

## Étude technico économique

Sous épreuve U42  
Analyse, dimensionnement et choix des composants  
DURÉE : 4 heures, coefficient : 4

### MAISON DES SPORTS

#### Livret technique

pages 1/10 à 10/10

- LT 1 Impacts environnementaux
- LT 2 Salles sportives - Acoustique
- LT 3 Simulation Temps de réverbération
- LT 4 Actions sur les structures
- LT 5 Eurocode 5 Calculs aux états limites des éléments simples
- LT 6 Formulaire Résistance des Matériaux
- LT 7 Extrait Eurocode 3
- LT 8 Eurocode 5 Sollicitations combinées
- LT 9 Eurocode 5 Assemblages
- LT 10 Système de fixation par broches WS
- LT 11 Axonométrie
- LT 12 Coupe de principe toiture
- LT 13 Coupe EE grande salle de basket
- LT 14 Vue en plan charpente grande salle de basket
- LT 15 Vue en plan charpente gymnase d'entraînement
- LT 16 Coupe BB gymnase d'entraînement
- LT 17 Coupe de principe charpente salle omnisports

## LT1 Impacts environnementaux

Tous ces impacts sont renseignés ou calculés conformément aux indications du § 6.1 de la norme NF P 01-010 et pour l'Unité Fonctionnelle de référence, par annuité.

### Définition de l'Unité Fonctionnelle (UF)

1 m<sup>2</sup> de revêtement de sol, mis en œuvre selon les règles de l'art, et destiné à assurer la couverture d'un sol intérieur et à participer à la décoration et au confort des locaux, pendant une annuité sur la base d'une durée de vie typique.

N°	Impact environnemental	Unité	Valeur de l'indicateur par annuité		
			Linoléum	PVC	Bois
1	<b>Consommation de ressources énergétiques :</b>				
	Energie primaire totale	MJ/UF	22,1	13,6	8,68
	Energie renouvelable		5,3	0,4	5,47
	Energie non renouvelable		16,7	13,2	3,21
2	<b>Epuisement de ressources (ADP)</b>	kg équiv. antimoine (Sb)/UF	0,0036	0,0047	0,00065
3	<b>Consommation d'eau totale</b>	litre/UF	10,1	5,8	0,733
4	<b>Déchets solides :</b>				
	Déchets valorisés (total)	kg/UF	0,75	0,01	0,0177
	Déchets éliminés (total)		0,352	0,33	0,175
5	<b>Changement climatique</b>	kg équiv. CO <sub>2</sub> /UF	0,494	0,466	<b>-0,145</b>
6	<b>Acidification atmosphérique</b>	kg équiv. SO <sub>2</sub> /UF	0,0032	0,006	0,0007
7	<b>Pollution de l'air</b>	m <sup>3</sup> /UF	92	51	28,4
8	<b>Pollution de l'eau</b>	m <sup>3</sup> /UF	0,782	0,155	0,0312
9	<b>Destruction de la couche d'ozone stratosphérique</b>	kg CFC équiv. R11/UF	1,00E-15	0	2,09E-11
10	<b>Formation d'ozone photochimique</b>	kg équiv. éthylène/UF	0,0003	0,00025	0,00058

## LT 2 Salles sportives – Acoustique – Extrait NF P 90-207

La durée de réverbération d'une salle sportive T, est définie par la valeur moyenne arithmétique des durées de réverbération mesurées, conformément à l'article 5, la salle sportive étant vide mais avec ses équipements fixes, dans les bandes d'octave de fréquence médiane comprise entre 125 et 4 000 Hz.

$$\bar{T} = \frac{1}{6} [T_{125} + T_{250} + T_{500} + T_{1\ 000} + T_{2\ 000} + T_{4\ 000}]$$

La valeur de la durée de réverbération d'une salle sportive, T, exprimée en secondes, doit être telle que :

où :  $\bar{T} \leq 0,14 V^{1/3}$

- V est la valeur du volume de la salle sportive, limité par le plancher, les gradins (le cas échéant), les parois latérales et le plafond, exprimée en mètres cubes.

Les valeurs minimales admissibles de la durée de réverbération d'une salle sportive sont représentées dans la courbe basse sur la [figure 1](#).

