

ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

SOUS-EPREUVE U4.1

ELABORATION D'UNE NOTICE DE CALCUL

MAISON D'HABITATION

DOSSIER RESSOURCE

Document ressource DR1	:	Matériau + modélisation question 1.2
Document ressource DR2	:	Ferme FE3 : données+résultats Flexion composée
Document ressource DR3	:	Compression simple avec flambement
Document ressource DR4	:	Assemblage par emboîtement
Document ressource DR5	:	Compression transversale localisée Coefficient de fluage en flexion

➤ **Matériau :**

L'ensemble de la structure est en résineux de classe C24

Hypothèse sur humidité des bois :

- humidité maximale: $H + \Delta H = 18 \%$
- humidité minimale $H - \Delta H = 12\%$
- $\Delta H = 6\%$

Contraintes admissibles :

Classes de résistance du bois massif			
Contraintes admissibles (Mpa)	Notation		C 24
	CB 71	EC5 DAN	
- de flexion parallèle	$\bar{\sigma}_f$	f_{mk}	11
- de traction axiale	$\bar{\sigma}$	$f_{t,0,k}$	6,5
- de traction transversale	$\bar{\sigma}_t$	$f_{t,90,k}$	0,2
- de compression axiale	$\bar{\sigma}'$	$f_{c,0,k}$	9,5
- de compression transversale	$\bar{\sigma}'_t$	$f_{c,90,k}$	2,3
- de cisaillement	$\bar{\tau}$	$f_{v,k}$	1,1
Modules moyens (MPA)			
- d'élasticité axial	E_f	$E_{0,moy}$	10 000
- de cisaillement	E_G	$G_{0,moy}$	600
Masse volumique moyenne			ρ_{moy} 410

➤ **Influence de l'humidité sur les contraintes admissibles :**

valeur du coefficient à appliquer selon l'humidité du bois :	C_H
Compression, cisaillement, traction transversale :	$1,48 - 0,04.H$
Flexion et traction axiale :	$1,24 - 0,02.H$

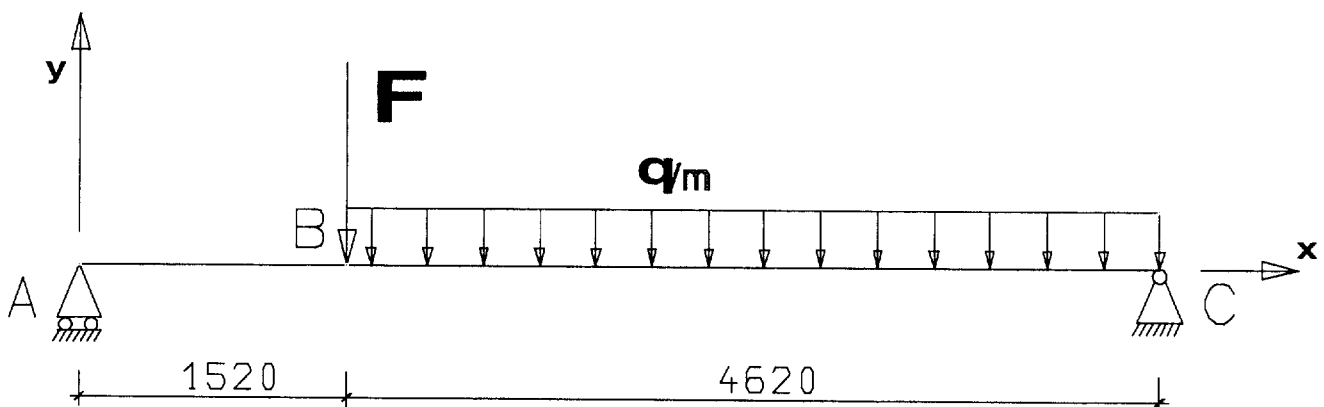
➤ **Influence de la hauteur h de la section sur la contrainte admissible de flexion :**

Valeur du coefficient de hauteur C influençant la contrainte normale admissible de flexion

