

$$P_v = 1,4 \text{ daN/m}^2$$

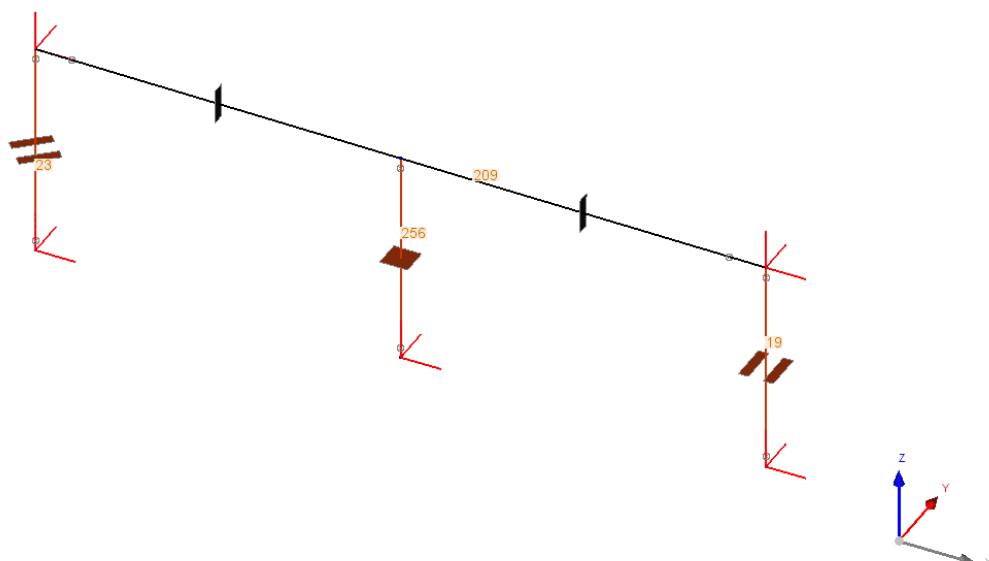
En sous-face auvent :

$$P_v = 40,5 \text{ daN/m}^2$$

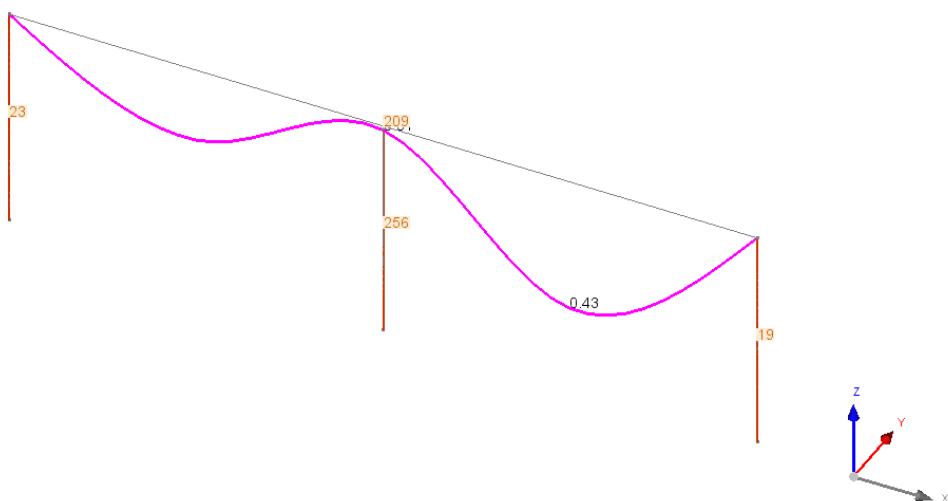
3 Résultats de calculs

3.1 Ramasse chevrons auvent 63x175mm

Vérification du ramasse chevron avec ajout d'un potelet intermédiaire.



