

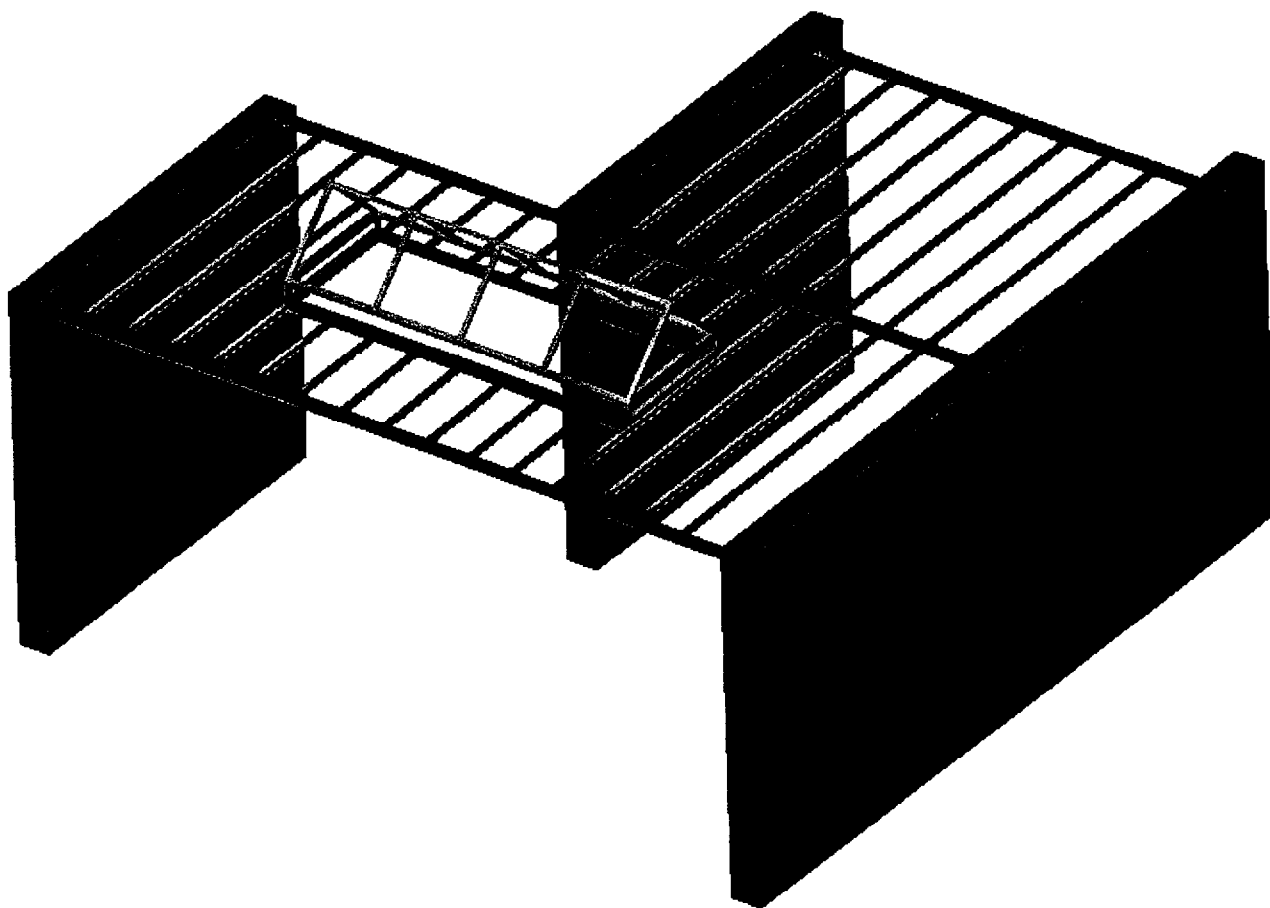
Salon de thé

Etude de la toiture-terrasse

Durée : 4 heures

Date : Jeudi 16 mai 2002

MECANIQUE



B.T.S. Agencement de l'Environnement Architectural
Session 2002

Epreuve Professionnelle de synthèse

Elaboration d'un dossier d'exécution

U 6.1

Etude de la toiture du salon de thé

1 - Présentation de l'étude

Lors de l'agrandissement du salon de thé, il s'est avéré nécessaire de réaliser une toiture au dessus du laboratoire et de la salle arrière du salon de thé.

Sur cette toiture, on désire installer un lanterneau pour éclairer le laboratoire.

On se propose d'étudier la structure métallique supportant la toiture et le faux plafond.

La zone de four doit être déplacée dans un autre local.

2 - But de l'étude

On vous demandera de dimensionner la structure porteuse de la toiture et du faux plafond.

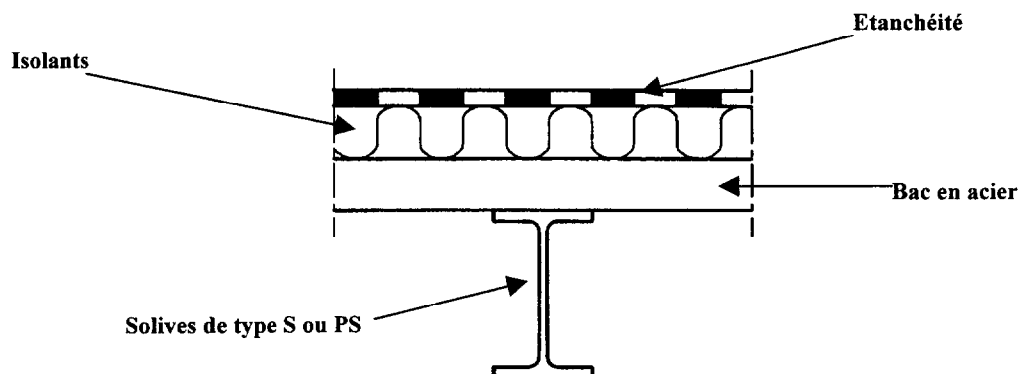
Les calculs se feront conformément aux règles de construction métallique en vigueur, soit l'EUROCODE 3.

3 - Vue en plan de la toiture (voir plan joint en annexe 1)

- La structure porteuse est constituée de poutres principales « PP » définies ainsi :
 - ⇒ PP1 : Profilé métallique de type IPE
 - ⇒ PP2 à PP4 : Profilés métalliques de type UPN reposant sur la maçonnerie en parpaings pleins de 200.
- Les solives repérées « S » reprennent les charges de la toiture et du faux plafond. Elles reposent simplement sur les poutres qui les portent.
- Les poutres secondaires « PS » reprennent les charges transmises par la poutre chevêtre « PC » et le lanterneau. Ces charges sont transmises aux poutres principales « PP ».

