

# ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

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

*Durée : 3 heures*

*Coefficient : 2*

⇒ CALCULATRICE AUTORISEE

**HABITATION DE VACANCES**

**Ce dossier comprend : 16 pages**

- **Texte de l'épreuve (U41) : 3 pages**
- **Dossiers d'aides :**
  - **dossier de plans : documents DP1 à DP5 - 5 pages**
  - **dossier ressource : documents DR1 à DR8 - 8 pages**

**AUCUN DOCUMENT AUTORISE**

## TEXTE DE L'ÉPREUVE

### Présentation

Une entreprise de construction bois réalise des chalets DELTA pour équiper des centres de vacances. Le dossier de plans présente les principales caractéristiques constructives de ces constructions. Deux variantes des chalets DELTA sont fabriquées : la variante 1 sur vide sanitaire avec plancher bois et la variante 2 sur dalle béton.

### Description technique de la construction

#### **Couverture :**

- ardoises, modèle traditionnel 300 x 200, pose au crochet sur liteaux de 14 x 40
- contreliteaux de ventilation,  $\perp$  au liteaux d'accrochage, de 27 x 40
- film parepluie microperforé
- panneaux de toiture isolants (Rolitoit delta) épaisseur 102 mm, format 4050 x 600 ou 3100 x 600
- habillage en sous-face par lambris sur tasseaux entre pannes

#### **Structure :**

- panne C22 BM 70 x 155 , H% : 15%,  $\Delta H$  : 5%
- portique delta :
  - . arbalétrier en LC GL24h de 110 x 308
  - . entrain retroussé en C22 BM 2 fois 55 x 245
  - . [pour variante 1, entrain BM 2 fois 55 x 220 , lié aux arbalétriers, appui intermédiaire plot béton]
- contreventement par plat métallique (feuillard) directement sur arbalétriers
- assemblages des entrains sur les arbalétriers par boulonnage
- assemblage en tête de portique par ferrure métallique boulonnée
- assemblage des pannes sur les arbalétriers par boîtiers

#### **Plancher d'étage**

- revêtement ep 3mm
- PP 22 mm
- Solives  $\perp$  à l'entrain moisé, 40 x 145 , entraxe maximum 500 mm

#### **Plancher sur vide sanitaire (variante 1)**

- revêtement ep 3mm
- PP 22 mm
- pare vapeur
- isolant 150 mm
- grillage de maintien de l'isolant
- solives  $\perp$  à l'entrain moisé, 40 x 145 , entraxe maximum 500 mm
- planche de rive latérale, BM 30 x 245

#### **Dalle sur terre plein (variante 2)**

- forme
- film plastique d'étanchéité
- dalle avec treillis soudé ep 100 mm
- isolation périphérique ep 60 mm
- chape au mortier 50 mm

#### **Mur pignon**

- ardoises
- liteaux 40 x 14, contreliteaux 27 x 40
- pare pluie
- panneaux OSB (oriented structured board) ep 8 mm
- ossature BM C22, 36 x 145
- isolant ep 120 mm
- lambris 10 mm sur liteaux 20 x 40  $\perp$  aux montants d'ossature

## 1. VERIFICATION D'UNE PANNE EN FLEXION DEVIEE

(voir fig. 1 du document DR1)

### → HYPOTHESES

- le taux de charge est exprimé par rapport au repère global en daN par mètre de longueur de panne.

Taux de charge $q$ (daN/m)	Y	Z
Charge permanente G	0	- 60
Action de la neige Pn	0	- 27

*Nota : G prend en compte le poids propre de la panne*

Le modèle choisi pour l'étude d'une panne est celui d'une poutre rectiligne, en liaison pivot sur un arbalétrier et ponctuelle sur l'autre. Elle supporte la charge uniformément répartie  $q$  définie ci-dessus. La portée de la panne est de 2345 mm. Le cas de chargement étudié est  $q = G + Pn$ .

### TRAVAIL DEMANDE :

1.1 Schématiser le modèle d'étude de cette panne sollicitée en flexion déviée.

1.2 Vérification de la panne aux contraintes normales.

1.21 Déterminer la contrainte admissible du bois dans ces conditions d'utilisation : (voir document DR2) : le coefficient de hauteur de poutre  $c = 1$  en première approximation.

1.22 Déterminer la valeur de la contrainte normale maximale par la méthode de votre choix (l'une d'elle est donnée sur le document DR3).

1.3 Calculer le coefficient de fluage.

1.4 Calculer la flèche maximale de cette poutre. Est-elle acceptable si la déformation admissible est  $L / 300$  ?

## 2. EXPLOITATION DE LA NOTICE DE CALCUL INFORMATIQUE

(variante 1, sur vide sanitaire)

### → HYPOTHESES

- Les extraits de la notice de calcul sont présentés sur le document DR8..
- Le taux de charge est exprimé par rapport au repère global en daN par mètre de projection horizontale pour l'arbalétrier et par mètre de longueur pour l'entrait retroussé. Le cas de chargement étudié est  $q = G + P + Pn$  (P, Charges d'exploitation).
- Les poids propres des poutres sont pris en compte dans la charge  $q$ .
- Le modèle est représenté en fig. 2 du document DR1

Taux de charge $q$ (daN/m)	Y	Z
Arbalétriers (AC et CB)	0	- 360
Entrraits (DE) et (AB)	0	- 390

- L'assemblage de l'entrait retroussé (DE) avec les arbalétriers est effectué conformément au schéma de la fig. 3 du document DR1 par l'intermédiaire de deux boulons  $\varnothing 16$ .

**TRAVAIL DEMANDE :**

2.1 A quelles sollicitations est soumis l'entrait DE ? (voir document DR8).

Le vérifier aux différentes contraintes, étude au flambage comprise (horizontalement l'entrait est rigidifié par le plancher et les solives qui réalisent en partie le contreventement de la structure).

2.2 Vérification de l'assemblage entrait retroussé DE avec arbalétriers (voir fig. 3 du document DR1).

2.21 Déterminer les efforts à reprendre par cet assemblage (voir document DR8).

2.22 L'assemblage est réalisé par deux boulons de  $\varnothing 16$  comme le montre la figure 3 du document DR1. Vérifier que ces deux boulons suffisent à reprendre les efforts.

2.23 Justifier le positionnement géométrique (conditions de pince) de cet assemblage.

2.3 Pour vérifier les surfaces d'appuis des arbalétriers sur le socle, il faut déterminer la valeur des actions de contact au point A. Déterminer à partir des résultats du document DR8 le torseur des actions extérieures à la structure en A, (exprimer le résultat dans le repère global).

### 3. ETUDE DU PORTIQUE

(Variante 2, dalle sur terre plein).

#### → HYPOTHESES

- Le taux de charge est exprimé par rapport au repère global en daN par mètre de projection horizontale pour l'arbalétrier et par mètre de longueur pour l'entrait retroussé. Le cas de chargement étudié est  $q = G + P + P_n$  ((P, charges d'exploitation)

- Les poids propres des poutres sont pris en compte dans la charge q.

- Le modèle est représenté sur la figure 4 du document DR1

. liaison pivot en A et B des arbalétriers avec le sol

. liaison pivot en D et E de l'entrait avec les arbalétriers.

. liaison pivot des arbalétriers entre eux en C.

(Par usage, liaison pivot = articulation).

