

EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Sous-Epreuve : U 41

Elaboration d'une note de calcul de structures

CONSTRUCTION D'UNE CANTINE SCOLAIRE



Durée : 4 h

coefficient : 2

EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Sous-Epreuve : U 41

Elaboration d'une note de calcul de structures

**DOSSIER
TECHNIQUE**

CONTENU DU DOSSIER

DOSSIER TECHNIQUE (Dossier et pièces graphiques) :

- DT 1 : plan de masse
- DT 2 : façades
- DT 3 : plancher haut RDC cantine
- DT 4 : coupe B-B sur plancher haut RDC cantine
- DT 5 : passerelle; coupe A-A sur passerelle
- DT 6 : toiture-couverture

DOSSIER SUJET :

- Travail demandé : DS1 à DS6

DOSSIER REPONSE :

- DR 1 : tracé des sollicitations sur l'arbalétrier

ANNEXES :

- Annexe 1 : Formule des 3 moments et rotations sur appuis.
- Annexe 2 : Sollicitations sur la passerelle et déformée.
- Annexe 3 : Caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés IPE
- Annexe 4 : Tableau d'armatures

BAREME INDICATIF:

- | | | | |
|------------------|-------|---|---|
| • Question I : | 3 pts | } | Toutes les questions sont indépendantes |
| • Question II : | 6 pts | | |
| • Question III : | 5 pts | | |
| • Question IV : | 6 pts | | |

Documents autorisés : **EUROCODES**

Calculatrice autorisée

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'étude porte sur la construction d'une cantine scolaire. Cet ouvrage est raccordé au bâtiment d'enseignement déjà existant par une passerelle.

La cantine est constituée essentiellement d'un seul niveau avec une zone plus haute (attique voir DT1, DT2, DT3, DT4) permettant de libérer un grand volume et un meilleur éclairage de la pièce. L'ossature porteuse est réalisée en béton armé dont les caractéristiques sont données ci-après. La charpente de l'attique est constitué de deux arbalétriers métalliques reliés par un tirant.

La toiture-terrasse est inaccessible (catégorie *H*).

La passerelle qui sert de lien avec l'existant est essentiellement constituée d'éléments métalliques.

ACTIONS SUR L'OUVRAGE

Le bâtiment est de catégorie *C1*

Toiture terrasse de catégorie *H* inaccessible sauf pour entretien

Neige : région *B2* $s_k = 0,55 \text{ KN} / \text{m}^2$ altitude < 200 m, $s_{Ad} = 1,35 \text{ KN} / \text{m}^2$

Situations de projet durables et transitoires : $s = \mu C_e C_i s_k$; $C_e = 1$ site normal ; $C_i = 1$, $\mu = 0,8$

Situations de projet accidentelles : $s = \mu C_e C_i s_{Ad}$

La neige est incompatible avec la charge d'exploitation sur les toitures

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX UTILISES SUR L'OUVRAGE

□ **BETON ARME** (quel que soit l'élément étudié):

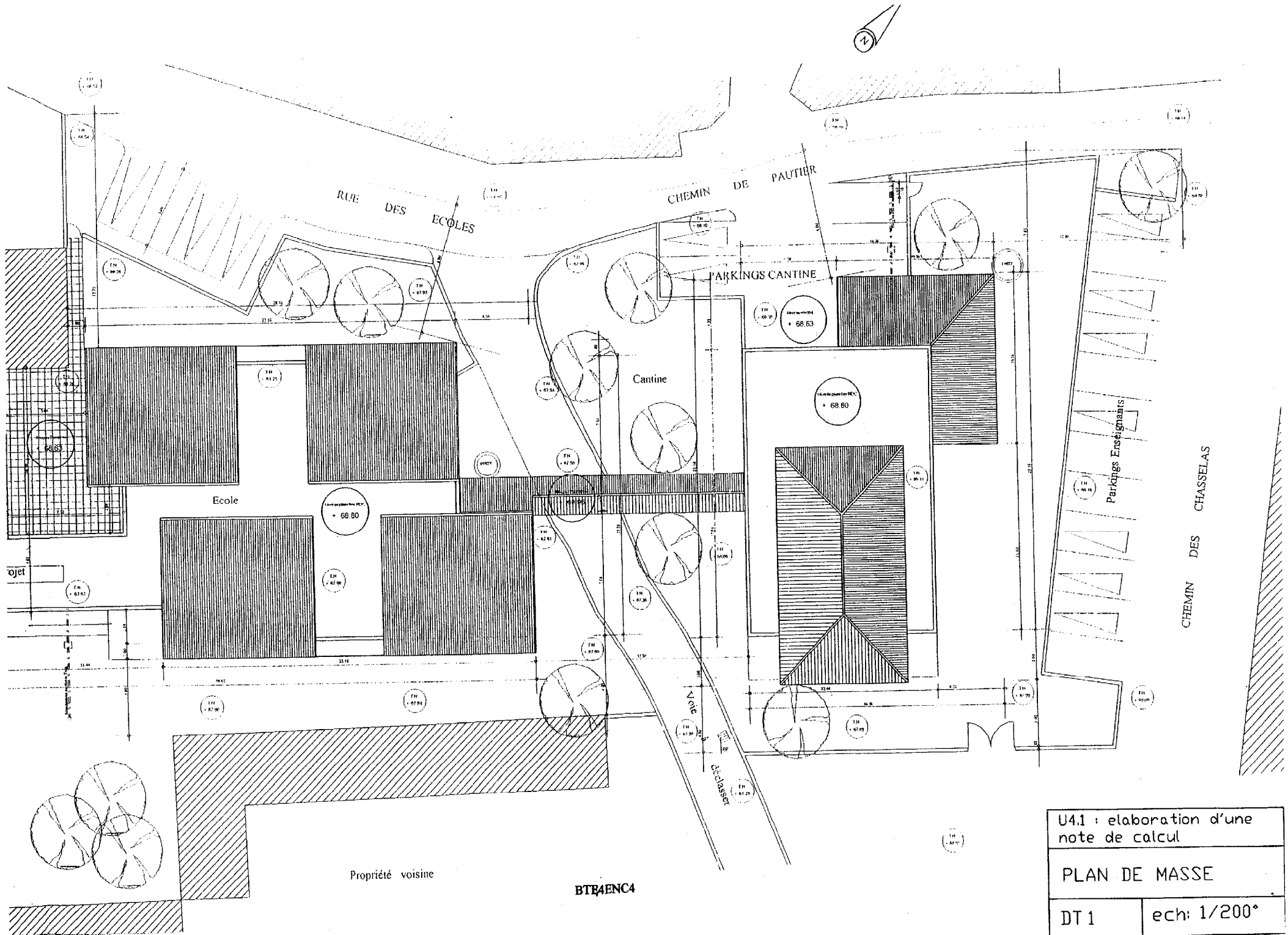
béton :	Classe de résistance <i>C25/30</i>	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	Classe d'exposition	<i>XC1</i>
armatures HA :	Classe B <i>B500</i>	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
poids volumique :		$\gamma = 25 \text{ kN} / \text{m}^3$