4 - Données de l'étude

Éléments constitutifs de la toiture (voir annexe 2)



L'élément porteur est formé de tôles d'acier (8/10) nervurées qui fournissent un platelage continu destiné à recevoir les panneaux isolants supports du revêtement d'étanchéité.

Le revêtement d'étanchéité est réalisé en plusieurs couches d'un matériau armé, à base de bitume manufacturé en lés.

L'épaisseur du revêtement multicouches en ciment volcanique est de 20 mm.

Les panneaux isolants ont un poids surfacique de 15 daN/m².

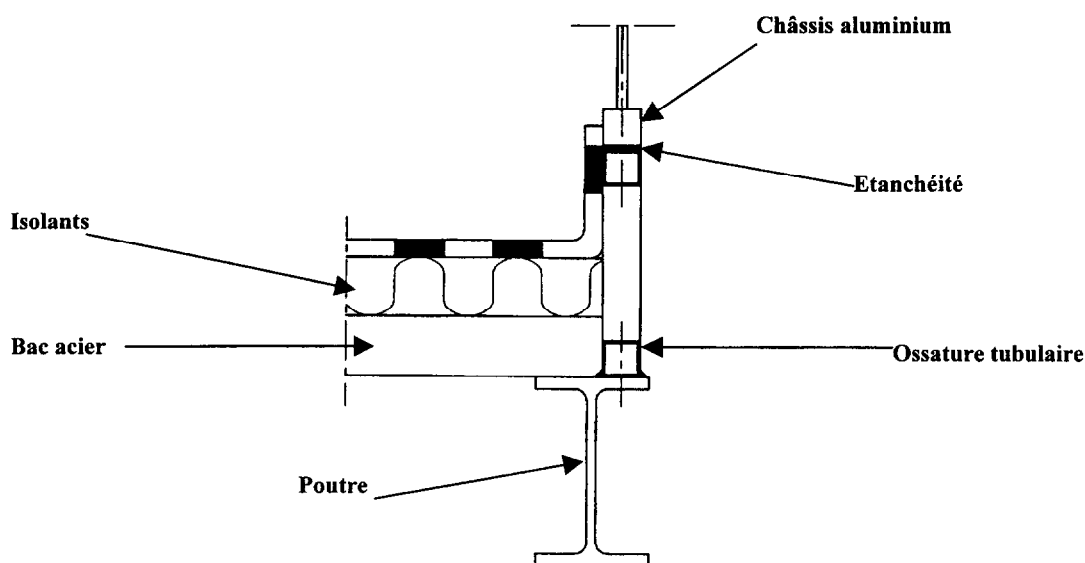
Éléments constitutifs du faux plafond

Le faux plafond est constitué de plaques de plâtre vissées perpendiculairement sur un contre lattage métallique.

Ce contre lattage est constitué de fourrure F530 qui se clipsent sur des suspentes préalablement fixées sur les IPN.

Éléments constitutifs du lanterneau

Le lanterneau est constitué d'une ossature en tube carré, supportant le châssis en aluminium du vitrage feuilleté STADIP 8.8 type 44.2.



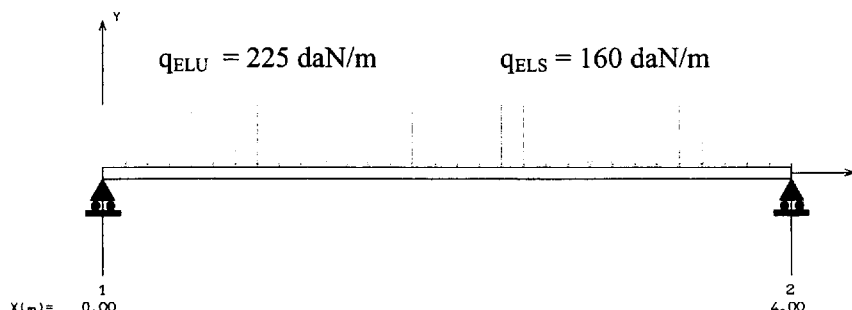
Le lanterneau exercera sur la poutre chevêtre « PC » et sur les poutres de type PS un poids linéique uniforme forfaitaire de 25 daN/m.

6.2.2 - Calculer les actions aux appuis.

6.3 - Etude de la poutre chevêtre « PC »

6.3.1 - Sous charges pondérées, proposer une modélisation de la poutre chevêtre [EF] (géométrie, liaisons, chargement).

On donne pour la suite de l'étude la modélisation suivante de la poutre chevêtre.



6.3.2 - Déterminer les actions aux appuis.

6.3.3 - Dimensionner le profilé métallique IPE satisfaisant la condition de résistance.

6.3.4 - A partir de l'exploitation informatique (annexe 6), vérifier la poutre chevêtre à l'E.L.S.
Conclusion.

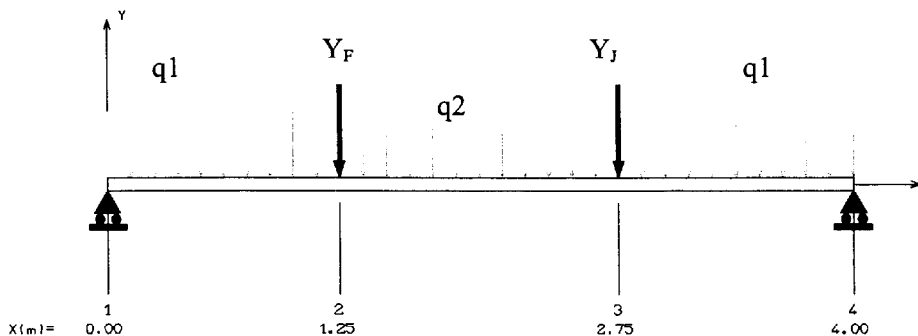
6.4 - Etude de la poutre secondaire PS1

6.4.1 - Mettre en place sur le document réponse annexe 9 les surfaces de chargement.
Vous justifierez toutes les charges appliquées sur la poutre secondaire PS1.
Proposer une modélisation de la poutre secondaire PS1 (géométrie, liaisons, chargement).

Attention : on ne demande aucune valeur numérique concernant le chargement.

On donne pour la suite de l'étude la modélisation suivante de la poutre PS1 et les valeurs numériques suivantes :

	E.L.U.	E.L.S
q_1	155 daN/m	110 daN/m
q_2	120 daN/m	85 daN/m
$Y_F = Y_J$	450 daN	320 daN



6.4.2 - A partir de l'exploitation informatique (annexe 7), déterminer les actions aux appuis.

- 6.4.3 - A partir de l'exploitation informatique (annexe 7), choisir la poutre principale PS1 vérifiant l'état limite ultime.
- 6.4.4 - A partir de l'exploitation informatique (annexe 7 bis), vérifier la poutre PS1 à l'E.L.S.
Conclusion.

