



VERIFICATION D'UNE STRUCTURE BOIS aux EUROCODES

Janvier 2014

Contexte

Il s'agit dans cette étude de vérifier les composants d'un projet de construction Bois. Le bâtiment étudié est une petite surface commerciale située à Caen, dont la structure porteuse est isostatique dans son sens transversal. Vous trouverez dans le dossier de plans joint, l'ensemble des éléments de conception de ce bâtiment.

La structure porteuse de ce bâtiment est composée de deux poutres transversales à inertie variable (poutres principales) reposant sur un poteau béton en file G et sur un poteau pendulaire bois en file A. Les pannes supportant la couverture sont isostatique et repose sur ces poutres principales.

Les pignons sont des « pans de bois ».

La vérification des éléments de la structure s'effectuera aux EUROCODES, notamment grâce à l'EC5.

Système constructif :

Les assemblages des pannes sur les poutres principales s'effectueront au moyen de boîtier de connexion de marque SimpsonTee (voir annexe).

Les autres assemblages s'effectueront à l'aide de boulons ou de broches.

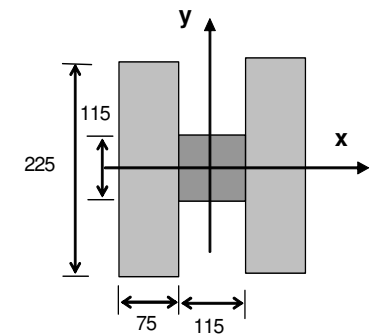
Données géométriques :

Panne :

- BLC GL24h, section 120* 429ht

Poteaux

- poteaux bois moisé en Bois Massif C24 : section 2 x 75* 225ht



Plan du portique :

Les dimensions principales du portique sont de 20,30 m en longueur, par 4.40m en hauteur au faîtage. Leur entr'axe est de 8,88m.

Attention : en raison de la présence des poteaux intermédiaires de long pan, la longueur de chargement des poteaux de portiques, pour les charges horizontale de vent, est de 4,44 m.

Charges à retenir :

Vous utiliserez les valeurs suivantes pour le calcul des éléments :

- | | |
|--|----------------------------------|
| - charge permanente y. c. poids des pannes : | 38 daN/m ² de toiture |
| - charge de neige sur le toit (court terme): | 36 daN/m ² de toiture |
| - charge de vent horizontal sur long pan (court terme) : | 48 daN/m ² |
| - poids propre du bardage double peau en façade : | 30 daN/m ² |

Classe de service

La classe de service retenue est la classe de service 2.

Questions :

Il s'agit d'effectuer la vérification de la structure en vous appuyant sur le cours de structure bois, sur la réglementation Eurocode et sur la littérature mise à votre disposition. Vous aurez notamment à :

1. Représenter sur les plans **fournis les surfaces de chargement** pour les pannes, les poutres principales, les arbalétriers de pignons et les poteaux. Déterminer ensuite la charge verticale sur la fondation en file 2, long Pan A (charge permanente et charge de neige).

Indication : les bacs aciers de toiture couvriront un pan de toiture, ils reposeront donc sur 4 appuis (3 travées)

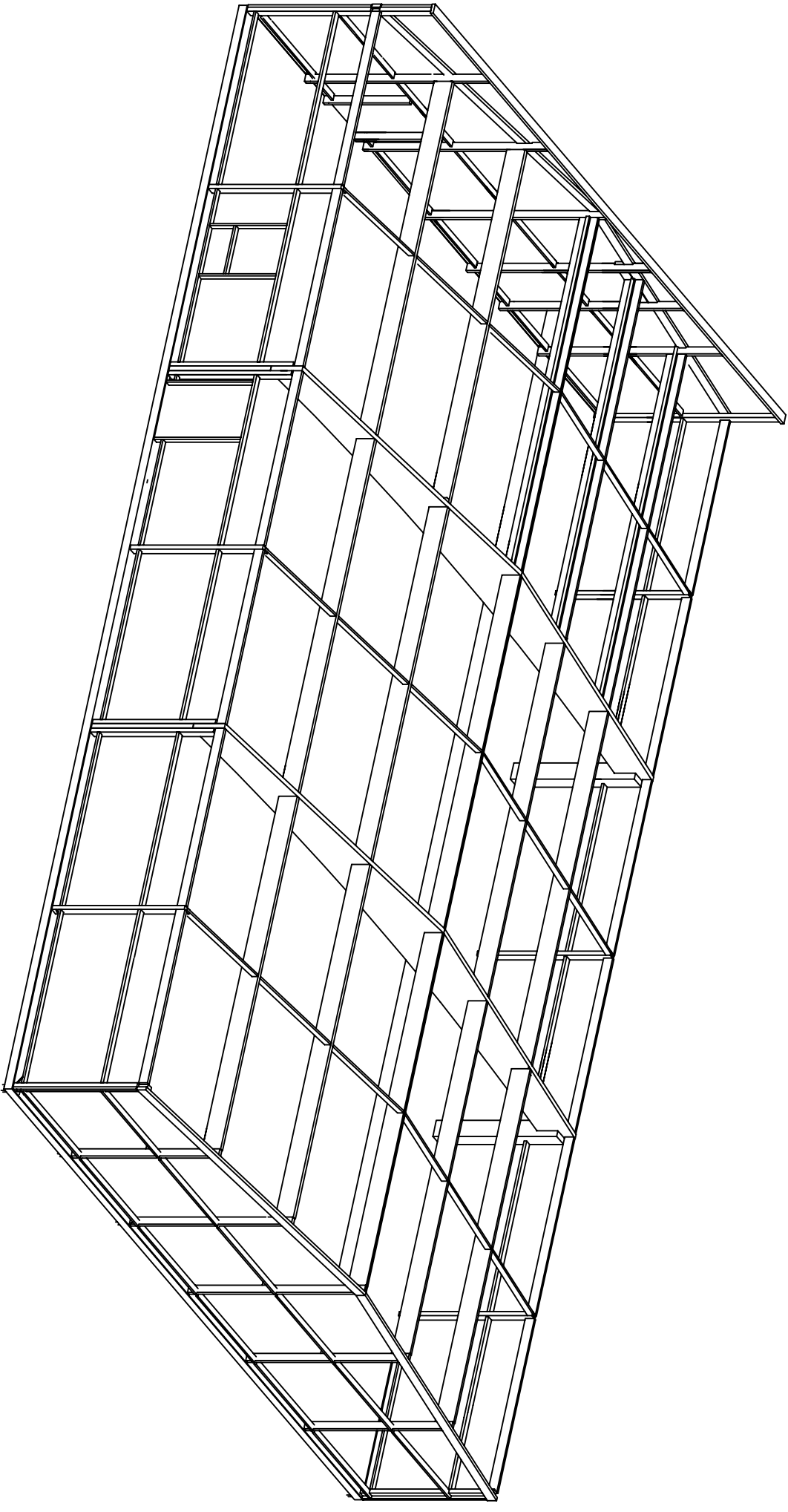
Les plateaux de bardages seront fixés et continus sur 3 appuis (2 travées) : 2 poteaux principaux et 1 poteau intermédiaire en LP

2. Effectuer sur la feuille jointe **la conception du contreventement** du bâtiment, en apportant les explications :
 - a. Dans le sens longitudinal
 - b. Dans le sens transversal

Vous préciserez le matériau utilisé pour les éléments de contreventement.