□ **PROFILES METALLIQUES** (annexe 2)

Acier <i>S235</i>	Limite élastique :	$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$
-------------------	--------------------	----------------------------

□ **TIRANT** (annexe 2)

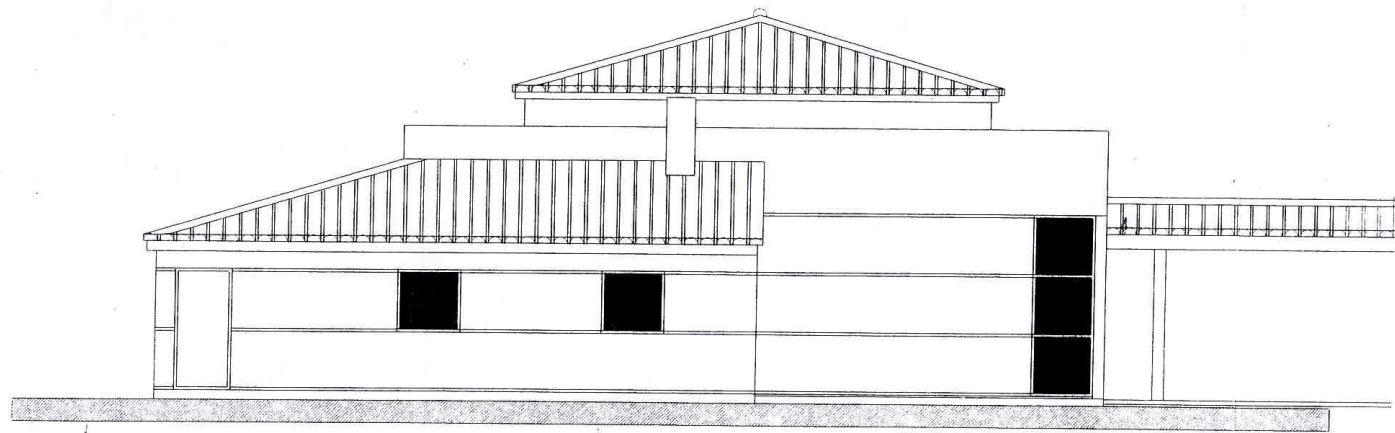
Acier <i>S355</i>	Limite élastique :	$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
-------------------	--------------------	----------------------------