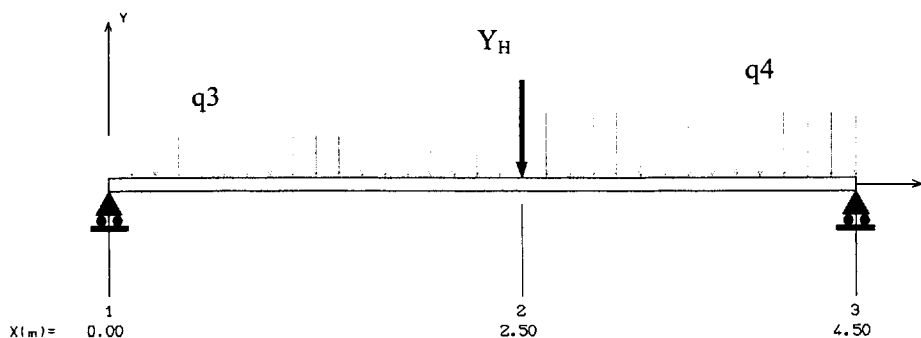
6.5 - Etude de la poutre principale PP1

- 6.5.1 - Mettre en place sur le document réponse annexe 10 les surfaces de chargement.
Vous justifierez toutes les charges appliquées sur la poutre principale PP1.
Proposer une modélisation de la poutre principale PP1 (géométrie, liaisons, chargement).

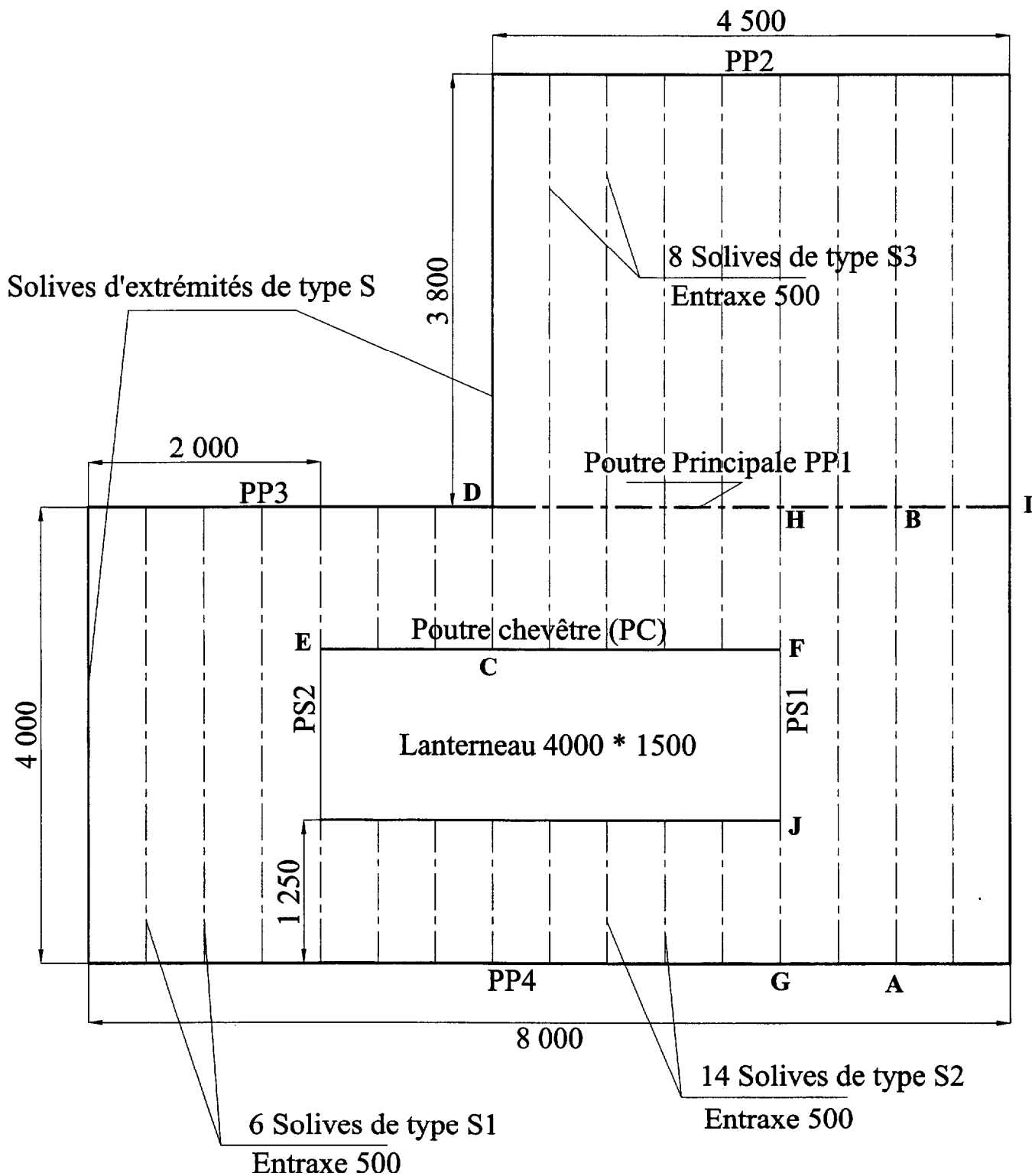
Attention : on ne demande aucune valeur numérique concernant le chargement.

On donne pour la suite de l'étude la modélisation suivante de la poutre PP1 et les valeurs numériques suivantes :

	E.L.U.	E.L.S
q_3	720 daN/m	515 daN/m
q_4	1100 daN/m	790 daN/m
Y_H	734 daN	522 daN



- 6.5.2 - Déterminer le torseur de cohésion le long de la poutre PP1, puis tracer les diagrammes relatifs aux efforts intérieurs (torseur de cohésion) et indiquer la valeur du moment de flexion maximal.
- 6.5.3 - Sachant que $M_{fmax} = 3038$ daN.m, déterminer la poutre principale PP1 vérifiant l'état limite ultime.
- 6.5.4 - A partir de l'exploitation informatique (annexe 8), vérifier la poutre principale PP1 à l'état limite de service.
Conclusion.