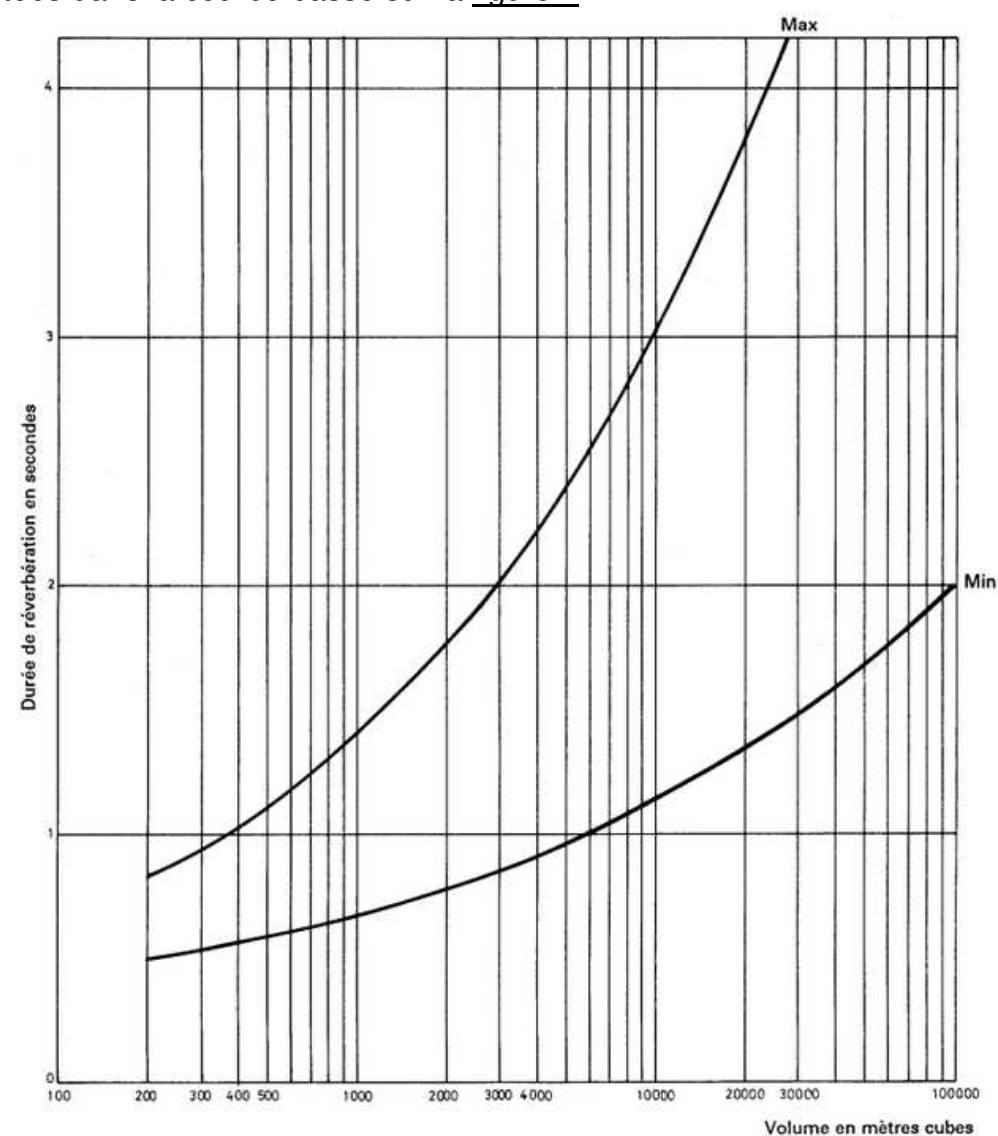
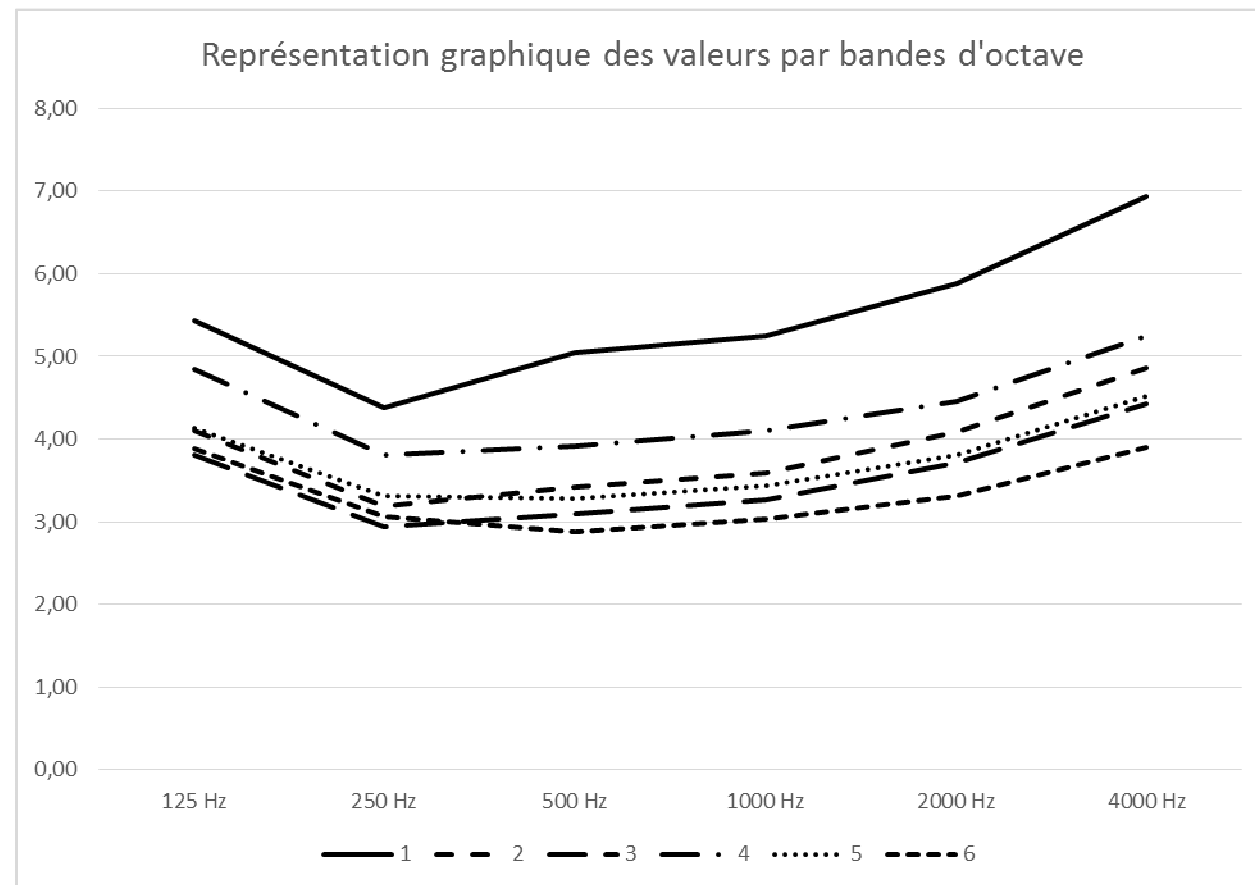


Figure 1 durée de réverbération maximale admissible en fonction du volume de la salle sportive

### LT 3 Simulation temps de réverbération

Temps de réverbération par bande d'octave en secondes	Bandes d'octave					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1 Plafond avec 50 % de traitement acoustique	5,43	4,38	5,04	5,24	5,88	6,94
2 Plafond avec 70 % de traitement acoustique	4,10	3,19	3,42	3,59	4,08	4,86
3 Plafond avec 90 % de traitement acoustique	3,80	2,94	3,10	3,26	3,72	4,43
4 Plafond avec 50 % de traitement acoustique + Traitement sur 1 pignon	4,84	3,80	3,91	4,10	4,46	5,25
5 Plafond avec 70 % de traitement acoustique + Traitement sur 1 pignon	4,14	3,30	3,27	3,44	3,81	4,51
6 Plafond avec 70 % de traitement acoustique + Traitement sur 2 pignons	3,88	3,06	2,88	3,03	3,30	3,90



### LT 4 Actions sur les structures

#### 4.1 Actions d'entretien sur les toitures (Q)

Pour les toitures, les actions d'entretien correspondent à des charges mobiles (i.e. personnes, matériels, matériaux).

Le calcul des composants structuraux de toitures prend en compte comme actions :

- des charges uniformément réparties  $q_k$  (kN/m<sup>2</sup>),
- des charges concentrées  $Q_k$  (kN) **non cumulables avec d'autres actions.**

Dans le cas des toitures inaccessibles sauf pour entretien, le **Tableau 5-6** donne les valeurs minimales des actions d'entretien spécifiées dans l'annexe française de NF EN 1991-1-1.

Catégorie H	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
Toiture de pente inférieure à 15 % recevant une étanchéité	0,8	1,5
Autres toitures	0	1,5

**Tableau 5-6 : Charges d'entretien sur les toitures selon NF EN 1991-1-1/NA**

La charge répartie d'entretien ne doit s'appliquer que :

- sur une aire rectangulaire de 10 m<sup>2</sup>, dont la forme et la localisation sont à choisir de la façon la plus défavorable pour la vérification à effectuer (sans toutefois que le rapport entre longueur et largeur dépasse la valeur 2),
- pour la justification des éléments structuraux de la toiture,
- seule sans prise en compte des charges de neige ou des actions du vent.

Vis-à-vis des classes de durée cumulée de chargement de l'EN 1995-1-1, les charges d'entretien sur les toitures correspondent à une classe de durée cumulée de chargement de court terme.