Taux de charge q (daN/m)	Y	Z
Arbalétriers (AC et CB)	0	- 360
Entrait DE	0	- 390

### **TRAVAIL DEMANDE**

3.1 Déterminer le degré d'hyperstativité du modèle choisi pour cette structure

3.2 On désire déterminer les actions de contact appliquées à la structure en A et B.

3.21 Ecrire les équations de la statique relatives à l'équilibre de cette structure.

3.22 Déterminer la ou les équations supplémentaires qui permettront de résoudre le problème. La méthode est laissée au choix du candidat, certaines d'entre elles sont rappelées sur les documents DR4 et DR5.

3.23 Calculer ces actions de contact.

# ETUDE D'UNE CONSTRUCTION

## HABITATION DE VACANCES

### *DOSSIER DE PLANS*

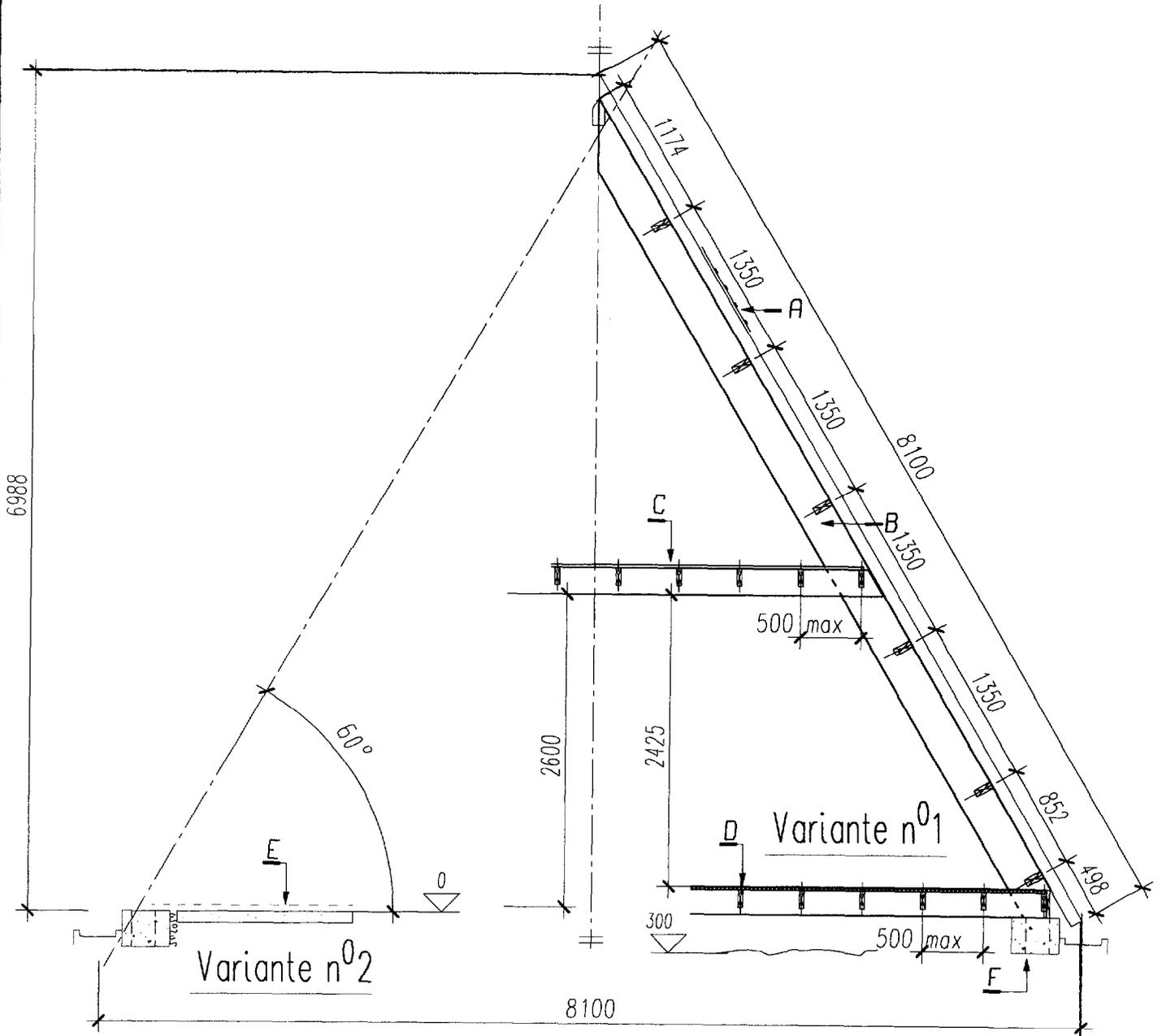
*Ce dossier comprend : 5 pages*

- DP1 - Coupe verticale
- DP2 - Vue en plan
- DP3 - Détails
- DP4 - Fondations
- DP5 - Nomenclature