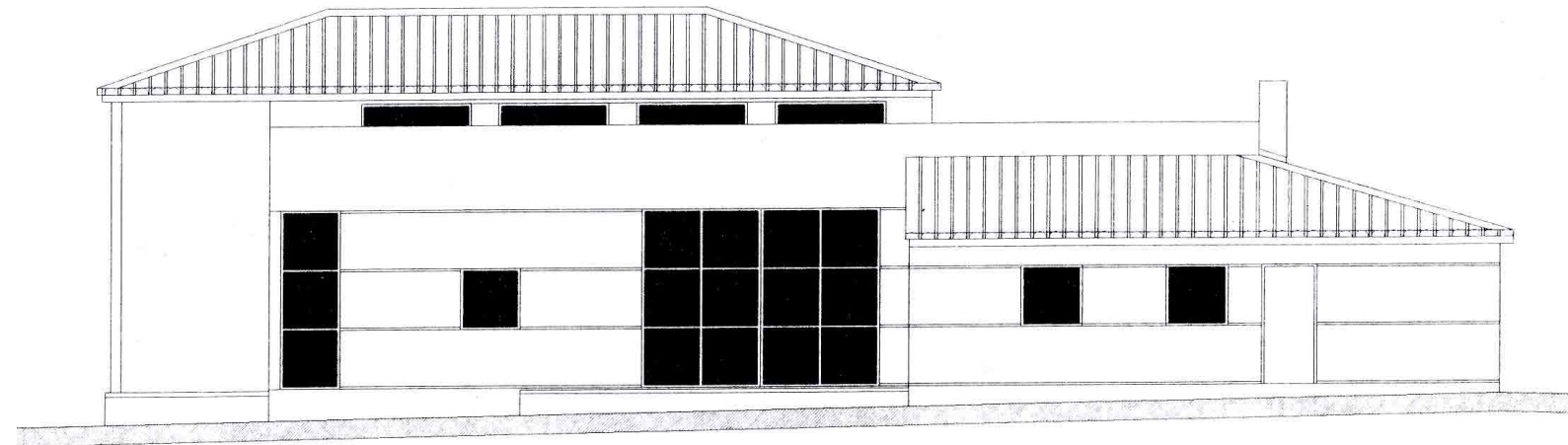
Propriété voisine

BTE4ENC4

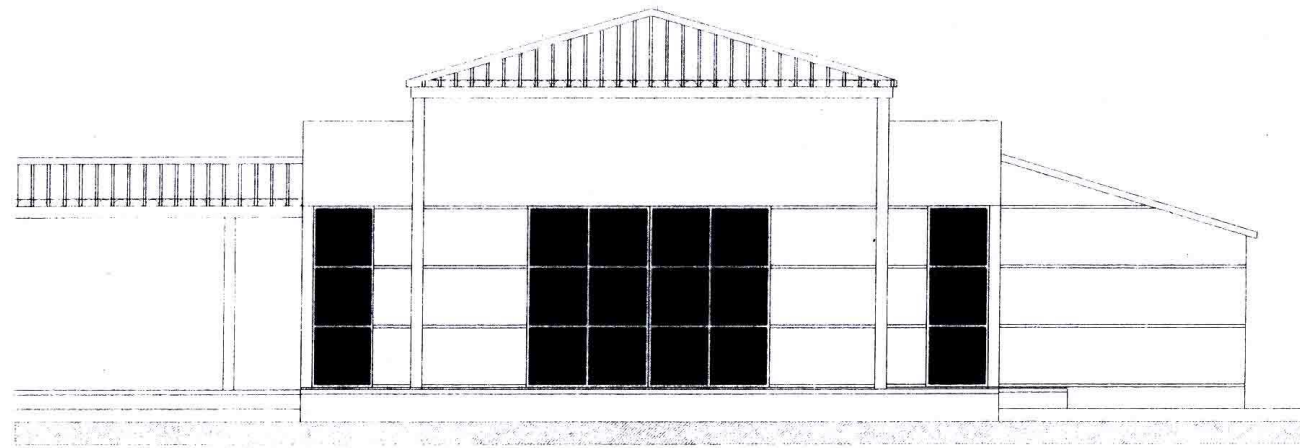
U4.1 : élaboration d'une note de calcul	
PLAN DE MASSE	
DT 1	ech: 1/200°