#### 4.2 Actions climatique de neige (S)

Neige en situation durable et transitoire et sans accumulation :

$$s_k = \mu_i C_e C_t S_{kA}$$

Avec :

- $\mu_i$  : coefficient de forme (dans notre cas  $\mu_i = 1$ )
- $C_e$  : coefficient d'exposition (dans notre cas = 1)
- $C_t$  : coefficient thermique (dans notre cas = 1)
- $S_{kA}$  = charge de neige caractéristique à l'altitude A

**Valeurs des charges de base  $S_{k0}$  :** valeur au sol rapportée à la projection horizontale de la surface toiture pour une Altitude  $\leq 200$  m

Zone	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
$S_{k0}$	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40

kN/m<sup>2</sup>h (m<sup>2</sup>h signifie par m<sup>2</sup> en projection horizontale)

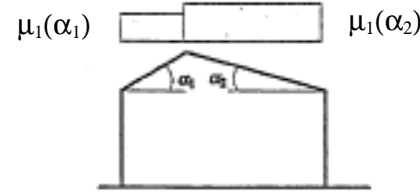
**Coefficient de forme :**

$\alpha$ (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	-

**Charge de neige caractéristique à l'altitude A :**

$s_{kA} = s_{k0} + \Delta s_1$

Altitude A [en mètres]	$\Delta s_1(A)$ [en kN/m <sup>2</sup> ]
entre 0 et 200	0
entre 200 et 500	$0,10 \frac{A-200}{100}$
entre 500 et 1000	$0,30 + 0,15 \frac{A-500}{100}$
entre 1000 et 2000	$1,05 + 0,35 \frac{A-1000}{100}$



**Prise en compte des effets locaux** Accumulation au droit de saillies et d'obstacles

Dans le cas de la neige avec accumulation, la présence d'obstacles (équipements, murets, acrotères, ...) modifie localement le coefficient de forme  $\mu$ . On entend par saillies et obstacles tout ce qui peut provoquer une accumulation de la neige sur les toitures quasi horizontales lorsque le vent souffle, comme les équipements et les acrotères. On doit alors modifier localement le coefficient de forme  $\mu$  dans les cas de neige avec cumulation sur les toitures quasi horizontales comme suit :

Avec

$\mu_1 = 0,8$  et  $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$   
 $l_s = 2 \cdot h$

$\gamma$  est le poids spécifique de la neige pris égal à 2 kN/m<sup>3</sup> (neige fraîche) et  $s_k$  la charge de neige caractéristique au sol en kN/m<sup>2</sup>, et les limitations suivantes :

- $0,8 \leq \mu_2 \leq 2$  dans le cas d'un obstacle isolé (Figure 5-9)
- $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$

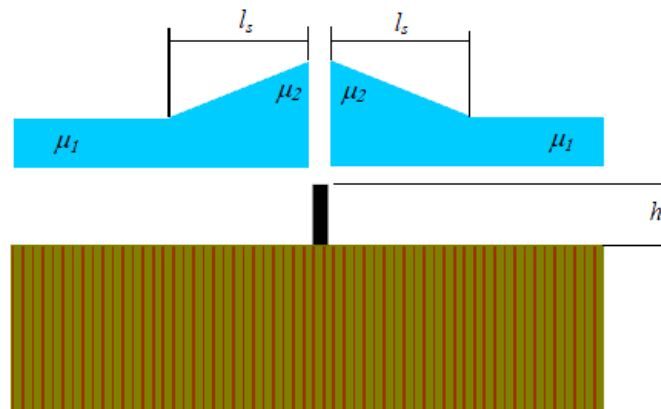


Figure 5-9 : Accumulation locale au niveau d'un obstacle

**Combinaisons pour les ELS**

Pour déterminer  $W_{fin}$  :  $(1 + k_{def}) G + (1 + k_{def} \cdot \Psi_2) S$

**Valeurs caractéristiques des classes de résistance :**

	C18	C24	GL24h
$\rho_k$ [kg/m <sup>3</sup> ]	320	350	380
$\rho_{moyen}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	380	420	437
$f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	18	24	24
$f_{t,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	11	14	16,5
$f_{t,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,5	0,5	0,4
$f_{c,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	18	21	24
$f_{c,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,2	2,5	2,7
$f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	3,4	4,0	2,7
$E_{0,moyen}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	9000	11000	11600
$E_{0,05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	6000	7400	9400
$E_{90,moyen}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	300	370	390
$G_{mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	560	690	720

**Facteur de modification  $k_{mod}$  :**

<i>k<sub>mod</sub> pour BM, BLC et LVL</i>		
Classe de durée de charge	Classe 1 et 2	Classe 3
<b>Permanente</b> (+ de 10 ans, ex: poids propre)	0,60	0,50
<b>Long terme</b> (6 mois à 10 ans, ex: stockage, équipements fixes)	0,70	0,55
<b>Moyen terme</b> (1 semaine à 6 mois, ex: charge d'exploitation, neige (H > 1000m))	0,80	0,65
<b>Court terme</b> (<1 semaine, ex: neige (H < 1000m), et charge d'entretien)	0,90	0,70
<b>Instantanée</b> (ex: situations accidentelles, neige exceptionnelle et vent)	1,10	0,90

**Coefficients partiels  $\gamma_M$  :**

Pour les E.L.U	$\gamma_M$
<b>Combinaisons fondamentales</b>	
bois massif	1,30
bois lamellé collé	1,25

**Coefficient de réduction de contrainte pour le cisaillement  $k_{cr}$  :**

**$k_{cr}$  COEFFICIENT DE REDUCTION DE SECTION POUR LE CISAILLEMENT**

$k_{cr}$	CLASSE DE SERVICE 1	CLASSE DE SERVICE 2	CLASSE DE SERVICE 3
BM	$h < \text{à} 150\text{mm}$	1	$h < \text{à} 150\text{mm}$
	$h > \text{à} 150\text{mm}$	0.67	$h > \text{à} 150\text{mm}$
BLC (GL GT)	1	$G / (G + \Sigma Q) < 0.7$	1
		$G / (G + \Sigma Q) > 0.7$	0.67

\* autres matériaux,  $k_{cr} = 1$

valeurs limites pour les flèches.

	Bâtiments courants			Bâtiments agricoles et similaires		
	$w_{inst}(Q)$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$	$w_{inst}(Q)$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$
Chevrans	-	ℓ/150	ℓ/150	-	ℓ/150	ℓ/150
Éléments structuraux	ℓ/300	ℓ/200	ℓ/125	ℓ/200	ℓ/150	ℓ/100

- Pour les panneaux de planchers ou supports de toiture,  $w_{net,fin} \leq \ell/250$ .
- Les trois valeurs doivent être vérifiées. Avec  $w_c = w_{fin} - w_{net,fin}$ .
- $w_{inst}(Q)$  part de la flèche instantanée due aux actions variables (Q, S ou W).
- Console (porte à faux), flèche limite max ( $w_{net,fin} < \ell/200 \times 2$  ; 5mm)

Facteur de modification de la déformation  $k_{def}$ :

Matériau	$k_{def}$ selon classes de service		
	CS 1	CS 2	CS 3
Bois Massif, BLC	0,60	0,80	2,00

CS = classe de service

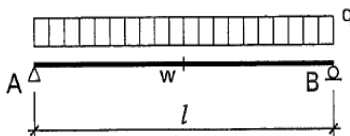
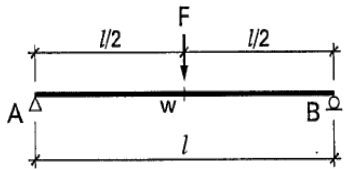
Vérification des pièces soumises à du cisaillement :