# HABITATION DE VACANCES

COUPE VERTICALE

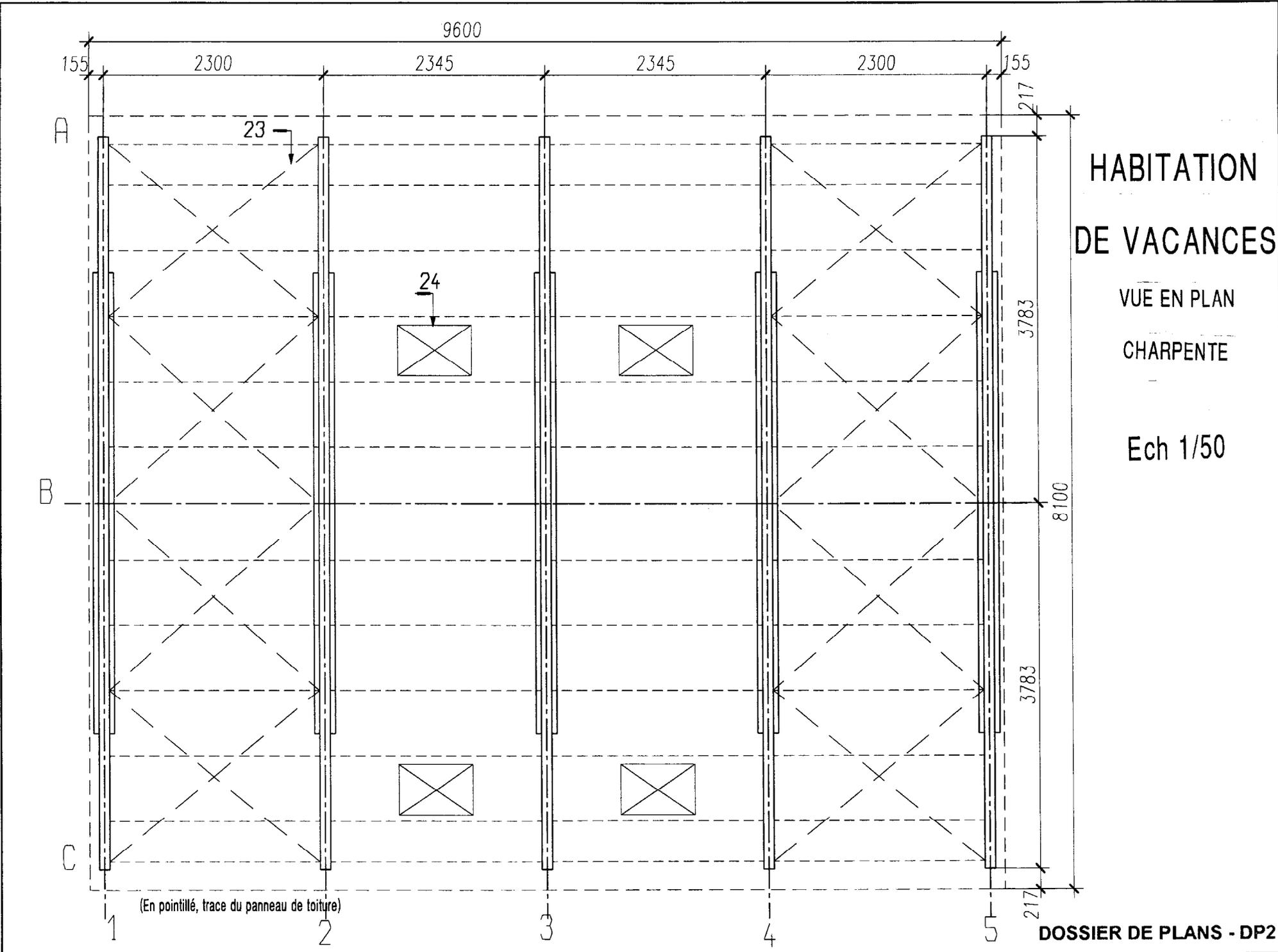
Ech 1/50



# HABITATION DE VACANCES

VUE EN PLAN  
CHARPENTE

Ech 1/50

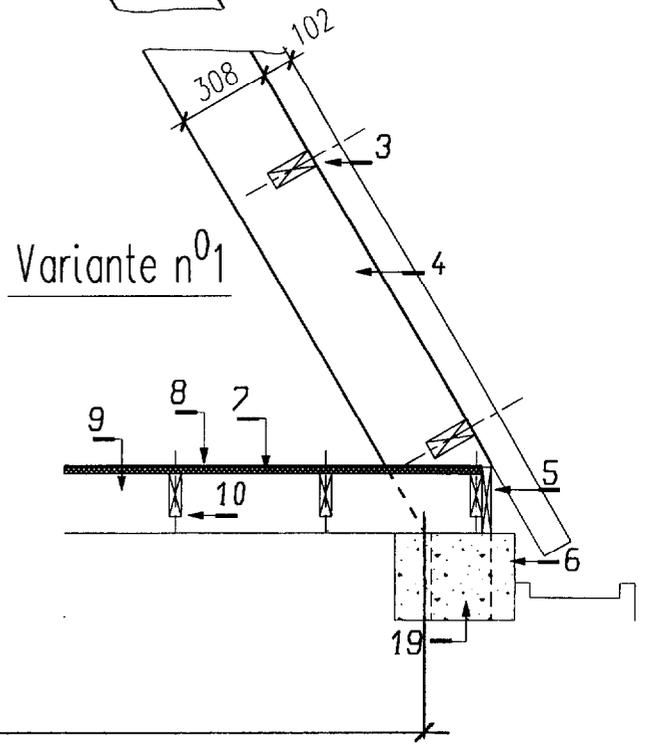
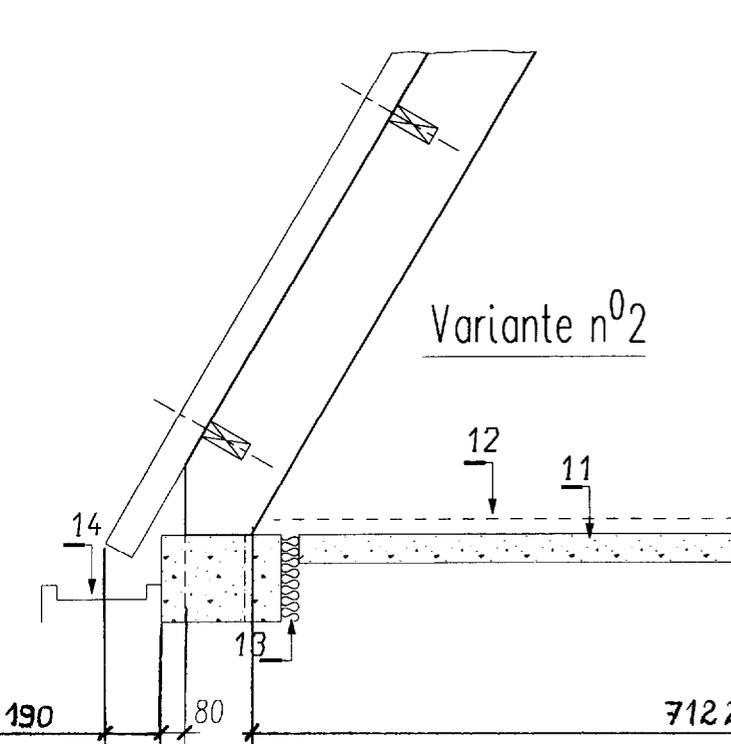
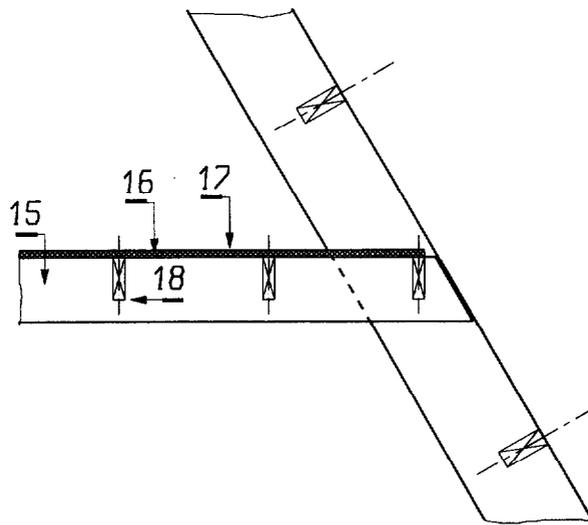
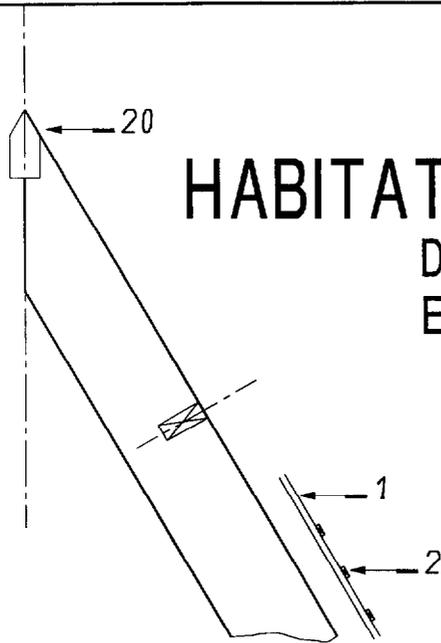


