

# ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

**SOUS-EPREUVE U4.1**  
**ELABORATION D'UNE NOTICE DE CALCUL**

*Durée : 3 heures*

*Coefficient : 2*

⇒ CALCULATRICE AUTORISEE

**EXTENSION COLLEGE**

**Ce dossier comprend :**

- **Texte de l'épreuve** : 3 pages
- **Dossier techniques** : 4 pages
- **Dossier ressource** : 7 pages

Barème :  
Partie 1 : 8 points  
Partie 2 : 4 points  
Partie 3 : 8 points

**Toutes les parties du sujet peuvent être traitées indépendamment**

**AUCUN DOCUMENT AUTORISE**

# TEXTE DE L'ÉPREUVE

## PRESENTATION

Le support de l'épreuve est un dossier traitant de l'extension d'un bâtiment en vue de l'aménagement de salles de cours dans un collège.

A partir de la structure béton livrée, on propose de réaliser une charpente-ossature sans combles, à deux versants de pentes égales, avec rive biaise. (voir dossier technique)

- *Tous les bois lamellés collés sont de classe GL24h.*
- *L'humidité du bois est de 15%, la variation d'humidité est de 6%.*

## PARTIE 1 : ETUDE DE LA STRUCTURE SECONDAIRE

### 1.1 Vérification des pannes courantes

- *Le taux de charge est exprimé par rapport au repère global en kN par mètre de longueur de panne.*
- *Le modèle choisi pour l'étude est celui d'une poutre rectiligne, en liaison pivot sur un arbalétrier et ponctuelle sur l'autre.*
- *Les axes principaux de la section sont confondus avec le repère global.*
- *La portée est de 5,30 mètres.*
- *Au niveau des appuis, la section de la panne est réduite suivant la hauteur : entaille inférieure de 75 mm.*
- *Le cas de chargement étudié est une combinaison du premier genre  $S^1=G+P_n=3,06$  kN/m se décomposant en  $G=0,86$  kN/m et  $P_n = 2,2$  kN/m.*
- *Flèche admissible  $L/300$ .*

1.11 Représenter le modèle de la panne courante sollicitée en flexion plane.

1.12 Vérification de la panne à la contrainte normale.

- 1.121 Donner la valeur et la position du moment fléchissant maximum. Justifier.
- 1.122 Déterminer la contrainte admissible du bois dans ces conditions d'utilisation.
- 1.123 Déterminer la contrainte normale maximale.

1.13 Vérification de la panne à la contrainte tangentielle.

- 1.131 Donner la valeur et la position de l'effort tranchant maximum. Justifier.
- 1.132 Déterminer la contrainte admissible du bois dans ces conditions d'utilisation.
- 1.133 Déterminer la contrainte tangentielle maximale.

1.14 Vérification de la déformation

- 1.141 Déterminer le coefficient de fluage.
- 1.142 Calculer la flèche maximale de cette panne  $f_{\max} = \frac{5pL^4}{384EI_{Gz}}$ .

1.15 La section satisfait-elle aux différentes conditions de résistance et de déformation ?

## 1.2 Etude comparative

Afin d'optimiser l'utilisation du bois lamellé collé, on étudie une variante avec panne continue.

- La panne est une poutre continue sur quatre appuis.
- La portée entre appuis est prise égale à 5,30 m. (hypothèses simplificatrices)
- Au niveau des appuis, la section de la panne n'est pas réduite suivant la hauteur.
- Les débords des rives ne sont pas pris en compte.
- Taux de travail de la panne sur deux appuis (étudiée en 1.1) 65 % en flexion et de 60% en déformation.

1.21 A chargement et taux de travail identiques à la panne sur deux appuis étudiée précédemment, déterminer les valeurs maximales du moment fléchissant : situation la plus pénalisante ici (voir document ressource DR5).

1.22 Déterminer la nouvelle section. (contrainte normale uniquement).

1.23 Comparer les deux solutions techniques étudiées en 1.1 et 1.2 des points de vue quantité de matière et mise en œuvre.

## **PARTIE 2 : ETUDE DE LA STRUCTURE PRIMAIRE ISOSTATIQUE**

- Le modèle à prendre en compte est celui du document ressource DR1
- Le chargement à prendre en compte est la combinaison  $S'1 = G + P_n$ , soit une charge de pesanteur  $P$  aux nœuds ③ ④ ⑤ et  $P/2$  au nœud ①.
- Le poids propre de la structure n'est pas pris en compte.

2.1 Montrer que la structure est isostatique.

2.2 Déterminer les actions de liaisons extérieures au système, exprimées dans le repère global.

2.3 Quelles sont les dispositions constructives particulières qui permettront la réalisation de la liaison arbalétrier – mur ?

## **PARTIE 3 : ETUDE DE LA STRUCTURE PRIMAIRE HYPERSTATIQUE**

- La structure modélisée sur le document ressource DR2 a servi de modèle pour un traitement du problème par logiciel de calcul, il est hyperstatique de degré 1.
- Les chargements élémentaires correspondent respectivement aux charges permanentes, à la neige normale et au vent normal.
- Les combinaisons étudiées sont celles du premier genre  $S'1$ , soit  $G + P_n$ , soit  $G + P_v$ .

### 3.1 Vérification de l'arbalétrier

- Le coefficient de fluage à prendre en compte est  $\theta = 1$ .

A partir des résultats du document ressource DR3, rechercher les déformations maximales de l'arbalétrier pour les deux combinaisons suivantes :  $S'1 = G + P_n$  et  $S'1 = G + P_v$ . La flèche calculée est-elle acceptable ? ( $f_{\text{admissible}} \leq L/300$ ,  $L$ =portée de la poutre).