Pièces soumises à du <b>CISAILLEMENT</b>		
EFFORTS INTERNES	CONTRAINTES	VERIFICATIONS EC5
$T$ ou $V \neq 0$	$\tau = \frac{1,5T}{k_{cr} \cdot b \cdot h_e}$ <p><math>k_{cr}</math> coefficient de réduction de section</p>	$\tau_d \leq f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_v$ <p><math>k_v</math> coefficient d'entaille (si la pièce est entaillée).</p>

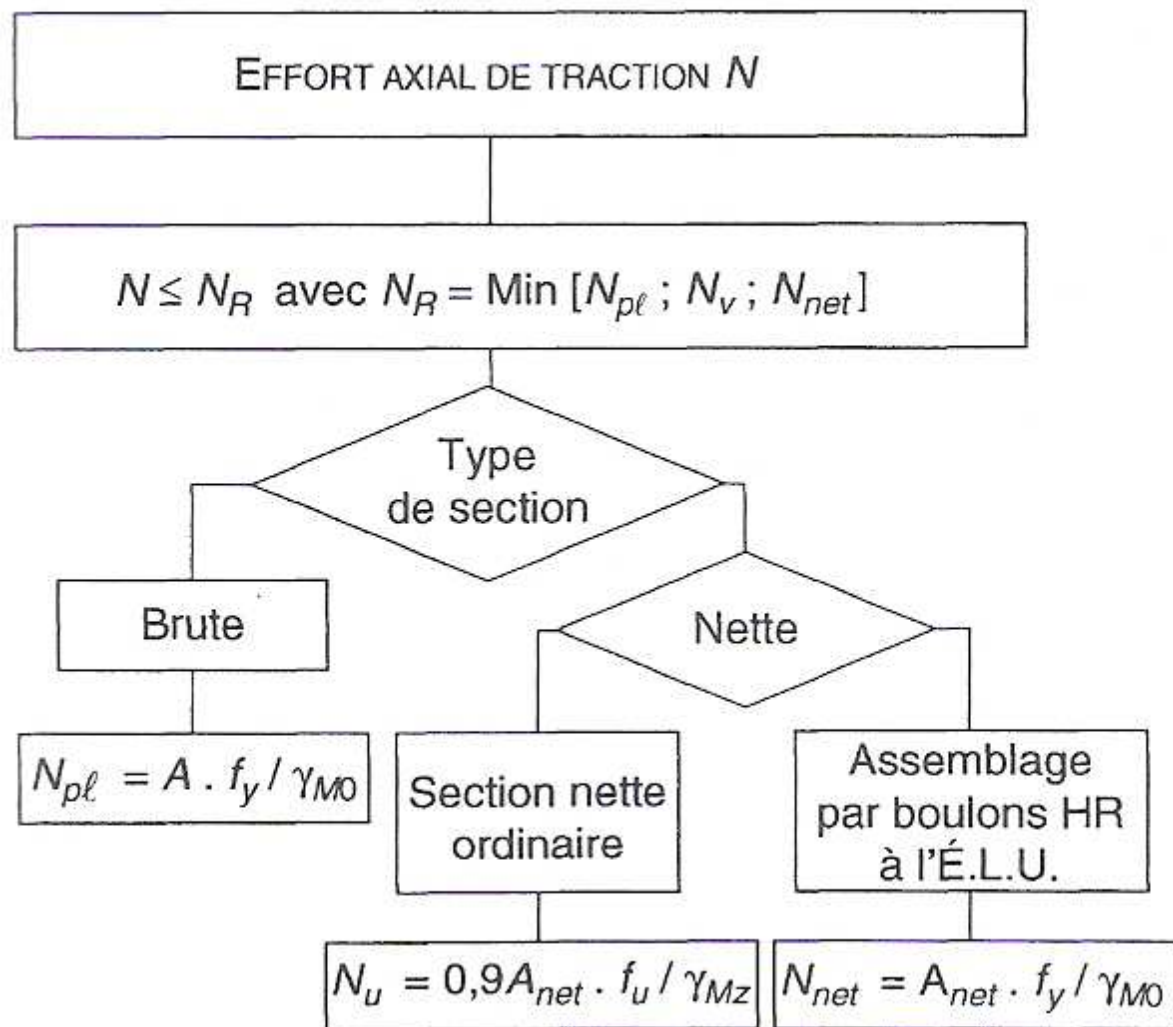
Vérification des pièces soumises à de la flexion :

Pièces soumises à de la <b>FLEXION SIMPLE</b>		
pannes, solives, poutres....		
EFFORTS INTERNES	CONTRAINTES	VERIFICATIONS EC5
$M_f \neq 0$	$\sigma_m = \frac{M_f}{I/v}$ <p>Rappel <math>I/v = \frac{bh^2}{6}</math></p>	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_h \cdot k_{ls} \cdot k_{crit}$ <p><math>k_h</math> coefficient de hauteur.  <math>k_{ls}</math> coefficient d'effet système.  <math>k_{crit}</math> coefficient de déversement.</p>

Poutres simples

Système $E \cdot I = \text{constante}$	Réactions d'appuis en kN $q'$ en kN/m, F en kN $l$ en m	Moments de flexion M en kNm $q'$ en kN/m, F en kN $l$ en m	Flèches w en mm $q'$ en N/mm, F en N $l$ en mm E en N/mm <sup>2</sup> , I en mm <sup>4</sup>
	$A = B = \frac{q' \cdot l}{2}$	$M_{max} = \frac{q' \cdot l^2}{8}$	$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$
	$A = B = \frac{F}{2}$	$M_{max} = \frac{F \cdot l}{4}$	$w = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot l^3}{E \cdot I}$