# HABITATION DE VACANCES

DETAILS

Ech 1/25

DOSSIER DE PLANS - DP3



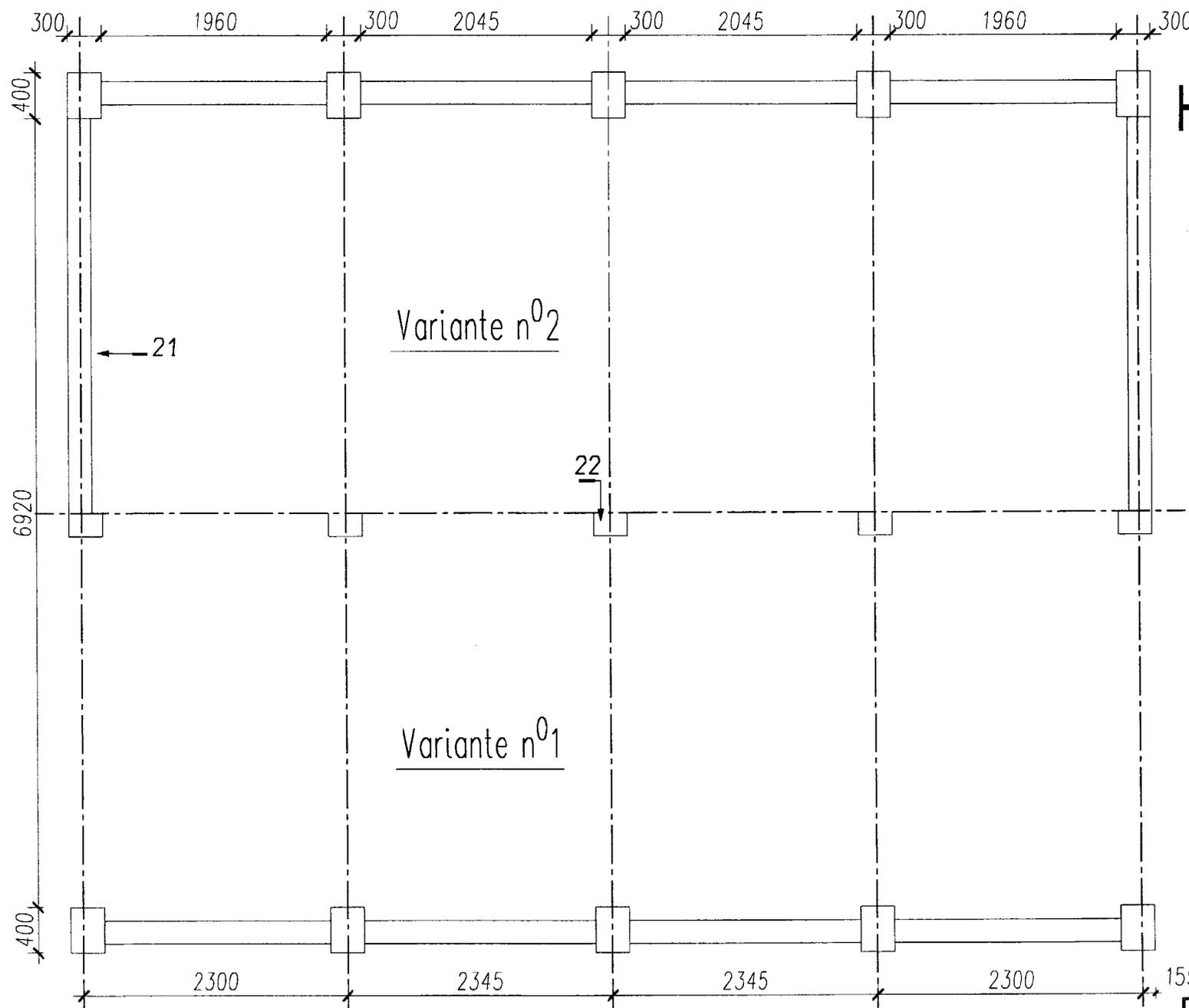
7122

# HABITATION DE VACANCES

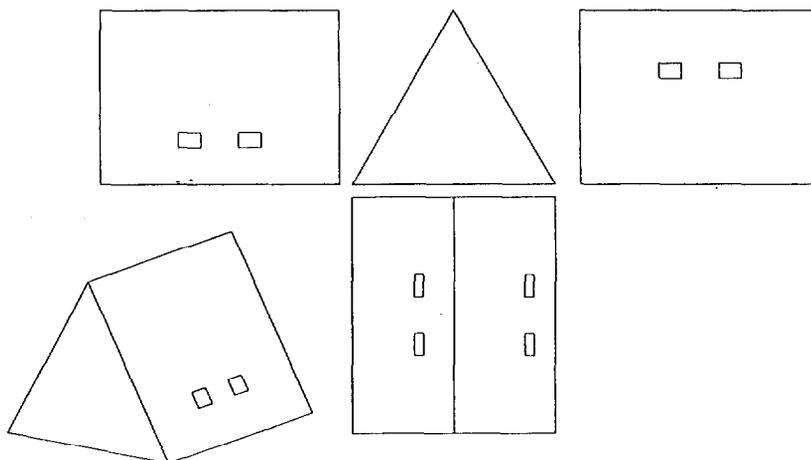
IMPLANTATION  
FONDATIONS

Ech 1/50

155  
DOSSIER DE PLANS - DP4



# HABITATION DE VACANCES



Repère	Désignation
A	COUVERTURE
B	CHARPENTE
C	PLANCHER D'ETAGE
D	PLANCHER SUR VIDE SANITAIRE
E	DALLE SUR TERRE PLEIN
F	FONDATION
1	Contre-liteaux
2	Liteaux
3	Panneaux de toiture
4	Arbalétrier
5	Planche de rive
6	Plot béton
7	P Particules
8	Revêtement sol
9	Entrait
10	Solive
11	Dalle sur terre plein
12	Chape
13	Isolant périphérique
14	Caniveau
15	Entrait retroussé
16	P Particules
17	Revêtement sol
18	Solive
19	Mur de fondation
20	Panne faitière
21	Mur de fondation
22	Plot de fondation
23	Plat métallique CV
24	Fenêtre de toit

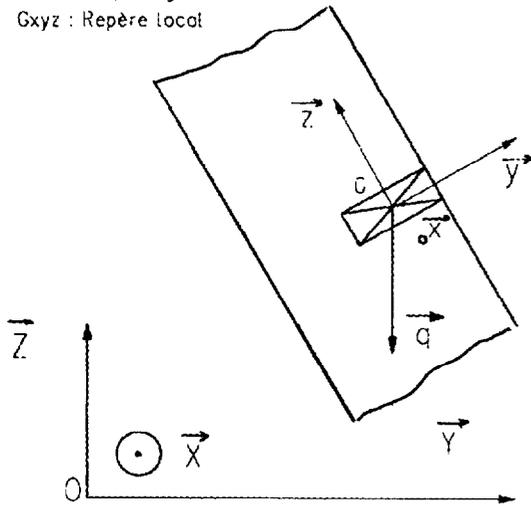
**ETUDE D'UNE CONSTRUCTION****SOUS-EPREUVE U4.1****ELABORATION D'UNE NOTICE DE CALCUL****HABITATION DE VACANCES*****DOSSIER RESSOURCE***

*Ce dossier comprend : 8 pages*

- Document DR1            Modèles et schémas de solution
- Document DR2            Caractéristiques des résineux
- Document DR3            Calcul en flexion déviée
- DocumentS DR4 et DR5    Méthodes pour résolution des problèmes hyperstatiques
- Document DR6            Calculs des assemblages boulonnés
- Document DR7            Vérification des poutres au flambage
- Document DR8            Extrait de notice de calcul informatique