Repère	Nbre	Désignation	Matière	Observations
DESSINE PAR:	ECHELLE	Plan de la toiture des solives Sous épreuve U 6.1 - Mécanique Annexe 1 page 6/16		
	1:50			
	BTS A.E.A.			
	A4V			

Annexe 2

Tableau définissant les charges sur les toitures

Toitures (NF P 06-001)	G (kN/m ²)
Support de la couverture	
- lattis ou liteaux en sapin	0,03
- voligeage en sapin	0,1
- support céramique	0,45
Sous-toitures (par cm d'épaisseur)	
- contreplaqués okoumé	0,05
- panneaux de lin	0,04
- plaques de plâtre (genre Placoplâtre ou Prégypan)	0,09
- panneaux de paille compressée	0,03
Couvertures métalliques	
- zinc (voligeage et tasseaux compris)	0,25
- alu 8/10 (plaques ondulées sans support)	0,03
- alu 8/10 (voligeage et tasseaux compris)	0,17
- acier inox (voligeage et tasseaux compris)	0,25
- tôle ondulée d'acier galvanisé 8/10	0,06
Couvertures en ardoises (lattis et voligeage compris)	
- ardoises naturelles ordinaires	0,28
Couvertures en tuiles (liteaux, voliges ou support compris)	
- tuiles mécaniques à emboîtement	0,35 à 0,45
- tuiles plates	0,55 à 0,75
- tuiles canal	0,4 à 0,6
- tuiles béton	0,45
Terrasses	
- asphalte coulé en 0,5 cm, plus 1,5 cm d'asphalte coulé sablé	0,5
- étanchéité multicouche en ciment volcanique, enduit plastique ou feutre bitumé, 2 cm	0,12
- gravillon pour protection de l'étanchéité, par cm	0,2
- protection de l'étanchéité réalisée par une couche asphalte gravillonné de 2 cm sur deux feuilles papier kraft	0,5

Tableau 6. Poids surfacique G (kN/m²) de toitures.

Caractéristiques des profilés IPE

Profils	Dimensions						Masse par mètre P kg	Section A cm ²	Surface de peinture	
	h mm	b mm	a mm	c mm	r mm	Partie droite de l'âme h ₁ mm			m ² /m	m ² /t
80	80	46	3,8	5,2	5	60	6,0	7,64	0,329	54,8
100	100	55	4,1	5,7	7	75	8,1	10,3	0,401	49,5
120	120	64	4,4	6,3	7	93	10,4	13,2	0,474	45,6
140	140	73	4,7	6,9	7	112	12,9	16,4	0,550	42,6
160	160	82	5,0	7,4	9	127	15,8	20,1	0,622	39,4
180	180	91	5,3	8,0	9	146	18,8	23,9	0,698	37,1
200	200	100	5,6	8,5	12	159	22,4	28,5	0,768	34,3
220	220	110	5,9	9,2	12	178	26,2	33,4	0,848	32,4
240	240	120	6,2	9,8	15	190	30,7	39,1	0,921	30,0
270	270	135	6,6	10,2	15	220	36,1	45,9	1,04	28,8
300	300	150	7,1	10,7	15	249	42,2	53,8	1,16	27,5
330	330	160	7,5	11,5	18	271	49,1	62,6	1,25	25,5
360	360	170	8,0	12,7	18	229	57,1	72,7	1,35	23,6
400	400	180	8,6	13,5	21	331	66,3	84,5	1,47	22,2
450	450	190	9,4	14,6	21	379	77,6	98,8	1,61	20,7
500	500	200	10,2	16,0	21	426	90,7	116	1,74	19,2
550	550	210	11,1	17,2	24	468	106	134	1,88	17,7
600	600	220	12,0	19,0	24	514	122	156	2,02	16,6

Profils	Caractéristiques rapportées à l'axe neutre								Moment d'inertie de torsion J cm ⁴	Module de rigidité d cm	
	I _x cm ⁴	I _x /v _x cm ³	i _x cm	Moment statique S cm ³	Distance des centres cm	e _s	I _y cm ⁴	I _y /v _y cm ³			i _y cm
80	80,1	20,0	3,24	11,6	6,9	3,33	8,49	3,69	1,05	0,70	0,299
100	171	34,2	4,07	19,7	8,7	4,22	15,9	5,79	1,24	1,10	0,313
120	318	53,0	4,90	30,4	10,5	5,10	27,7	8,65	1,45	1,71	0,336
140	541	77,3	5,74	44,2	12,2	5,99	44,9	12,3	1,65	2,54	0,359
160	869	109	6,58	61,9	14,0	6,90	68,3	16,7	1,84	3,53	0,379
180	1 317	146	7,42	83,2	15,9	7,78	101	22,2	2,05	4,90	0,404
200	1 943	194	8,26	110	17,6	8,66	142	28,5	2,24	6,46	0,425
220	2 772	252	9,11	143	19,4	9,62	205	37,3	2,48	8,86	0,460
240	3 892	324	9,97	183	21,2	10,55	284	47,3	2,69	11,60	0,490
270	5 790	429	11,2	242	24,2	11,88	420	62,2	3,02	14,93	0,510
300	8 356	557	12,5	314	26,6	13,20	604	80,5	3,35	19,47	0,535
330	11 770	713	13,7	402	29,3	14,52	788	98,5	3,55	25,70	0,558
360	16 270	904	15,0	510	31,9	15,83	1 043	123	3,79	36,20	0,600
400	23 130	1 160	16,5	654	35,4	17,50	1 318	146	3,95	46,80	0,607
450	33 740	1 500	18,5	851	39,7	19,33	1 676	176	4,12	63,80	0,616
500	48 200	1 930	20,4	1 100	43,9	21,28	2 142	214	4,31	89,00	0,640
550	67 120	2 440	22,3	1 390	48,2	23,02	2 668	254	4,45	118,4	0,657
600	92 080	3 070	24,3	1 760	52,4	25,16	3 387	308	4,66	166,2	0,697

Annexe 3 : Actions et combinaisons d'actions selon l'Eurocode 3

Les actions agissant sur une poutre sont de trois types :

Actions permanentes G :

Poids propre
Action de précontrainte
Déplacement différentiel des appuis,
Déformation imposée

Actions variables Q :

Charges d'exploitation
Action du vent
Action de la neige
Action des gradients thermiques

Actions accidentelles A :

Explosions
Chocs de véhicules

Combinaisons d'actions à l'E.L.U.

Les combinaisons d'actions sont :

Avec une action variable : $1,35 G_{\max} + G_{\min} + 1,50 Q$

avec : G_{\max} = action permanente défavorable
 G_{\min} = action permanente favorable
 Q = action variable défavorable

Avec plusieurs actions variables : $1,35 G_{\max} + G_{\min} + 1,35 \Sigma Q_i$

Combinaisons d'actions à l'ELS

Elles servent exclusivement pour le calcul ou la vérification des déformations.