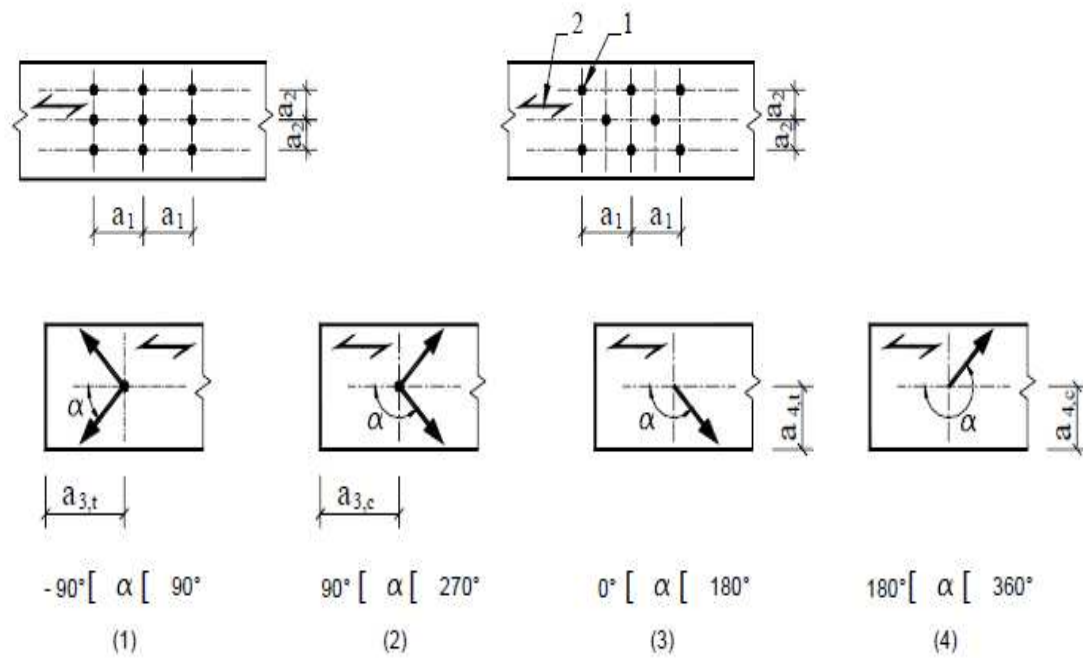




Vérification des poteaux en flexion combinée

Pièces soumises à de la <b>COMPRESSION AXIALE (solicitation principale) + FLEXION</b>		
Poteaux comprimés et fléchis...		
EFFORTS INTERNES	CONTRAINTES	VERIFICATIONS EC5
$T$ ou $V \neq 0$		Voir pièces soumises à du CISAILEMENT
$N \neq 0$	$\sigma_{c,0} = \frac{N}{S}$	<p><b>SANS INSTABILITE DE FLAMBEMENT</b> <math>k_c, k_{cy} = 1</math></p> $\frac{\sigma_m}{f_{m,d}} + \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 \leq 1$ <p><b>AVEC L'INSTABILITE DE FLAMBEMENT</b> <math>k_c, k_{cy} &lt; 1</math></p> $\frac{\sigma_m}{f_{m,d} \cdot k_{crit}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_{c,y_{m,z}}} \leq 1$ <p><math>k_c, k_{cy}</math> coefficients de flambement</p> <p>Nota : <math>f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}</math>      <math>f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}</math></p>
$M_f \neq 0$	$\sigma_m = \frac{M_f}{I/v}$ Rappel $I/v = \frac{bh^2}{6}$ Rappel $I/v = \frac{\pi D^3}{32}$	

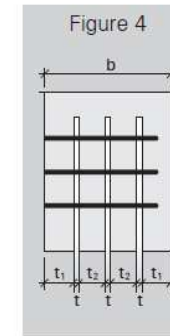
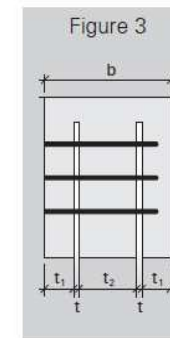
Espacements et distances minimales pour les broches



Espacements et distances	Angle	Distance minimale
$a_1$ (parallèle au fil)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3+2 \cos\alpha ) \cdot d$
$a_2$ (perpendiculaire au fil)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$
$a_{3,t}$ (distance d'extrémité chargée)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d ; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (distance d'extrémité non chargée)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max(3d ; a_{3,t} \cdot  \sin\alpha  \cdot d)$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$3d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max(3d ; a_{3,t} \cdot  \sin\alpha  \cdot d)$
$a_{4,t}$ (distance de rive chargée)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max(3d ; (2+2\sin\alpha)d)$
$a_{4,c}$ (distance de rive non chargée)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$



Fiche technique n° 02 3.03



Broche	WS-T	7x73	7x93	7x113	7x133	7x153	7x173	7x193	7x213	7x233
Largeur du bois	b en mm	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Bois extérieur	$t_1$ en mm	—	—	—	40	40	55	65	65	75
Bois intérieur	$t_2$ en mm	—	—	—	48	68	58	58	78	78
$\alpha$ angle entre la direction de l'effort et le fil du bois	$0^\circ$	—	—	—	17,8	19,8	21,3	22,4	22,4	23,1
	$30^\circ$	—	—	—	16,3	18,6	19,4	20,5	21,1	21,6
	$45^\circ$	—	—	—	15,0	17,6	17,8	18,8	19,8	20,5
	$60^\circ$	—	—	—	13,9	16,8	16,4	17,3	18,7	19,5
	$90^\circ$	—	—	—	13,0	15,8	15,3	16,1	17,7	18,6

Broche	WS-T	7x73	7x93	7x113	7x133	7x153	7x173	7x193	7x213	7x233
Largeur du bois	b en mm	80	100	120	140	160	180	200	220	240
Bois extérieur	$t_1$ en mm	—	—	—	—	—	39	39	43	53
Bois intérieur	$t_2$ en mm	—	—	—	—	—	42	52	58	58
$\alpha$ angle entre la direction de l'effort et le fil du bois	$0^\circ$	—	—	—	—	—	25,0	29,1	31,7	32,8
	$30^\circ$	—	—	—	—	—	22,8	26,4	28,8	29,8
	$45^\circ$	—	—	—	—	—	20,9	24,2	26,4	27,2
	$60^\circ$	—	—	—	—	—	19,3	22,3	24,4	25,0
	$90^\circ$	—	—	—	—	—	17,8	20,6	22,6	23,2

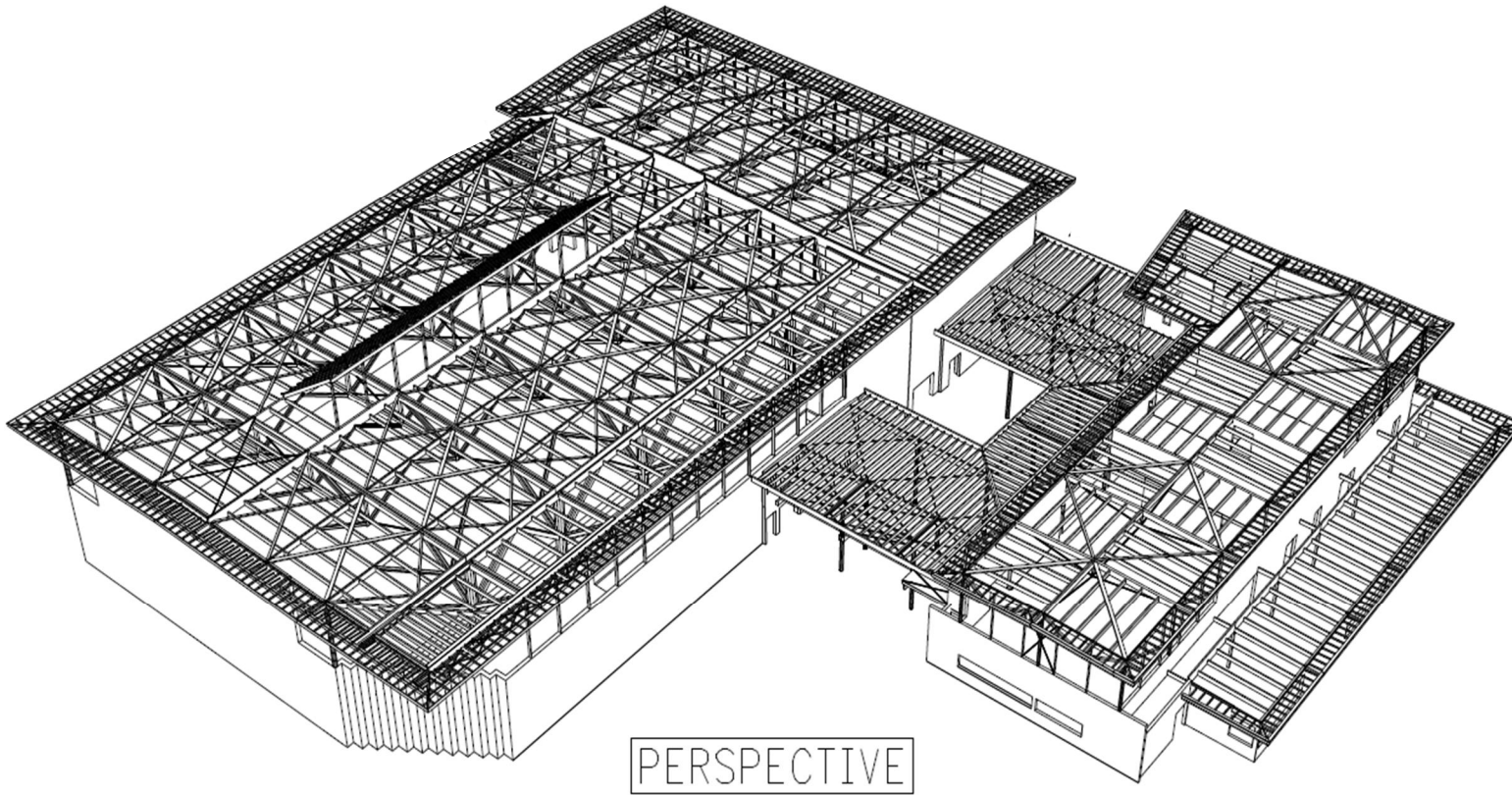
Dans le cas de plusieurs broches sur le même fil de bois, le nombre efficace  $n_{ef}$  doit être pris suivant le tableau ci contre. Les valeurs sont valables pour une distance entre broche parallèlement au fil du bois de 50 mm.