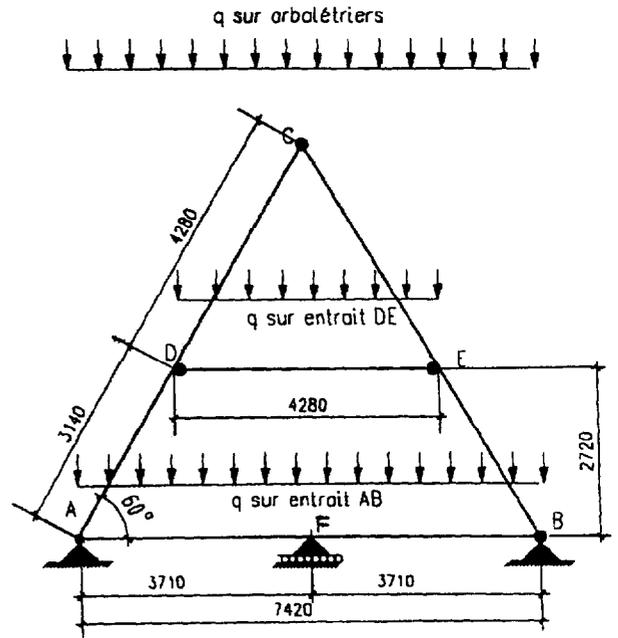
Coupe de la panne sur arbalétrier.

OXYZ : Repère global  
Gxyz : Repère local

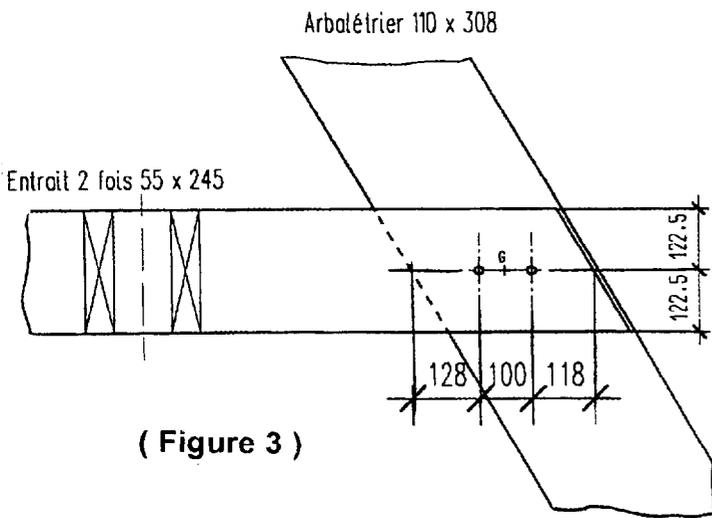


( Figure 1 )

MODELE VARIANTE SUR VIDE SANITAIRE

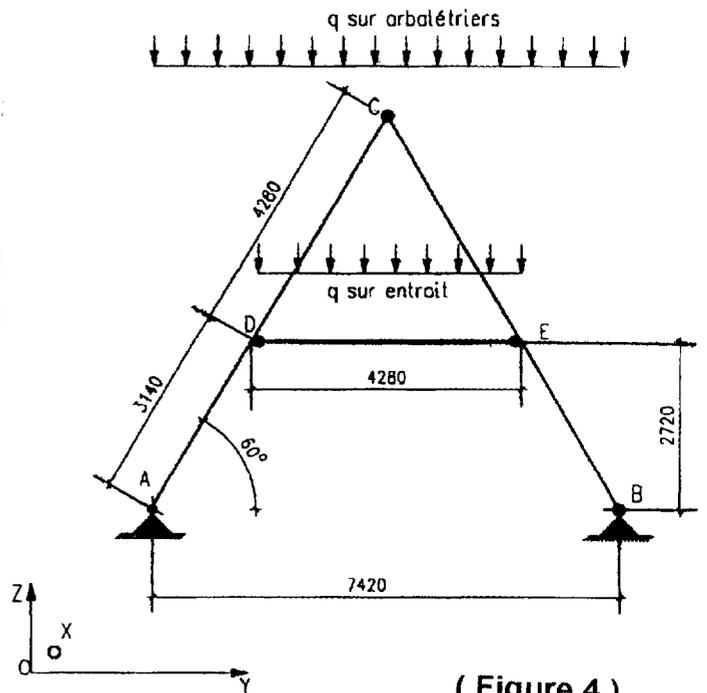


( Figure 2 )



( Figure 3 )

MODELE VARIANTE DALLE SUR TERRE PLEIN



( Figure 4 )

## CONTRAINTES ADMISSIBLES ET PROPRIETES ASSOCIEES AU SYSTEME DE CLASSEMENT VISUEL DEFINI PAR LA NORME NF B 52-001

### BOIS MASSIF RESINEUX. Contraintes données en MPa

Classes de résistance selon EN 338		C18	C22	C24	C27	C30	
	CB 71	EC5 DAN					
Flexion	$\overline{\sigma}_f$	$f_{m,k}$	8	10	11	12	13,2
Traction axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{t,0,k}$	5	6	6	7	8
Traction transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{t,90,k}$	0,13	0,2	0,2	0,2	0,2
Compression axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{c,0,k}$	8,5	9	9	10	10,5
Compression transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{c,90,k}$	2,1	2,2	2,3	2,5	2,5
Cisaillement longitudinal	$\overline{\tau}$	$f_{v,k}$	0,9	1,1	1,1	1,2	1,3
Module moyen d'élasticité axial	$E_f$	$E_{0, moyen}$	$9.10^3$	$10.10^3$	$11.10^3$	$12.10^3$	$12.10^3$
Module moyen d'élasticité transversal	$E_G$	$G_{0, moyen}$	$0,56.10^3$	$0,63.10^3$	$0,68.10^3$	$0,75.10^3$	$0,75.10^3$
Masse volumique moyenne en Kg /m <sup>3</sup>		$\rho_{moy}$	380	410	420	450	460

### BOIS LAMELLE COLLE COMBINE RESINEUX. Contraintes données en MPa

Classes de résistance selon EN 1194		GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL30c
	CB 71	EC5 DAN				
Flexion	$\overline{\sigma}_f$	$f_{m,g,k}$	9,7	10,6	11,4	13,2
Traction axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{t,0,g,k}$	6,1	6,8	7,3	8,1
Traction transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{t,90,g,k}$	0,15	0,15	0,2	0,2
Compression axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{c,0,g,k}$	9,45	10,33	10,77	11,65
Compression transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{c,90,g,k}$	2,11	2,24	2,33	2,51
Cisaillement longitudinal	$\overline{\tau}$	$f_{v,g,k}$	0,8	0,9	1,1	1,15
Module moyen d'élasticité axial	$E_f$	$E_{0, moyen, g}$	$9,9.10^3$	$10,8.10^3$	$11,7.10^3$	$12,5.10^3$
Module moyen d'élasticité transversal	$E_G$	$G_{0, moyen, g}$	$0,62.10^3$	$0,67.10^3$	$0,73.10^3$	$0,78.10^3$
Masse volumique moyenne en Kg /m <sup>3</sup>		$\rho_{moy, g}$	390	395	430	440