### 3.2 Vérification du poteau

- 3.21 A partir des résultats du document ressource DR3, pour la combinaison suivante :  $S'1 = G + P_n$ . Déterminer en nature et en grandeur la sollicitation dans le poteau (2-6).
- 3.22 Vérifier la section du poteau à la contrainte normale, étude au flambement comprise, pour la combinaison précédente.

### 3.3 Liaison poteau – socle béton

- *L'articulation réelle est choisie à partir de critères esthétiques.*
  - *Les efforts de compression peuvent être repris par le contact bois-platine acier.*
  - *L'épaisseur des différentes ferrures est de 6mm.*
  - *La combinaison de base prise en compte est celle des règles des constructions en acier soit :  $S = 4/3.G + 3/2.P_c$*
  - *La liaison étudiée est représentée partiellement sur le détail A du document technique 2.*
- 3.31 L'effort maximal de cisaillement de l'axe de l'articulation à prendre en compte au niveau du pied de poteau est de 34950 N. Justifier pour quelle combinaison de charges est obtenue cette valeur. Dimensionner l'axe de l'articulation.
- 3.32 Déterminer la surface d'appui minimale de la liaison platine acier-bois.
- 3.33 Justifier sous forme de schéma une solution pour satisfaire la reprise des efforts pour la combinaison  $S'1 = G + P_v$  au niveau de la liaison bois-âme.

# ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

**SOUS-EPREUVE U4.1**

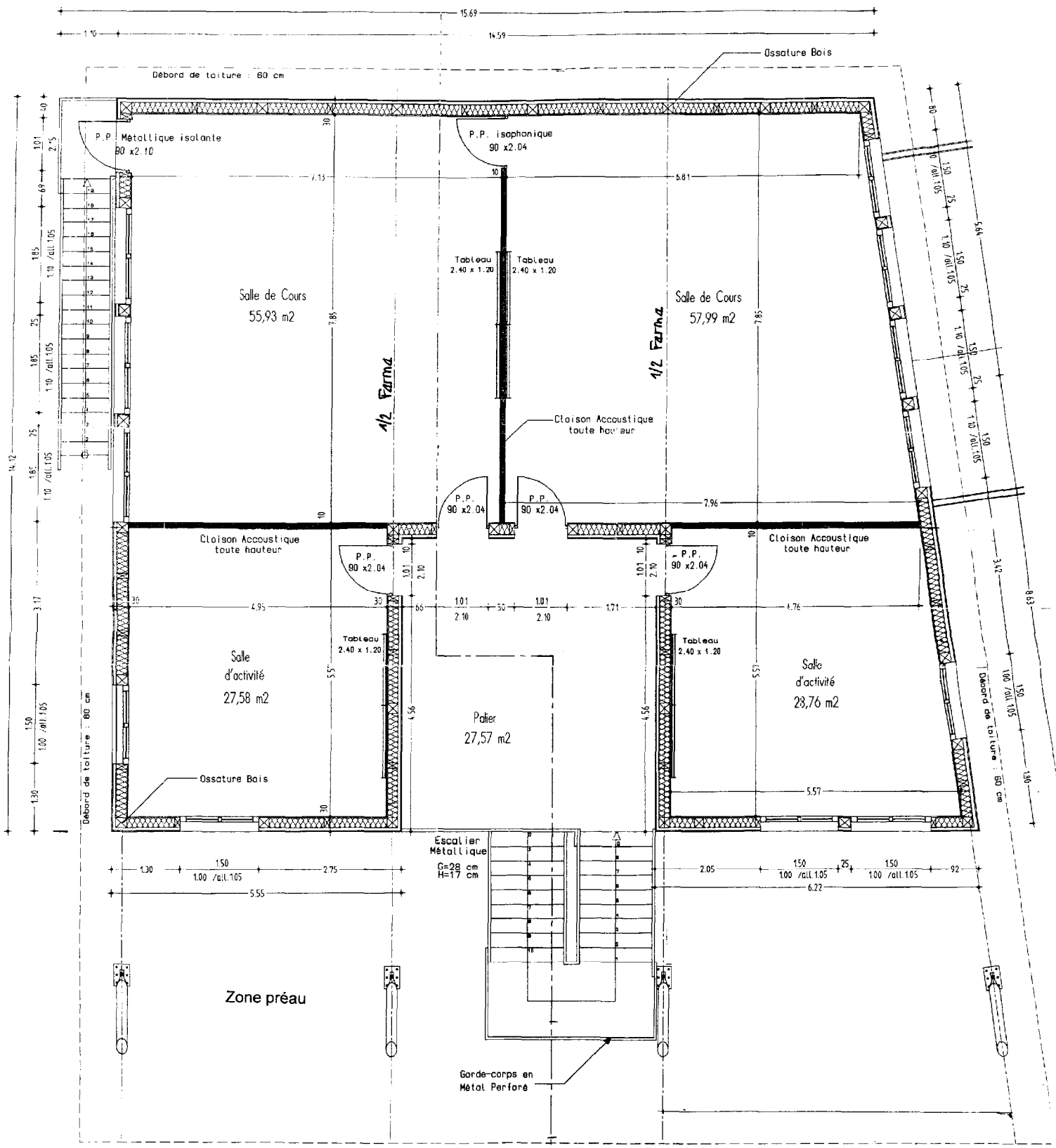
**ELABORATION D'UNE NOTICE DE CALCUL**

**EXTENSION COLLEGE**

## *DOSSIER TECHNIQUE*

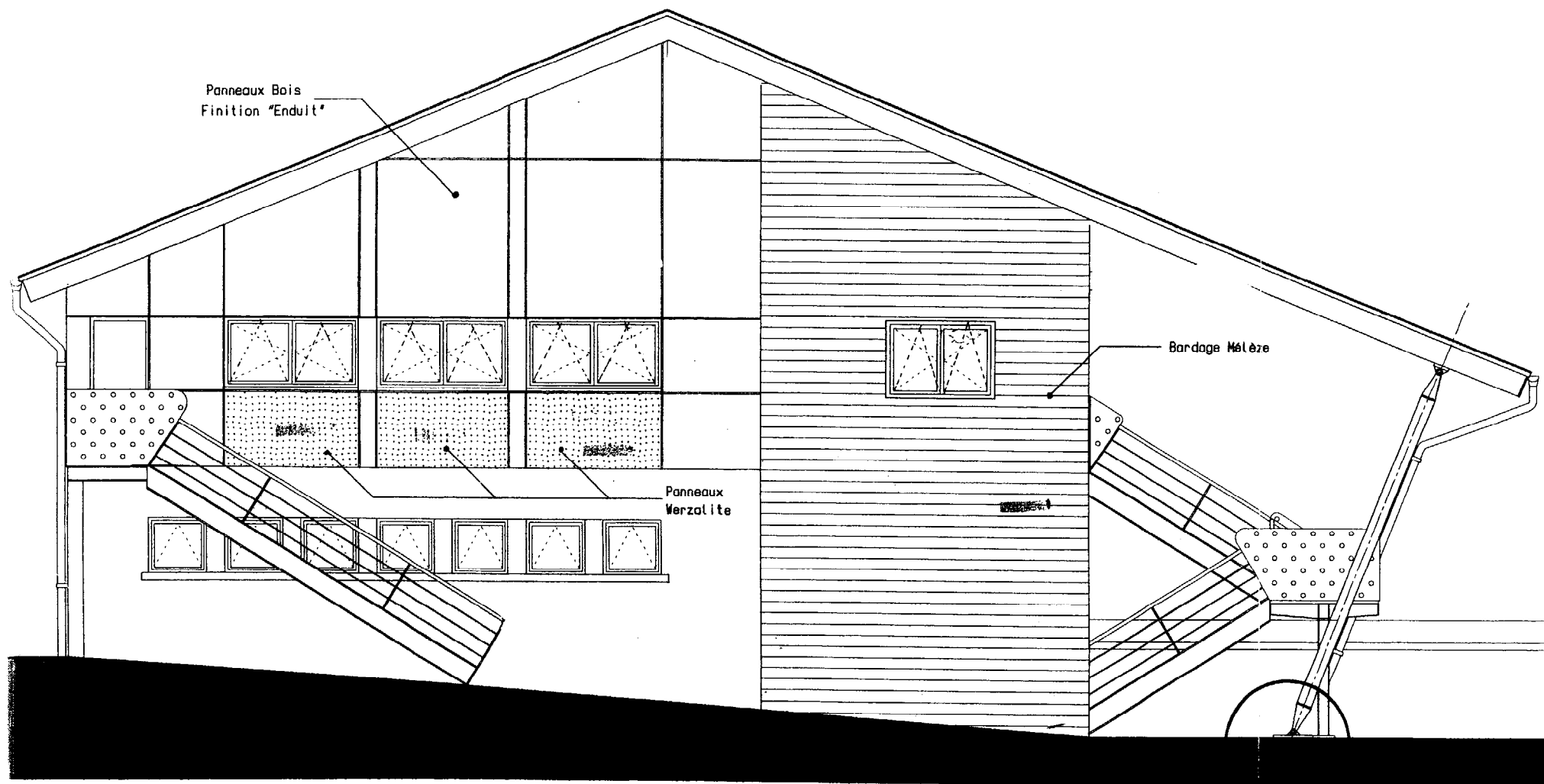
<b>Document technique 1</b>	<b>Vue en plan de l'étage</b>
<b>Document technique 2</b>	<b>Façade Ouest</b>
<b>Document technique 3</b>	<b>Coupe de principe</b>
<b>Document technique 4</b>	<b>Extrait du C.C.T.P.</b>