$n$	1	2	3	4	5	
$\alpha$ angle entre la direction du effort et le fil du bois	$0^\circ$	1,00	1,61	2,31	3,00	3,66
	$30^\circ$	1,00	1,74	2,54	3,33	4,11
	$45^\circ$	1,00	1,80	2,66	3,50	4,33
	$60^\circ$	1,00	1,87	2,77	3,67	4,55
	$90^\circ$	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00

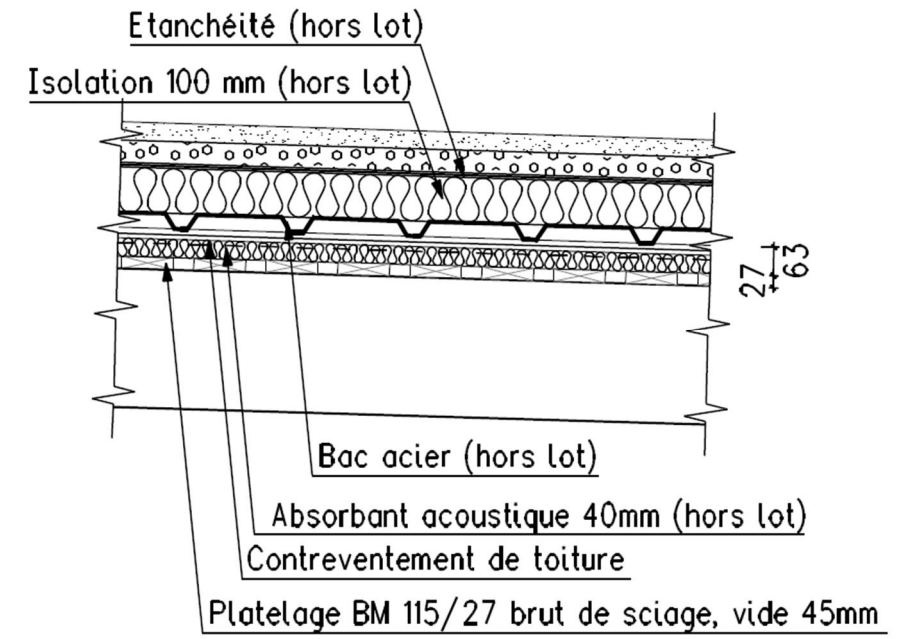
La valeur de calcul de la résistance en cisaillement des broches  $R_d$  se calcul comme suit, suivant l'EN 1995-1-1:2004/A1, chapitre 2:

$$R_d = \frac{R_k \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \quad \text{avec } \gamma_M = 1,3 \text{ selon EN 1995-1-1:2004/A1, tableau 2.3}$$