Numérotation des barres

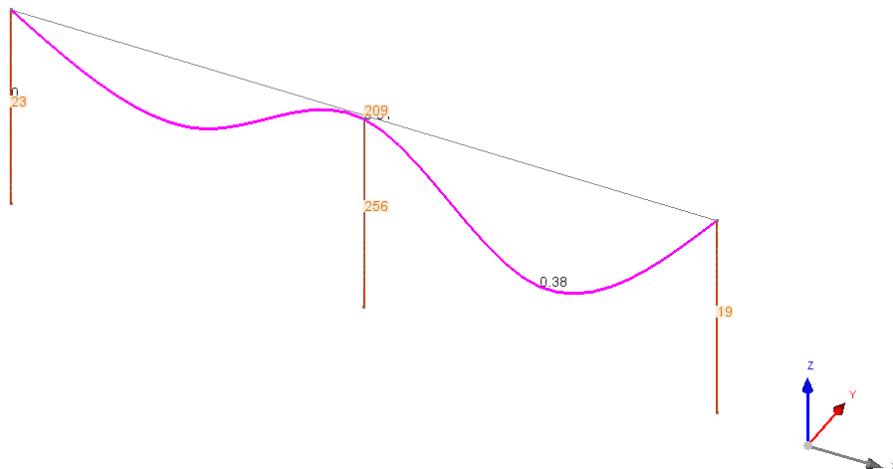


Déformation des entrails en rose (en mm) sous charges permanentes G

Le coefficient de flUAGE du ramasse panne est le suivant :

$$\theta = 1 + \left[\frac{\frac{H+\Delta H}{12}}{1 - \frac{\Delta H - 5}{15 + \Delta H}} \cdot \frac{\sigma_{fa}}{\sigma_{f\alpha}} \right] = 1 + \left[\frac{\frac{15+5}{12}}{1 - \frac{5-5}{15+5}} \cdot \frac{1.4}{110} \right] = 1$$

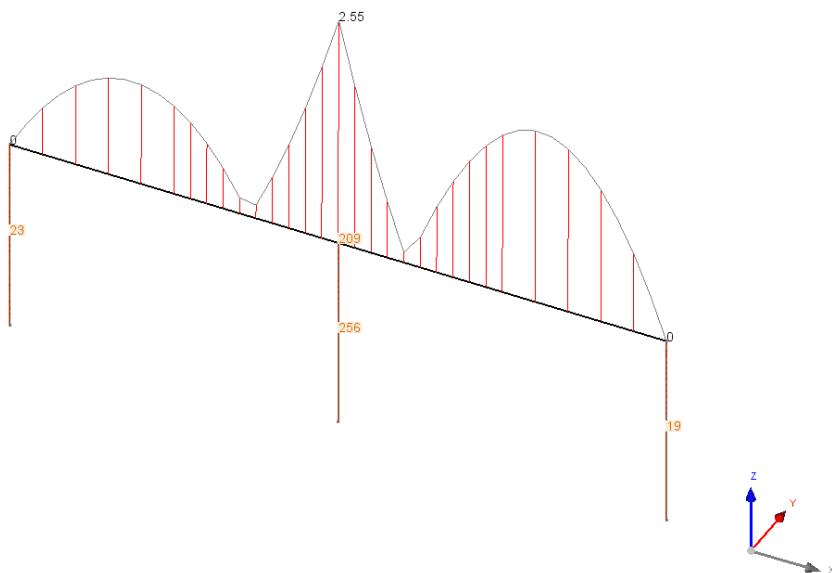
La flèche sous charges permanentes G incluant le coefficient de flUAGE est donc de $0.43 \times 1 = 0.43\text{mm}$.



Déformation de arbalétriers (en mm) sous charge de neige N

La déformation totale sous combinaison $G+N$ est donc $f_T = 0.43 + 0.38 = 0.81\text{ mm}$ soit : portée/ $f_T = 1840/0.81 = 1/2271^{\text{e}}$ de la portée. La flèche étant limitée au $1/300^{\text{e}}$ de la portée.