A



A



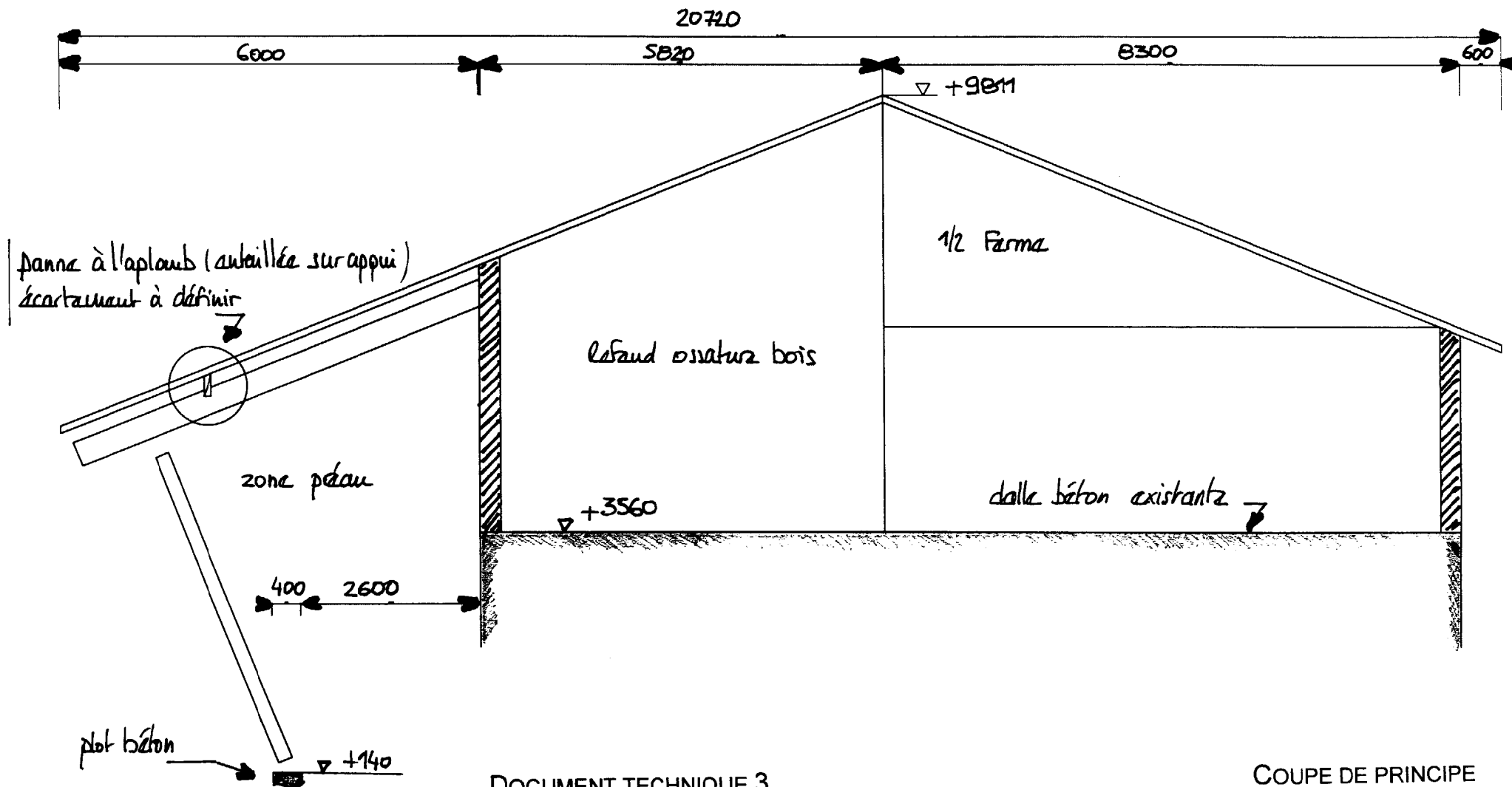


DOCUMENT TECHNIQUE 2

A

FAÇADE OUEST

Echelle non significative





## EXTRAIT DU CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

## Charpente

Charpente traditionnelle sans combles, deux versants pentes égales, rive biaise.

Ouvrage complet exécuté dans les règles de l'art comprenant :

- Demi-fermes
- Réseau de pannes BLC classe GL24h, section 103 x 312 mm
- Arbalétrier-poteau sur préau
  - Arbalétrier BLC classe GL24h, section 113 x 357 mm
  - Poteau BLC classe GL24h, section  $\phi$  200 mm
- Eléments de contreventement
- Platines d'ancrage et autres pièces d'assemblage.

## Couverture

Bac métalliques double peau isolant, traitement anti-condensation, type Promisol 1001 TS 60 ou équivalent.

Habillage des rives et égouts, pièces complémentaires pour sortie de toiture.

## Panneaux ossature bois

Parois menuisées complètes comprenant :

Parement intérieur plaque de plâtre cartonnée avec traitement des joints (compté au lot plâtrerie)

Ossature secondaire, pose vissée

Film pare-vapeur indépendant de l'isolant type polyane

Ossature bois en résineux C22, section 71 x 176 mm, entraxe 0,6m maximum.

Matelas isolant 120mm

Voile de contreventement de type CTB-H 10mm

Ossature secondaire, formée d'un contre lattage horizontal 27 x 40 mm et d'un contre lattage vertical de 27 x 40 mm.

Parement extérieur, avec lame d'air de ventilation, grilles pare-insectes.

Traitement des angles avec ossatures complémentaires.

Habillage des tableaux avec retour

Bavette tôle métallique pliée en pied de paroi.

Finitions extérieures :

- Clins horizontaux bois massif
- Panneaux décoratifs type WERZALIT avec façon joints en creux
- Panneaux contreplaqué qualité extérieure avec joints en creux.

# ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

**SOUS-EPREUVE U4.1**

**ELABORATION D'UNE NOTICE DE CALCUL**

**EXTENSION COLLEGE**

## *DOSSIER RESSOURCE*

**Document DR1 Modélisation isostatique de la structure**

**Document DR2 Modélisation hyperstatique de la structure**

**Document DR3 Résultats de traitement informatique**

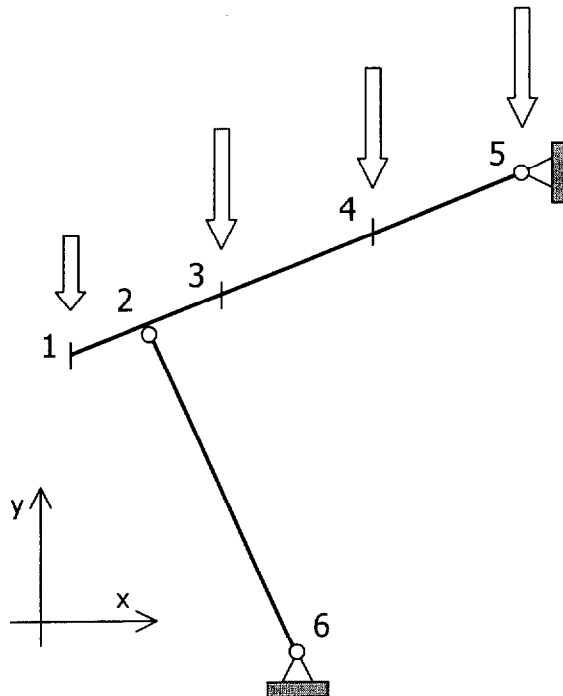
**Document DR4 Extraits des règles CB71**