### BOIS LAMELLE COLLE HOMOGENE RESINEUX. Contraintes données en MPa

Classes de résistance selon EN 1194		GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	
	CB 71	EC5 DAN					
Flexion	$\overline{\sigma}_f$	$f_{m,g,k}$	9,7	10,6	11,4	12,3	13,2
Traction axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{t,0,g,k}$	6,8	7,5	8	8,6	9,2
Traction transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{t,90,g,k}$	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
Compression axiale	$\overline{\sigma}$	$f_{c,0,g,k}$	10,4	11,4	11,9	12,3	12,8
Compression transversale	$\overline{\sigma}_t$	$f_{c,90,g,k}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Cisaillement longitudinal	$\overline{\tau}$	$f_{v,g,k}$	0,9	1,1	1,15	1,3	1,35
Module moyen d'élasticité axial	$E_f$	$E_{0, moyen, g}$	$9,9.10^3$	$10,8.10^3$	$11,7.10^3$	$12,6.10^3$	$12,6.10^3$
Module moyen d'élasticité transversal	$E_G$	$G_{0, moyen, g}$	$0,62.10^3$	$0,68.10^3$	$0,73.10^3$	$0,79.10^3$	$0,79.10^3$
Masse volumique moyenne en Kg /m <sup>3</sup>		$\rho_{moy, g}$	380	410	420	450	460

### INFLUENCE DE L'HUMIDITE ( coefficient multiplicateur des contraintes admissibles )

Taux d'humidité	7,5 %	10 %	12,5 %	15 %	17,5 %	20 %	22,5 %	25 %
Coefficient pour compression axiale	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6
Coefficient pour traction axiale ou flexion	1,15	1,1	1,05	1	0,95	0,9	0,85	0,8

**Coefficient de fluage  $\theta$**

$$\theta = 1 + \left[ \frac{\frac{H + \Delta H}{12} \times \frac{\sigma_{roo} - 0,2\sigma_f}{\sigma_f}}{1 - \frac{\Delta H - 5}{15 + \Delta H}} \right]$$

## Extraits du CB 71 relatifs à la flexion déviée

## 4,952 Flexion simple déviée

1° Les pièces droites à section droite rectangulaire dont l'inclinaison du plan moyen fait un angle  $\alpha$  inférieur à  $5^{\circ} 30'$  (correspondant à une pente de 10 %) par rapport à la direction des forces extérieures, peuvent être considérées comme soumises à des sollicitations de flexion simple plane.

2° Pour les sections droites rectangulaires simples lorsque  $\alpha$  est supérieur à  $5^{\circ} 30'$  (pente de 10 %), on majorera les charges obliques par le coefficient donné dans le tableau ci-après :

TABLEAU 29

Inclinaison en % du plan moyen de la pièce par rapport à la direction des forces extérieures	Rapport $\frac{h}{b}$ (hauteur/largeur) de la section				
	$h/b = 1$	$h/b = 1,5$	$h/b = 2$	$h/b = 2,5$	$h/b = 3$
Supérieure à 10 % .....	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20
15 .....	1,10	1,20	1,30	1,37	1,45
20 .....	1,15	1,25	1,37	1,47	1,57
25 .....	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70
30 .....	1,25	1,40	1,55	1,70	1,85
40 .....	1,30	1,47	1,65	1,82	2,00
50 .....	1,33	1,55	1,77	1,92	2,17
60 .....	1,37	1,63	1,90	2,12	2,35
80 .....	1,40	1,70	2,00	2,25	2,50
100 (45°) .....	1,40	1,75	2,10	2,45	2,80
200 % .....	1,40	1,75	2,10	2,55	3,00

3° Dans le cas des pannes pour lesquelles des dispositions constructives permettent de reporter sur d'autres pièces la composante oblique résultant de l'action des forces extérieures il peut être procédé à un calcul de flexion simple plane tant que la pente ne dépasse pas 25 %.

4,952 • 2° Les valeurs du coefficient de majoration des charges sont calculées à l'aide de l'expression :

$$c_{\alpha} = \cos \alpha + \frac{h}{b} \sin \alpha,$$

(fig. C-IV-12).

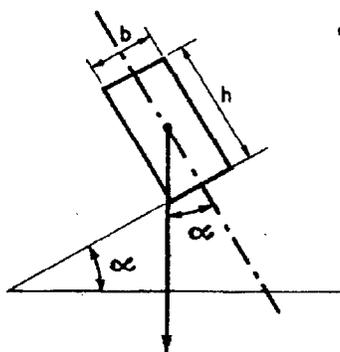


Fig. C-IV-12.

**Extraits relatifs au traitement du problème 3**

**Enoncé du principe des travaux virtuels**

Le travail de déformation de l'état réel de contrainte dans le champ de déformation virtuelle est égal au travail des forces extérieures connues et des réactions inconnues dans le champ de déplacement virtuel, quel que soit ce champ virtuel.

Par application du théorème de réciprocité, on peut écrire :

*Le travail de déformation des contraintes virtuelles dans le champ de déformation réelle est égal au travail des efforts virtuels dans le champ de déplacement réel.*

$$\int_{Structure} [Mf^*(s) \cdot \chi(s) + N^*(s) \cdot \epsilon(s)] \cdot ds = \sum_i (F_i^* u_i + \Phi_i^* \Omega_i)$$

*Nota :* On néglige le travail de déformation de l'effort tranchant devant celui du moment fléchissant.

**Méthode graphique de calcul du travail de déformation**

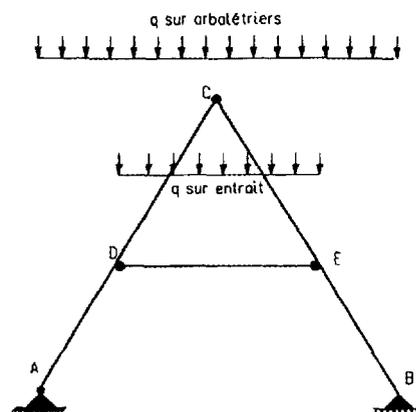
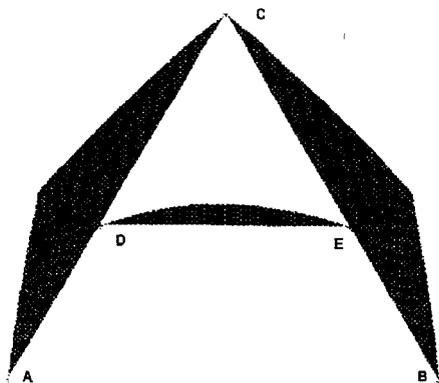
Il s'agit d'une méthode qui permet de calculer graphiquement le travail de déformation. Si l'on note  $Mf_1(x)$  et  $Mf_2(x)$  les expressions des moments fléchissants dans une poutre de longueur  $L$ , le travail de déformation s'écrit :

$$\int_0^L Mf_1(x) \cdot \chi_2(x) \cdot dx = \int_0^L \frac{Mf_1(x) \cdot Mf_2(x)}{EI} dx$$