La contrainte de flexion sous combinaison G+N (combinaison la plus défavorable) est donnée sur l'image ci-dessous :



Contrainte de flexion sous combinaison G+N (25,5 daN/cm² max)

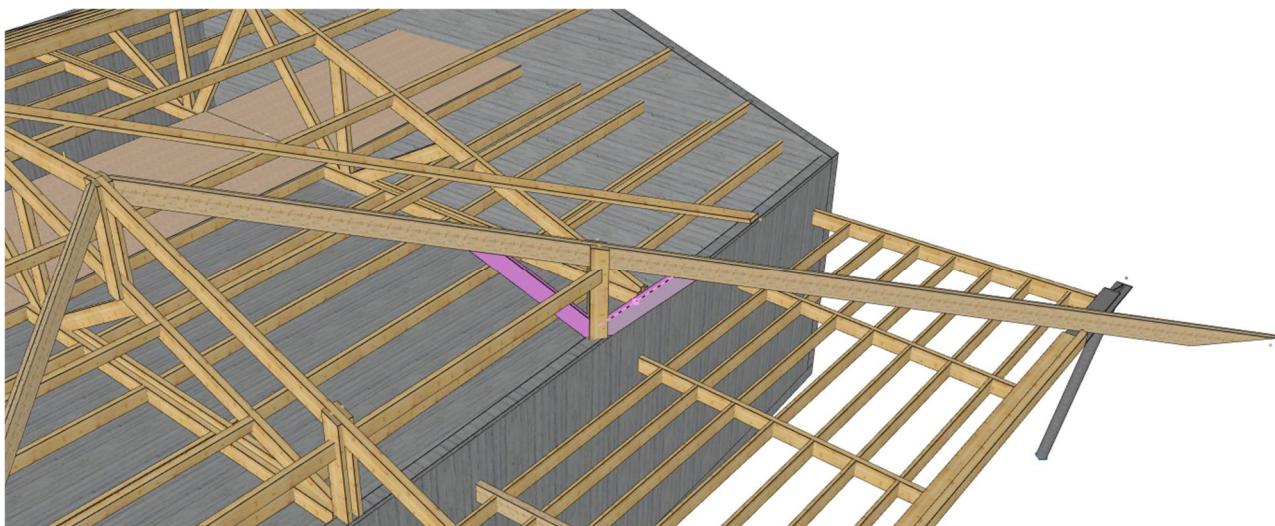
La contrainte de flexion admissible est donc la suivante :

$$\sigma = \sigma_{\text{adm}} \times k_h \text{ avec } \sigma_{\text{adm}} = 109 \text{ daN/cm}^2 \text{ et } k_h = (-0,04/3) \times (h - 15) + 1 ; h = 17,5 \text{ cm}$$

$$\sigma = 110 \times 0.97 = 106 \text{ daN/cm}^2 > \sigma_{\text{calcul}} (=25,5 \text{ daN/cm}^2) / \text{CONFORME}$$