page 1/3 Influence de l'humidité – Cisaillement longitudinal - Coefficient de fluage

page 2/3 Assemblage boulonné bois-métal - Contraintes admissibles du bois lamellé collé

page 3/3 Compression axiale, flambage

**Document DR5 Formulaire de résistance des matériaux**



## Noeud(s) [ m ]

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.0	0.0	2	1.0	0.4
3	2.0	0.8	4	4.0	1.6
5	6.0	2.4	6	3.0	-4.6

## Poutres(s) [ m , ° ]

Poutre	Ori ->	Ext	Long	Type
1	1	2	1.077	Rigide - Rigide
2	2	3	1.077	Rigide - Rigide
3	3	4	2.154	Rigide - Rigide
4	4	5	2.154	Rigide - Rigide
5	6	2	5.385	Rigide - Rotule

## Liaison(s) nodale(s)

Noeud 5 : dx = dy = 0  
 Noeud 6 : dx = dy = 0

## Chargement

## Cas de charge(s) 1 Charges permanentes

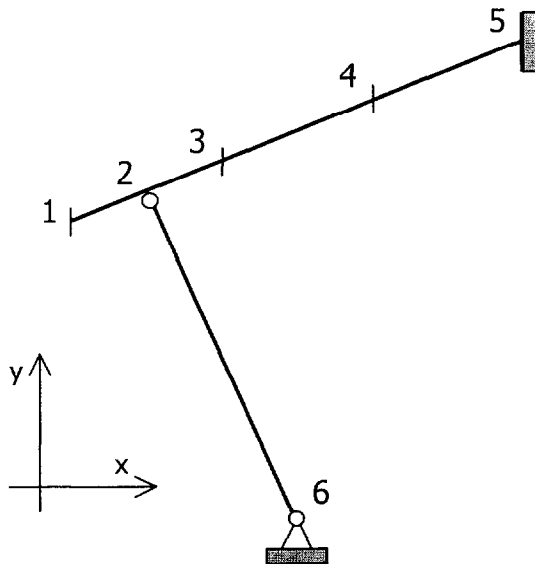
## 4 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]

Noeud 3 : Fx = 0.00 Fy = -4600.00  
 Noeud 4 : Fx = 0.00 Fy = -4600.00  
 Noeud 5 : Fx = 0.00 Fy = -4600.00  
 Noeud 1 : Fx = 0.00 Fy = -2300.00

## Cas de charge(s) 2 Neige normale

## 4 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]

Noeud 3 : Fx = 0.00 Fy = -12000.00  
 Noeud 4 : Fx = 0.00 Fy = -12000.00  
 Noeud 5 : Fx = 0.00 Fy = -12000.00  
 Noeud 1 : Fx = 0.00 Fy = -6000.00



## Noeud(s) [ m ]

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.000	0.000	2	1.000	0.400
3	2.000	0.800	4	4.000	1.600
5	6.000	2.400	6	3.000	-4.600

## Poutres(s) [ m , ° ]

Poutre	Ori -> Ext	Long	Type
1	1 2	1.077	Rigide - Rigide
2	2 3	1.077	Rigide - Rigide
3	3 4	2.154	Rigide - Rigide
4	4 5	2.154	Rigide - Rigide
5	6 2	5.385	Rigide - Rotule

## Liaison(s) nodale(s)

Noeud 5 :  $dx = dy = 0$   $rotz = 0$   
 Noeud 6 :  $dx = dy = 0$

## Sections

Poutre 1- 2 - 3 - 4 (arbalétrier) Rectangle plein  
 Dimension suivant Y = 357.00 mm  
 Dimension suivant Z = 113.00 mm  
 Poutre 5 (poteau) Rond plein  
 Diamètre = 200.00 mm

## Chargement

## Cas de charge(s) 1 Charges permanentes

## 4 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]

Noeud 3 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -4600.00$   
 Noeud 4 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -4600.00$   
 Noeud 5 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -4600.00$   
 Noeud 1 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -2300.00$

## Cas de charge(s) 2 Neige normale

## 4 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]

Noeud 3 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -12000.00$   
 Noeud 4 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -12000.00$   
 Noeud 5 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -12000.00$   
 Noeud 1 :  $F_x = 0.00$   $F_y = -6000.00$

## Cas de charge(s) 3 Vent normal

## 4 Charge(s) nodale(s) [ N , N.m ]

Noeud 3 :  $F_x = -3340.00$   $F_y = 8360.00$   
 Noeud 4 :  $F_x = -3340.00$   $F_y = 8360.00$   
 Noeud 5 :  $F_x = -3340.00$   $F_y = 8360.00$   
 Noeud 1 :  $F_x = -1670.00$   $F_y = 4180.00$

## 1 Charge(s) uniformément répartie(s) [ N/m ]

Poutre 5 :  $p_X = 0.0$   $p_Y = -150.0$  (Repère local)

