

## E4 : ÉTUDE DES OUVRAGES

### SOUS ÉPREUVE U4.1 : PRÉPARATION DU PROJET

Durée : 3 heures

Coefficient : 2

# RESTAURANT - GRILL

#### CONSTITUTION DU SUJET:

- ⇒ Texte de l'épreuve : Pages 1 / 7 à 7 / 7.
- ⇒ Dossier Technique : Documents Techniques DT1 à DT7.
- ⇒ Dossier Ressource : Documents Ressources DR1 et DR2.

#### Temps conseillé:

- ⇒ Lecture du sujet : 15 min ;
- ⇒ Première partie : 45 min ;
- ⇒ Deuxième partie : 2 heures.

Traiter chaque partie sur des copies indépendantes ;

Numéroter les copies rendues: 1 / X, 2 / X ...

**AUCUN DOCUMENT AUTORISE**

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISE**

## PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le type de bâtiment proposé pour cette étude est prévu pour abriter un restaurant grill d'une chaîne de distribution alimentaire. Il est construit dans la zone commerciale d'une ville de 50000 habitants environ.

Le bâtiment comporte trois zones distinctes (voir document DT2) :

- ⇒ Une zone centrale à trois niveaux entre les files B et D ;
- ⇒ deux zones adjacentes à un seul niveau ( files A à B et files D à F ) dédiées aux salles de cuisine et de restauration. Elles sont couvertes par une toiture terrasse.

On s'intéressera pour cette étude à la zone centrale du bâtiment et plus particulièrement aux niveaux 1 et 2 (voir document DT3). Le niveau 1 abrite une salle de réunion, des locaux techniques ainsi que des accès. Le niveau 2 est aménagé pour recevoir les vestiaires du personnel et le logement du gardien.

La partie centrale du bâtiment entre les files 3 et 4 ne comporte pas de niveau 1 et la charpente habillée est apparente.

## DESCRIPTIF PARTIEL DU BÂTIMENT

Charpente : voir documents DT2, DT3 et DT4

- ⇒ La structure est constituée de deux pignons (files 1 et 6), de deux refends maçonnés (files 3 et 4) et de deux fermes apparentes en bois lamellé collé (files 2' et 5') ;
- ⇒ Les pannes sont déversées, apparentes et placées en œuvre ;
- ⇒ Dans les parties accessibles au public, des entretoises sont disposées entre pannes afin d'ajouter une dimension architecturale à l'ensemble. On note qu'en aucun cas ces éléments ont vocation à reprendre les efforts de déversement des pannes ;
- ⇒ Les fermes étudiées reposent sur le plancher (dalle béton) au niveau 1.

Parois en rampant : elles sont constituées ( voir document DT5 )

- ⇒ d'une plaque de plâtre cartonnée BA13 ;
- ⇒ d'une couche de laine de verre de 80 mm d'épaisseur avec pare-vapeur,
- ⇒ d'un pare pluie en feutre bitumineux de type « Fel'X »,
- ⇒ d'une sous couverture en bac acier fixée sur les pannes ;
- ⇒ d'un lattis en demi chevrons ( 50x30 ) fixé au sommet d'onde du bac acier ;
- ⇒ d'une couverture en clins de « Werzalit modèle Colorpan sinding » à pose horizontale ;
- ⇒ des aérations continues hautes et basses assurent la ventilation de la toiture.

Parois verticales en contact avec l'extérieur : ils sont composés de l'intérieur vers l'extérieur (voir Document DT5)

- ⇒ d'une plaque de plâtre cartonnée BA13 ;
- ⇒ d'une maçonnerie en agglomérés de béton d'épaisseur 200 mm ;
- ⇒ d'une isolation en laine de roche de 80 mm d'épaisseur, avec pare-vapeur, prise dans une armature en chevrons de 60x80 fixés mécaniquement sur la maçonnerie.
- ⇒ d'un pare pluie en feutre bitumineux de type « Fel'X » ;
- ⇒ d'un lattis en demi chevrons (50x30) posé verticalement ;
- ⇒ d'un revêtement en clins de « Werzalit modèle Colorpan sinding » à pose horizontale.

Zinguerie et compléments d'étanchéité :

Les pièces visibles de rive, faîtage, bas de pente, raccord de souche ... seront réalisées en aluminium pré-laqué.

Menuiseries : on dénombre

- ⇒ au niveau 1, deux châssis de 1,20 m x 1,35m et une porte vitrée à soubassement de 0,90 m x 2,10 m ;
- ⇒ au niveau 2, un oeil de bœuf de diamètre 0.70 m et une porte vitrée identique à la précédente.

*Nota bene* : les dimensions des menuiseries sont données en tableau

## TEXTE DE L'ÉPREUVE

Les deux parties sont indépendantes

### **1<sup>ère</sup> PARTIE : THERMIQUE**

On se propose ici d'étudier les déperditions par les parois donnant sur l'extérieur en se limitant aux étages du bâtiment

### HYPOTHESES DE TRAVAIL

Sont considérées comme parois verticales les parois faisant un angle supérieur à 60° par rapport à l'horizontale ;

Sont considérées comme parois horizontales les parois faisant un angle inférieur ou égal à 60° par rapport à l'horizontale.

Caractéristiques thermiques des éléments de construction :  $K$ ,  $\lambda$ ,  $r$ 

Élément	$K$ , $\lambda$ , $r$	Élément	$K$ , $\lambda$ , $r$
Paroi en rampant	$K_1 = 0.45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$	Paroi verticale en sablière	$K_2 = 0.36 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$
Plaque de plâtre	$r = 0.09 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Pare pluie + bac acier	Négligeable
Laine de roche + pare vapeur	$\lambda = 0.041 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$	Revêtement clins	$r = 0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$
Moellons caverneux de 200 mm	$r = 0.19 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Châssis vitré (verre trempé)	$K_4 = 4.15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$
Résistance superficielle Interne : Paroi verticale	$1/h_i = 0.11 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Œil de bœuf	$K_5 = 2.75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$
Résis. superficielle externe Paroi verticale ventilée	$1/h_i' = 0.11 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Porte vitrée à soubassement	$K_6 = 2.85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$
Résis. superficielle externe Paroi verticale non ventilée	$1/h_e = 0.06 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Résis. superficielle externe Paroi horizontale ventilée	$1/h_i' = 0.09 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$
Résis. superficielle interne Paroi horizontale	$1/h_i = 0.09 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$	Résis. superficielle externe Paroi horizon. non ventilée	$1/h_e = 0.05 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$

**TRAVAIL DEMANDE : / 4 points**

**1.1** Etablir un métré des surfaces qui sont le siège d'échanges thermique entre l'intérieur chauffé et l'extérieur pour l'ensemble des niveaux 1 et 2 (on négligera l'épaisseur du plancher haut et le conduit de cheminée)

On distinguera les parois suivantes : voir documents DT2, DT3 , DT4

⇒ Rampant en toiture ; Paroi verticale en sablière ; Paroi verticale en Pignon ;

⇒ Portes, châssis et œil de bœuf.

**1.2** Calculer le coefficient de déperdition surfacique  $K_3$  d'une paroi verticale en pignon au niveau de l'isolant. La paroi sera considérée comme très fortement ventilée.