3. Effectuer **la vérification d'une panne courante** (file F par exemple) :
 - a. Déterminer la charge appliquée sur une panne. En déduire la charge à l'ELU et à l'ELS
 - b. Vérifier l'élément en flexion + déversement : vérification du non dépassement de la résistance en flexion.
 - c. Effectuer la vérification au cisaillement.
 - d. Vérifier que les flèches limites ne sont pas dépassées.
4. Dimensionner l'assemblage entre la panne et la poutre principale (voir doc joint).
5. Effectuer la vérification en flexion + compression du poteau pendulaire, côté file A, sous l'effet de la charge permanente, de la neige et du vent. Vous considérerez pour cela la combinaison d'action la plus défavorable.
6. Bonus (pour ceux qui en redemandent !) : Effectuer la vérification à l'ELU de la poutre principale à inertie variable. Vous vous appuyerez pour cela sur l'extrait bibliographique joint.

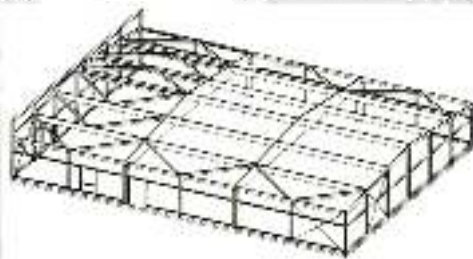
Perspective



STRUCTURE BOIS

VERIFICATION Eurocode 5

ETUDE DE CAS
 BATIMENT de type
 PETITE SURFACE COMMERCIALE



Janvier 2014

Structure Bois

1

Présentation du bâtiment

- Localisation: Caen (Calvados), zone péri-urbaine.
- Petite surface commerciale de 20.31*27.00m.
- Charpente constituée de 3 travées, espacement de 8,90m environ
- Couverture isolée et étanchée sur bacs aciers
- Bardage périphérique en bacs acier double peau



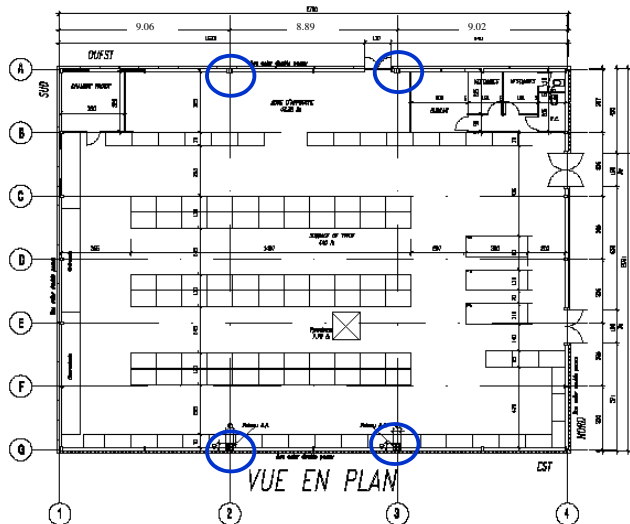
Janvier 2014

Structure Bois

2

Présentation du bâtiment

POTEAUX BOIS MOISES



POTEAUX BETON 40x40

Présentation du bâtiment

A2

FACADE EST



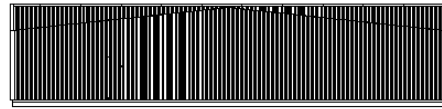
FACADE OUEST



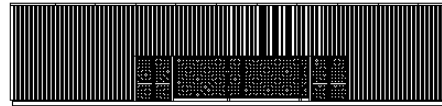
Présentation du bâtiment

FACADE SUD

A3



FACADE NORD



COUPE A-A

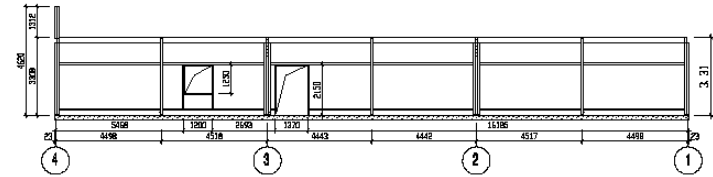
POUTRE LC à inertie variable



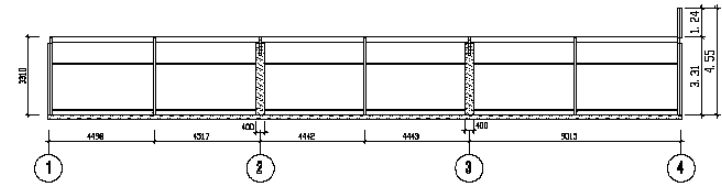
Présentation du bâtiment

Elévation des longs pans

E1.2



LONG PAN FILE (A) (Ouest)

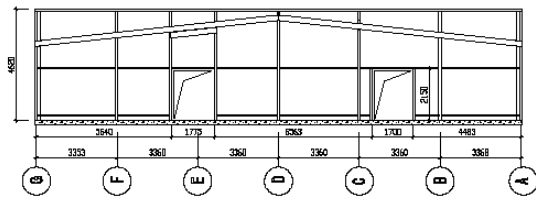


LONG PAN FILE (G) (Est)

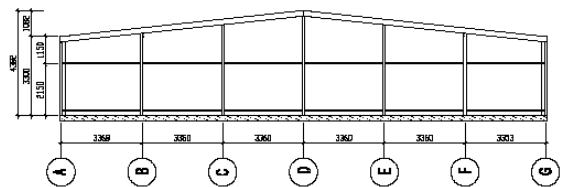
Présentation du bâtiment

Elévation des pignons

E1.3



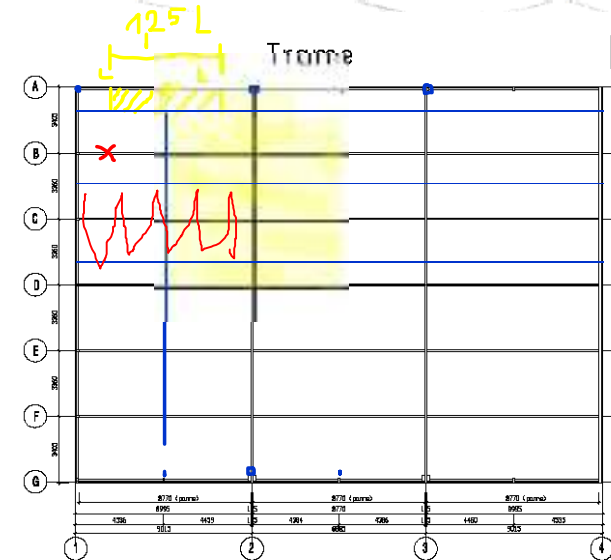
PIGNON FILE (4) (Nord)



PIGNON FILE (1) (Sud)

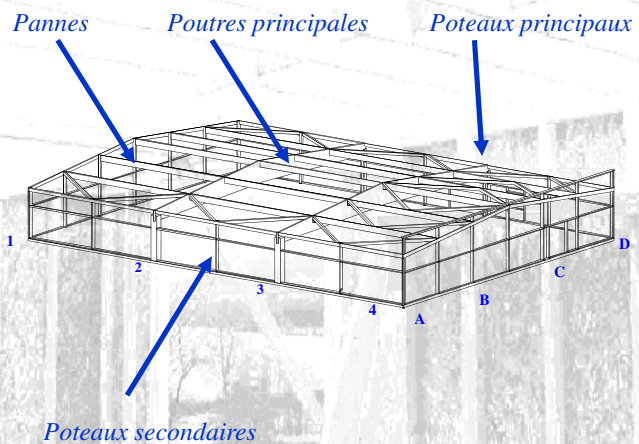
Présentation du bâtiment

E1.1



Janvi

DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS



Janvier 2014

Structure Bois

9

Stabilité du Batiment

Deux stabilités à étudier:

- stabilité transversale: vent qui souffle sur long pans
- stabilité longitudinale: vent qui souffle sur pignons