## Résultats : Cas 1 Charges permanentes

## Déplacements nodaux [ m, ° ]

Noeud	dx	dy	rotz
1	-2.337E-04	4.846E-04	-2.918E-02
2	6.103E-06	-1.094E-04	-4.386E-02
3	3.443E-04	-9.494E-04	-4.211E-02
4	4.520E-04	-1.185E-03	3.066E-02
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	3.719E-04

## Action(s) de liaison [ N N.m ]

Nœud 5 - Rx = 2474.1 Ry = 9914.8 Mz = -5525.9  
 Nœud 6 - Rx = -2474.1 Ry = 6185.2 Mz = 0.0

## Efforts intérieurs [ N N.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	854.2	2135.5	-0.0	2.056E-06
2	1	854.2	2135.5	-2300.0	
		2135.5	2300.0		
2	2	854.2	-4526.2	-2300.0	2.056E-06
3	2	854.2	-4526.2	2574.8	
		4526.2	2574.8		
3	3	2562.6	-255.2	2574.8	1.234E-05
4	3	2562.6	-255.2	3124.5	
		255.2	3124.5		
4	4	4271.0	4015.8	3124.5	2.056E-05
5	4	4271.0	4015.8	-5525.9	
		4015.8	5525.9		
5	6	-6661.6	0.0	0.0	-1.038E-04
2	6	-6661.6	0.0	-0.0	
		0.0	0.0		

## Résultats : Cas 2 Neige normale

## Déplacements nodaux [ m, ° ]

Noeud	dx	dy	rotz
1	-6.096E-04	1.264E-03	-7.612E-02
2	1.592E-05	-2.853E-04	-1.144E-01
3	8.983E-04	-2.477E-03	-1.099E-01
4	1.179E-03	-3.092E-03	7.999E-02
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	9.701E-04

## Action(s) de liaison [ N N.m ]

Nœud 5 - Rx = 6454.1 Ry = 25864.7 Mz = -14415.4  
 Nœud 6 - Rx = -6454.1 Ry = 16135.3 Mz = 0.0

## Efforts intérieurs [ N N.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	2228.3	5570.9	-0.0	5.363E-06
2	1	2228.3	5570.9	-6000.0	
		5570.9	6000.0		
2	2	2228.3	-11807.4	-6000.0	5.363E-06
3	2	2228.3	-11807.4	6716.9	
		11807.4	6716.9		
3	3	6685.0	-665.6	6716.9	3.218E-05
4	3	6685.0	-665.6	8150.8	
		665.6	8150.8		
4	4	11141.7	10476.1	8150.8	5.363E-05
5	4	11141.7	10476.1	-14415.4	
		10476.1	14415.4		
5	6	-17378.2	-0.0	-0.0	-2.708E-04
2	6	-17378.2	0.0	-0.0	
		0.0	0.0		

## Résultats : Cas 3 Vent normal

## Déplacements nodaux [ m, ° ]

Noeud	dx	dy	rotz
1	4.247E-04	-1.049E-03	6.151E-02
2	-7.668E-05	2.050E-04	9.246E-02
3	-7.865E-04	1.977E-03	8.876E-02
4	-9.912E-04	2.483E-03	-6.463E-02
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	-6.478E-02

## Action(s) de liaison [ N N.m ]

Nœud 5 - Rx = 6100.1 Ry = -16372.7 Mz = 11647.6  
 Nœud 6 - Rx = 4839.9 Ry = -13187.3 Mz = 0.0

## Efforts intérieurs [ N N.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	-1.9	-4501.3	0.0	-4.540E-09
2	1	-1.9	-4501.3	4848.0	
		4501.3	4848.0		
2	2	-405.7	9540.4	4848.0	-9.767E-07
3	2	-405.7	9540.4	-5427.3	
		9540.4	5427.3		
3	3	-409.5	537.8	-5427.3	-1.971E-06
4	3	-409.5	537.8	-6585.8	
		537.8	6585.8		
4	4	-413.2	-8464.7	-6585.8	-1.989E-06
5	4	-413.2	-8464.7	11647.6	
		8464.7	11647.6		
5	6	14041.6	-403.9	-0.0	2.188E-04
2	6	14041.6	403.9	0.0	
		403.9	543.8		

## Influence de l'humidité sur les contraintes admissibles

Valeur du coefficient à appliquer selon l'humidité du bois :

Compression, cisaillement, traction transversale

$$C_h = 1,48 - 0,04H$$

Flexion et traction axiale

$$C_h = 1,24 - 0,02H$$

## Cisaillement longitudinal

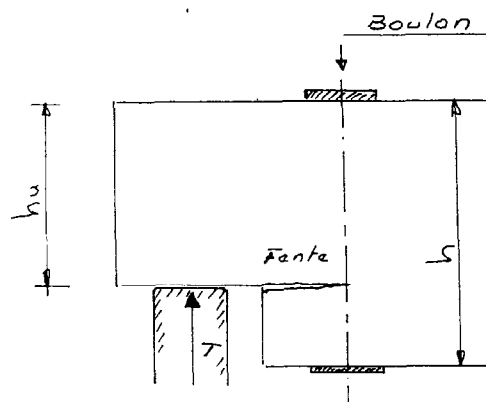
Cas de l'entaille :

(Formule de Möhler)

$$\tau = \frac{1,5T}{k \cdot b \cdot h_u}$$

$$k = \left(1 - 2,8 \cdot \frac{h - h_u}{h}\right) \geq 0,3$$

$$\text{avec } (h - h_u) \leq 0,25h.$$



## Coefficient de fluage en flexion

$\bar{\sigma}_f$  la contrainte admissible en flexion;

$\sigma_{r\infty}$  la contrainte réelle à laquelle sera soumis l'ouvrage sous l'action des charges et surcharges maximales de longue durée qui pourront lui être appliquées;

$\frac{\bar{\sigma}_f}{5}$  la limite forfaitaire du fluage en flexion;

H l'humidité du bois lors de sa mise en œuvre;

$\Delta H$  la différence entre le maximum et le minimum des humidités atteintes après la mise en œuvre et jusqu'à la stabilisation complète des déformations du bois.