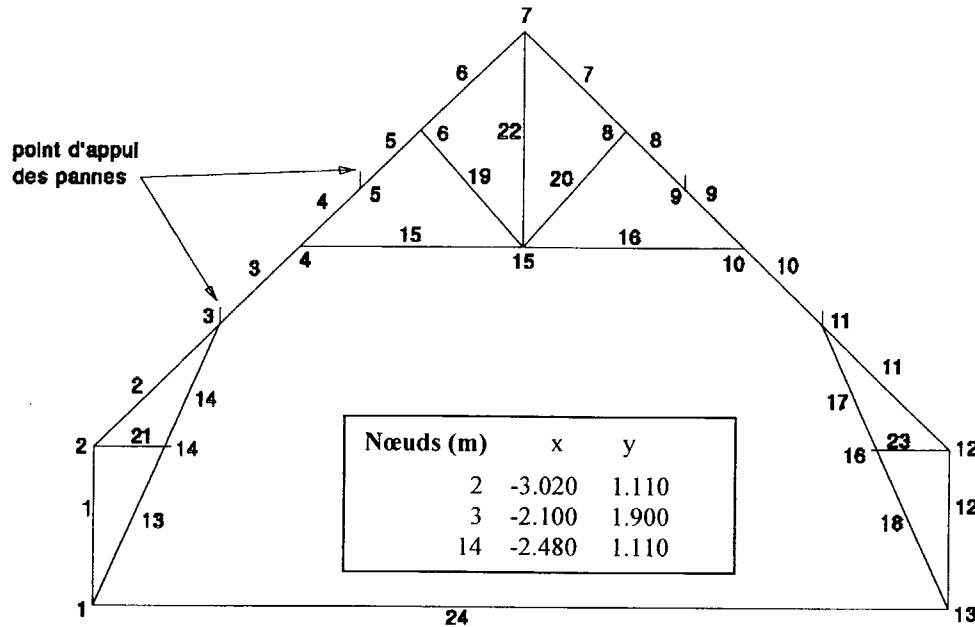
- Si $h < 150$ $C = 1$
- Si $h > 150$ $C = 1,2 - 0,2.(h/150)$.

Question 1.2 :

Modélisation poutre maîtresse de la mezzanine



Données partielles sur la modélisation de la ferme FE3



Poutres(s) [m, rad]	Poutre	Ori -> Ext	Orient	Sect	Mat	Long	Type
	13	1 14	0.0000	2 11	1.234	Rotule - Rigide	
	14	14 3	0.0000	2 11	0.877	Rigide - Rotule	

Résultats partiels:

Sollicitations ; unités : daN et daN.m

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

ELE	ori	No	TYo	MfZo	ext	Ne	TYe	MfZe
			TYmax	MfZmax				

indication des informations données ci-dessous : numéros de barre, nœuds d'origine et d'extrémité, sollicitations aux nœuds et valeurs maximales de l'effort tranchant et du moment fléchissant.

2	2	-36.8	36.0	-0.0	13	1	-1008.9	13.4	-0.0
3	3	-30.1	43.9	-48.4	14	14	-1000.4	17.5	-19.1
			43.9	48.4				17.5	19.1
3	3	-749.3	-94.0	-48.4	14	14	-975.7	-23.2	-19.1
4	4	-744.1	-88.9	29.2	3	3	-969.7	-20.3	0.0
			94.0	48.4				23.2	19.1

Flexion composée :

Pour le matériau bois les contraintes admissibles sont différentes selon les sollicitations ($\bar{\sigma} \neq \bar{\sigma}' \neq \bar{\sigma}_f$).

1^{ère} méthode : Pour obtenir un calcul qui tienne compte de cette particularité le DTU 31.3 sur les charpentes industrialisées préconise l'utilisation du taux de travail appelé ψ (psi).

<u>Flexion + traction :</u>	<u>Flexion + compression :</u>
$\psi = \frac{\sigma_{f \max}}{C.C_H \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{\max}}{C_H \cdot \bar{\sigma}} \leq 1$	$\psi = \frac{\sigma_{f \max}}{C.C_H \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma'_{\max}}{k.C'_H \cdot \bar{\sigma}'} \leq 1$

→ k: coefficient réglementaire tenant compte du phénomène de flambement (CB 71)
2^{ème} méthode : (extrait CB71) (aux coefficients de hauteur C et d'humidité C_H près)

4,953 Flexion composée

Les bois de la catégorie III ne doivent pas être utilisés pour la constitution des éléments pouvant être soumis à la flexion composée lorsque l'effort normal est une traction.

4,953-1 **Sections fléchies et tendues.** — La contrainte maximale en valeur absolue est :

$$|\sigma| = \left| \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}} \times \frac{N}{A} \right| + \left| \frac{M}{I} \times \frac{v}{v} \right| \leq \text{contrainte admissible de flexion } \bar{\sigma}_f$$

Elle doit satisfaire aux prescriptions des règles R-IV-4,91, 92 et 4,951.