Les combinaisons d'actions sont :

Avec une action variable : $G + Q$

Avec plusieurs actions variables : $G + 0,9 \Sigma Q_i$

Annexe 4 : Actions climatiques dues à la neige selon les règles ENV 1991-2-3

4. ACTIONS CLIMATIQUES

4.1 ENV 1991-2-3 - Actions de la neige s

4.1.1 Introduction

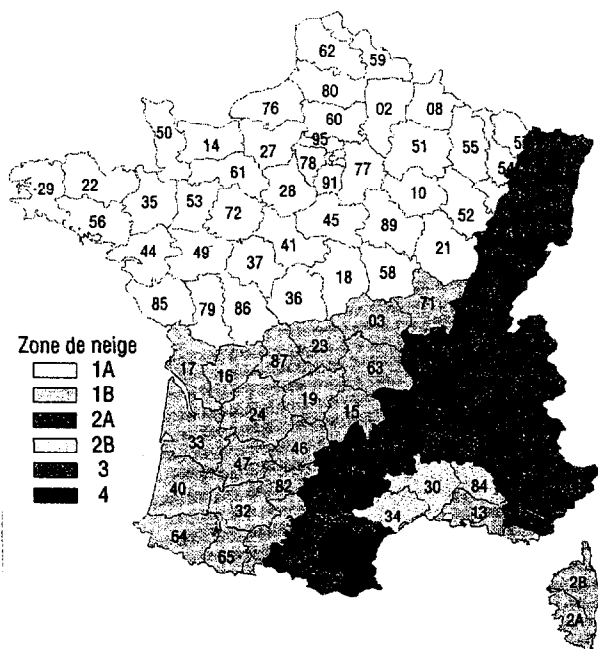
L'accumulation de la neige sur les toits est rarement uniforme. Elle dépend de la forme de la toiture, de ses propriétés thermiques, de la quantité de chaleur engendrée sous la toiture, de la proximité de bâtiments voisins et bien sûr, des conditions météorologiques locales.

Pour déterminer la charge de neige (s), on considère essentiellement la couche de neige uniforme accumulée lors d'une chute par temps calme (s_{k200}), la forme de toiture (coefficient de forme μ) et la répartition de la neige provoquée par le vent. L'action de la neige s'exerce verticalement. Elle est rapportée à la projection horizontale de la surface de la toiture.

Les déséquilibres de charges peuvent, en outre, être accentués sous l'effet de certains facteurs (enlèvement volontaire de la neige, vent, dégel, congères, etc.). Ces effets sont pris en compte en étudiant différents cas de charges (fig. 2 à 8) correspondant à des répartitions de neige différentes.

4.1.2 Charge de neige sur le sol s_k (kN/m^2)

Elle est fonction de la localisation géographique (fig. 1) et de l'altitude du lieu considéré (tableau 12).



Zone	1A	1B	2A	2B	3	4
s_{k200} (kN/m^2)	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,90
s_A (charge accidentelle) (kN/m^2)	-	1,00	1,00	1,35	1,35	1,80

Fig. 1. Carte des régions climatiques.

Altitude h (m)	Charge de neige s_k (kN/m^2)
$200 \text{ m} < h \leq 500 \text{ m}$	$s_k = s_{k200} + \left(\frac{0,15h - 30}{100} \right)$
$500 \text{ m} < h \leq 1000 \text{ m}$	$s_k = s_{k200} + \left(\frac{0,3h - 105}{100} \right)$
$1000 \text{ m} < h < 2000 \text{ m}$	$s_k = s_{k200} + \left(\frac{0,45h - 255}{100} \right)$

Tableau 12. Charge de neige sur le sol s_k (kN/m^2).

4.1.3 Charge de neige s (kN/m^2)

L'action s représente la charge de neige sur une toiture ou toute autre surface, soumise à l'accumulation de la neige. Par unité de surface, en projection horizontale, s vaut :

$$s = \mu_i s_k + s_1 \quad \text{ou} \quad s = \mu_i s_A + s_1$$

- s_k est la valeur de la charge de neige (fig. 1).
- μ_i est un coefficient de forme : sa valeur nominale de base (égale à 0,8) correspond à une toiture plate avec vent faible. Traduisant l'interaction phénomène-construction, il est fonction de la forme de la toiture et prend plusieurs valeurs, selon le cas de charge considéré.
- s_A est l'action accidentelle (fig. 1).
- s_1 est une majoration pour faibles pentes égale à :
 0,2 kN/m^2 lorsque la pente du fil de l'eau de la partie enneigée de toiture est inférieure ou égale à 3 % ;
 0,1 kN/m^2 lorsque cette pente est comprise entre 3 et 5 %.
 Cette majoration agit localement, dans toutes les directions, sur une largeur de 2 m autour de la partie de toiture visée ci-dessus.

La prise en compte éventuelle des charges de neige doit se faire selon les principes définis et illustrés pour les toitures courantes, moyennant toute adaptation utile et recours, le cas échéant, à des essais particuliers ou à l'avis de spécialistes.

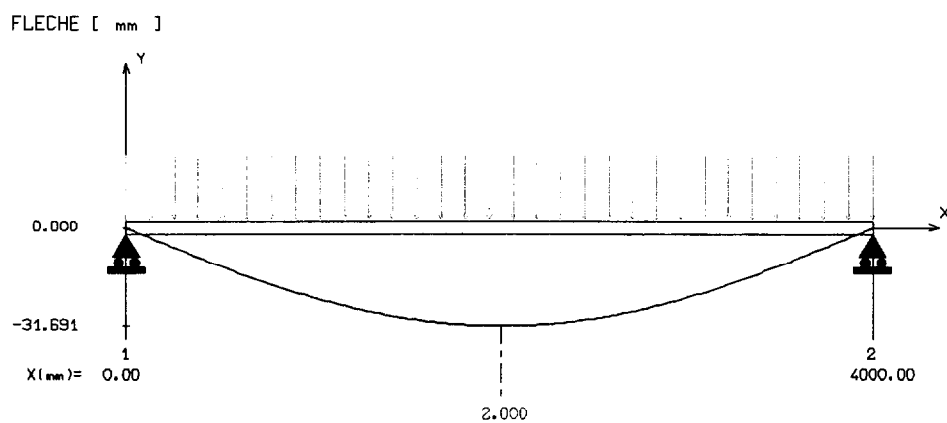
Annexe 5 : Formulaire des déformations

POUTRES portée l moment quadratique I constant	Rotation en A ω_A \curvearrowright	Rotation en B ω_B \curvearrowright	Flèche au milieu $v(l/2)$ \uparrow
	$-\frac{Pl^2}{16EI}$	$\frac{Pl^2}{16EI}$	$-\frac{Pl^3}{48EI}$
	$-\frac{Pa(l-a)}{2EI}$	$\frac{Pa(l-a)}{2EI}$	$-\frac{Pa(3l^2-4a^2)}{24EI}$
	$-\frac{Pl^2}{9EI}$	$\frac{Pl^2}{9EI}$	$-\frac{23Pl^3}{648EI}$
	$-\frac{5Pl^2}{32EI}$	$\frac{5Pl^2}{32EI}$	$-\frac{19Pl^3}{384EI}$
	$-\frac{ql^3}{24EI}$	$\frac{ql^3}{24EI}$	$-\frac{5ql^4}{384EI}$
	$\frac{MA l}{3EI}$	$-\frac{MA l}{6EI}$	$\frac{MA l^2}{16EI}$
	$-\frac{MB l}{6EI}$	$\frac{MB l}{3EI}$	$-\frac{MB l^2}{16EI}$