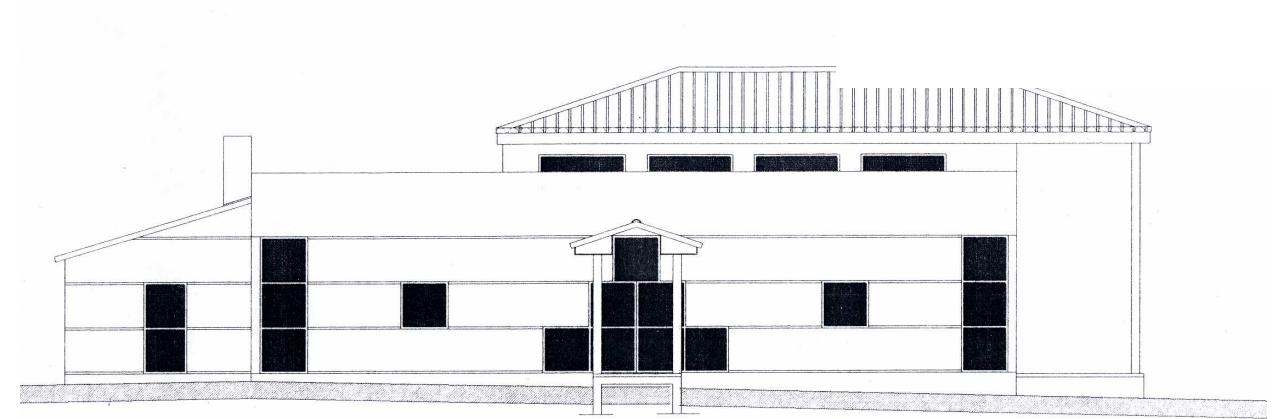
FACADE NORD



FACADE EST



FACADE SUD



FACADE OUEST

U4.1 : élaboration d'une
note de calcul

FACADES

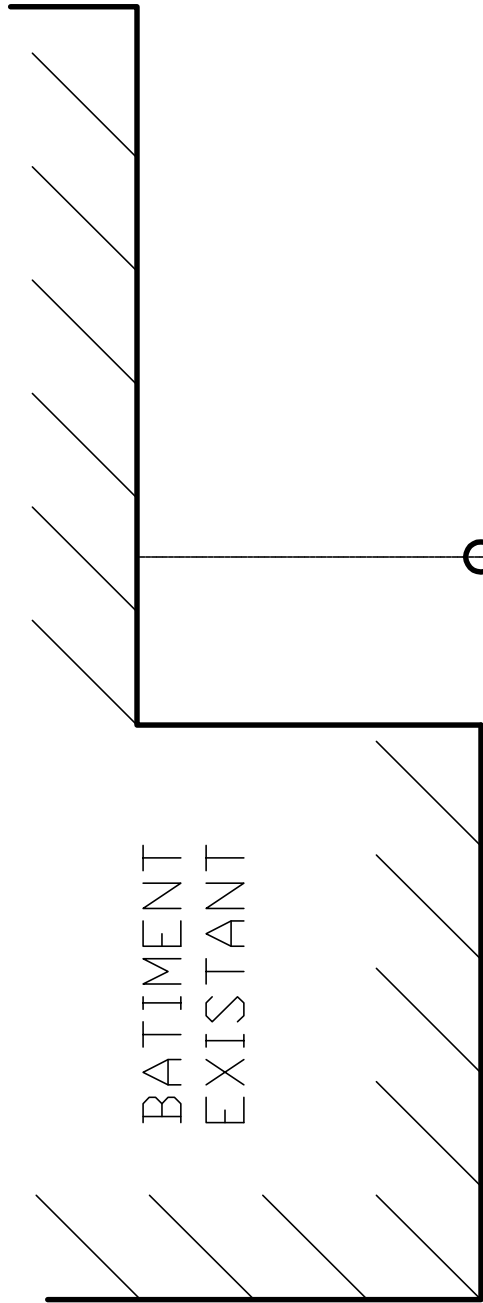
DT2

PR : Poutre en Retombée