Pour une telle sollicitation n'utiliser que des bois des catégories I et II.

4,953-2 **Sections fléchies et comprimées sans risque de flambement.** —

On procède aux mêmes vérifications (R-IV-4,953-1), la contrainte maximale étant calculée par l'expression :

$$|\sigma| = \left| \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}'} \times \frac{N}{A} \right| + \left| \frac{M}{I} \times \frac{v}{v} \right| \leq \text{contrainte admissible de flexion } \bar{\sigma}_f$$

4,953-3 **Sections fléchies et comprimées avec risque de flambement.** —

On procède aux mêmes vérifications (R-IV-4,953-2) en multipliant dans l'expression donnant la contrainte maximale $\bar{\sigma}'$, l'effort normal N par le coefficient

$K = \frac{1}{k}$, k ayant la valeur calculée (R-IV-4,934-1), d'où :

$$|\sigma| = \left| \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}'} \times \frac{KN}{A} \right| + \left| \frac{M}{I} \times \frac{v}{v} \right|$$

ou

$$= \left| \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}'} \times \frac{N}{kA} \right| + \left| \frac{M}{I} \times \frac{v}{v} \right| \leq \text{contrainte admissible de flexion } \bar{\sigma}_f$$

Extraits règles CB 71 :

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 - Élancement





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 $l_f = m l$) :

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 $m = \dots$	2,00	1,00	0,80	0,65
	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 **Élancement.** — L'élancement λ est le rapport de la longueur de flambement 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'élancement inférieur ou égal à 37,5.

Au-delà de cette valeur d'élancement 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'élancement des pièces reste compris entre 37,5 et 120

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

quant aux pièces dont l'élancement 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 (R-IV-4,92) (tableau 22)).

Les valeurs de k sont données en fonction de λ par les expressions suivantes :

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

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

Voir fig. C-IV-11 bis et tableau 26.

Extraits règles CB 71 :

4.61-1 • En pratique, dans un but de simplification, on ne tient pas compte de l'existence du tenon dans les calculs.

• Les fibres moyennes des pièces A et B (fig. C-IV-4) font entre elles un angle aigu α . l'effort F qui s'exerce sur la pièce oblique A se transmet à la pièce B, et se décompose :

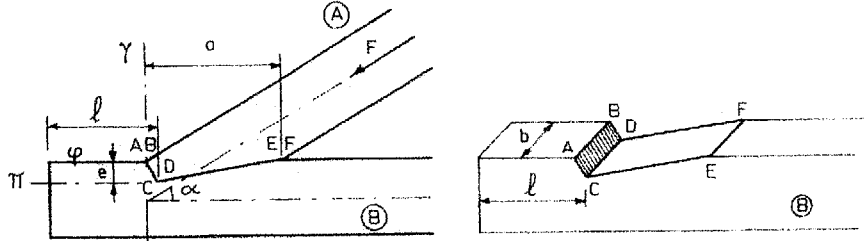


Fig. C-IV-4.

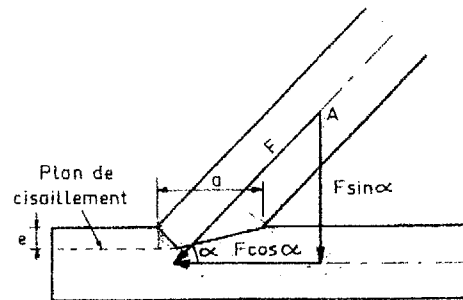
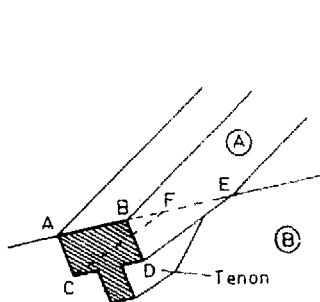
1. En un effort transversal $F \sin \alpha$.