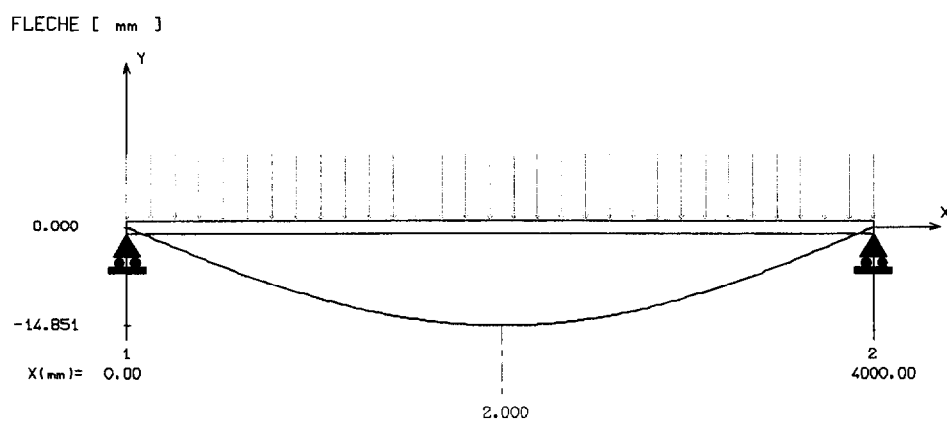
POUTRES CONSOLES portée l moment quadratique I constant		Rotation en B ω_B \curvearrowright	Flèche en B v_B \uparrow
		$-\frac{Pl^2}{2EI}$	$-\frac{Pl^3}{3EI}$
		$-\frac{Pa^2}{2EI}$	$-\frac{Pa^2(3l-a)}{6EI}$
		$-\frac{ql^3}{6EI}$	$-\frac{ql^4}{8EI}$

Annexe 6 : Diagrammes des déformations de la poutre chevêtre « PC »

▪ IPE 80



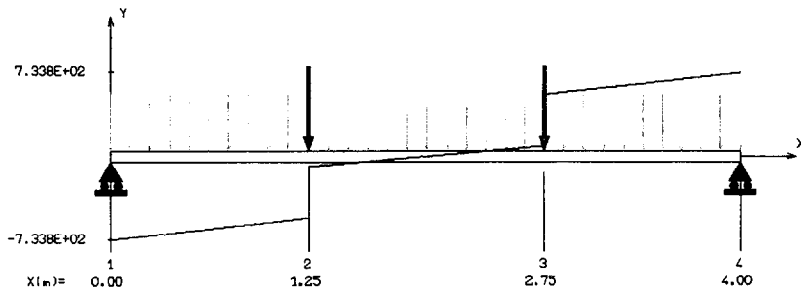
▪ IPE 100



Annexe 7 : Diagrammes des efforts tranchants et des contraintes de la poutre PS1

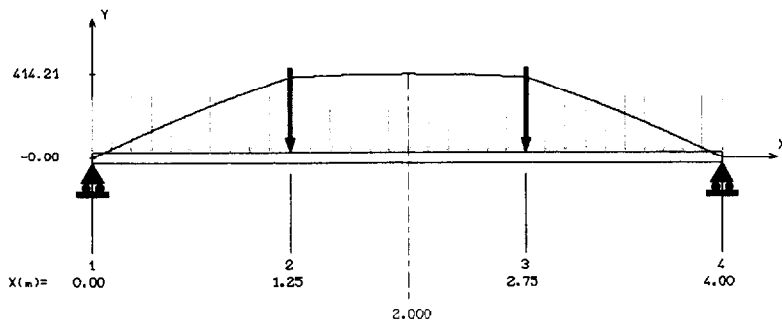
■ IPE 80

EFFORT TRANCHANT [daN]



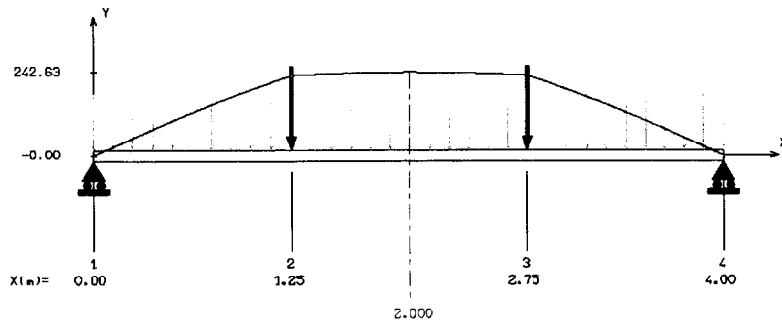
■ IPE 80

CONTRAINTE NORMALE [MPa]



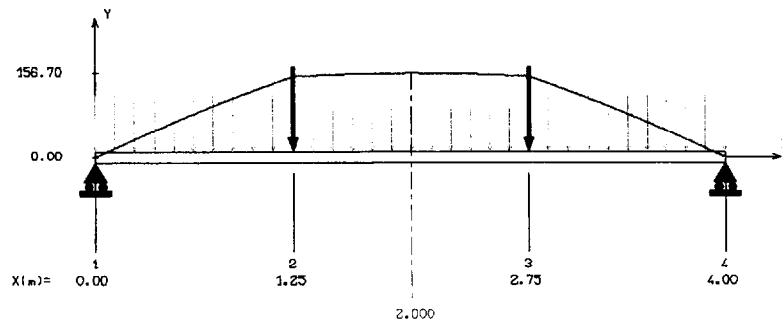
■ IPE 100

CONTRAINTE NORMALE [MPa]



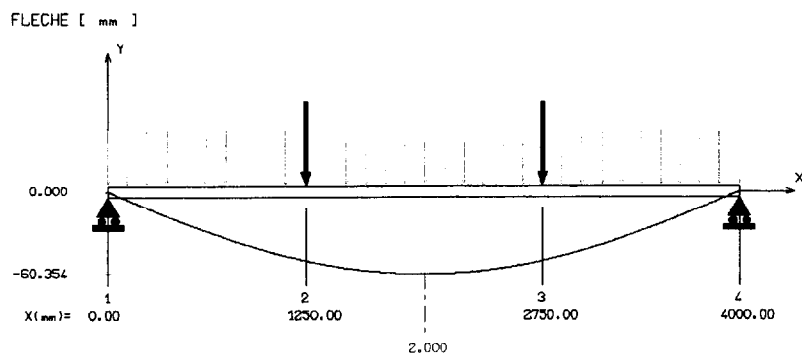
■ IPE 120

CONTRAINTE NORMALE [MPa]