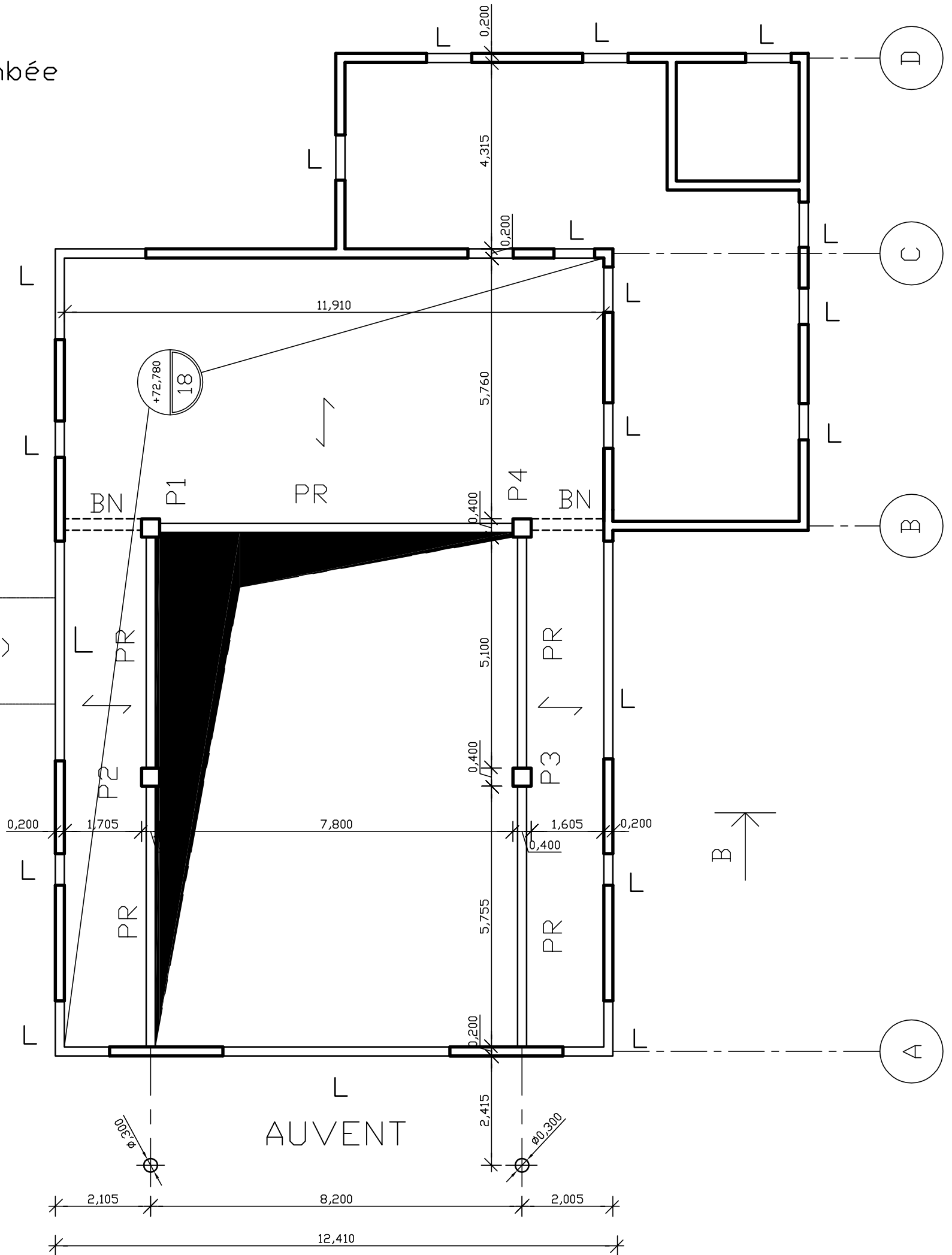
BN : Bande Noyée

L : linteau

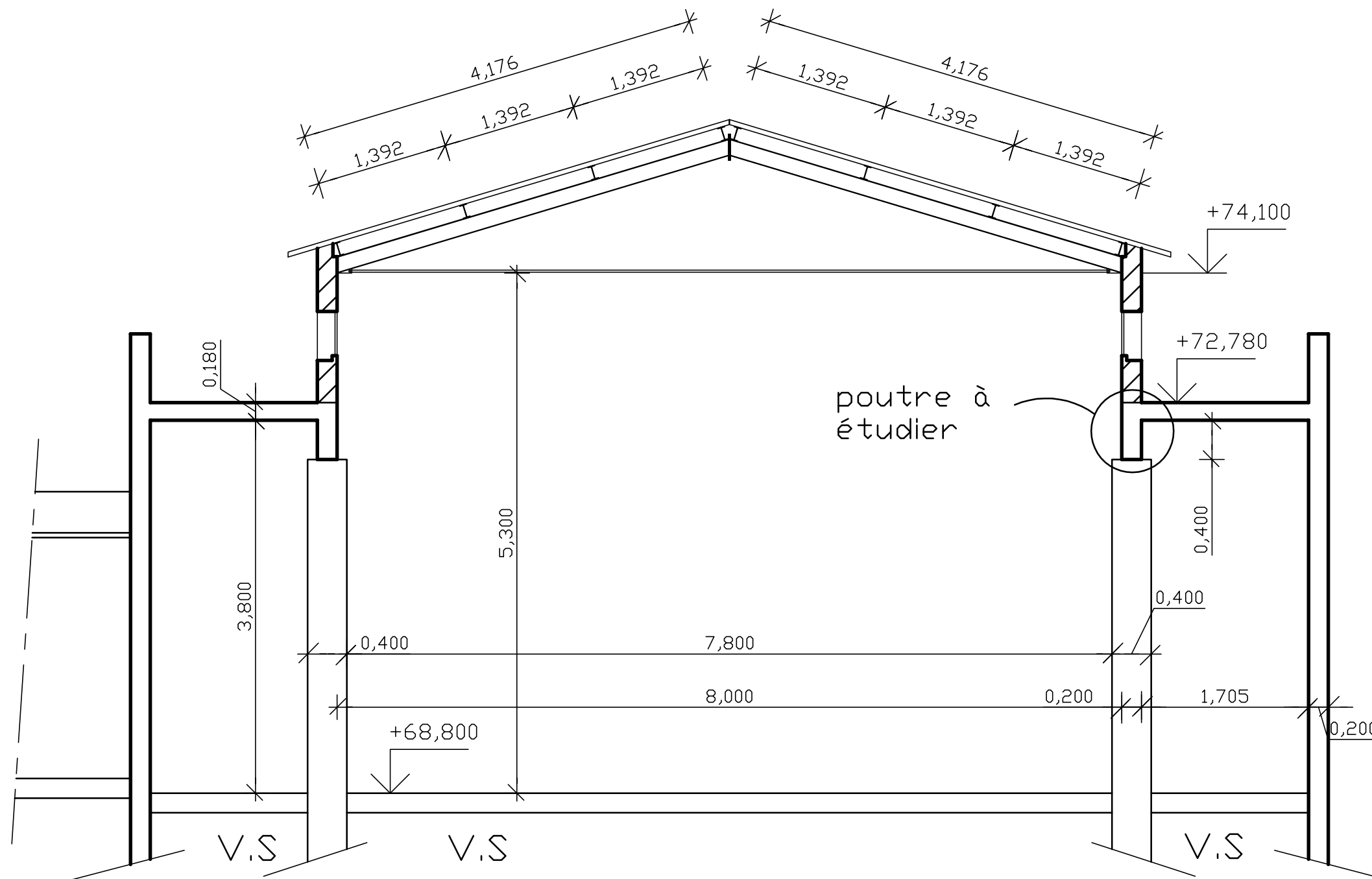
Pi : poteau i



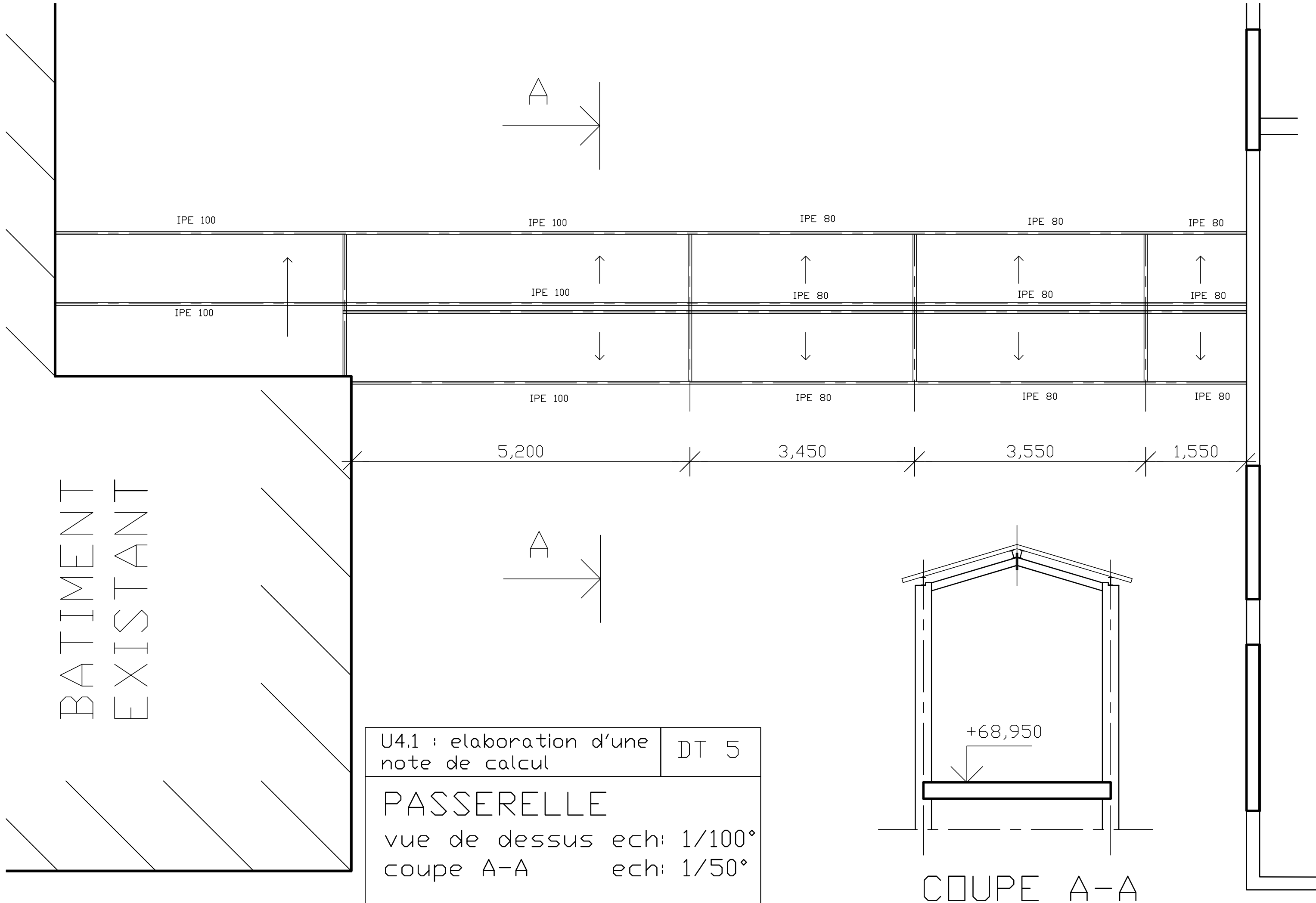
ZONE PASSERELLE (voir DT 5)