**1.3** L'ensemble des ponts thermiques linéiques et ponctuels (chaînages, tableaux de baies, rives, lattages, souches ...) est évalué à 20 % de la valeur des déperditions par les parois.

Calculer les déperditions thermiques par les parois pour  $1^\circ$  d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. On supposera que toutes les parois donnent vers l'extérieur ( $\tau = 1$ ).

## 2<sup>ème</sup> PARTIE : ETUDE DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

L'étude proposée consiste à vérifier certains éléments de toiture.

### HYPOTHESES DE TRAVAIL

- ⇒ Du fait de la non simultanée de certaines charges (permanentes, climatiques et d'exploitation), tous les cas de chargements possibles sont en principe à considérer. Cependant dans la suite des calculs, ne sera pris en compte que la combinaison de charges suivante : Charges permanentes + charges de neige (Sollicitation du 1<sup>er</sup> genre S1 du CB 71) ;
- ⇒ La construction est située en zone 3 à une altitude de 600 m (voir document DR1).
- ⇒ Toutes les liaisons sont supposées parfaites ;
- ⇒ Les poids propres non précisés seront négligés ou déjà pris en compte dans les charges permanentes ;
- ⇒ Bois utilisé pour les pannes de 75 mm x 230 mm : résineux de catégorie ST II (C24) ;
- ⇒ Le bois utilisé pour les entrants et arbalétriers des fermes (file 2' et 5') : lamellé collé de classe GL 28h ;
- ⇒ Les différentes pièces sont à une humidité stabilisée de 12% ;
- ⇒ La couverture se compose de:
  - plaque de plâtre cartonnée d'épaisseur 13 mm et de masse surfacique 9 kg / m<sup>2</sup> et par cm d'épaisseur.
  - d'une épaisseur de 80 mm de laine de verre de masse volumique 150 kg / m<sup>3</sup> .
  - d'un pare pluie bitumineux d'épaisseur 2 mm et de masse volumique 1100 kg / m<sup>3</sup> .
  - d'un bac acier sur pannes de masse surfacique 7 kg / m<sup>2</sup> .
  - d'un lattis en demi chevron de masse surfacique 3 kg / m<sup>2</sup> .
  - d'une couverture en clins de masse surfacique 10 kg / m<sup>2</sup> .

#### *Remarques :*

- ⇒ On prendra  $g = 10 \text{ m / s}^2$ .
- ⇒ L'angle des rampants de la toiture est de 60°.
- ⇒ La flèche admissible sur les pannes est de  $L / 300$ .
- ⇒ L'acier utilisé pour les ferrures et les câbles est de nuance S 355 de limite élastique  $R_e = 355 \text{ MPa}$ .
- ⇒ On ne prendra pas en compte le fluage.

*Nota : Les trois parties sont indépendantes.*

## TRAVAIL DEMANDE

### 1. Étude du chargement de la structure : / 2 points

- 1.1 Calculer la charge surfacique la plus défavorable en prenant en compte les charges permanentes et la charge climatique due à la neige ;  
 1.2 Calculer la charge répartie que doit reprendre la panne la plus chargée.

### 2. Dimensionnement des pannes :

On souhaite étudier et vérifier le dimensionnement des pannes en flexion déviée. Le modèle d'étude mécanique de cette panne est considéré comme étant la somme de deux poutres géométriquement identiques, chargées respectivement dans leur plan de symétrie, l'une étant positionnée sur son chant et l'autre sur son plat (voir document DT6)

#### 2.1 Poutre sur chant : / 3 points (voir figure 2 du document DT6)

- 2.1.1 Donner la valeur des actions de liaison en A et B (liaison pivot en A et ponctuelle en B) ;  
 2.1.2 Donner les expressions, tracer les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants le long de cette poutre. Donner les valeurs maximales ;  
 2.1.3 Calculer la flèche maximale de cette poutre. Vérifier que cette flèche est acceptable suivant cette direction. L'expression de la flèche maximale est :

$$y_{\max} = \frac{5 \|\vec{p}\| l^4}{384 E I} \quad \text{: Poutre sur 2 appuis, charge uniformément répartie.}$$

#### 2.2 Poutre sur plat : / 4 points (voir figure 3 du document DT6)

- 2.2.1 Calculer le degré d'hyperstaticité du modèle mécanique " poutre sur 3 appuis " (on modélise les actions de contact par une liaison pivot en A et des ponctuelles en B et C) ;  
 2.2.2 Écrire les équations de la statique relatives à l'équilibre de la poutre ;  
 2.2.3 Donner une méthode de calcul pour déterminer l'équation manquante qui permettra de déterminer les actions de liaisons ;

*Dans la suite on prendra les valeurs des actions de contact suivantes, en A et B : 1204 N ; en C : 4014 N.*

- 2.2.4 Donner l'expression et tracer le diagramme de l'effort tranchant le long de cette poutre. Où le moment fléchissant est-il maximum ? Donner sa valeur.

### 2.3 Dimensionnement de la poutre en flexion déviée : sur 3 points

Données :

⇒ Humidité de stabilisation : 12 % ;

⇒ Coefficient de hauteur :  $C = 1.20 - 0.2 \times \frac{h}{150}$  (Massif et  $h > 150$  mm)

2.3.1 Vérifier la poutre aux contraintes normales de flexion ;

2.3.2 Vérifier la section aux contraintes de cisaillement longitudinal ;

### 3. Vérification des câbles support de pannes : / 4 points

Pour limiter la déformation des pannes fortement déversées on a placé en sous toiture des câbles de diamètre 12 mm (voir documents DT3, DT4, DT7).

⇒ La charge « à plat » sur la panne inférieure ( attache en C ) est  $p = 1117$  N/m ;

⇒ La charge « à plat » sur les autres pannes déversées est  $p' = 831$  N/m ;

⇒ Les résultantes des charges à reprendre sur chaque panne sont appliquées respectivement aux points C, D, E et F ;

⇒ L'effort sur l'appui central est égal à  $\frac{5}{8} \|p\| l$  (l : longueur de la panne).

3.1 Quelle est la tension dans la partie basse CD du câble ?

3.2 Quelle est la tension dans la partie DE du câble ?

3.3 Quelle est la tension dans la partie EF ?

3.4 Quelle est la tension dans chaque brin supérieur FH et FG du câble ?

3.5 Vérifier la section du câble, au niveau des différents assemblages. On acceptera un coefficient de concentration de contrainte  $k_c = 2,5$ . La vérification sera effectuée à la limite élastique.

## E4 : ÉTUDE DES OUVRAGES

SOUS ÉPREUVE U4.1 : PRÉPARATION DU PROJET

### RESTAURANT - GRILL

## DOSSIER RESSOURCE

Ce dossier comprend 2 pages

⇒ Document Ressource DR1 : Extrait du règlement neige et vent.

⇒ Document Ressource DR2 : Contraintes admissibles dans le bois à 12%.



# Document Ressource DR1 : Extrait du règlement neige et vent

Neige : Règlement N 84 applicables aux matériaux calculés aux contraintes admissibles.