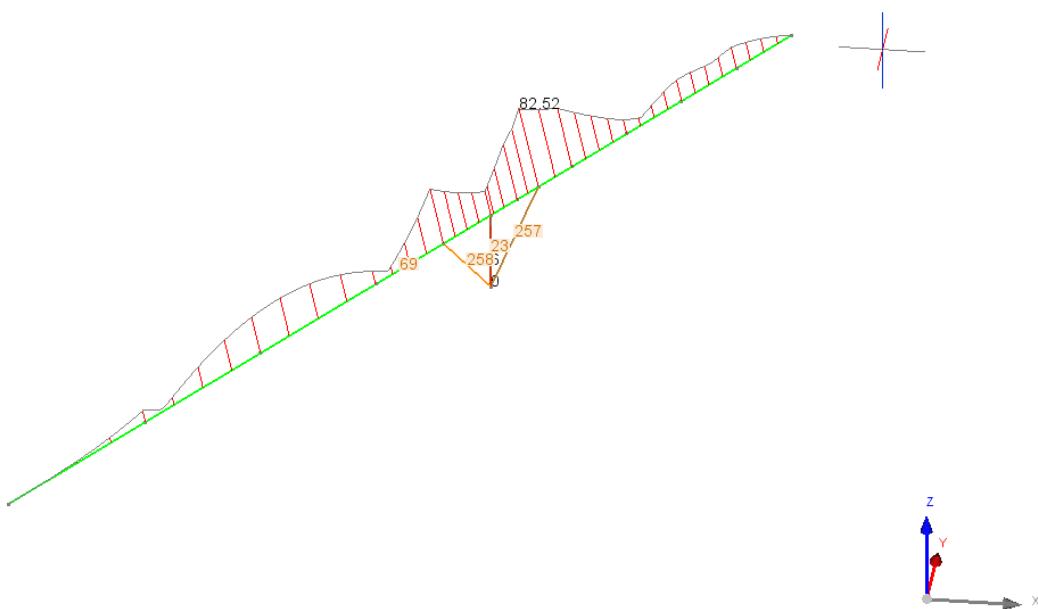
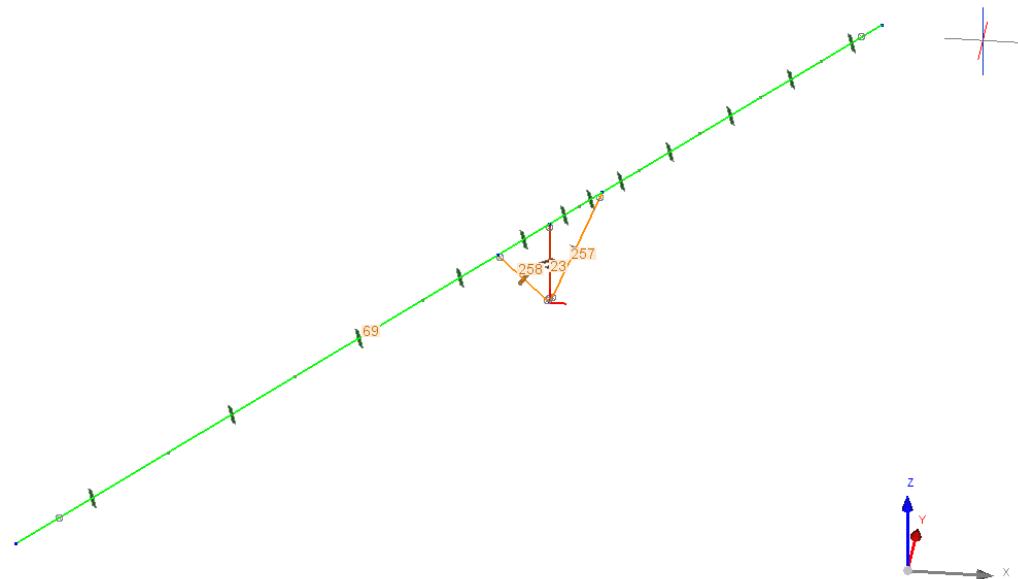
Les ramasses pannes avec appui central ajouté sont correctement dimensionnés en contrainte et déformation vis-à-vis des normes et réglementations de l'époque.

3.2 Arêtiers auvent



Préconisation de renforcement des arêtiers via ajout de jambes de force (en rose)

Vérification de l'arêtier avec ajout de deux jambes de force BM 80X200mm.
(Le but étant de diminuer la contrainte de flexion actuelle)



Contrainte de flexion sous combinaison G+N (85,5 daN/cm² max)

La contrainte de flexion admissible est donc la suivante :

$$\sigma = \sigma_{\text{adm}} \times k_h \text{ avec } \sigma_{\text{adm}} = 109 \text{ daN/cm}^2 \text{ et } k_h = (-0,04/3) \times (h - 15) + 1 ; h = 17,5 \text{ cm}$$

$$\sigma = 110 \times 0.97 = 106 \text{ daN/cm}^2 > \sigma_{\text{calcul}} (=85,5 \text{ daN/cm}^2) / \text{CONFORME}$$