U4.1 : elaboration d'une note de calcul	
PLANCHER HAUT RDC CANTINE	
DT3	ech: 1/100°

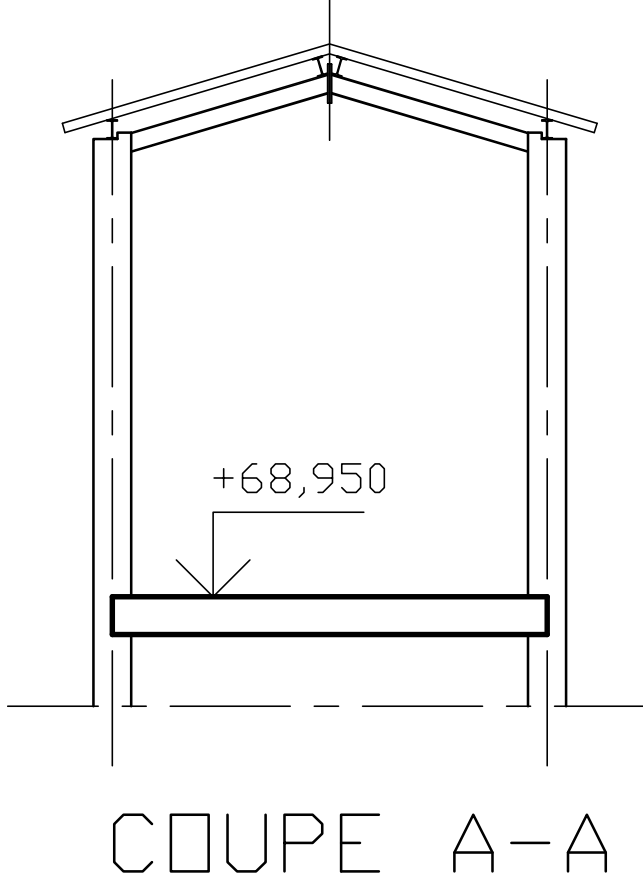


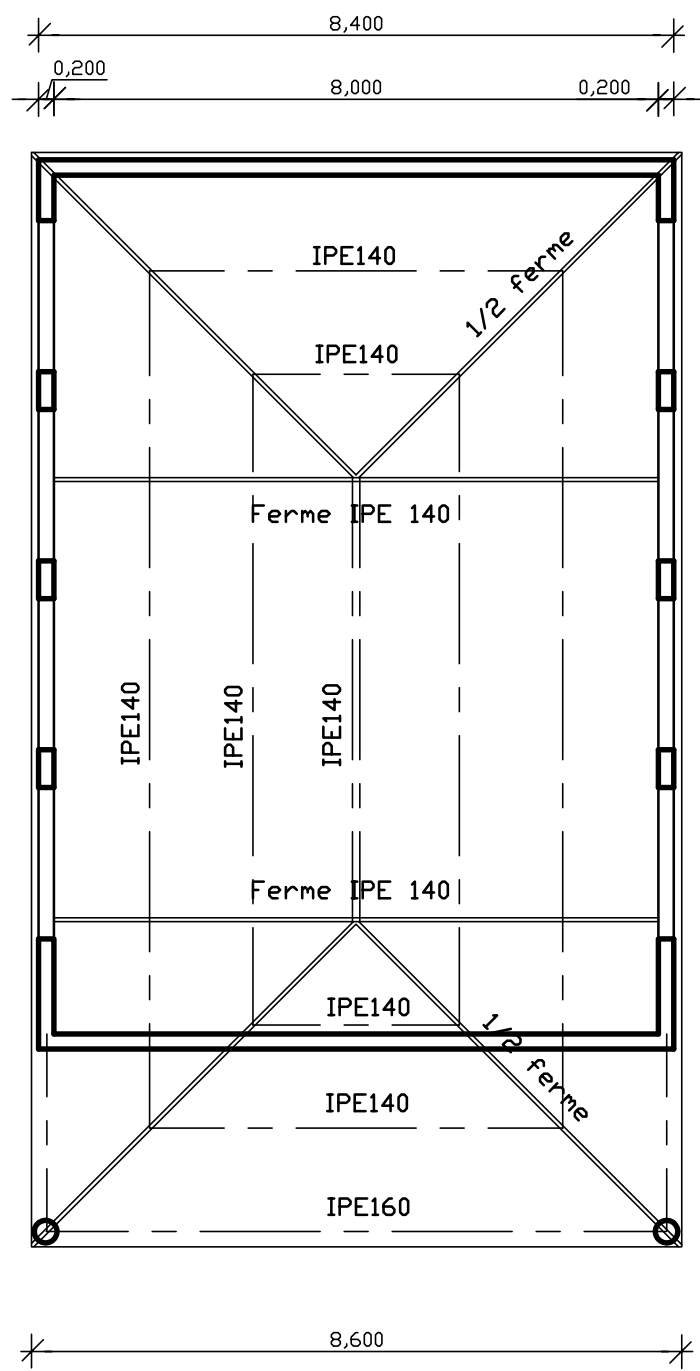
U4.1 : élaboration d'une note de calcul	
COUPE B-B	
DT 4	ech: 1/50°



BATIMENT
EXISTANT

U4.1 : elaboration d'une note de calcul	DT 5
PASSERELLE vue de dessus ech: 1/100° coupe A-A ech: 1/50°	





U4.1 : elaboration d'une
note de calcul

CHARPENTE-COUVERTURE

DT 6

ech: 1/100°

EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Sous-Epreuve : U 41

Elaboration d'une note de calcul de structures

**DOSSIER
SUJET**

TRAVAIL DEMANDE :

I. ETUDE POTEAU BETON ARME SUPPORT D'AUVENT

• LOCALISATION : DT2, DT3

EC 2 : ...9.5 et 5.3.1

Le poteau est soumis à un effort normal ultime (poids propre compris) :