Facteurs influents : Région ; Altitude ; pente du toit.

1. Région : charges de base → voir carte des charges de neige

Charge	Zones					
	1A	1B	2A	2B	3	4
N/m <sup>2</sup> projection horizontale						
Charge normale : $p_{no}$	350	350	450	450	550	800
Charge extrême : $p'_{no}$	600	600	750	750	900	1300
Charge accidentelle		800	800	1080	1080	1440

*Nota bene* : il y a lieu de prendre en compte une charge accidentelle au lieu de la charge extrême si, compte tenu de l'altitude, cette valeur est plus défavorable que la charge extrême.

2. Majoration due à l'altitude : N/m<sup>2</sup> de projection horizontale

Altitude	Charge normale	Charge extrême
$200 \leq A \leq 500$	$p_{no} + (A - 200)$	$p'_{no} + \frac{(A - 200)}{0.60}$
$500 \leq A \leq 1500$	$p_{no} + 300 + \frac{(A - 500)}{0.40}$	$p'_{no} + 500 + \frac{(A - 500)}{0.24}$
$1500 \leq A \leq 2000$	$p_{no} + 2800 + \frac{(A - 1500)}{0.25}$	$p'_{no} + 4667 + \frac{(A - 1500)}{0.15}$

*Nota bene* : au-delà de 2000 m, les documents du marché doivent préciser la valeur de la charge de neige à prendre en compte.

3. Minoration due à la pente du toit :

Si rien ne s'oppose au glissement de la neige, elle est de 2% par degré au dessus de 25°.

Document DR2 : Contraintes admissibles dans le bois à 12 %

Classe Visuelle	Contraintes admissibles					Modules d'élasticité			
	$\sigma_f$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma'$ (MPa)	$\sigma'_t$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$E_F$ (MPa)	$E_G$ (MPa)	$m_v$ (kg/m <sup>3</sup> )
	Flexion	Traction		Compression					
<b>Résineux : Sapin, Epicéa, Douglas, Pins</b>									
	6.20	3.50	0.10	7.00	1.80	0.70	7000	440	350
	7.00	4.40	0.10	7.50	2.00	0.80	8000	500	370
<b>Résineux ST-III (C18)</b>	<b>8.00</b>	<b>5.00</b>	<b>0.13</b>	<b>8.50</b>	<b>2.10</b>	<b>0.90</b>	<b>8000</b>	<b>500</b>	<b>380</b>
	10.00	6.00	0.20	9.00	2.20	1.10	9000	550	410
<b>Résineux ST-II (C24)</b>	<b>11.00</b>	<b>6.50</b>	<b>0.20</b>	<b>9.50</b>	<b>2.30</b>	<b>1.10</b>	<b>10000</b>	<b>600</b>	<b>420</b>
	12.00	7.00	0.20	10.00	2.50	1.20	10500	650	450
<b>Résineux ST-I (C30)</b>	<b>13.20</b>	<b>8.00</b>	<b>0.20</b>	<b>10.50</b>	<b>2.50</b>	<b>1.30</b>	<b>11000</b>	<b>700</b>	<b>460</b>
	15.40	9.20	0.20	11.00	2.60	1.50	13000	800	480
	17.60	10.50	0.20	11.40	2.80	1.70	14000	880	500
<b>Peuplier, Epicéa de Sitka</b>									
<b>Peuplier ST-III (C18)</b>	<b>8.00</b>	<b>5.00</b>	<b>0.13</b>	<b>8.50</b>	<b>2.10</b>	<b>0.90</b>	<b>8000</b>	<b>500</b>	<b>380</b>
<b>Peuplier ST-II (C24)</b>	<b>11.00</b>	<b>6.50</b>	<b>0.20</b>	<b>9.00</b>	<b>2.30</b>	<b>1.10</b>	<b>10000</b>	<b>600</b>	<b>420</b>
<b>Feuillus 1 (D30)</b>									
<b>Feuillus 1 (D30)</b>	<b>13.20</b>	<b>7.90</b>	<b>0.30</b>	<b>10.10</b>	<b>3.50</b>	<b>1.30</b>	<b>10000</b>	<b>600</b>	<b>640</b>
<b>Feuillus 2 (D35)</b>									
<b>Feuillus 2 (D35)</b>	<b>15.40</b>	<b>9.20</b>	<b>0.30</b>	<b>11.00</b>	<b>3.70</b>	<b>1.50</b>	<b>10000</b>	<b>650</b>	<b>670</b>
	17.60	10.50	0.30	11.40	3.90	1.70	11000	700	700
	22.00	13.20	0.30	12.70	4.30	2.00	14000	880	780
	26.40	15.80	0.30	14.10	4.60	2.30	17000	1060	840
	30.80	18.50	0.40	14.90	4.90	2.60	20000	1250	1080
<b>Bois lamellé-collé homogène (h) ou combiné (c)</b>									
<b>BLC GL24 h</b>	<b>11.40</b>	<b>7.90</b>	<b>0.20</b>	<b>11.40</b>	<b>2.60</b>	<b>1.30</b>	<b>11600</b>	<b>720</b>	<b>440</b>
<b>BLC GL28 h</b>	<b>13.30</b>	<b>9.30</b>	<b>0.20</b>	<b>12.60</b>	<b>2.80</b>	<b>1.50</b>	<b>12600</b>	<b>780</b>	<b>480</b>
<b>BLC GL32 h</b>	<b>15.20</b>	<b>10.70</b>	<b>0.20</b>	<b>13.80</b>	<b>3.20</b>	<b>1.80</b>	<b>13700</b>	<b>850</b>	<b>520</b>
<b>BLC GL36 h</b>	<b>17.10</b>	<b>12.40</b>	<b>0.30</b>	<b>14.90</b>	<b>3.40</b>	<b>2.00</b>	<b>14700</b>	<b>910</b>	<b>560</b>
<b>BLC GL24 c</b>	<b>11.40</b>	<b>6.70</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>	<b>2.20</b>	<b>1.00</b>	<b>11600</b>	<b>590</b>	<b>420</b>
<b>BLC GL28 c</b>	<b>13.30</b>	<b>7.90</b>	<b>0.20</b>	<b>11.40</b>	<b>2.60</b>	<b>1.30</b>	<b>12600</b>	<b>720</b>	<b>460</b>
<b>BLC GL32 c</b>	<b>15.20</b>	<b>9.30</b>	<b>0.20</b>	<b>12.60</b>	<b>2.80</b>	<b>1.50</b>	<b>13700</b>	<b>780</b>	<b>500</b>
<b>BLC GL36 c</b>	<b>17.10</b>	<b>10.70</b>	<b>0.20</b>	<b>13.80</b>	<b>3.20</b>	<b>1.80</b>	<b>14700</b>	<b>850</b>	<b>540</b>