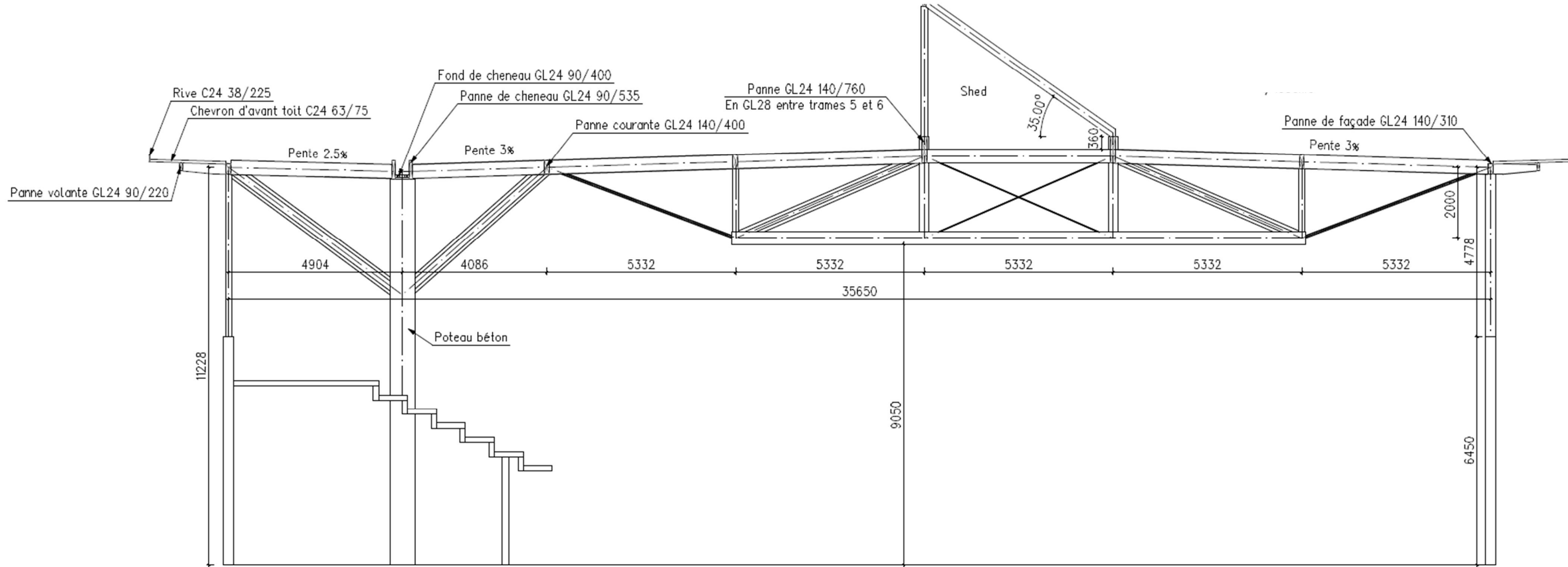
LT 11 Axonométrie



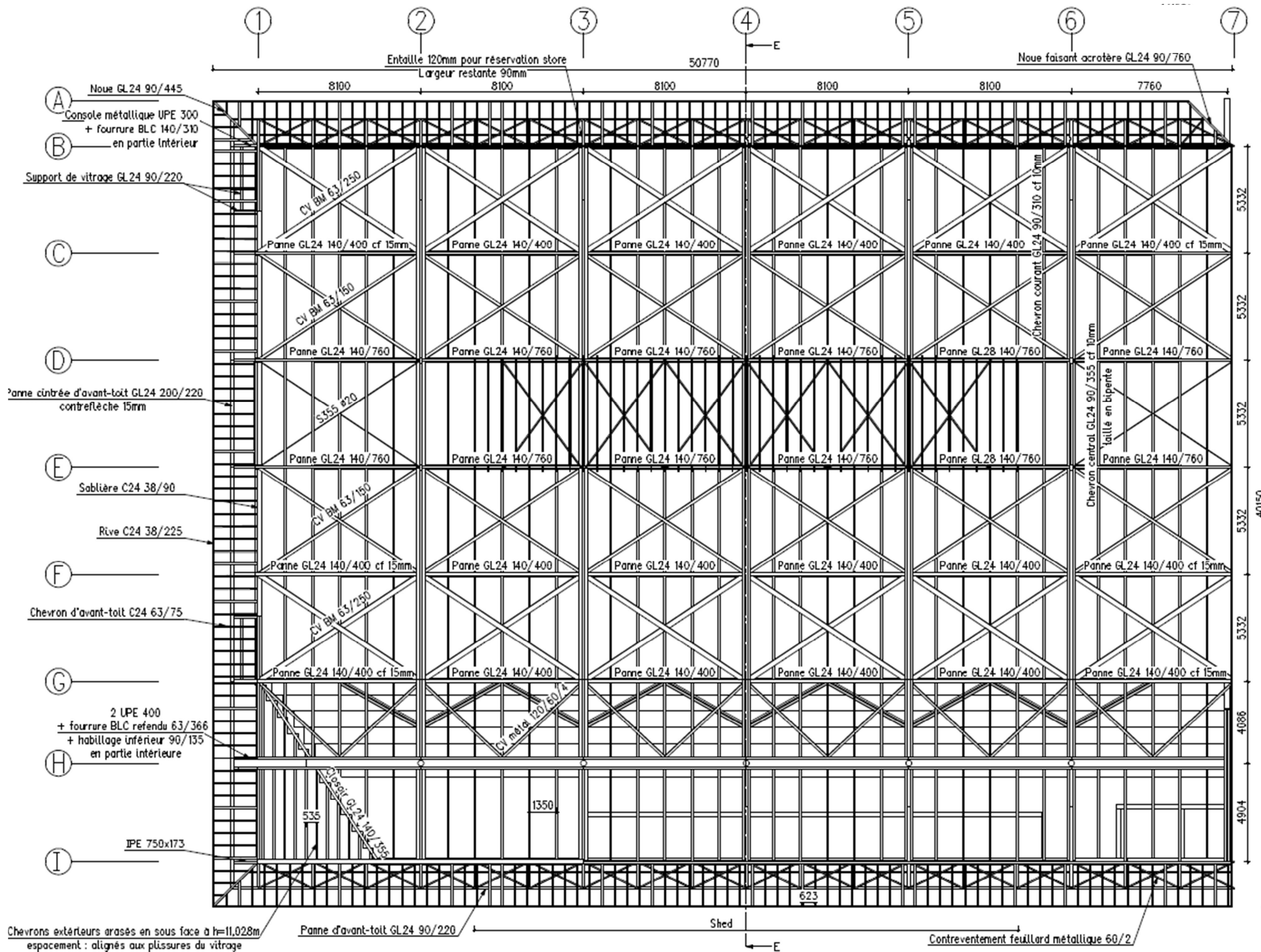
LT12 Principe de toiture



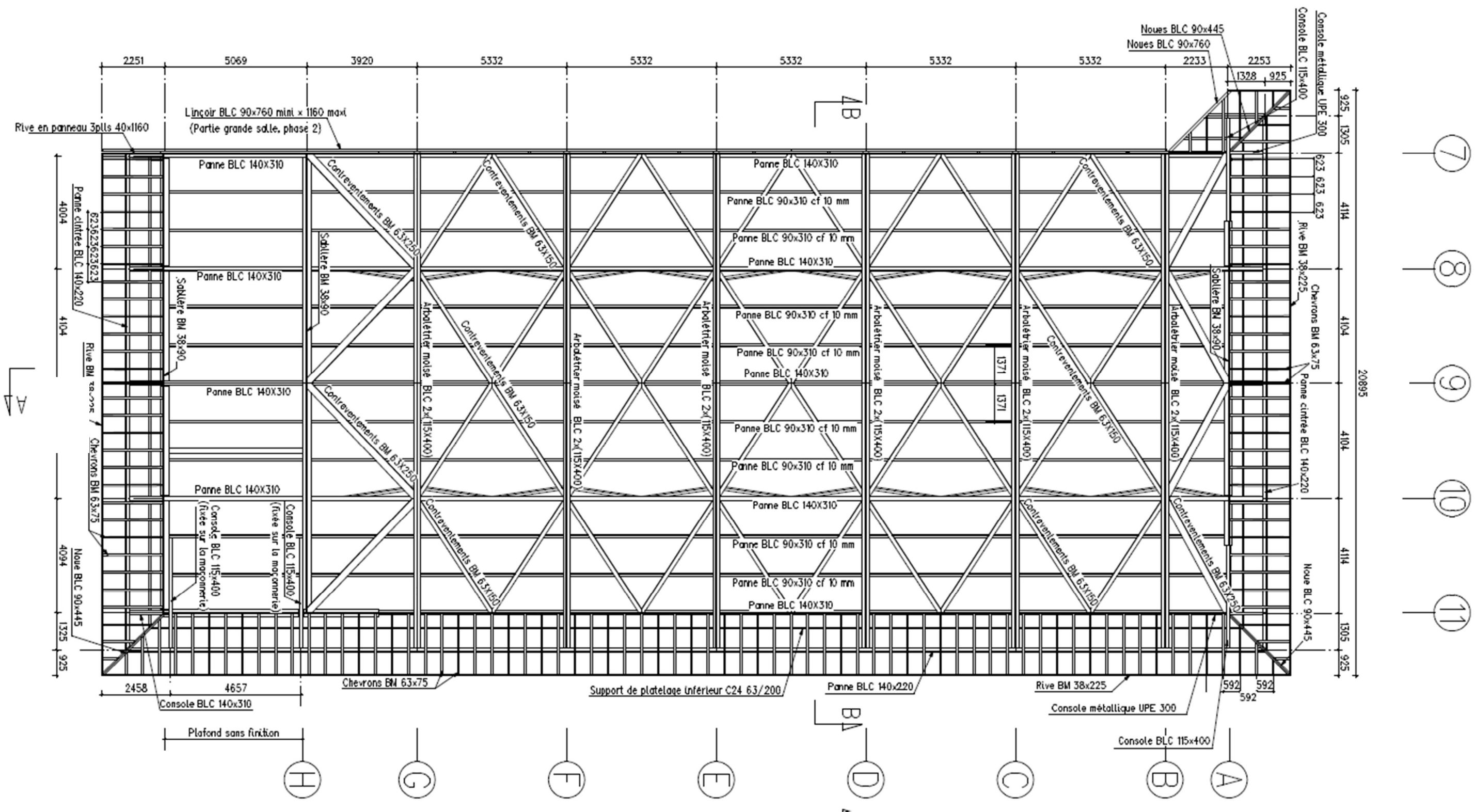
LT 13 Coupe EE grande salle de basket



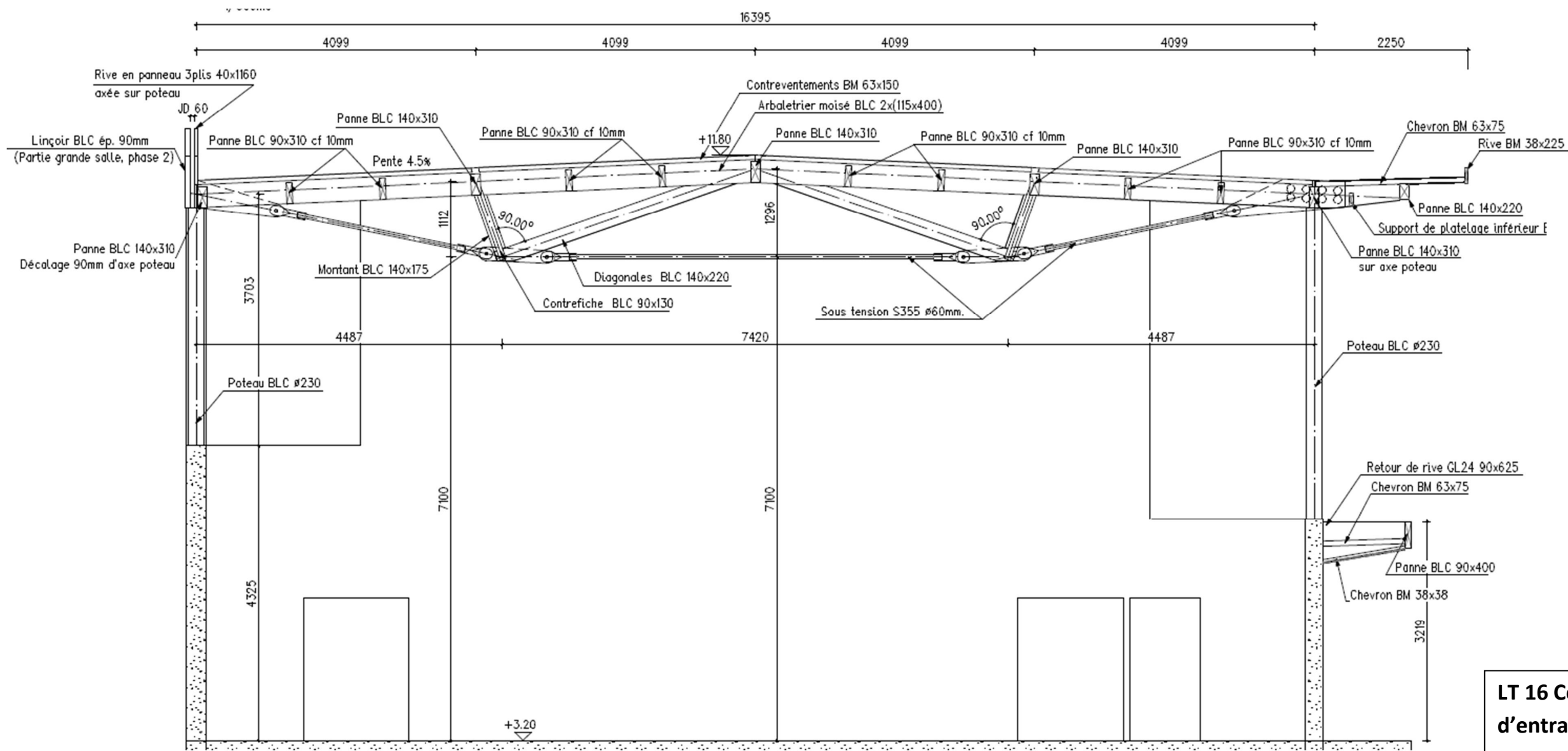