Intégrales de Mohr : $\int f(x) \cdot g(x) \cdot dx$			g : extremum de la fonction g(x) f : extremum de la fonction f(x)			$\alpha = \frac{a}{L}$ et $\beta = \frac{b}{L}$		
	$L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{2} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{2} L \cdot g (f_1 + f_2)$	$\frac{1}{2} L \cdot f \cdot g$	$\frac{2}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{2}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{2}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$
	$\frac{1}{2} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{6} L \cdot g \cdot (f_1 + 2f_2)$	$\frac{1}{6} L \cdot g \cdot f \cdot (1 + \alpha)$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{4} L \cdot f \cdot g$	$\frac{5}{12} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g$
	$\frac{1}{2} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{6} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{6} L \cdot g \cdot (2f_1 + f_2)$	$\frac{1}{6} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \beta)$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{5}{12} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{4} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g$
	$\frac{1}{2} L (g_1 + g_2) \cdot f$	$\frac{1}{6} L \cdot f \cdot (g_1 + 2g_2)$	$\frac{1}{6} L [2g_1 f_1 + g_2 f_2 + g_1 f_1 + 2g_2 f_2]$	$\frac{1}{6} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \alpha) + g_2 (1 + \alpha) f$	$\frac{1}{3} L (g_1 + g_2) \cdot f$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot (5g_1 + 3g_2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot (3g_1 + 5g_2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot (g_1 + 3g_2)$
	$\frac{1}{2} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{6} L \cdot g \cdot f \cdot (1 + \alpha)$	$\frac{1}{6} L g [f_1 (1 + \beta) + f_2 (1 + \alpha)]$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \alpha \cdot \beta)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g \cdot (5 - \alpha - \alpha^2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g \cdot (5 - \beta - \beta^2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \beta + \beta^2)$
	$\frac{2}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{3} L \cdot g (f_1 + f_2)$	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \alpha \cdot \beta)$	$\frac{8}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{7}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{7}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{5} L \cdot f \cdot g$
	$\frac{2}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{4} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{12} L \cdot g \cdot (5f_1 + 3f_2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g \cdot (5 - \alpha - \alpha^2)$	$\frac{7}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{8}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{11}{30} L \cdot f \cdot g$	$\frac{3}{10} L \cdot f \cdot g$
	$\frac{1}{3} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{12} L \cdot g \cdot (3f_1 + f_2)$	$\frac{1}{12} L \cdot f \cdot g \cdot (1 + \beta + \beta^2)$	$\frac{1}{5} L \cdot f \cdot g$	$\frac{3}{10} L \cdot f \cdot g$	$\frac{2}{15} L \cdot f \cdot g$	$\frac{1}{30} L \cdot f \cdot g$

## Allure des moments fléchissants dans la structure étudiée lorsque l'on remplace la liaison pivot du noeud B par un appui simple. (Voir schéma et modélisation ci dessous)

**Hypothèse :** Les aires des moments fléchissants dans les arbalétriers seront assimilées à des triangles



### Expression de l'énergie potentielle de déformation (ou potentiel interne) dans le cas de poutres droites à plan moyen de symétrie $(\bar{x}, \bar{y})$ chargée dans ce plan.

**Hypothèse :** on négligera pour cette étude la part d'énergie de déformation due à l'effort normal et à l'effort tranchant devant celle due au moment fléchissant.

L'énergie de déformation devient : 
$$W = \frac{1}{2} \int_{structure} \left[ \frac{[M_z(x)]^2}{EI_{GZ}} \right] dx$$

### Théorème de Castigliano

l'énergie potentielle de déformation étant exprimée à l'aide de toutes les forces et tous les couples extérieurs appliqués : la dérivée de l'énergie potentielle de déformation par rapport à l'une des forces appliquées est égale à la projection du déplacement du point d'application de cette force suivant sa ligne d'action :

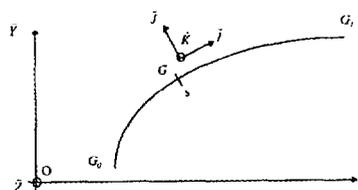
$$\frac{\partial W}{\partial F_i} = \lambda_i$$

la dérivée de l'énergie potentielle de déformation par rapport à l'un des couples extérieurs appliqués est égale à la projection de la rotation du point d'application de ce couple suivant son axe :

$$\frac{\partial W}{\partial \Gamma_k} = \varphi_k$$

### Formules générales de Bresse

Les formules générales de Bresse permettent de calculer les déplacements (translations et rotations) d'une structure.



#### Notations

$(O, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$  repère général.

$(G, \bar{I}, \bar{J}, \bar{K})$  : repère local.

G : centre de gravité de la section à l'abscisse curviligne s.

N : effort normal à l'abscisse curviligne s.

Mf(s) : moment fléchissant à l'abscisse curviligne s.

E : module d'élasticité longitudinale du matériau constituant la barre en MPa.

S : aire de la section transversale de la barre.

I<sub>z</sub> : moment quadratique de la section transversale.

En supposant que la section  $\Sigma_0$  en  $G_0$  d'abscisse curviligne  $s_0$  subisse :

une translation

$$\vec{\delta}_0 = u_0 \bar{X} + v_0 \bar{Y}$$

une rotation

$$\vec{\omega}_0 = \omega_0 \bar{Z}$$

alors une section  $\Sigma_1$  en  $G_1$  d'abscisse curviligne s, subira :

une translation

$$\vec{\delta}_1 = \vec{\delta}_0 + \vec{G}_1 G_0 \wedge \vec{\omega}_0 + \int_{s_0}^{s_1} \frac{N_{(s)}}{ES} \bar{I} ds + \int_{s_0}^{s_1} \frac{Mf_{(s)}}{EI_z} \bar{K} \wedge \vec{G} G_1 ds$$

une rotation

$$\vec{\omega}_1 = \vec{\omega}_0 + \int_{s_0}^{s_1} \frac{Mf_{(s)}}{EI_z} \bar{K} ds$$

#### Remarque:

On a négligé la contribution de l'effort tranchant - dans le calcul des déplacements - devant celle du moment fléchissant.

## \*\* ASSEMBLAGES BOULONNES \*\*

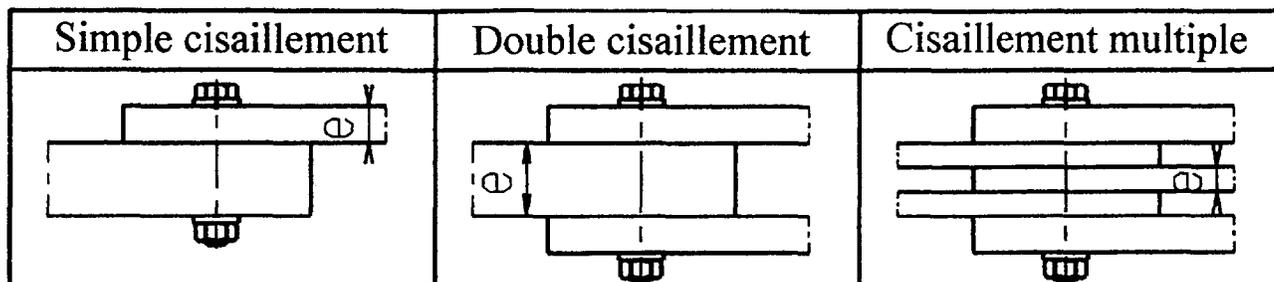
### - 1 - Calcul du diamètre des boulons:

$$e_{\text{mini}} \leq 5.d$$

$$d \leq 28 \text{ mm}$$

$e_{\text{mini}}$  = épaisseur de la pièce la plus fine  
 $d$  = diamètre des boulons