## E4 : ÉTUDE DES OUVRAGES

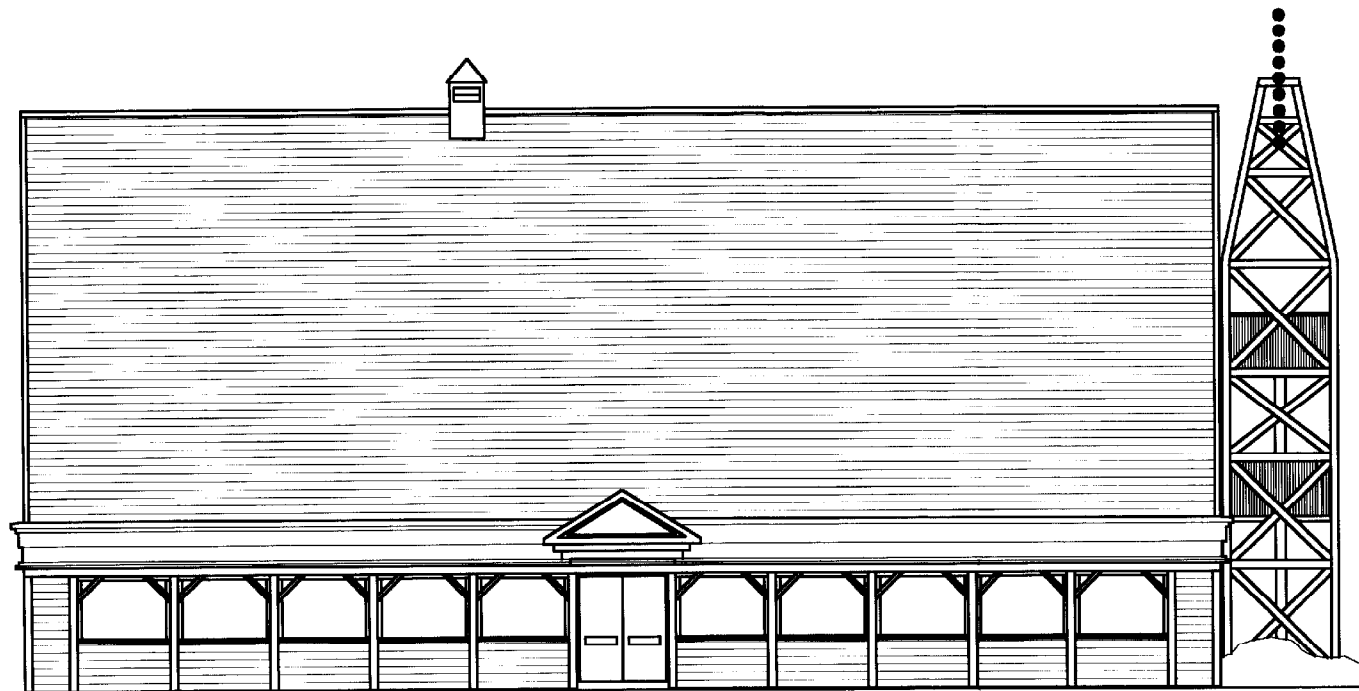
### SOUS ÉPREUVE U4.1 : PRÉPARATION DU PROJET

# RESTAURANT - GRILL

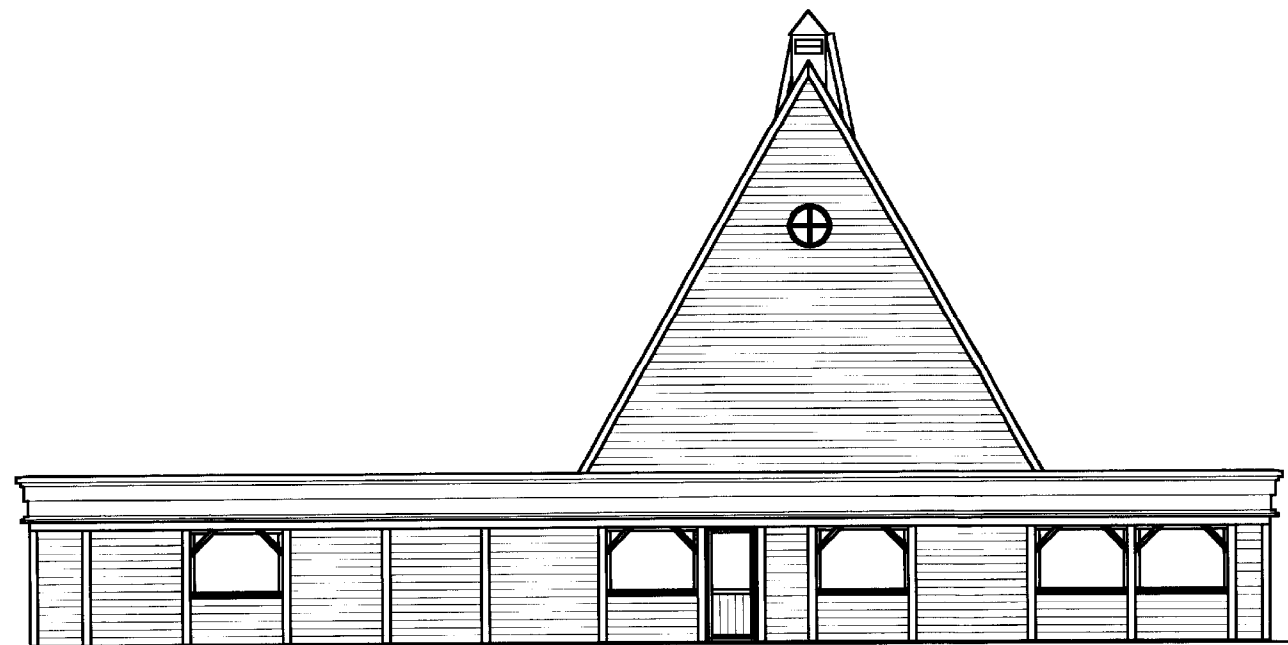
## DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comprend 7 pages

- ⇒ Document technique DT1 : Vues extérieures du restaurant.
- ⇒ Document technique DT2 : Repérage des files et des lignes.
- ⇒ Document technique DT3 : Perspective des files 1, 2', 3, 4, 5' et 6.
- ⇒ Document technique DT4 : Fermes BLC et maçonnerie pignon.
- ⇒ Document technique DT5 : Coupe sur Toiture et Pignon.
- ⇒ Document technique DT6 : Modélisation d'une panne déversée.
- ⇒ Document technique DT7 : Vue en plan sur pannes et tirants.