- $N_{Ed} = N_u = 570 \text{ kN}$
- La longueur libre du poteau est $l = 4,700 \text{ m}$.
- La longueur efficace (utile ou longueur de flambement) considérée vue les liaisons sera de : $l_0 = 4,700 \text{ m}$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad ; \quad i = \sqrt{\frac{I}{A_c}}$$

avec : D : diamètre A_c : aire de la section droite I : moment quadratique i : rayon de giration

- poteau coulé en place

On utilisera le formulaire proposé en annexe

I.1. Déterminer les aciers longitudinaux**I.2.** Déterminer les aciers transversaux ainsi que leur espacement**I.3.** Proposer un schéma coté de la section droite du poteau mettant en évidence la disposition réglementaire des aciers. (enrobage, espacement, diamètres)**II. ÉTUDE DE LA POUTRE CONTINUE BETON ARME (PLANCHER HAUT DU RDC) REPOSANT SUR P4, P3 ET LE VOILE DE LA FILE A**

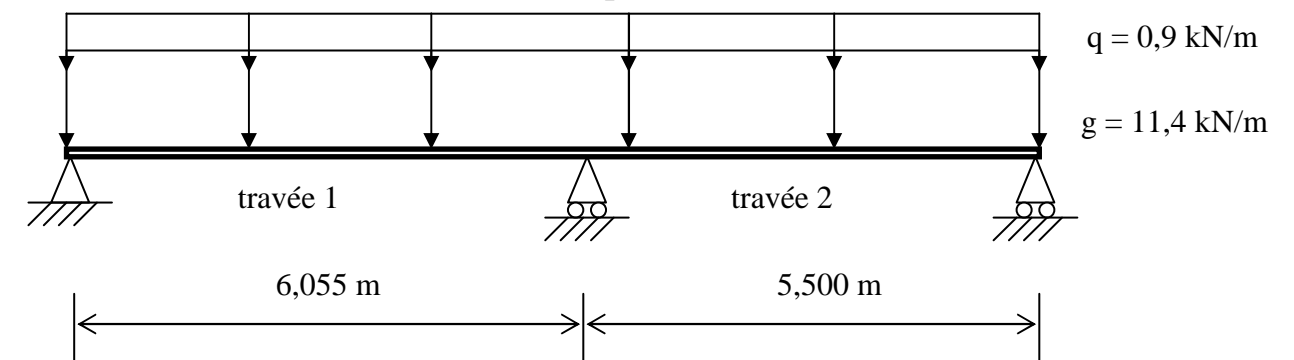
• LOCALISATION : DT3, DT4

Données :

- Charges permanentes amenées au niveau + 74,100 : $1,4 \text{ kN/m}$
- Poids surfacique de la maçonnerie d'épaisseur 20 cm : $1,75 \text{ kN/m}^2$ de façade.
- Les menuiseries seront comptabilisées en vide pour plein.
- La toiture-terrasse est composée d'une dalle pleine béton armé de 18 cm d'épaisseur surmontée d'une étanchéité bi-couche ($0,12 \text{ kN/m}^2$)
- et d'une protection de 5 cm de gravillon ($0,2 \text{ kN/m}^2/\text{cm}$ d'épaisseur).
- La charge d'exploitation sur la toiture-terrasse $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- La neige : $s = 0,44 \text{ kN/m}^2$

II.1. Déterminer les charges g , q .

- Pour la suite de l'étude, on prendra :

**II.2.** Justifier les valeurs des portées utiles l_{eff} des travées.

Quel est l'état limite ultime à considérer pour déterminer les sollicitations dans cette poutre ?

Représentez les différents cas de chargement permettant de :

- ❖ déterminer le moment maximum sur l'appui central ;
- ❖ déterminer le moment maximum dans la travée 1 ;
- ❖ déterminer le moment maximum dans la travée 2.

II.3. Calculer les moments maximums dans la travée 2 et sur appui central .**II.4.** Calculer la section d'acier longitudinale dans la travée 1 en considérant comme

$$|M_{u,t1,max}| = 46 \text{ mkN}$$

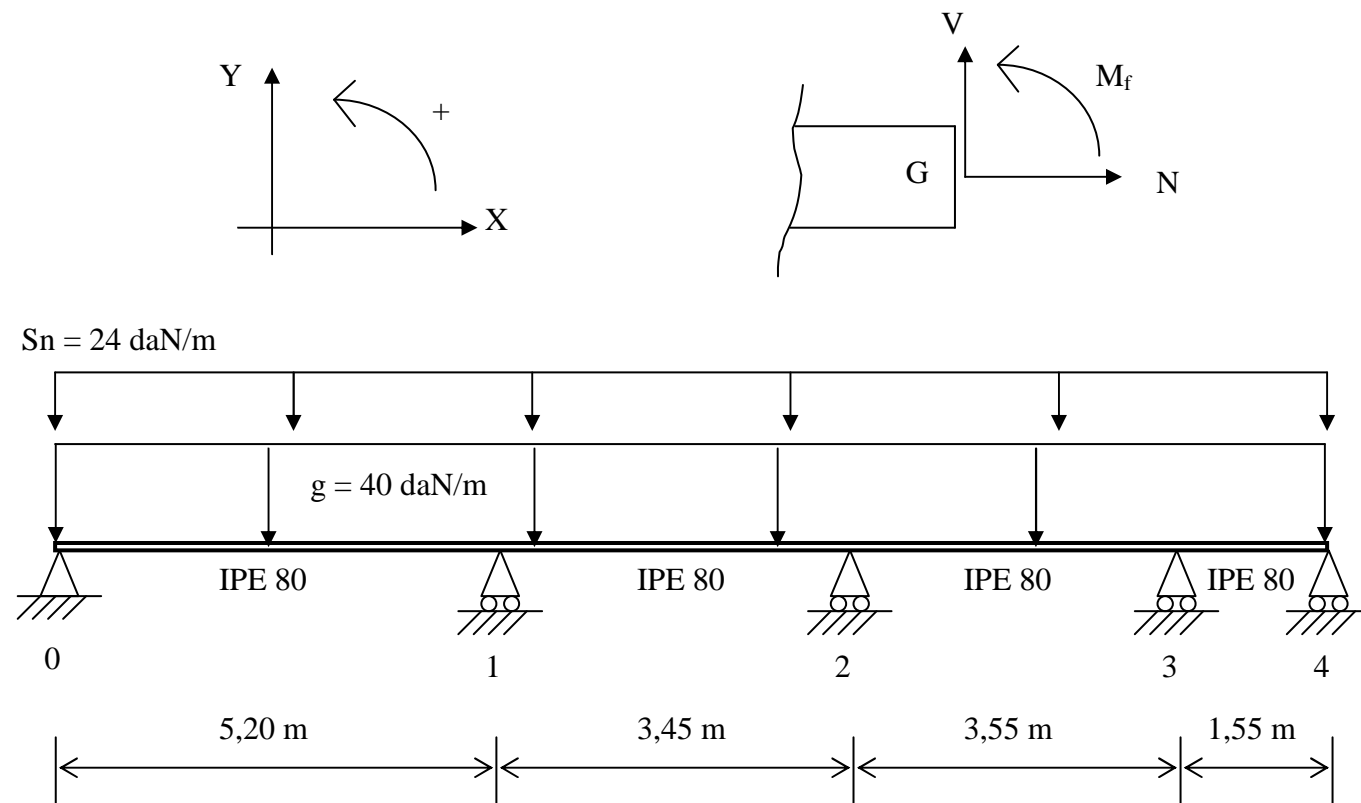
Vérifier la condition de non-fragilité ($A_{s,min}$ formule {9.1} du règlement)**II.5.** Proposer un schéma complet de la section de la poutre en mettant en évidence le choix et la position des armatures