Janvier 2014

Structure Bois

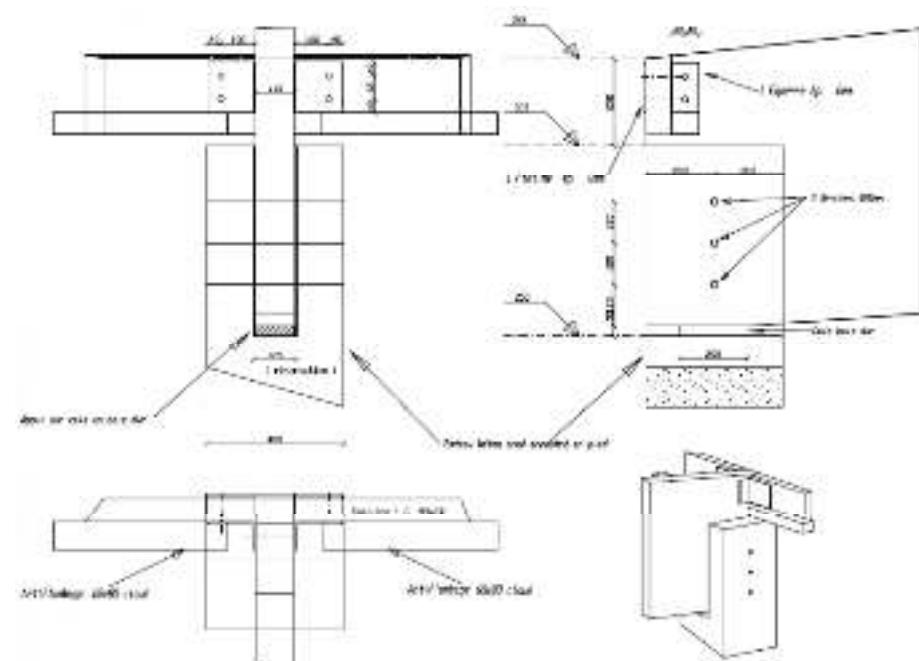
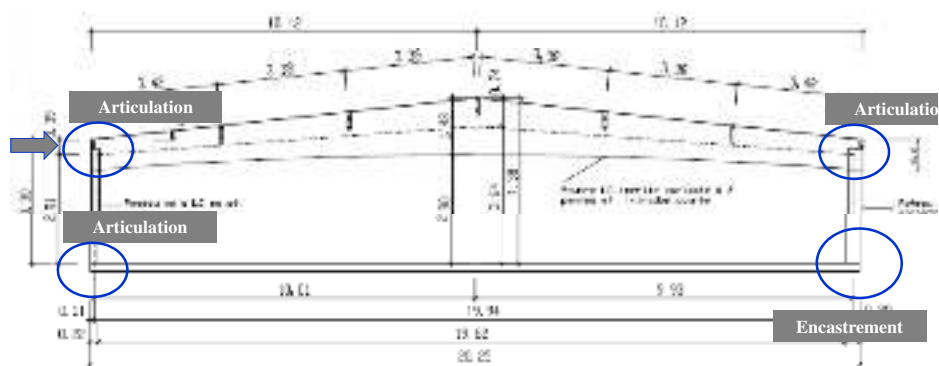
10

Stabilité transversale

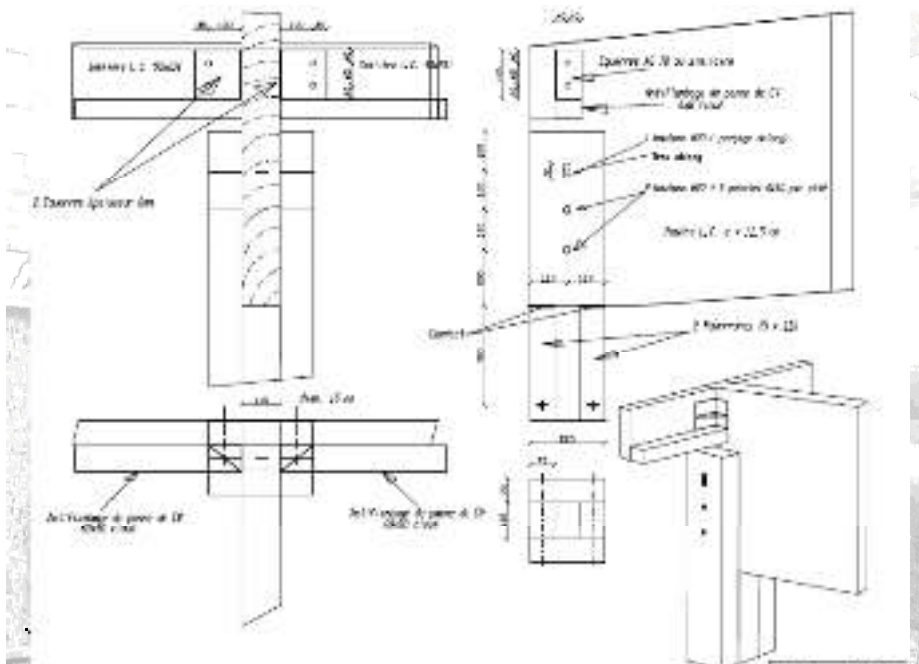
Travée courante: encastrement poteau béton en pied/ portique isostatique

Elévation portique principal

E1.4



DETAIL D'ASSEMBLAGE DU POTEAU BETON, DE LA POUTRE PRINCIPALE et de la PANNE DE RIVE

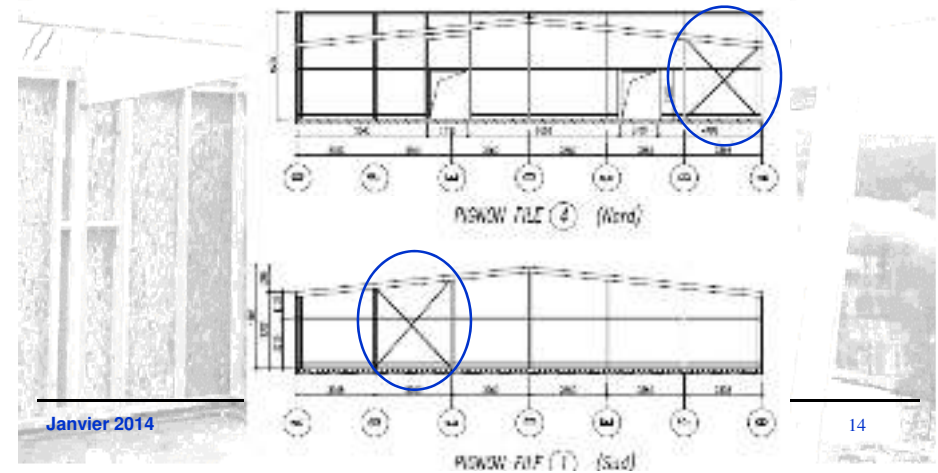


DETAIL D'ASSEMBLAGE DU POTEAU BOIS, DE LA POUTRE PRINCIPALE et de la PANNE DE RIVE

Stabilité transversale

Pignons: palée de stabilité en croix de st André

Élévation des pignons



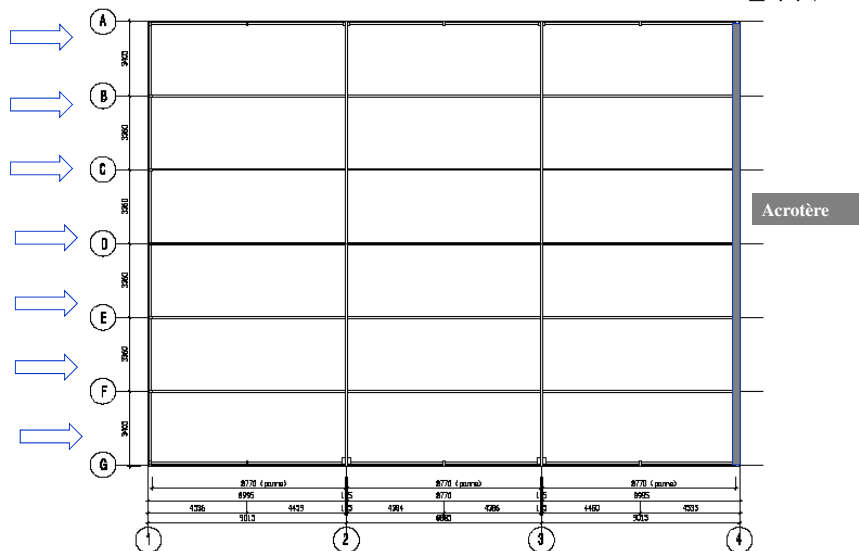
Janvier 2014

14

Stabilité longitudinale

Trame

E1.1



Stabilité longitudinale:

-En toiture:

- 1 poutre au vent transversale : en K
- Position de cette PAV: côté acrotère

-Stabilité sur long pan:

- Côté file G:** stabilité par encastrement du poteau béton dans le sol
- Côté file A:** palée de stabilité en Croix de Saint André.