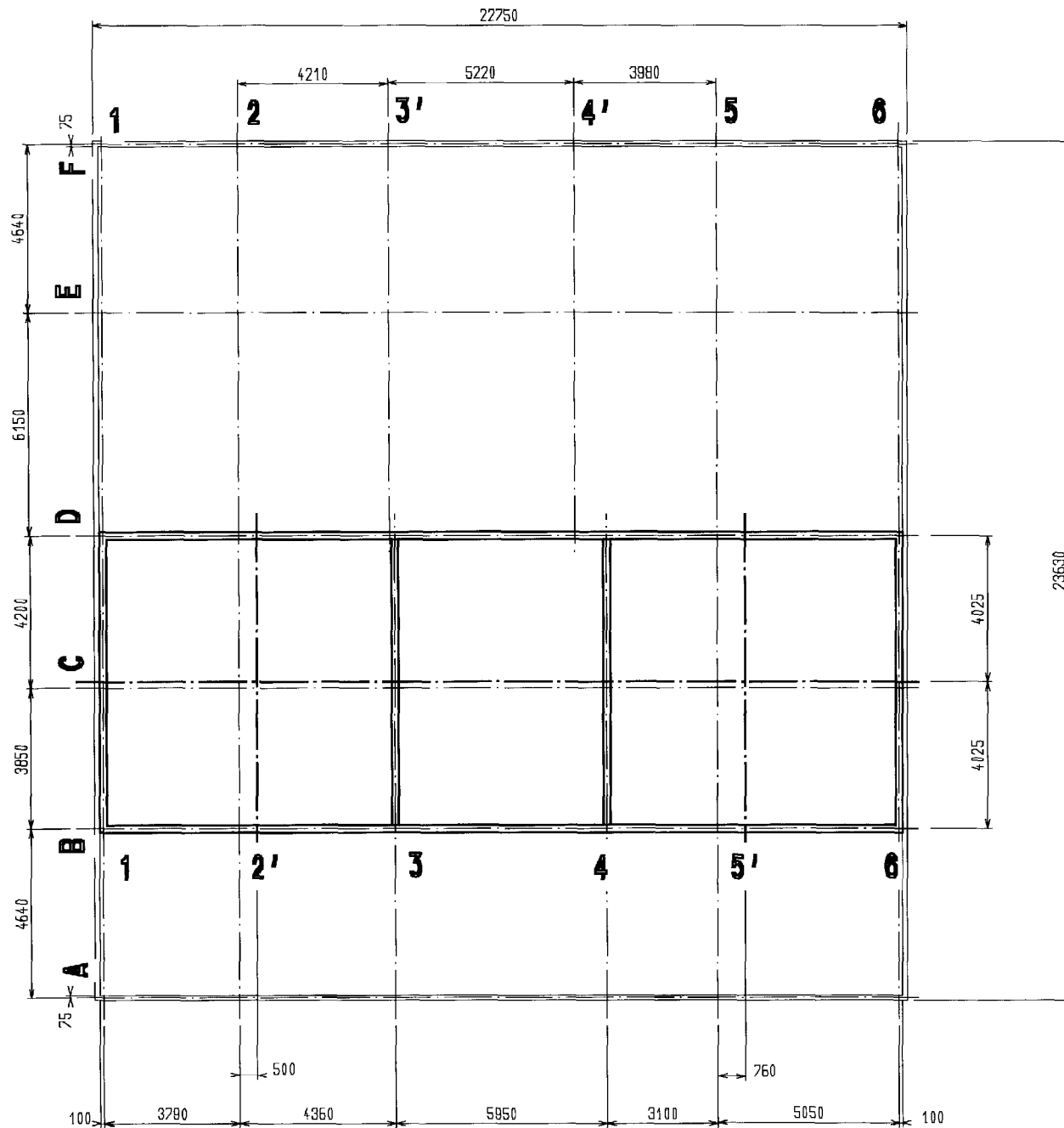
FACADE EST



FACADE SUD

**Document Technique DT1**

**Vues extérieures du restaurant**



Paroi ossature bois épaisseur 150 mm

Trame maçonnerie

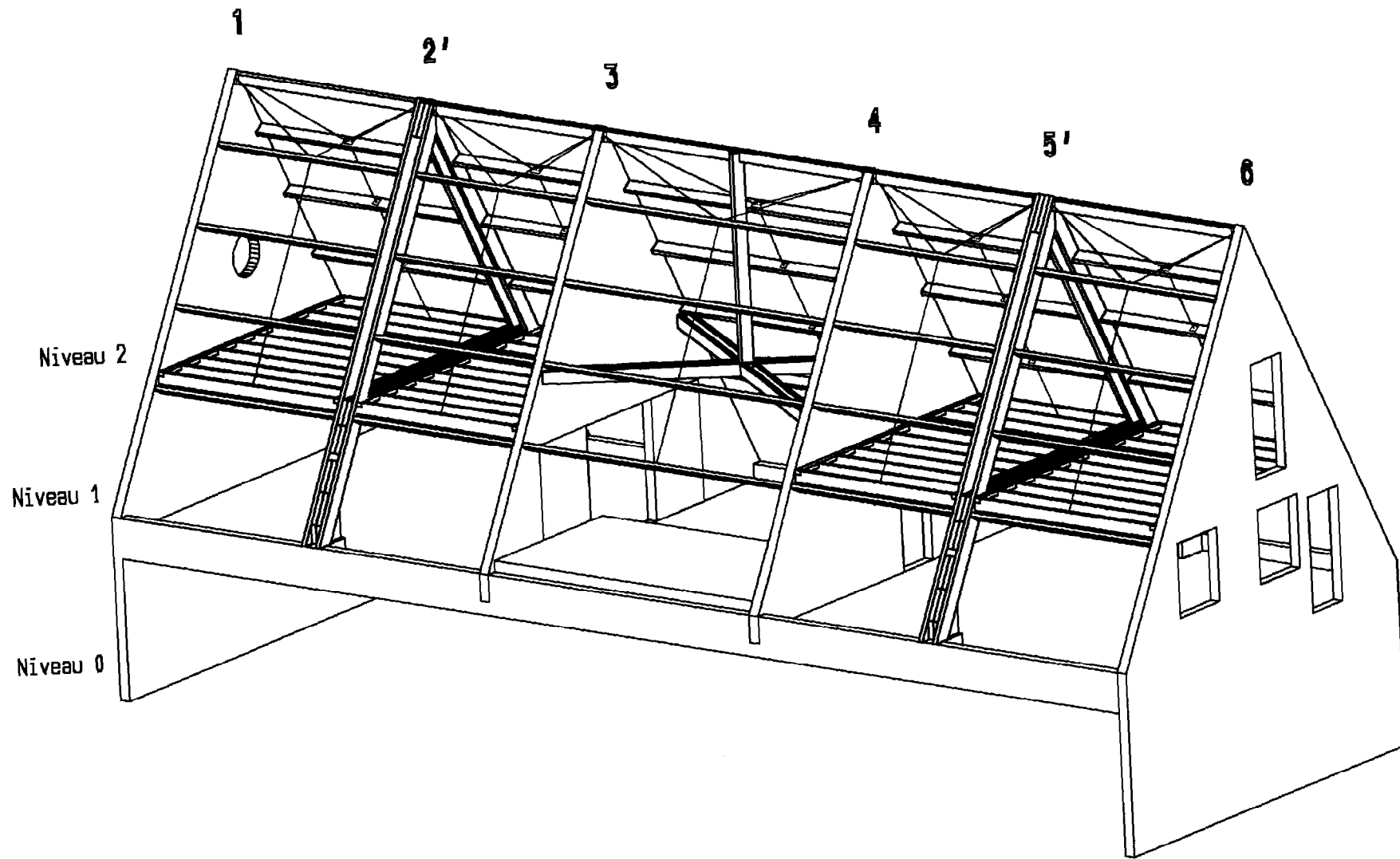
Maçonnerie partie centrale

Épaisseur 200 mm (Zone d'étude)