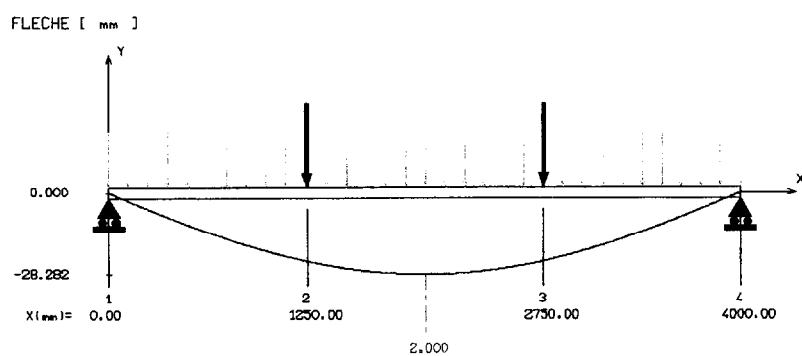


Annexe 7 bis : Diagrammes des déformations de la poutre PS1

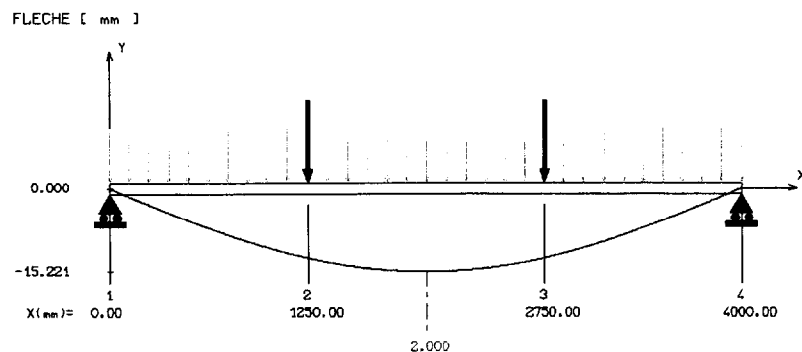
▪ IPE 80



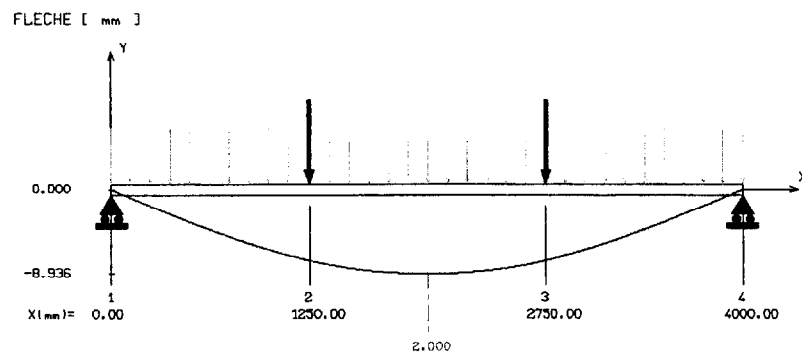
▪ IPE 100



▪ IPE 120

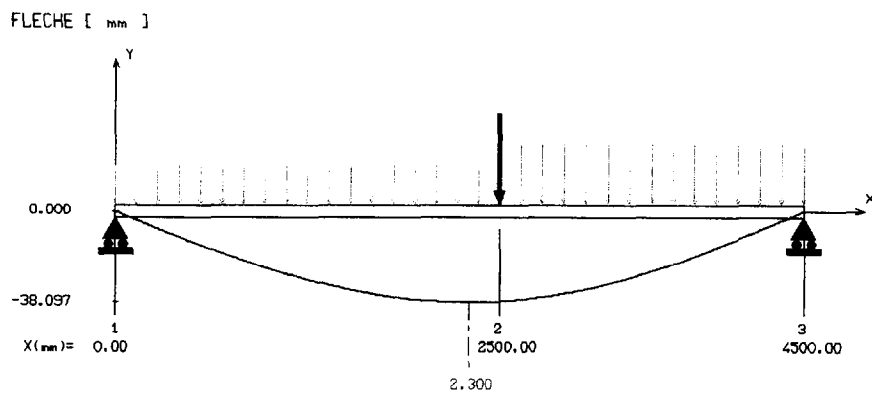


▪ IPE 140

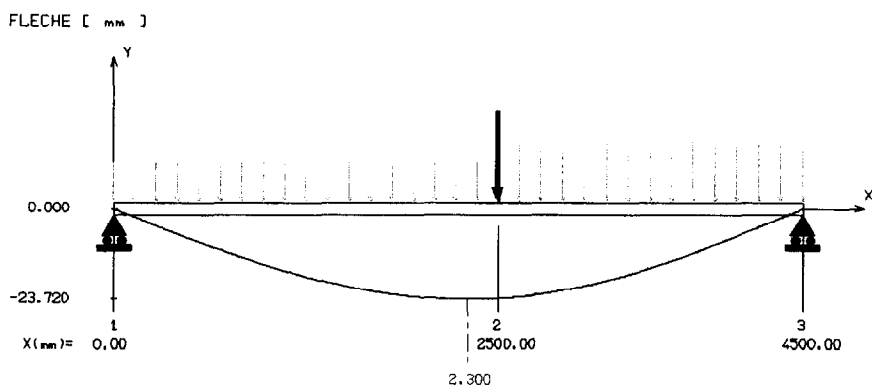


Annexe 8 : Diagrammes des déformations de la poutre PP1

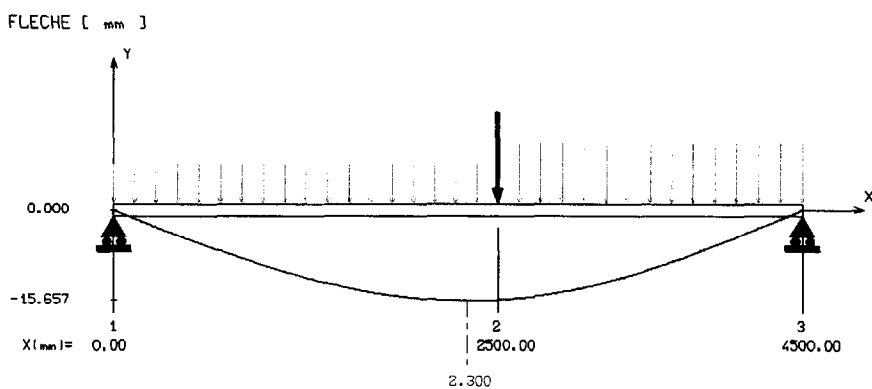
▪ IPE 140

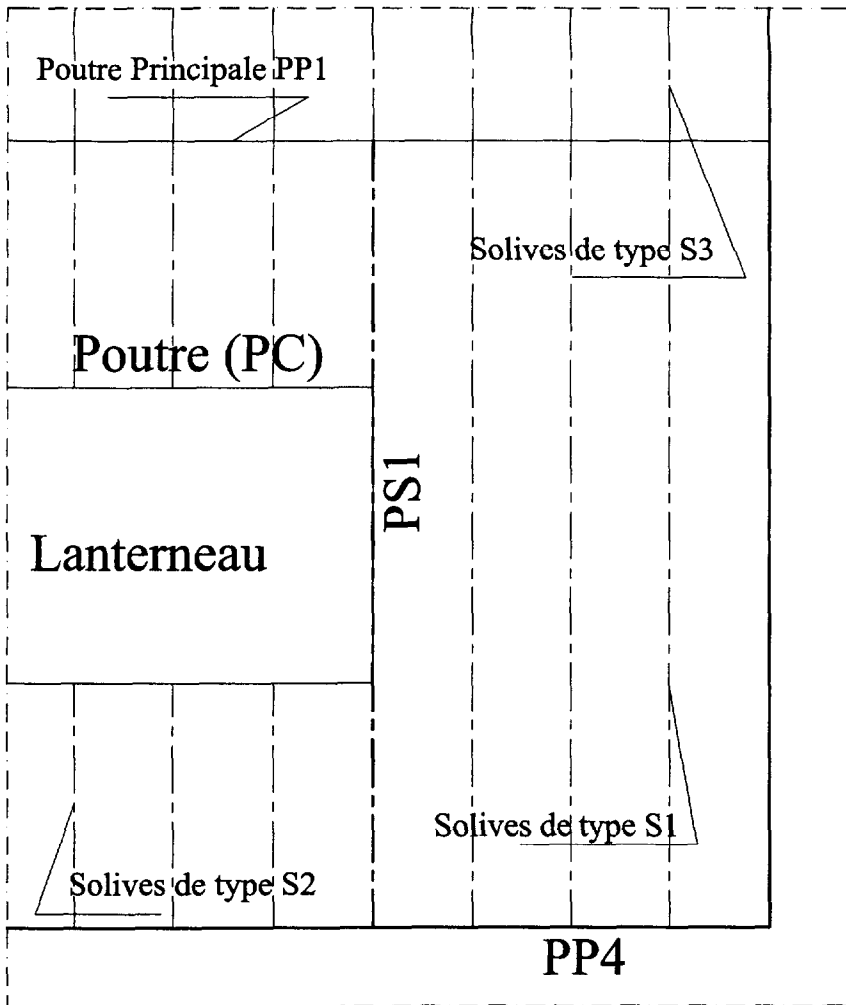