Janvier 2014

Structure Bois

16

Le Bâtiment en photos



Janvier 2014

Structure Bois

25

Le Bâtiment en photos



Janvier 2014

Structure Bois

26

Le Bâtiment en photos



Janvier 2014

Structure Bois

27

Le Bâtiment en photos: liaison poutre principale/poteau BA



Janvier 2014

Structure Bois

28

Le Bâtiment en photos: liaison poutre principale/poteau BA



Janvier 2014

Structure Bois

29

Le Bâtiment en photos:

liaison arbalétrier /poteau de pignon/panne



Janvier 2014

Structure Bois

30

Le Bâtiment en photos:

liaison arbalétrier /poteau de pignon/panne faitière



Janvier 2014

Structure Bois

31

Le Bâtiment en photos:

liaison poutre en K sur poteau intermédiaire de long pan



Janvier 2014

Structure Bois

32

Le Bâtiment en photos: liaison panne sur poutre principale LC



Janvier 2014

Structure Bois

33

Le Bâtiment en photos: liaison panne faitière sur poutre principale LC



Janvier 2014

Structure Bois

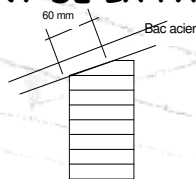
34

DIMENSIONNEMENT DE LA PANNE

• Pannes

Disposition

(d'aplomb)



Charges

- charges Permanentes
- charge de neige
- charge d'entretien (charge d'exploitation)
- charges de Vent

Dimensions

Section: 120*429^{ht}
Portée : 8,77 m (vide entre poutres L.C.)
Entraxe : 3,38 m
Blocage / anti dévers: 4,4 m

Vérifications

ELU

Flexion simple
Effort Axial simple
Flexion + Effort Axial
Effort de cisaillement

ELS

Déformations
(flèches)

FEU

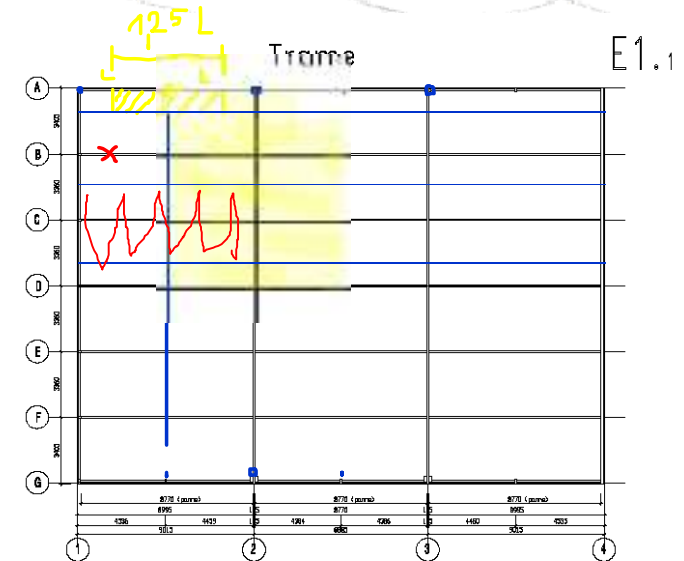
30 min

Janvier 2014

Structure Bois

35

Présentation du bâtiment



Janvi

DESCENTE DE CHARGE SUR POTEAU PRINCIPAL

Charges de toitures

Charge permanente

• Détail des charges

Bacs aciers	7 daN/m ²	Total cumulé
Etanchéité	9 daN/m ²	16 daN/m ²
Isolant 60 mm	9 daN/m ²	25 daN/m ²
Divers	6 daN/m ²	31 daN/m ²
Contreventement	2 daN/m ²	33 daN/m ²
Pannes	6 daN/m ²	39 daN/m ²

Charge de neige

• Charge unitaire

$S_n = 36 \text{ daN/m}^2$ hors accumulation

Charges en tête de poteau principal

Charge permanente: $G_{\text{toiture}} = 82,6 \cdot 39 = 3220 \text{ daN}$

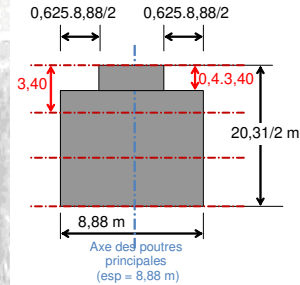
Charge de neige: $S_{\text{toiture}} = 82,6 \cdot 36 = 2970 \text{ daN}$

• Surface de chargement d'un poteau principal:

Voir détail sur schéma ci-dessous

$$S = (20,31/2 \cdot 8,88) - (1,25 \cdot 8,88/2 \cdot 0,4 \cdot 3,40)$$

$$S = 90,17 - 7,55 = 82,6 \text{ m}^2$$



DESCENTE DE CHARGE SUR POTEAU PRINCIPAL

Poids de la poutre principale

• Volume de la poutre principale LC à inertie variable:

$$V = 20,44 \cdot (1,48 + 0,8) / 2 \cdot 0,115 = 20,44 \cdot 1,14 \cdot 0,115 = 2,68 \text{ m}^3$$

• Poids de la poutre principale LC à inertie variable:

La masse volumique moyenne du bois LC GL 24h est : $\rho_{\text{moyen}} = 440 \text{ kg/m}^3$

$$D'où: \quad g_{pp} = V \cdot \rho_{\text{moyen}} \cdot g = 2,68 \cdot 440 \cdot 9,8 = 11556 \text{ N} = 1156 \text{ daN}$$

• Charge amenée par la PP sur le poteau principal de long pan:

La poutre principale est isostatique sur les deux poteaux de long pans, donc:

$$G_{pp,\text{poteau}} = 1156 / 2 = 578 \text{ daN}$$

$$G_{pp,\text{poteau}} = 578 \text{ daN}$$

Poids du bardage

• Charge unitaire

Bardage double peau isolé : $g = 30 \text{ daN/m}^2$

• Charge sur poteau principal

Le bardage est continu sur 3 appuis / la surface de chargement est donc: $S = 0,75 \cdot 4,44 \cdot 3,31 = 11 \text{ m}^2$

$$\text{Donc : } G_{\text{bardage,poteau}} = 11 \cdot 30 = 330 \text{ daN}$$

$$G_{\text{bardage,poteau}} = 330 \text{ daN}$$

Plaque de bardage	10 daN/m ²	Total cumulé
Isolation	10 daN/m ²	20 daN/m ²
Bardage	10 daN/m ²	30 daN/m ²

DESCENTE DE CHARGE SUR POTEAU PRINCIPAL

Poids du poteau principal de long pan:

• Volume du poteau principal de long pan:

Section du poteau: $S = 2 \cdot (0,225 \cdot 0,075) + 0,115 \cdot 0,115 = 0,047 \text{ m}^2$

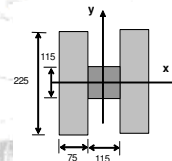
Hauteur du poteau: 3,30m soit $V = 3,30 \cdot 0,047 = 0,155 \text{ m}^3$

• Poids du poteau:

La masse volumique moyenne du bois massif C24 est: $\rho_{\text{moyen}} = 420 \text{ kg/m}^3$

$$D'où: \quad G_{\text{potLP}} = V \cdot \rho_{\text{moyen}} \cdot g = 0,155 \cdot 420 \cdot 9,8 = 638 \text{ N} =$$

$$G_{\text{potLP}} = 64 \text{ daN}$$



BILAN de la descente de charge en pied de poteau Ppal de LP

• Charge permanente

$$G = 3220 + 578 + 330 + 64 = 4190 \text{ daN}$$

• Charge de neige

$$S_n = 2870 \text{ daN}$$

BILAN en pied de poteau principal de Long Pan
G = 4190 daN
S_n = 2870 daN

CAS ELEMENTAIRES DE CHARGE

Charges Permanentes

• Détail des charges

Bacs aciers	7 daN/m ²	Total cumulé
Etanchéité	9 daN/m ²	16 daN/m ²
Isolant 60 mm	9 daN/m ²	25 daN/m ²
Divers	6 daN/m ²	31 daN/m ²
Contreventement	2 daN/m ²	33 daN/m ²
Pannes	6 daN/m ²	39 daN/m ²

• Sollicitations

Charge	M _{max} (daNm)	V _{max} (daN)	N (daN)
Permanente	1394	636	0

Charge sur une panne courante:

espacement entre panne: 3,38 selon rampant

Prene en compte de la continuité du bacs acier: poutre continue sur 4 appuis / 3 travées identiques: majoration de 10% de la réaction d'appui (résultat RdM)

Charge: $g = 39 \cdot 3,38 \cdot 1,1 = 145 \text{ daN/m}$

145 daN/m

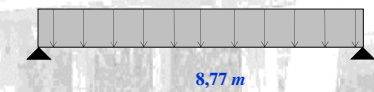
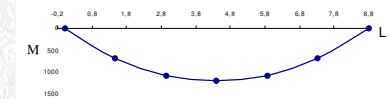


Diagramme Moment



CAS ELEMENTAIRES DE CHARGE

Charges de neige

• Détail du chargement

Charge unitaire: 36 daN/m²

Charge unitaire équivalente comprenant l'accumulation derrière acrotère: 48 daN/m²

• Sollicitations

Charge	M_{max} (daNm)	V_{max} (daN)	N (daN)
Permanente	1288	588	0

Charge sur une panne courante:

espacement entre panne: 3,38 selon rampant

Prise en compte de la continuité du bacs acier: poutre continue sur 4 appuis / 3 travées identiques: majoration de 10% de la réaction d'appui (résultat RdM)

Charge: $g = 36 \cdot 3,38 \cdot 1,1 = 134$ daN/m

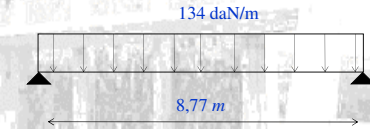
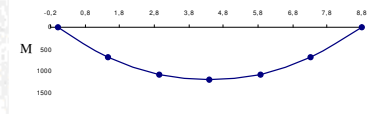


Diagramme Moment

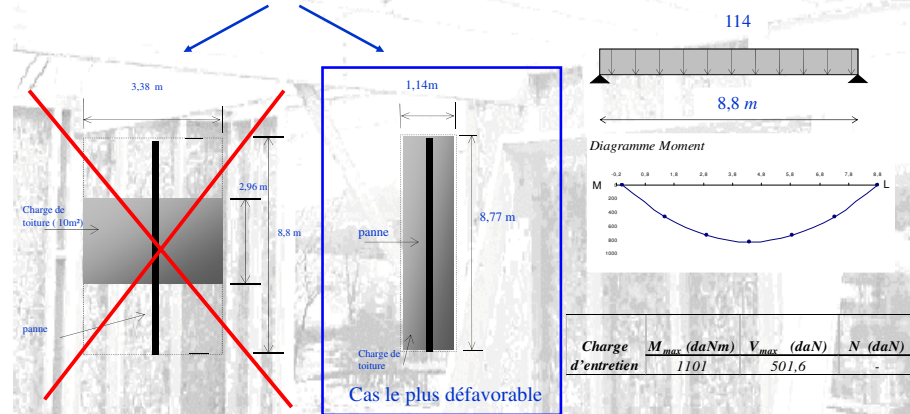


CAS ELEMENTAIRES DE CHARGE

Charge d'entretien de toiture

100 daN/m² dans 10 m²

Charge de toiture (q)	Distribuée	100	daN/m ²
	Linéaire	114	daN/m



Charge	M_{max} (daNm)	V_{max} (daN)	N (daN)
d'entretien	1101	501,6	-

Cas le plus défavorable

Charges de vent

CAS ELEMENTAIRES DE CHARGE

Charge de vent cas 1: Vent pignon de 1 vers 4

Surface de chargement pour la charge du vent horizontal (pignon file 1)

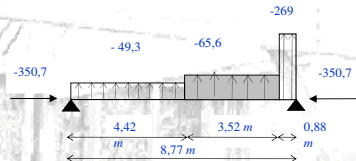
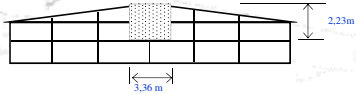
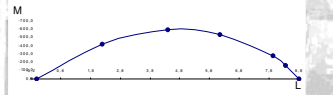


Diagramme Moment



Charge	M_{max} (daNm)	V_{max} (daN)	N (daN)
Vent (W_1)	-592,1	-438,2	-350,7

• Vent pignon de 4 vers 1

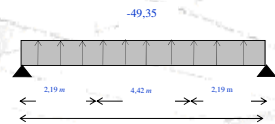
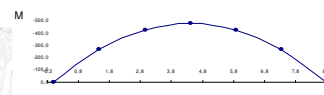


Diagramme Moment



Charge	M_{max} (daNm)	V_{max} (daN)	N (daN)
Vent (W_4)	-1366,2	-621,7	0

COMBINAISONS DES ACTIONS



ELU

Situation durable et transitoire: (cas B, défaillance de la structure ou d'éléments structuraux)

$$1,35G + 1,5 S$$

$$1,35G + 1,5 W_1 + 1,5 \cdot 0,6 (\frac{1}{2} S)$$

$$1,35G + 1,5 W_6$$

Combinaisons	M	V	N
	(daNm)	(daN)	(daN)
$1,35G + 1,5 S$	3813,9	1741	0
$1,35G + 1,5 W_1 + 1,5 \cdot 0,6 (\frac{1}{2} S)$	1083,1	239,8	-525,75
$1,35G + 1,5 W_6$	-848,6	-386,2	421,35

ELS

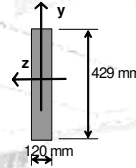
Combinaison caractéristique

$$1 G + 1 S$$

Caractéristiques géométriques de la Section

• Dimensions:

- largeur suivant z: $b = 120 \text{ mm}$
- hauteur suivant y: $h = 429 \text{ mm}$
- Portée: $l = 8,77 \text{ m}$
- Longueur de flambement:
 - Dans son plan: $l_{ef,z} = l = 8,77 \text{ m}$
 - Hors de son plan: $l_{ef,y} = l/2 = 4,38 \text{ m}$ car présence de liernes à mi portée



• Aire de la section:

- $A = b \cdot h = 0,120 \cdot 0,429 = 0,0515 \text{ m}^2$

• Moment quadratique:

- Suivant l'axe z / inertie la plus forte

$$I_{G,z} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,120 \cdot 0,429^3}{12} = 790 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

- Suivant l'axe y / Inertie la plus faible

$$I_{G,y} = \frac{hb^3}{12} = \frac{0,429 \cdot 0,12^3}{12} = 62 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

CAPACITE RESISTANTE DE LA SECTION

- La résistance de calcul en flexion est :

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 24}{1,25} = 17,3 \text{ MPa} = 17,3 \text{ N/mm}^2$$

0,9 pour la classe de service 2, et pour la classe de charge Permanent + Neige

- Coefficient de déversement, avec dispositif anti-dévers (lierne)

- Moment critique de déversement

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{l_{ef}} \sqrt{\frac{E_{0,05} I_{G,z} I_{tor} G}{1 - \frac{I_{G,z}}{I_{G,y}}}}$$

- Contrainte critique de déversement, avec $l_{ef} = 4,38 \text{ m}$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_{el,z}} \cong \frac{0,78 E_{0,05} b^2}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 9400 \text{ [N/mm}^2\text{]} (120 \text{ mm})^2}{429 \text{ mm} \cdot 4380 \text{ mm}} = 56 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \text{ N/mm}^2}{56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 0,65 < 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1$$

$$k_{crit} f_{m,d} = 1 \cdot 17,3 \text{ MPa} = 17,3 \text{ MPa}$$

Paramètres	GL24 h
$f_{m,k}$	24 N/mm ²
$f_{t0,k}$	16,5 N/mm ²
$f_{t90,k}$	0,40 N/mm ²
$f_{c0,k}$	24 N/mm ²
$f_{c90,k}$	2,7 N/mm ²
$f_{v,k}$	2,7 N/mm ²
$E_{0,moyen}$	11 600 N/mm ²
$E_{0,05}$	9 400 N/mm ²
ρ_k	380 kg/m ³
k_{mod}	0,9
γ_M	1,25
k_h	1

CAPACITE RESISTANTE DE LA SECTION

- Coefficient de Déversement / Sans anti dévers

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{l_{ef}} \sqrt{\frac{E_{0,05} I_{G,z} I_{tor} G}{1 - \frac{I_{G,z}}{I_{G,y}}}}$$

Contrainte critique de déversement:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_{el,z}} \cong \frac{0,78 E_{0,05} b^2}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 9400 \text{ [N/mm}^2\text{]} (120 \text{ mm})^2}{429 \text{ mm} \cdot 8770 \text{ mm}} = 28 \text{ MPa}$$

Elancement relatif:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \text{ N/mm}^2}{28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 0,92$$

Coefficient de déversement:

$$\lambda_{rel,m} = 0,92 > 0,75$$

$$\Rightarrow k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,z} = 0,87$$

Résistance au déversement:

$$k_{crit} f_{m,d} = 0,87 \cdot 17,3 \text{ MPa} = 15 \text{ MPa}$$

CAPACITE RESISTANTE DE LA SECTION

• La résistance de calcul en compression est :

$$f_{c0,d} = \frac{k_{mod} f_{c,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 24}{1,25} = 17,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Résistance au flambement

Selon la grande inertie Iz-z':

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{\sqrt{\frac{I_{G,z}}{A}}} = \frac{l_{ef,z}}{h} \sqrt{12} = \frac{8,8}{0,429} \sqrt{12} = 61$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71}{3,1416} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 1,142$$

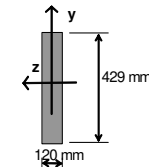
$$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k = 0,5 [1 + 0,1(1,142 - 0,3) + 1,142^2] = 1,2$$

Valeur du coefficient de flambement suivant z

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1,142^2}} = 0,64$$

$$k_{c,z} f_{c0,d} = 0,64 \cdot 17,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 11,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Selon la petite inertie Iy-y':

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{\sqrt{\frac{I_{G,y}}{A}}} = \frac{l_{ef,y}}{b} \sqrt{12} = \frac{4,4}{0,120} \sqrt{12} = 127$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71}{3,1416} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 2,04$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$k = 0,5 [1 + 0,1(2,04 - 0,3) + 2,04^2] = 2,17$$

Valeur du coefficient de flambement suivant y

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,17 + \sqrt{2,17^2 - 2,04^2}} = 0,34$$

$$k_{c,y} \cdot f_{c0,d} = 0,34 \cdot 17,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 5,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Résistance la plus faible, retenue pour le calcul

CAPACITE RESISTANTE DE LA SECTION

• résistance de calcul en traction

$$f_{t,d} = \frac{k_{mod} f_{t,0,k}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 16,5 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 11,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• résistance de calcul en cisaillement

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,7 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

VERIFICATION A L'ELU sous 1,35G + 1,5S

Effort tranchant et moment de flexion de calcul: $M_d = 1,35M_g + 1,5M_q = 3718 \text{ daN.m}$

$$V_d = 1,35V_g + 1,5V_q = 1696 \text{ daN}$$

Vérification en flexion:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{u,g}}{W_{el,z}} = \frac{M_{u,g}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{37180 \cdot 10^{-6} \text{ MN.m}}{\frac{0,12 \cdot 0,429^2}{6}} = \frac{37180 \cdot 10^{-6} \text{ MN.m}}{3680 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 10,1 \text{ MPa} < k_{crit} f_{m,d} = 17,3 \text{ MPa} \Rightarrow OK$$

Vérification au cisaillement:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 V_d}{2 A} = \frac{3 \cdot 0,016960 \text{ MN}}{2 \cdot 0,12 \cdot 0,429 \text{ m}^2} = 0,49 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa} \Rightarrow OK$$

VERIFICATION A L'ELU sous 1,35G + 1,5 W1 + 1,5 · 0,6 (1/2 S)

Calcul des sollicitations et vérification en compression:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{525,8 \text{ daN}}{512,9 \text{ cm}^2} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq k_c \cdot f_{c,d} \Rightarrow OK \checkmark$$

Calcul des sollicitations en flexion:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{1083,1 \text{ daN.m}}{3680,8 \text{ cm}^3} = 2,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{m,d} \Rightarrow OK \checkmark$$

Calcul des sollicitations et vérification en flexion-compression:

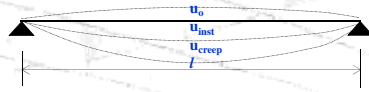
$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_c \cdot f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} = \frac{0,1}{5,8} + \frac{2,9}{17,3} = 0,19 \leq 1 \Rightarrow OK \checkmark$$

Calcul des sollicitations et vérification en cisaillement:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 V_d}{2 A} = \frac{3}{2} \frac{239,8 \text{ daN}}{514,8 \text{ cm}^2} = 0,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq f_{v,d} \Rightarrow OK \checkmark$$

VERIFICATION A L'ELS (sous 1 G + 1 S)

- u_o qui est la contre-flèche de la panne.
- u_{inst} qui est la flèche instantanée
- u_{creep} qui est la flèche due au fluage.
- $u_{net,fin}$ qui est la flèche nette (somme de la flèche instantanée et de la flèche due au fluage).
- u_{fin} qui est la flèche finale (somme de la flèche nette et de la contre-flèche).