Position des 2 fermes BLC

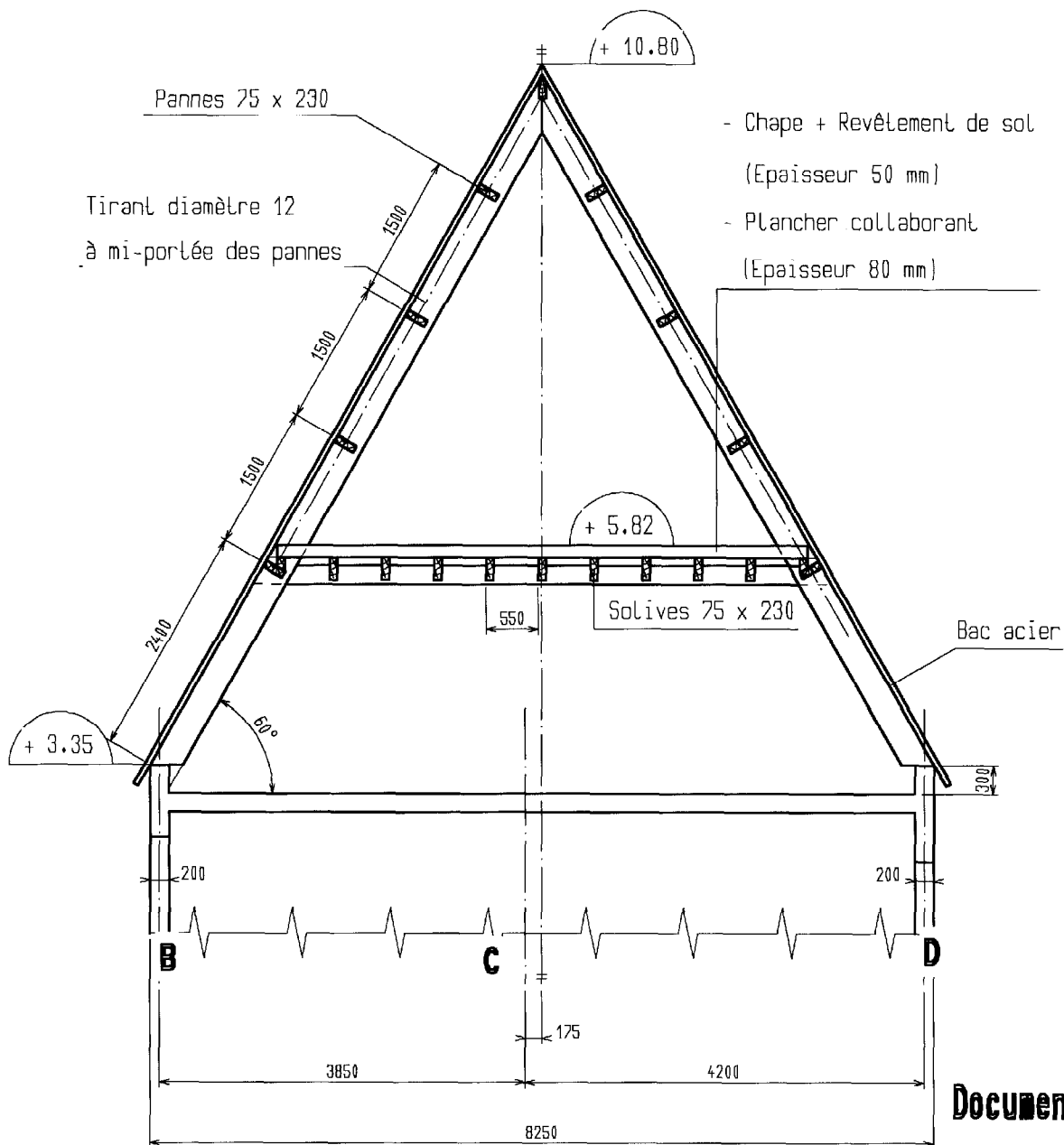
**Document Technique DT2**

**Repérage des files et des lignes**

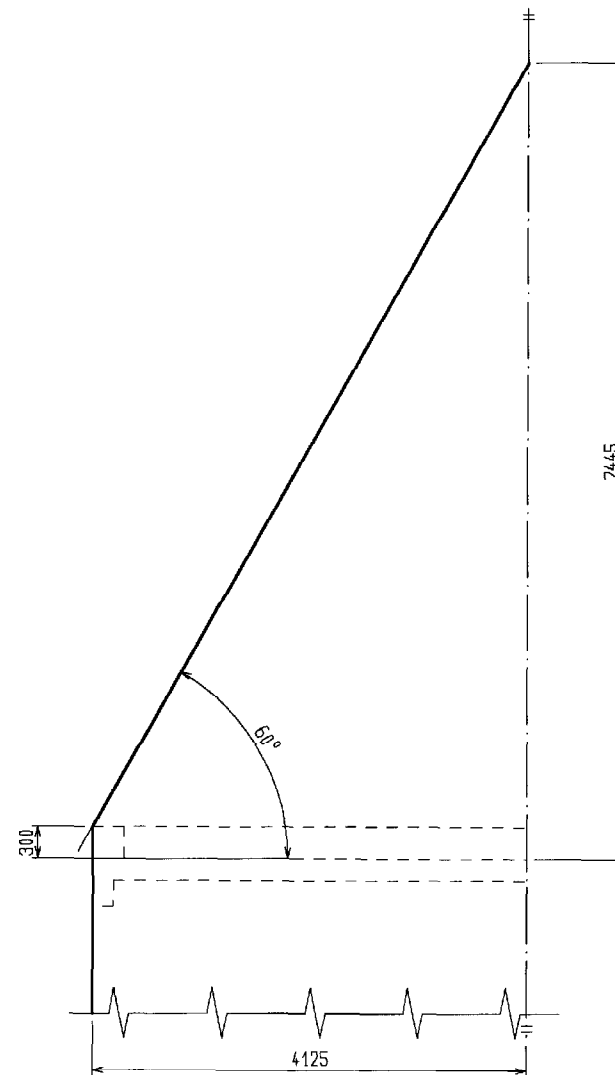


Document Technique DT3 : Perspective des files

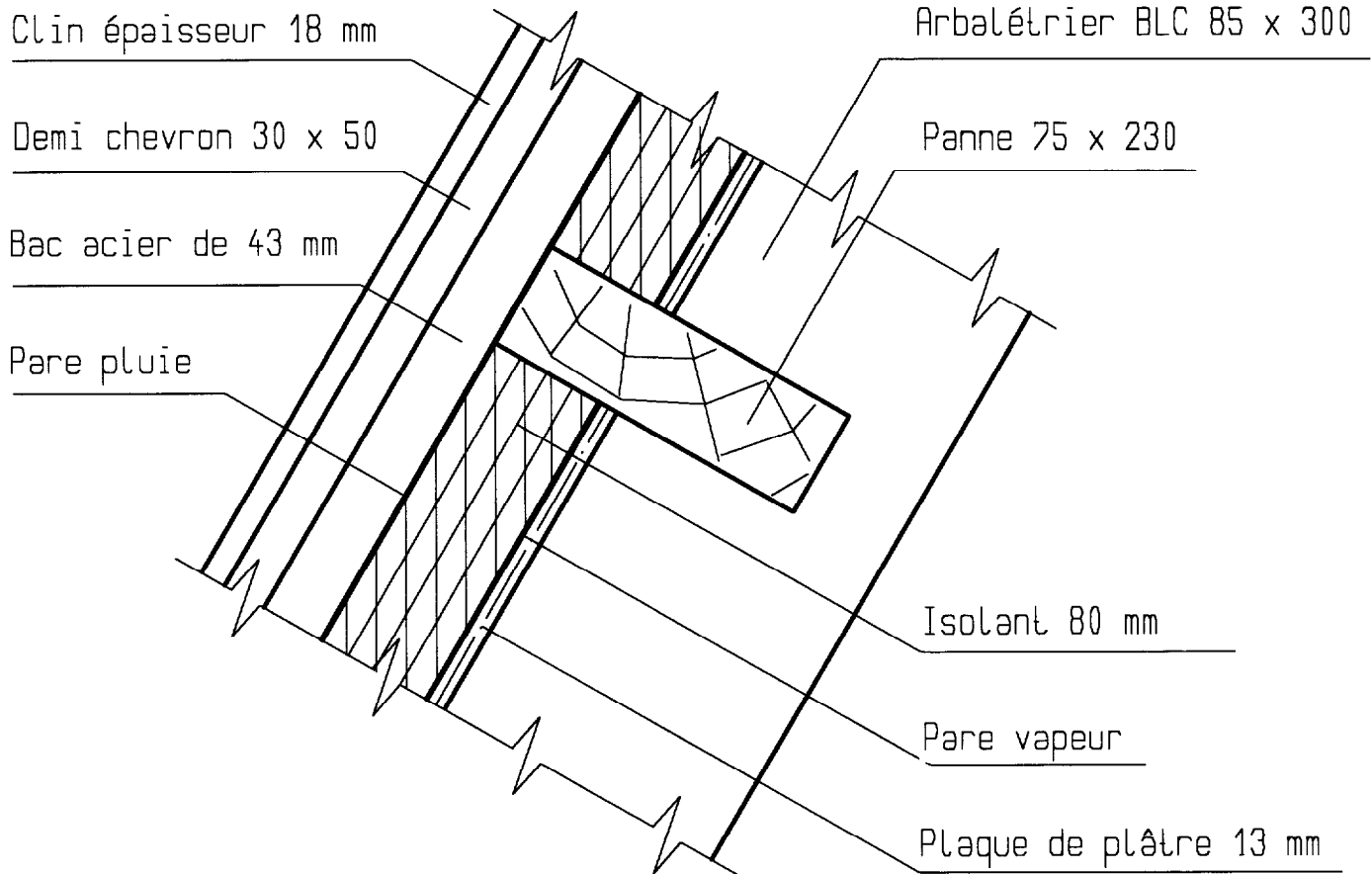
# Fermes BLC Files 2' et 5'