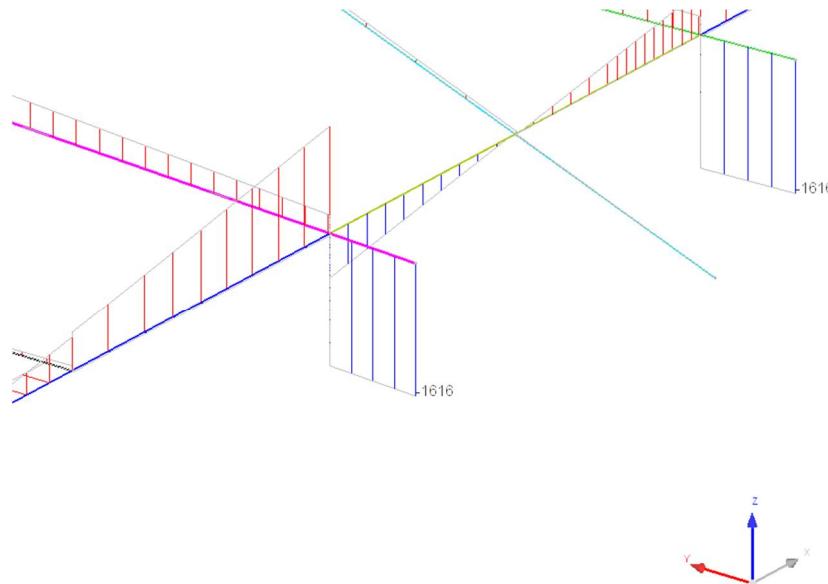
Les arêtiers avec ajout de jambes de force sont correctement dimensionnés en contrainte et déformation vis-à-vis des normes et réglementations de l'époque.

3.3 Ramasse poutre auvent

Remplacement des poutres existantes par des BLC 80x315mm.

Une des principales vérifications à réaliser pour cet élément aux vues de sa configuration sur site est le cisaillement au niveau de l'entaille.

Sous combinaison G+N, l'effort tranchant au niveau de l'appui avec le poteau métallique (non représenté dans le modèle de calcul) est de **1616 daN**.



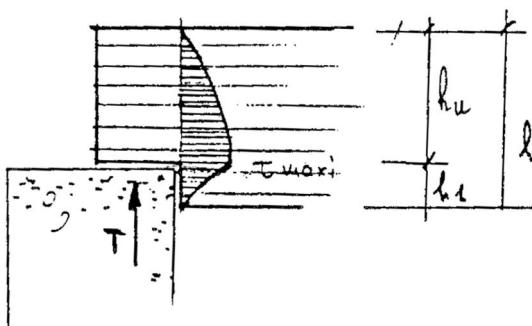
Effort tranchant sur LC 80x315 sous combinaison G+N

Vérification de la contrainte de cisaillement sur une **section pleine** (80x315mm)

$$\tau = 1,5 \times T / (b \cdot h) = 1,5 \times 1611 / (8 \cdot 31,5) = 9,6 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{\text{adm}} (=13 \text{ daN/cm}^2)$$

La section de 80x315mm est donc conforme vis-à-vis de l'effort de cisaillement à reprendre.

Vérification de la possibilité de réaliser une entaille :



$$h_1 = 315 - 245 = 70 \text{ mm}$$

$$\tau = 1,5 \times T / (b \cdot h_u \cdot k)$$

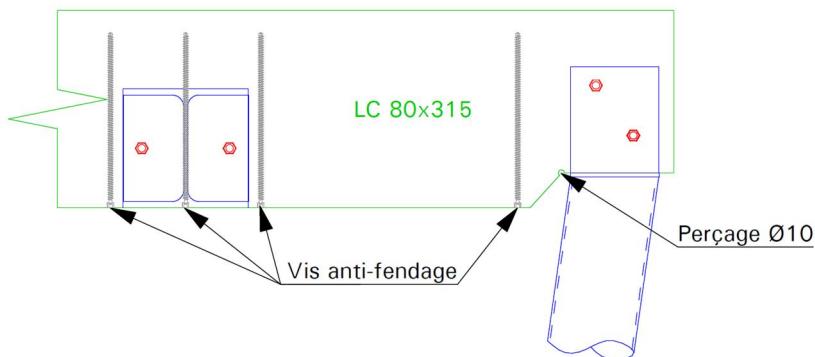
Avec :