$$u_{inst} = \frac{5 \cdot g l^4}{384 \cdot E_{0,m} \cdot I_{G,z}} = \frac{5 \cdot 145 \cdot 10^{-3} \text{ MN/m} \cdot 8,77^4}{384 \cdot 11600 \text{ MPa} \cdot 790 \cdot 10^{-6}} = 0,0122 \text{ m} = 12,2 \text{ mm}$$

$$u_{s,inst} = \frac{5 g l^4}{384 \cdot E_{0,m} \cdot I_{G,z}} = \frac{s}{g} u_{g,inst} = \frac{134}{145} 12,2 \text{ mm} = 11,3 \text{ mm} < \frac{L}{300} = \frac{8770}{300} = 29,3 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin} \begin{cases} u_{g,fin} = u_{g,inst} (1 + k_{def}) = 12,2 \text{ mm} (1 + 0,8) = 22 \text{ mm} \\ u_{s,fin} = u_{s,inst} (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 11,3 \text{ mm} (1 + 0 \cdot 0,8) = 11,3 \text{ mm} \end{cases}$$

$$u_{fin} = u_{g,fin} + u_{s,fin} = 33,3 \text{ mm} < \frac{l}{200} = 43,8 \text{ mm} \Rightarrow OK$$

Flèche due au cisaillement

Rapport de la déformée due au cisaillement sur la déformée due au contrainte normale de flexion:

$$\frac{u_v}{u_m} = 0,96 \frac{E}{G} \left(\frac{h}{l} \right)^2$$

Dans le cas de la panne:

Bois GL 24 h

h = 429 mm

l = 8,77 m

$$\frac{u_v}{u_m} = 0,96 \frac{11600}{750} \left(\frac{0,429}{8,77} \right)^2 = 3,5\%$$

Vérification des Poteaux Principaux de Long Pan

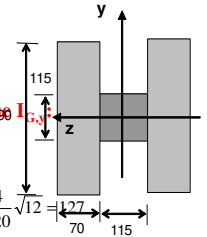
Poteaux en bois LC moisés

CAPACITE RESISTANTE DU POTEAU PENDULAIRE

Résistance de calcul en compression :

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} f_{c,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 1,24}{1,25} = 17,3 \frac{N}{mm^2}$$

Selon l'axe y: moment quadratique $I_{G,y}$



Prise en compte du flambement

Selon l'axe z: moment quadratique $I_{G,z}$

$$\lambda_c = \frac{l_{ef,z}}{\sqrt{\frac{I_{G,z}}{A}}} = \frac{l_{ef,z}}{h} \sqrt{12} = \frac{8,8}{0,429} \sqrt{12} = 71$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71}{3,1416} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 1,142$$

$$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k = 0,5 [1 + 0,1(1,142 - 0,3) + 1,142^2] = 1,2$$

Valeur du coefficient de flambement suivant z

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1,142^2}} = 0,64$$

$$k_{c,z} f_{c,0,d} = 0,64 \cdot 17,3 \frac{N}{mm^2} = 11,1 \frac{N}{mm^2}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{\sqrt{\frac{I_{G,y}}{A}}} = \frac{l_{ef,y}}{b} \sqrt{12} = \frac{4,4}{0,120} \sqrt{12} = 127$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71}{3,1416} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 2,04$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$k = 0,5 [1 + 0,1(2,04 - 0,3) + 2,04^2] = 2,17$$

Valeur du coefficient de flambement suivant y

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,17 + \sqrt{2,17^2 - 2,04^2}} = 0,34$$

$$k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 0,34 \cdot 17,3 \frac{N}{mm^2} = 5,8 \frac{N}{mm^2}$$

Résistance la plus faible, retenue pour le calcul

VERIFICATION DE LA PANNE AU FEU

Méthode de sections réduites

Section

Résistance

30 min

Combinaisons

Combinaisons	M (daNm)	V (daN)	N (daN)
G + 0,2 S	1434,3	652,7	0
G + 0,5 W ₁	904,7	327,3	-175,4
G + 0,5 W _e	517,6	235,6	140,5

Section réduite

$$d_{ef} = d_{char} + k_o d_o = \beta_o t + k_o d_o$$

Vérification

sections réduite

VERIFICATION DE LA PANNE AU FEU

Méthode de sections réduites

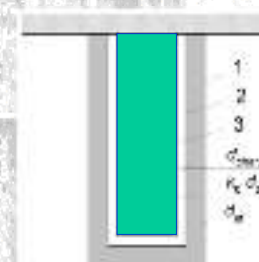
Section

Résistance

30 min

Section réduite

$$d_{ef} = d_{char} + k_o d_o = \beta_o t + k_o d_o$$



Pénétration:

$$d_{char} = 0,7 \times 30' = 21 \text{ mm}$$

$$k_o d_o = 1 \times 7 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$$

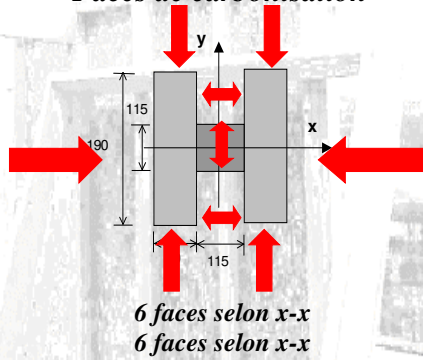
$$d' \text{ où: } d_{ef} = 28 \text{ mm}$$

CONCLUSION

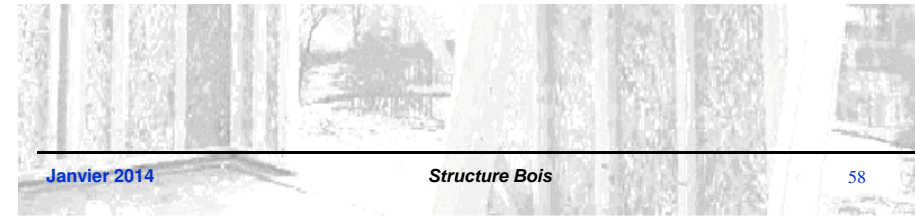
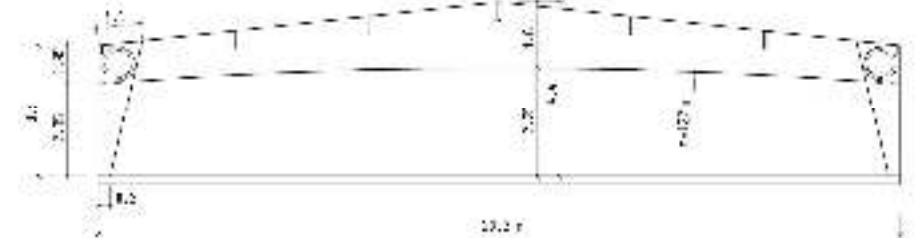
Dimensionnant