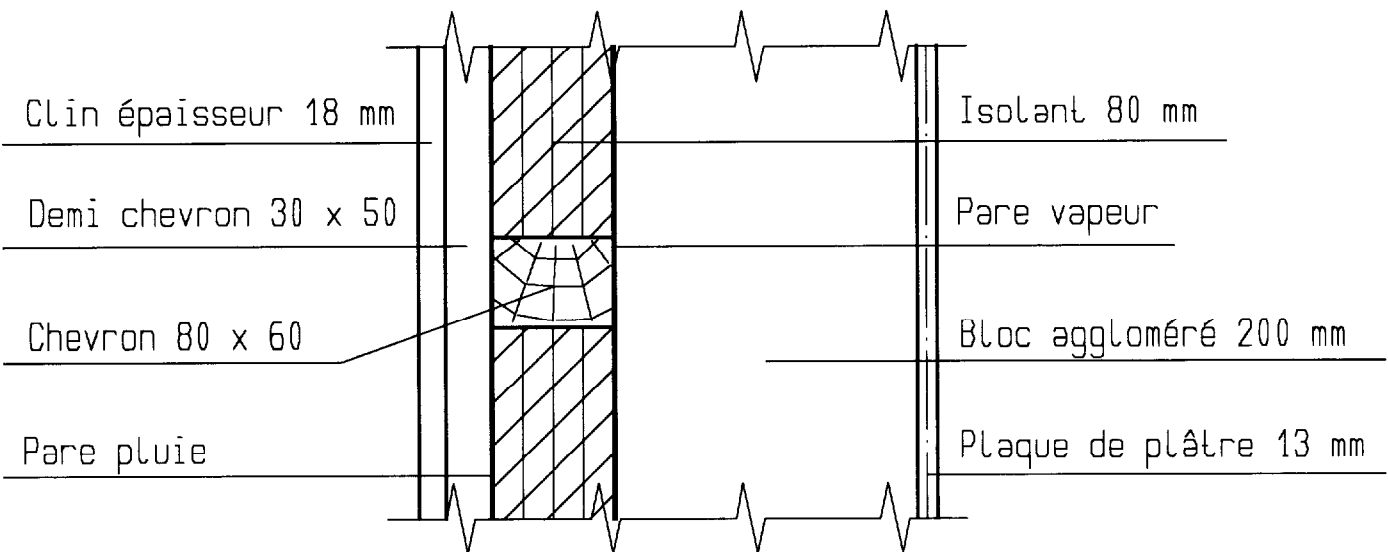
# Arases Pignons et Refends



## Coupe sur Toiture



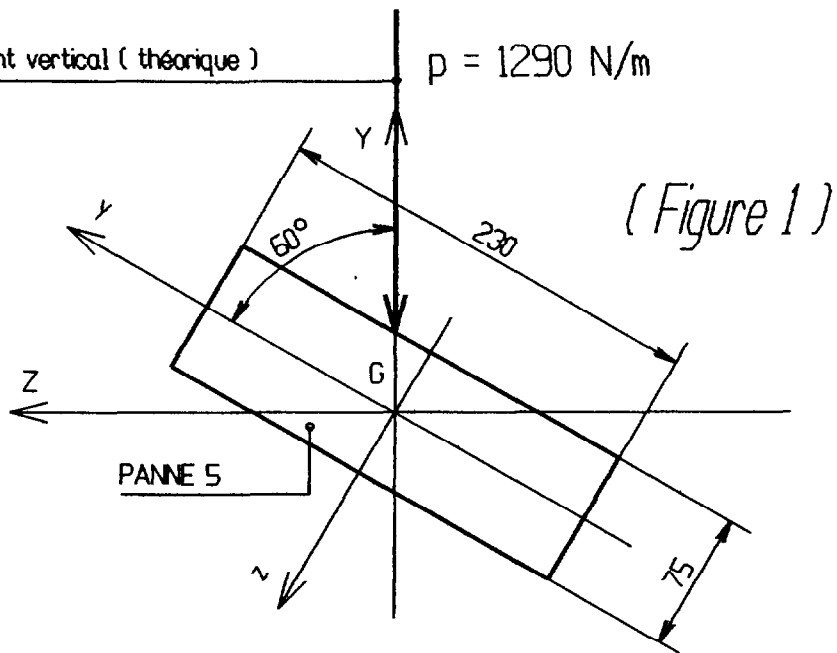
## Coupe sur Pignon



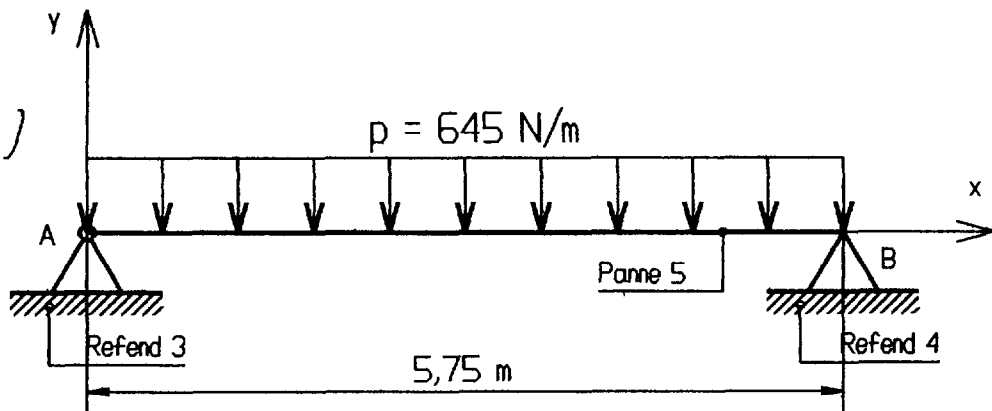
**Document Technique DT5 : Coupe sur Toiture & Pignon**



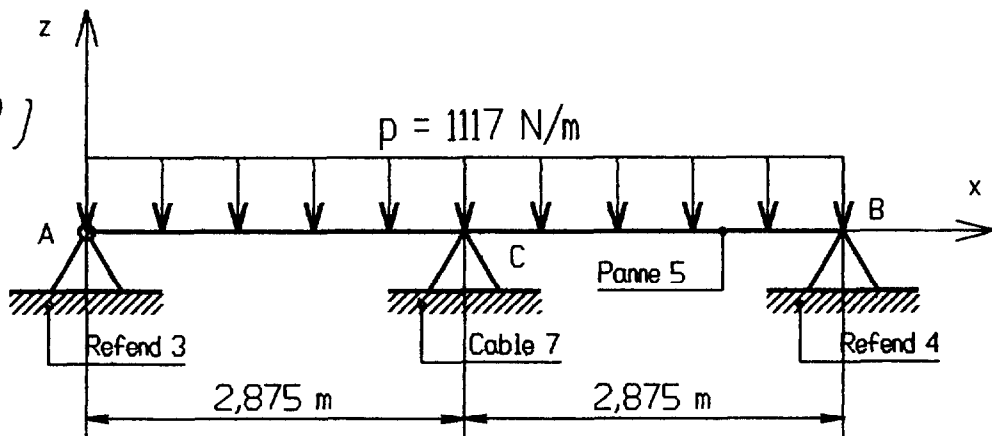
Plan de chargement vertical ( théorique )