$$T = \text{effort tranchant} = 1616 \text{ daN}$$

$$k = 1 - 2,8 \times h_1 / h = 1 - 2,8 \times 70 / 315 = 0,38$$

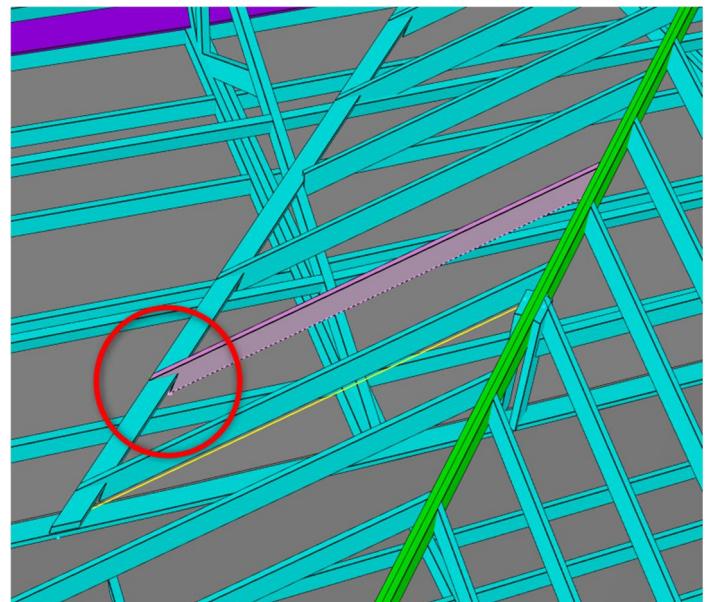
Une entaille sera envisageable, moyennant un renforcement par vissage.

Les poutres présentant des ruptures seront déposées et remplacées par des poutres lamellées collé GL24h de section 80x315. Il conviendra de ne pas entailler les poutres dans leur partie tendue (partie basse). Si une adaptation sur chantier doit être réalisée une coupe en sifflet sur la partie haute de la poutre sera privilégiée. Si toutefois une entaille était indispensable elle ne dépassera pas 50 mm. Pour limiter l'effet de concentration de contraintes au droit de l'entaille, un perçage sera réalisé et une vis anti-fendage mise en place.



PRECONISATIONS DE RENFORCEMENT

3.4 Entaille des chevrons porteurs (37x225mm)



Renforcement de toutes les entailles en about de chevrons porteurs (liaisons avec la noue).

Efforts à reprendre :

Réactions d'appuis verticales CP : 83 daN

Réaction d'appuis N : 53 daN

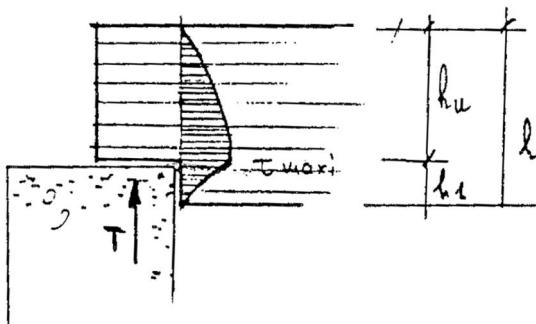
Réaction d'appuis verticales V : 83 daN

Effort descendant max : 136 daN (G+N)

Effort ascendant max : -61 daN

Vérification de l'entaille

$$h_1 = 225 - 70 = 155 \text{ mm}$$



$$\tau = 1,5 \times T / (b \cdot h_u \cdot k)$$

Avec :

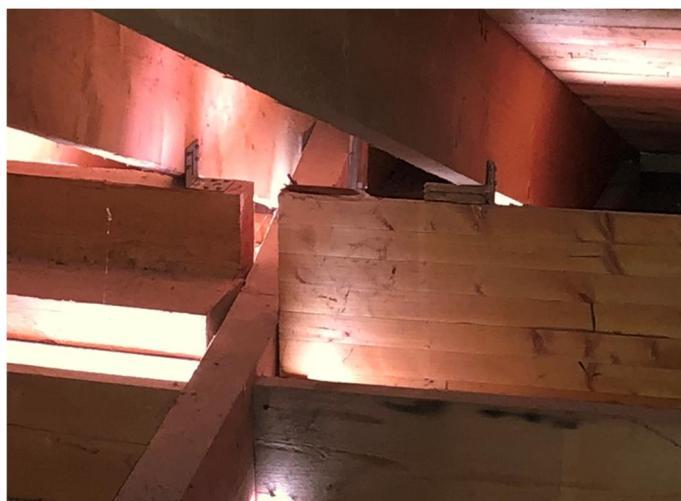
$$T = \text{effort tranchant} = 136 \text{ daN}$$