• Donnant sur B (fig. C-IV-5) un effort de compression (transversale) perpendiculaire aux fibres [réparti sur la surface ab de l'embrèvement égale à la projection de la surface de contact $A B C D E F$ (de l'embrèvement) sur le plan π de la pièce femelle] auquel correspond une contrainte de compression de flanc :

$$r_1 = \frac{F \sin \alpha}{ab}$$

cette contrainte r_1 doit être inférieure à la contrainte admissible à la compression de flanc R'_c (compte tenu de la majoration pour compression localisée) :

$$(1) \quad r_1 \leq R'_c \quad \frac{F \sin \alpha}{ab} \leq R'_c$$



2. En un effort longitudinal $F \cos \alpha$.

• Cet effort produit sur B :

a) Un effort de compression (axiale) parallèle aux fibres (réparti sur la surface de bout eb de l'embrèvement égale à la projection de la surface $A B C D$ de l'about de la pièce mâle sur le plan transversal γ de la pièce femelle) auquel correspond une contrainte de compression axiale :

$$r_2 = \frac{F \cos \alpha}{eb}$$

cette contrainte r_2 doit être inférieure à la contrainte admissible à la compression axiale R_c :

$$(2) \quad r_2 \leq R_c \quad \frac{F \cos \alpha}{eb} \leq R_c$$

b) Un effort de cisaillement parallèle aux fibres¹ (réparti sur la surface bl du « talon » ménagé sur B en arrière de l'embrèvement dans le plan π parallèle à l'axe longitudinal de la pièce femelle et passant par l'arête $C D$ de l'embrèvement) auquel correspond une contrainte de cisaillement longitudinal :

$$r_3 = \frac{F \cos \alpha}{bl}$$

cette contrainte r_3 doit être inférieure à la contrainte admissible de cisaillement longitudinal R_{cs} (pour qu'il n'y ait pas risque de cisaillement du talon) :

$$(3) \quad r_3 \leq R_{cs} \quad \frac{F \cos \alpha}{bl} \leq R_{cs}$$

les dimensions a , e et l de l'embrèvement se trouvent ainsi déterminées par les trois conditions tirées des expressions (1), (2) et (3)

$$a \geq \frac{F \sin \alpha}{b R'_c}$$

$$e \geq \frac{F \cos \alpha}{b R_c}$$

$$l \geq \frac{F \cos \alpha}{b R_{cs}}$$

Extrait règles CB 71

3,24-2 Compression transversale localisée (voir fig. R-III-1)

Dans le cas de la compression transversale localisée, on admet un coefficient de majoration de la contrainte admissible égal à 2 lorsque simultanément :

1° dans le sens longitudinal la pièce sollicitée déborde de part et d'autre de la zone

directement comprimée d'une longueur a au moins égale à une fois et demie la hauteur h de la pièce sollicitée ($a \geq 1,5 h$);

2° la longueur l de la zone d'appui est au plus égale à la hauteur h de la pièce sollicitée ($l \leq h$).

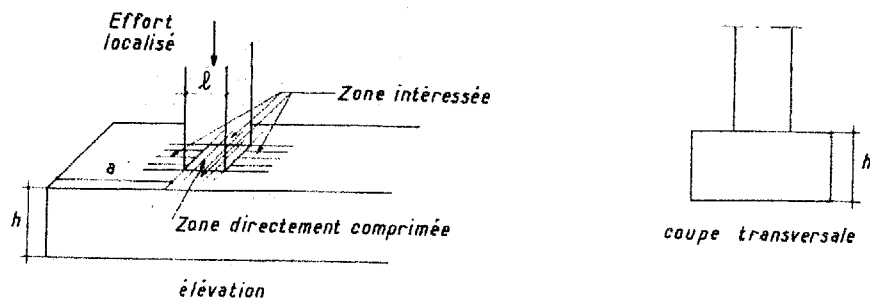


Fig. R-III-1. — Compression transversale localisée.

Si ces conditions ne sont pas réalisées, la contrainte admissible est affectée d'un coefficient de majoration dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

TABLEAU 7

l/h \ a/h	$\geq 1,5$	1	0,5	0
1	2	1,5	1,25	1
2	1,5	1,25	1,12	1
≥ 3	1	1	1	1

4,961 Coefficient de fluage en flexion

En appelant comme à l'article R-IV-4,815.

$\bar{\sigma}_f$ 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 conventionnelle de fluage;

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

ΔH 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;

on admet forfaitairement les valeurs suivantes du coefficient de fluage pour toutes les essences :

1° Pour $\sigma_{r\infty} \leq \frac{\bar{\sigma}_f}{5}$: $\theta = 1$

2° Pour $\frac{\bar{\sigma}_f}{5} < \sigma_{r\infty} < \bar{\sigma}_f$: La valeur de θ est donnée par la figure R-IV-24 (page 181).

$$\text{avec : } \theta = 1 - \frac{\frac{H + \Delta H}{12} X \frac{\sigma_{r\infty} - 0,2.C.C_H.\sigma_f}{C.C_H.\sigma_f}}{1 - \frac{\Delta H - 5}{12 + \Delta H}}$$