( Figure 2 )



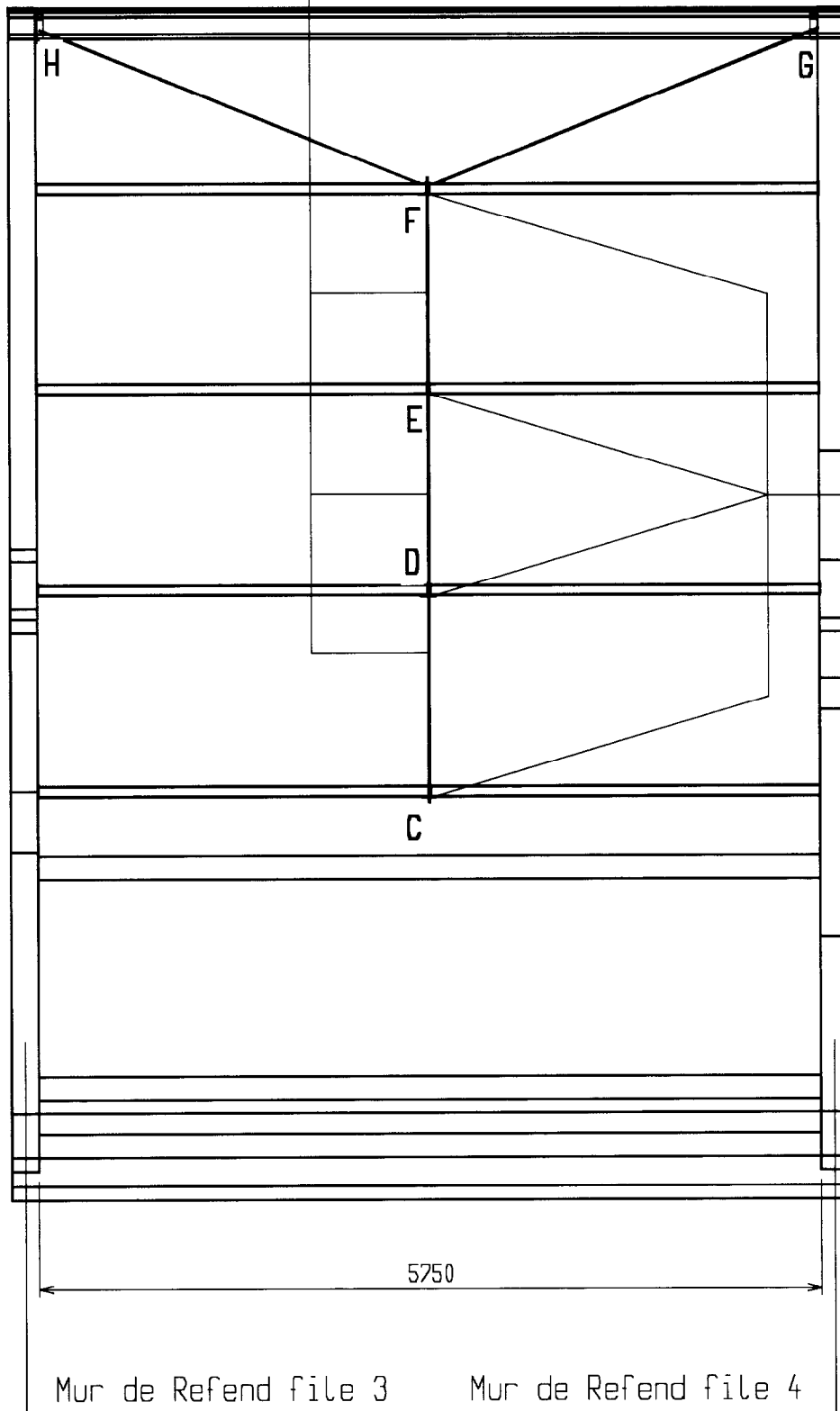
( Figure 3 )



Document Technique DT6 : Modélisation d'une panne déversée

Tirant en acier diamètre 12 mm

Pannes 75 x 230



Appui sous les pannes pour  
réduire la portée de moitié

**Document Technique DT7 : Vue en plan sur pannes et tirants**