$$k = 1 - 2,8 \times h_1/h = 1 - 2,8 \times 155/225 = -0,93$$

Le coefficient k étant inférieur à 0,3, le calcul au CB71 ne permet pas de vérifier la poutre avec une telle entaille. Elle doit obligatoirement être renforcée.

Compte-tenu de la faible largeur des chevrons porteurs, nous préconisons un renforcement via l'ajout de flasques en CTBX ép.15mm pointés latéralement plutôt qu'un vissage transversal.

3.5 Fixation poutre de rive BLC 80x450mm



Confortement des assemblages en about de poutre

Efforts à reprendre :

Réactions d'appuis verticales CP : 226 daN

Réaction d'appuis N : 190 daN

Réaction d'appuis verticales V : -320 daN

Effort descendant max : 416daN

Effort ascendant max : -236 daN

Assemblage à assurer via sabot SIMPSON GLE 720/86/2.5 (clouage partiel)

R1,k = 3070 daN

R1,d = 1416 daN > 416 daN

R2,k = 2760 daN

R2,d = 1273 daN > 236 daN

Taux de travail de l'assemblage : 29%

3.6 Fixation solives de sous-face des auvents

Efforts à reprendre :

Réactions d'appuis verticales CP : 15 daN

Réaction d'appuis N : 0 daN

Réaction d'appuis verticales V : -43 daN

Effort descendant max : 58 daN

Effort ascendant max : -55 daN

Assemblage à assurer via sabot SIMPSON SAE 300/40/2 (clouage partiel)

$R_{1,k} = 870 \text{ daN}$

$R_{1,d} = 401 \text{ daN} > 58 \text{ daN}$

$R_{2,k} = 650 \text{ daN}$

$R_{2,d} = 300 \text{ daN} > 55 \text{ daN}$

Taux de travail de l'assemblage : 18%

3.7 Fixation des poutres de rive BM 75x225mm sur HEA200 (fourrure bois)

Efforts à reprendre :

Réactions d'appuis verticales CP : 385 daN

Réaction d'appuis N : 260 daN

Réaction d'appuis verticales V : -380 daN

Effort descendant max : 645 daN (G+N)

Effort ascendant max : -220 daN

Assemblage à assurer via sabot SIMPSON SAE 380/80/2 (clouage total)

$R_{1,k} = 2040 \text{ daN}$

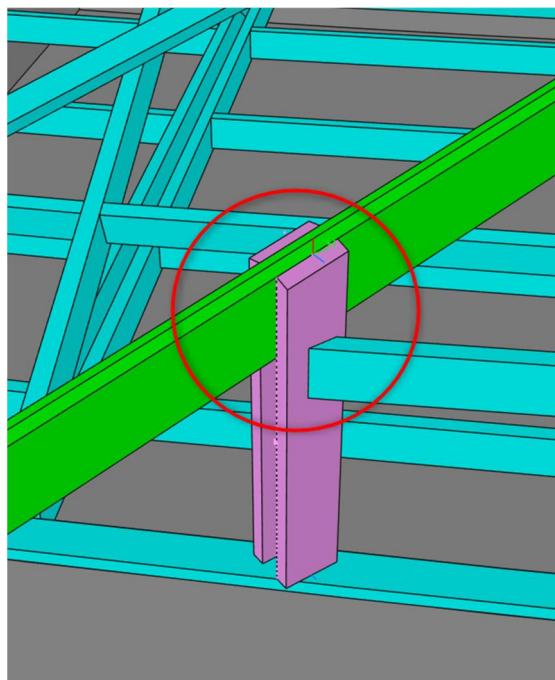
$R_{1,d} = 941 \text{ daN} > 645 \text{ daN}$