Le coefficient de fluage est fixé forfaitairement pour toutes les essences :

1° pour

$$\sigma_{r\infty} \leq \frac{\bar{\sigma}_f}{5} \quad \text{à} \quad \theta = 1;$$

2° pour

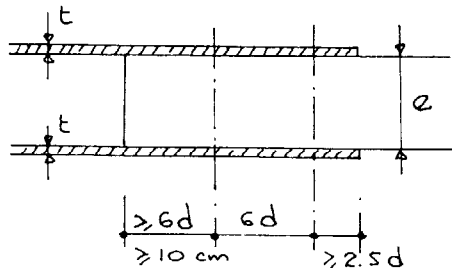
$$\frac{\bar{\sigma}_f}{5} \leq \sigma_{r\infty} \leq \bar{\sigma}_f.$$

$$\theta = 1 + \left[ \frac{\frac{H + \Delta H}{12}}{1 - \frac{\Delta H - 5}{12 + \Delta H}} \times \frac{\sigma_{r\infty} - 0,2 \bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_f} \right]$$

## Assemblage bois - métal

## 4.324 Cas particulier métal-bois

Dans le cas assez fréquent où l'assemblage se fait avec des flasques métalliques, on peut adopter les valeurs forfaitaires suivantes en attendant les résultats d'essai :

*Cas de deux flasques en tôle*

L'effort admissible est majoré de 25 % pour le double cisaillement.

$$F = 250 d \sqrt{e} \quad e \leq 10 d$$

*Cas d'un flasque extérieur*

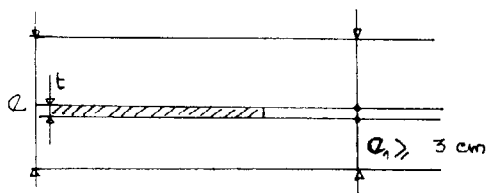
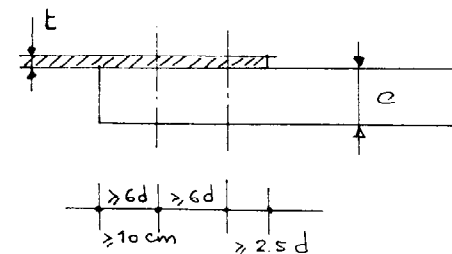
L'effort admissible est majoré de 25 % pour le simple cisaillement

$$F = 100 d \sqrt{e}$$

*Cas d'un flasque médian*

L'effort admissible est égal à :

$$F = 200 d \sqrt{e} \quad e \leq 8 d$$



avec  $e$  épaisseur totale de la pièce, en cm

$e_1$  ne sera pas inférieure à 3 cm.

Dans le cas d'utilisation avec des tôles minces, il est nécessaire de vérifier la pression diamétrale sur les bords du trou.

Si  $P$  est l'effort relatif à chaque tôle,  
 $n$  le nombre de boulons,  
 $d$  le diamètre, en cm,  
 $t$  l'épaisseur de la tôle, en cm,

on devra vérifier que  $\sigma = \frac{P}{n \cdot d \cdot t} \leq 3200$  bars

## Caractéristiques mécaniques des bois

## CONTRAINTES ADMISSIBLES DU BOIS LAMELLÉ-COLLÉ (RÈGLES CB 71)

Classe	GL24	GL28	GL32	GL36	GL24	GL28	GL32	GL36
	h <sup>2</sup>	h	h	h	c <sup>1</sup>	c	c	c
<b>PROPRIÉTÉS DE RÉSISTANCE EN N/MM<sup>2</sup> (1)</b>								
- flexion	10,5	12,3	14,1	15,8	10,5	12,3	14,1	15,8
- traction axiale	7,3	8,6	9,9	11,4	6,2	7,3	8,6	9,9
- traction perpendiculaire	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
- compression axiale	10,5	11,6	12,7	13,6	9,2	10,5	11,6	12,7
- compression perpendiculaire*	0,6	0,65	0,75	0,8	0,55	0,6	0,65	0,75
- cisaillement	1,2	1,4	1,7	1,9	1	1,2	1,4	1,7
<b>PROPRIÉTÉS DE RIGIDITÉ EN kN/MM<sup>2</sup> (2)</b>								
- module axial	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
- module de cisaillement	0,72	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85
<b>MASSE VOLUMIQUE MOYENNE EN kg/m<sup>3</sup></b>								
	440	480	520	560	420	460	500	540

(Source : norme NF P 21-400, version définitive en cours d'homologation en 1998.)

1. 1 N/mm<sup>2</sup> = 10 daN/cm<sup>2</sup> = 10,2 kg/cm<sup>2</sup> = 1 MPa. 2. 1 kN/mm<sup>2</sup> = 10 200 kg/cm<sup>2</sup> = 1 000 Mpa.

3. Lamellé-collé homogène. 4. Lamellé-collé panaché.

\*Note : Dans l'attente de règles de dimensionnement spécifiques, on peut multiplier par deux les valeurs de compression perpendiculaire pour une vérification selon les règles CB 71.