### - 2 - Type de sollicitation de l'assemblage BOIS / BOIS:



### - 3 - Effort de base $f$ repris par un seul boulon pour assemblage BOIS / BOIS:

**Unités:** Effort  $f$  : en daN ; Diamètre  $d$  : en cm ; Épaisseur  $e$  : en cm

Mode de sollicitation	Résineux	Feuillus	Commentaires
Simple cisaillement	$f = 80.d . \sqrt{e}$	$f = 105.d . \sqrt{e}$	$e$ = épaisseur la plus faible
Double cisaillement	$f = 200.d . \sqrt{e}$	$f = 260.d . \sqrt{e}$	$e$ = épaisseur de la pièce entre moises
Cisaillement multiple	$f = 160.d . \sqrt{e}$	$f = 210.d . \sqrt{e}$	$e$ = épaisseur de la pièce intérieure la plus mince

### - 4 - Valeur de l'effort admissible par boulon: coefficients réducteurs dues:

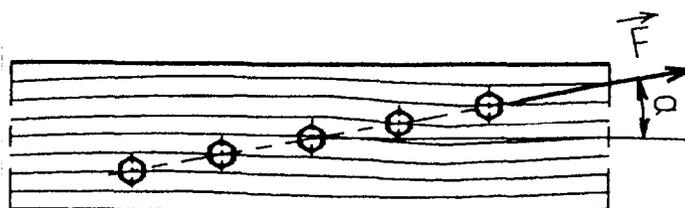
- au nombre  $n$  de boulons alignés suivant le support de l'effort:

- $n < 4$                        $K_n = 1$
- $4 < n < 8$                  $K_n = 0,9$
- $8 < n$                          $K_n = 0,8$

- à l'inclinaison  $a$  de l'effort par rapport aux fibres:

- $0 < a < 30^\circ$                $K_a = 1$
- $30^\circ < a < 60^\circ$           $K_a = 0,9$
- $60^\circ < a < 90^\circ$           $K_a = 0,8$

$$F_{\text{adm.}} = K_a \cdot K_n \cdot f$$

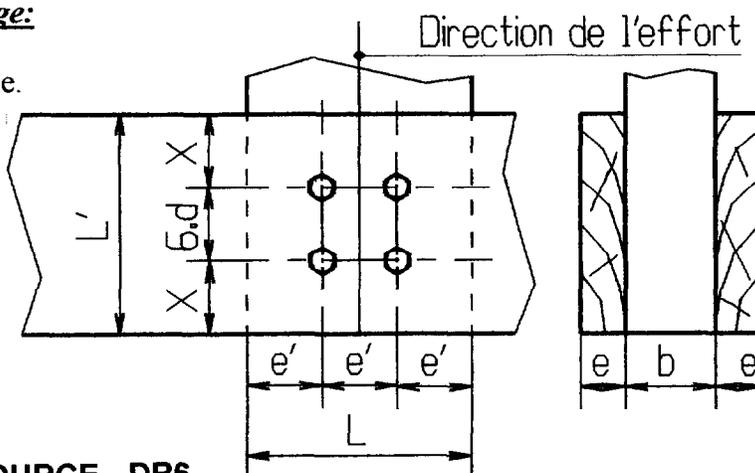


### - 5 - Répartition des boulons, plan de boulonnage:

$e$  = épaisseur d'une moise ou la plus faible.  
 $b$  = épaisseur de la pièce entre moise.  
 $d$  = diamètre des boulons.

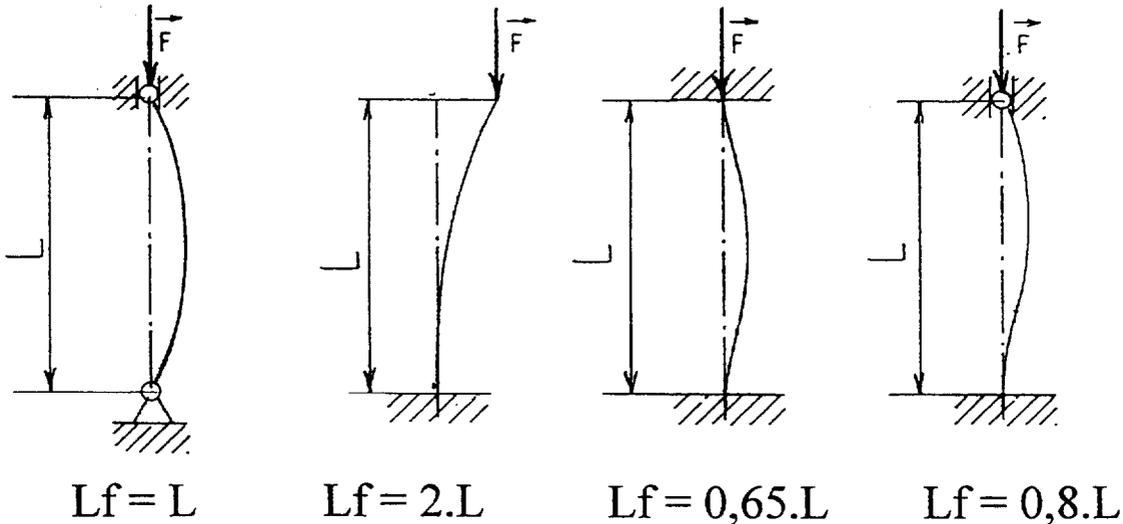
$$6.d \text{ ou } 100 \text{ mm} \leq X \quad 3.d \leq e'$$

$$b/2 \leq e \quad e/5 \leq d \quad 6.d \leq L$$



**\*\* METHODE DE VERIFICATION DES POUTRES AU FLAMBAGE \*\***

**- Longueur de flambage.**



**- Elancement.**

- L'élancement est noté  $\lambda = \frac{L_f}{i}$  où  $i$  est le rayon de giration tel que  $i^2 = \frac{I}{S}$

**- Domaine d'étude pour les pièces en bois.**

-  $\lambda < 37,5$  calcul en compression simple.

-  $37,5 < \lambda < 120$ , on définit la contrainte admissible par:

$$\sigma_{adm} = \sigma' \cdot (1,45 - 0,012 \cdot \lambda) \quad \text{pour } 37,5 < \lambda < 75$$

$$\sigma_{adm} = \sigma' \cdot \frac{3100}{\lambda^2} \quad \text{pour } 75 < \lambda < 120$$

-  $120 < \lambda < 180$ , on vérifie que la force F appliquée à la poutre n'atteint pas la limite de rupture, on compare cette force F à la force critique d'Euler,

$$2,75 \cdot F < F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_f^2}$$

Extraits notice de calcul

Efforts intérieurs [ daN daN.m ]

N = Effort normal

TY = Effort tranchant

MfZ = Moment fléchissant

ori	No	TYo	MfZo
ext	Ne	TYe	MfZe
		TYmax	MfZmax
Entrait AF			
1	-0.0	-542.6	0.0
6	0.0	904.3	-671.0
		904.3	671.0
Entrait FB			
6	-0.0	-904.3	-671.0
5	0.0	542.6	-0.0
		904.3	671.0
Arbalétrier AD			
1	-2453.1	-91.2	-0.0
2	-1963.6	191.3	-157.2
		191.3	157.2
Arbalétrier DC			
2	-757.2	-229.4	-157.2
3	-90.0	155.9	0.0
		229.4	157.2
Arbalétrier CE			
3	-90.0	-155.9	0.0
4	-757.2	229.4	-157.2
		229.4	157.2
Arbalétrier EB			
4	-1963.6	-191.3	-157.2
5	-2453.1	91.2	0.0
		191.3	157.2
Entrait DE			
4	-967.3	834.6	-0.0
2	-967.3	-834.6	0.0
		834.6	893.0

## MODELE VARIANTE SUR VIDE SANITAIRE