$R_{2,k} = 1560 \text{ daN}$

$R_{2,d} = 720 \text{ daN} > 220 \text{ daN}$

Taux de travail de l'assemblage : 68%

3.8 Assemblage poteaux moisés des arêtiers



Confortement d'assemblage entre poteaux moisés et arêtiers

Efforts à reprendre :

Réactions d'appuis verticales CP : 1064 daN

Réaction d'appuis N : 850 daN

Réaction d'appuis verticales V : -1422 daN

Effort descendant max : 1916 daN (G+N)

Effort ascendant max : -1017daN

Assemblage à assurer par vissage bois/bois (Vis type WURTH ASSY SK 8x120mm)

Fvrd vis ø8x100 = 177 daN

Neff vis / moise = (Effort/2) / Fvrd vis

Neff vis / moise = 5,4 vis

Soit 6 vis ASSY SK ø8x120mm par moises.

Taux de travail de l'assemblage : 90%

L'effort potentiellement repris par contact entre la fourrure centrale et la sous-face de l'arétier n'est pas considérée au calcul.

3.9 Assemblage diagonale-gousset CTBX du faîtement (ferme)

Rappel :

$$N_t = 3536 \text{ daN}$$

L'assemblage est repris par 6 pointes et 1 boulon M20 sur des goussets CTBX de 18 mm.

La reprise au simple cisaillement d'une pointe dans le gousset CTBX est égale à 55 daN.

La résistance totale des pointes (6 par côté) est donc la suivante $F = 6 \times 2 \times 55 = 660 \text{ daN}$

Le boulon doit donc pouvoir reprendre le reste de l'effort à savoir : $N = 3536 - 660 = 2876 \text{ daN}$

La vérification du boulon en double cisaillement est la suivante :

$$F = 200 \cdot d \cdot \sqrt{2e'} \quad e' : \text{épaisseur des goussets} < \text{épaisseur diagonale}/2 (=75/2=37,5 \text{ mm})$$

$$F = 200 \times 2,0 \sqrt{2} \times 1,8 = 759 \text{ daN} << 2876 \text{ daN}$$

L'assemblage n'est pas vérifié.

La faible épaisseur des goussets et le nombre limité de pointes ne permettent pas d'avoir une capacité résistante suffisante pour reprendre les efforts importants de traction.



Il reste donc un effort N de 2117 daN à reprendre entre les goussets et la diagonale.

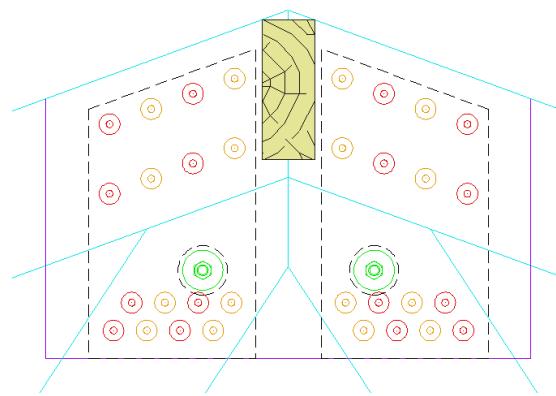
Nous préconisons la mise en place de flasques métalliques ép.6mm assemblées par vis type WURTH Assy 3.0 Kombi AC 8x60mm

$$F_{vrd} \text{ vis } \varnothing 8 \times 60 = 303 \text{ daN}$$

$$N_{eff} \text{ vis / flasque} = (\text{Effort}/2) / F_{vrd} \text{ vis}$$

$$N_{eff} \text{ vis / moise} = 3,5 \text{ vis}$$

Soit 4 vis Assy 3.0 Kombi AC 8x60 par flasques.



Principe de renforcement (vis en alternance d'une face à l'autre)

4 Annexes

- CHB01-IND0-EXE-QSB-EHPAD MEUCON-RENF CHARPENTE-A0-2022-04-27.pdf
- CHB01-IND0-EXE-QSB-EHPAD MEUCON-RENF CHARPENTE-A0-2022-04-27.dwg

Fait à VANNES, le mercredi 27 avril 2022

Christophe OLLIVIER