## Pièces soumises à la compression axiale

## 4,93 PIÈCES SOUMISES A LA COMPRESSION SIMPLE AXIALE

## 4,930 Sections des pièces comprimées

Dans la détermination des sections il ne sera pas tenu compte de la réduction de section résultant de la présence des boulons, organes d'assemblage ou entailles à la condition que leur présence affecte moins de 15 % de la section brute et que les différents organes d'assemblage remplissent parfaitement les logements prévus.

## 4,931 Longueur de flambement - Élanement

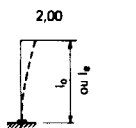
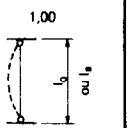
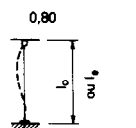
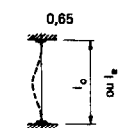
4,931-1 **Longueur de flambement.** — La longueur de flambement  $l_f$  d'une pièce de charpente est déduite :

— soit de la longueur réelle  $l_0$  de la pièce étudiée, pour les pièces simples (fig. R-IV-15);

— soit d'une longueur fictive  $l_e$  pour les pièces composées, par application de coefficients fonction de la nature des liaisons aux extrémités.

1° Pour les pièces *simples* la longueur de flambement  $l_f$  est donnée par les relations suivantes (où  $l_f = ml$ ) :

TABLEAU 24 résumant les prescriptions du présent article

	1 extrémité libre 1 extrémité encastrée	2 extrémités articulées	1 extrémité articulée 1 extrémité encastrée	2 extrémités encastrées
Coefficient m = ..	2,00	1,00	0,80	0,65
				
Pièce simple . . . . .	$l_f = 2 l_0$	$l_f = l_0$	$l_f = 0,80 l_0$	$l_f = 0,65 l_0$
Pièce composée ..	$l_f = 2 l_e$	$l_f = l_e$	$l_f = 0,80 l_e$	$l_f = 0,65 l_e$

4,931-2 **Élanement.** — L'élanement  $\lambda$  est le rapport de la longueur de flambage  $l_f$  au rayon de giration  $i$  relatif au moment d'inertie  $I$  (de la section transversale  $A$  de la pièce).

Pour le plan où l'on étudie le flambement, on a :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} \quad \text{avec} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

On envisage successivement le flambement dans les deux plans principaux de la section de la pièce.

## 4,932 Risques de flambement

On admet qu'il n'y a pas de risques de flambement pour les pièces d'élanement inférieur ou égal à 37,5.

Au-delà de cette valeur d'élanement une vérification au flambement est nécessaire.

## 4,933 Vérification des pièces soumises à la compression simple sans risque de flambement

On vérifiera que les contraintes déterminées en divisant l'effort normal par la section calculée (R-IV-4,930) satisfont aux conditions énumérées en R-IV-4,91 et 92 (tableau 22).

## 4,934 Vérification des pièces soumises à la compression simple avec risque de flambement

4,934-1 **Pièces simples** — On applique les prescriptions ci-après si l'élanement des pièces reste compris entre 37,5 et 120

$$37,5 \leq \lambda \leq 120;$$

quant aux pièces dont l'élanement est supérieur à 120, elles sont étudiées suivant les prescriptions énumérées en R-IV-4,1.

On multiplie la contrainte due à l'effort normal (déterminée en application des prescriptions définies en R-IV-4,91) par le coefficient  $K = \frac{1}{k}$  et on vérifie que ce produit est inférieur à la contrainte admissible

Les valeurs de  $k$  sont données en fonction de  $\lambda$  par les expressions suivantes :

$$\text{pour } 37,5 < \lambda \leq 75 \quad k = 1,45 - 1,20 \frac{\lambda}{100},$$

$$\text{pour } 75 \leq \lambda \leq 120 \quad k = \frac{3100}{\lambda^2}.$$



Poutre continue

Schéma mécanique	Actions aux liaisons	Flèche : f
	$Y_A = \frac{2q\ell}{5}$  $Y_B = \frac{11q\ell}{10}$  $Y_C = Y_B$  $Y_D = Y_A$	$f\left(\frac{\ell}{2}\right) = \frac{27q\ell^4}{4\,000\,E I_z}$  $f\left(\frac{3\ell}{2}\right) = \frac{13q\ell^4}{25\,000\,E I_z}$
	Effort tranchant : $V_y$	Moment fléchissant : $M_z$

Moments quadratiques et polaires

<p><b>Moment quadratique d'un rectangle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par rapport à un axe passant par G</li> <li>- par rapport à un côté</li> </ul>	$I_{Gx} = \frac{bh^3}{12}$ $I_{Gy} = \frac{hb^3}{12}$  $I_{AB} = \frac{bh^3}{3}$ $I_{BC} = \frac{hb^3}{3}$	
<p><b>Moment quadratique d'un carré</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par rapport à un axe passant par G</li> <li>- par rapport à un côté</li> </ul>	$I_{Gx} = I_{Gy} = \frac{a^4}{12}$  $I_{AB} = I_{BC} = \frac{a^4}{3}$	
<p><b>Moment quadratique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un rectangle creux</li> <li>- d'un I</li> </ul>	$I_{Gx} = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$  $I_{Gy} = \frac{HB^3 - hb^3}{12}$	
<p><b>Moment quadratique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'un cercle</li> <li>- d'une couronne</li> </ul>	$I_{Gx} = I_{Gy} = \frac{\pi D^4}{64}$  $I_{Gx} = I_{Gy} = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	
<p><b>Moments polaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cercle</li> <li>- couronne circulaire</li> <li>- carré</li> <li>- rectangle</li> </ul>	$I_o = \frac{\pi D^4}{32}$  $I_o = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$  $I_o = \frac{a^4}{6}$  $I_o = \frac{bh(b^2 + h^2)}{12}$	