Flexion - Compression

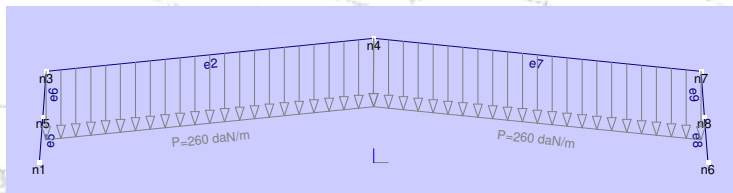
Faces de carbonisation



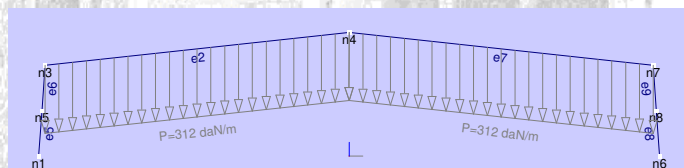
VARIANTE en portique



VARIANTE en portique: Charges appliquées

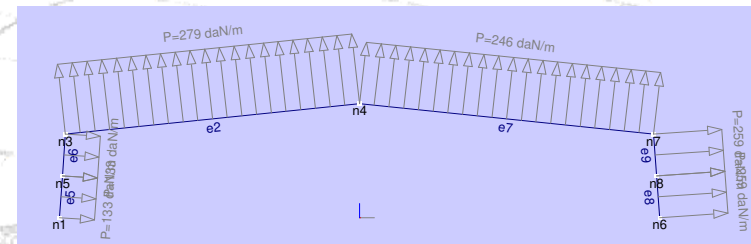


Charges permanentes

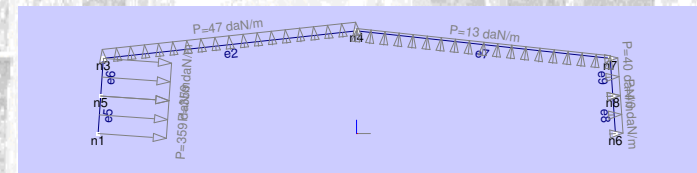


Charges neige normale

VARIANTE en portique: Charges de vent

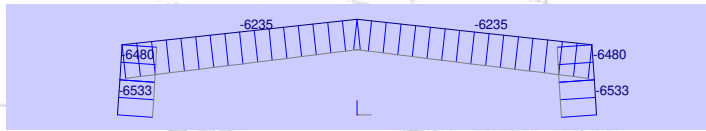


Charges vent / vent gauche surpression



Charges vent / vent gauche dépression

VARIANTE en portique:
Efforts normaux et déplacements

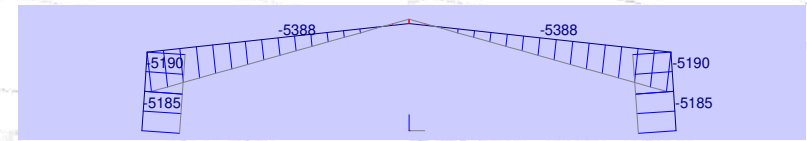


Efforts normaux développés

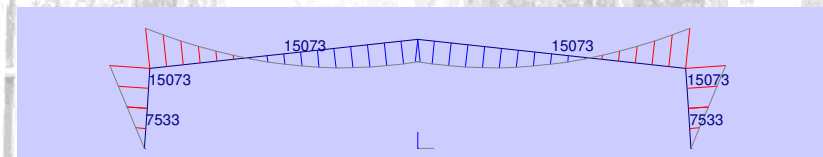


Déplacements verticaux

VARIANTE en portique:
Efforts tranchants et moments de flexion

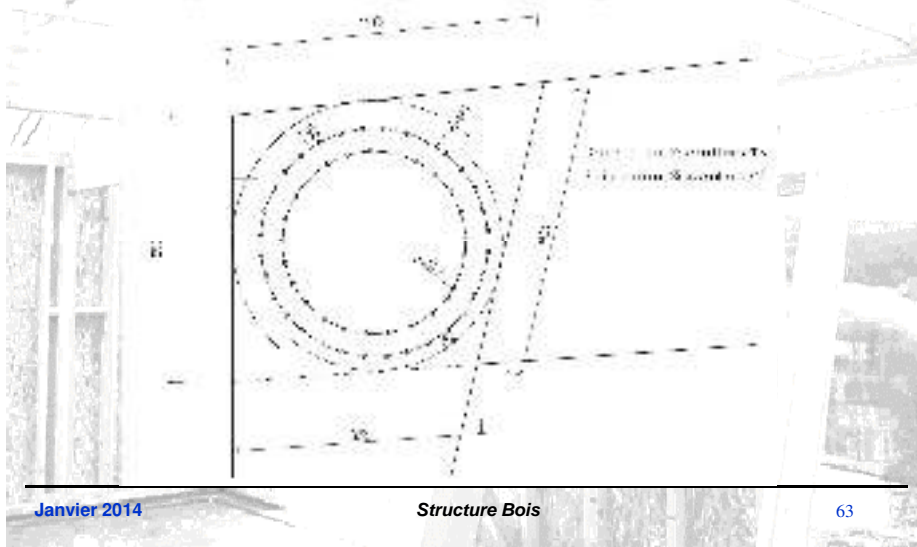


Efforts tranchants

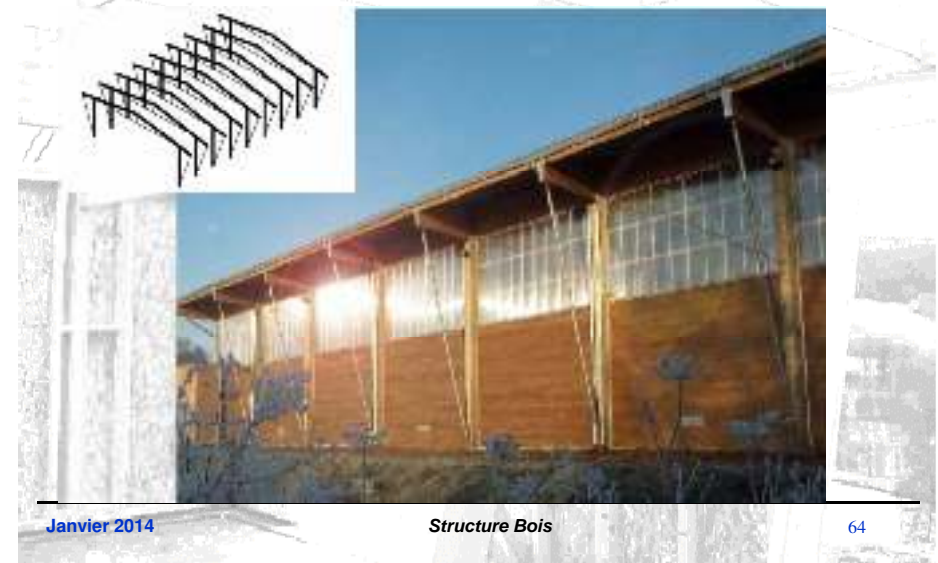


Moments de flexion

VARIANTE en portique
Assemblage en couronne

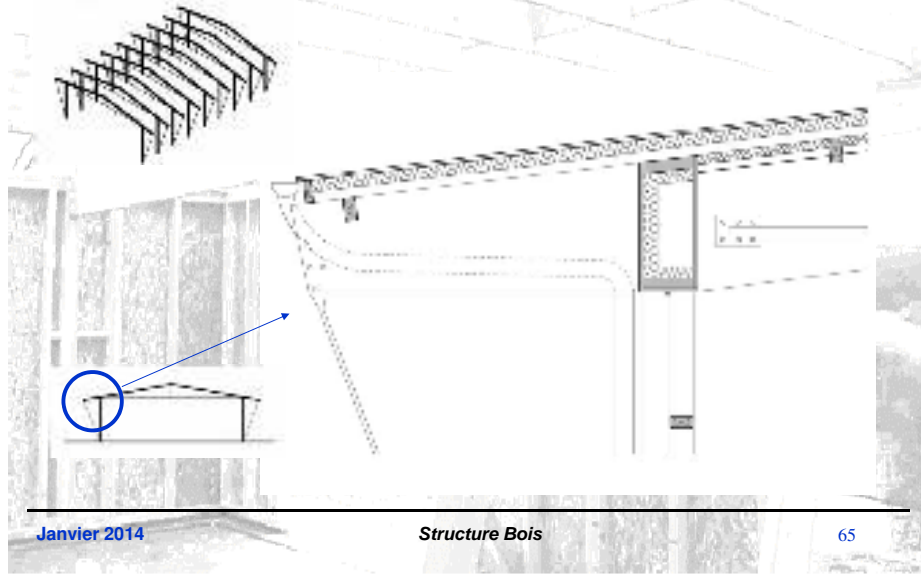


VARIANTE en portique
Encastrement par poteau en V



VARIANTE en portique

Détail constructif en coupe Toiture/mur



Janvier 2014

Structure Bois

65

VARIANTE en portique

Encastrement par poteau en V

Ferme en bois LC assemblée par ferrure et sous tendue

Ancrage des tirants en tube galvanisé et sous tendue



Janvier 2014

Structure Bois

66