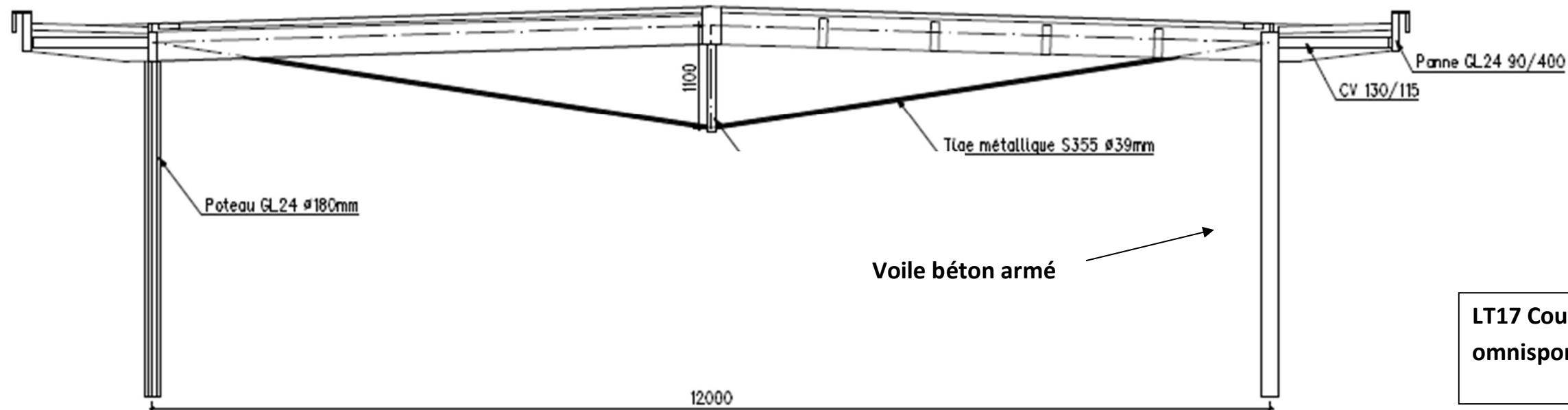
LT 14 Vue en plan  
 charpente grande  
 salle de basket



LT 15 Vue en plan charpente gymnase entraînement



**LT 16 Coupe BB gymnase d'entraînement**



**LT17 Coupe de principe charpente salle omnisports**