▪ IPE 160



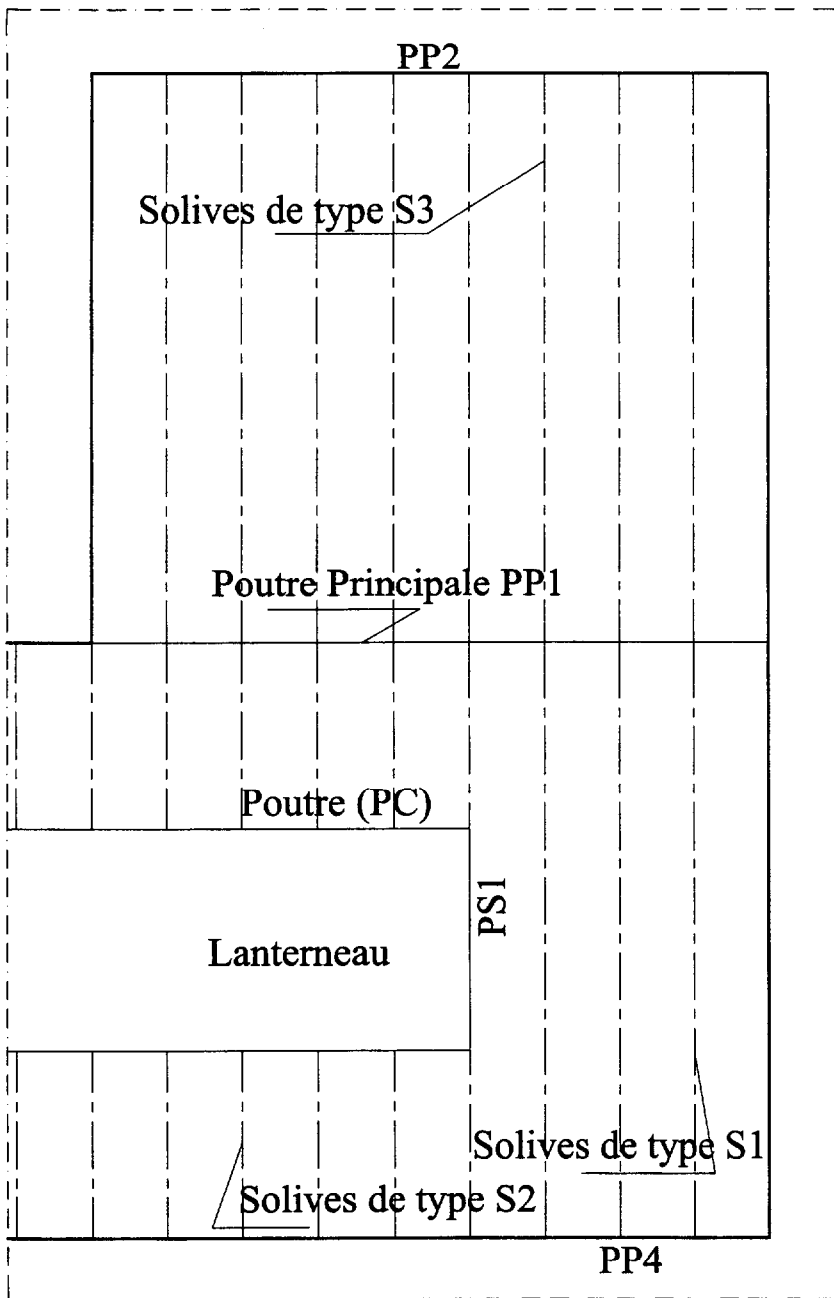
▪ IPE 180





Justifications :

Repère	Nbre	Désignation	Matière	Observations
DESSIN PAR:	ECHELLE	Document réponse Question 6.4.1 Sous épreuve U 6.1 - Mécanique Annexe 9 page 15/16		
	1:100			
	BTS A.E.A.			
	A4V			



Justifications

Repère	Nbre	Désignation	Matière	Observations
DESSINE PAR:	ECHELLE	Document réponse Question 6.5.1 Sous épreuve U 6.1 - Mécanique Annexe 10 page 16/16		
	1:100			
	BTS A.E.A.			
	A4V			