III. ETUDE D'UNE DES POUTRES METALLIQUES CONTINUES DE LA PASSERELLE.

• LOCALISATION : DT5

- La toiture de la passerelle est constituée de poutres continues. Celle étudiée est localisée sur le document DT5
- La flèche limite maximale en travée est : $L/300$.

Dans une 1^{ère} approche, on choisit la modélisation mécanique suivante :



PONDERATION DES CHARGES ELU : $1,35 G + 1,5 S$

- En utilisant le théorème des 3 moments sur l'appui 1 (travée 0-1 et 1-2), on obtient :

$$17,3 M_1 + 3,45 M_2 = -4087,6 \text{ daN.m}^2$$

- En utilisant le théorème des 3 moments sur l'appui 2 (travée 1-2 et 2-3), on obtient :

$$3,45 M_1 + 14 M_2 + 3,55 M_3 = -1930,5 \text{ daN.m}^2$$

- III.1. En utilisant le théorème des 3 moments sur l'appui restant, trouver l'équation reliant M_2 et M_3 .

- III.2. Calculer les valeurs numériques des moments de flexion sur appui.

- III.3. On envisage une vérification selon l'Eurocode 3 ; vérifier que le profilé IPE 80 convient bien du point de vue de la **contrainte normale**. On adoptera comme valeur du moment maximal le moment sur l'appui 1: $M_1 = -225 \text{ daN.m}$

Pour ce profilé, vérifier le critère de résistance suivant : $M \leq \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$

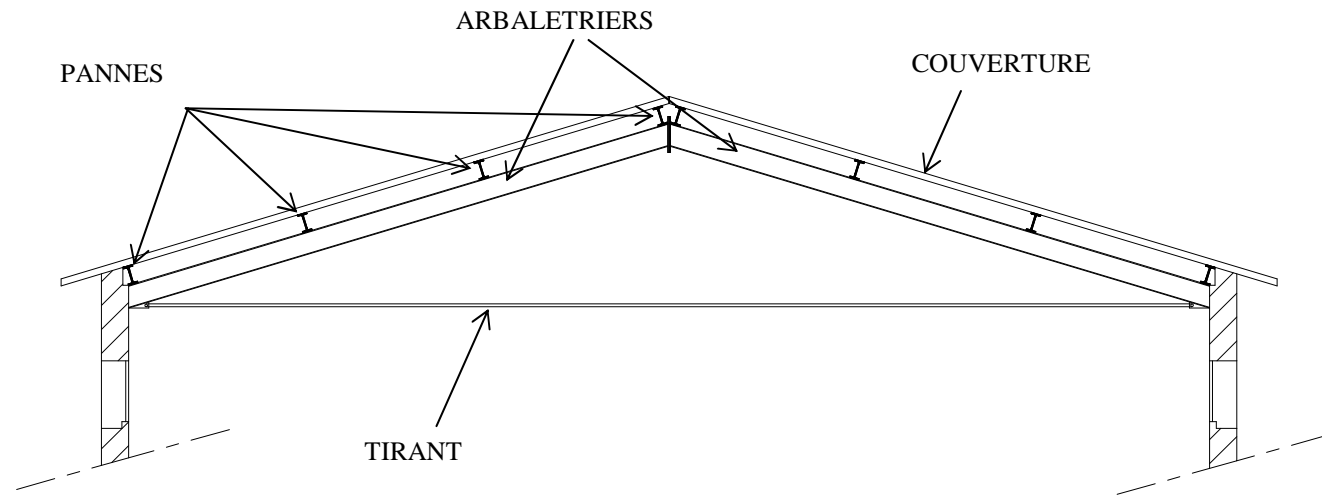
- ✓ $\gamma_{M0} = 1$: coefficient partiel de sécurité,
- ✓ f_y : limite élastique,
- ✓ W_{pl} : module de flexion (ou de résistance) plastique de la section. $W_{pl} = 2S$

- III.4. En réalité, dans la travée 0-1, le profilé choisi est un IPE 100 (voir plan DT5 et annexe 2 : poutre continue $EI = Cte$: IPE 80). Quel autre critère a influé sur le choix d'un IPE 100. Expliquer.

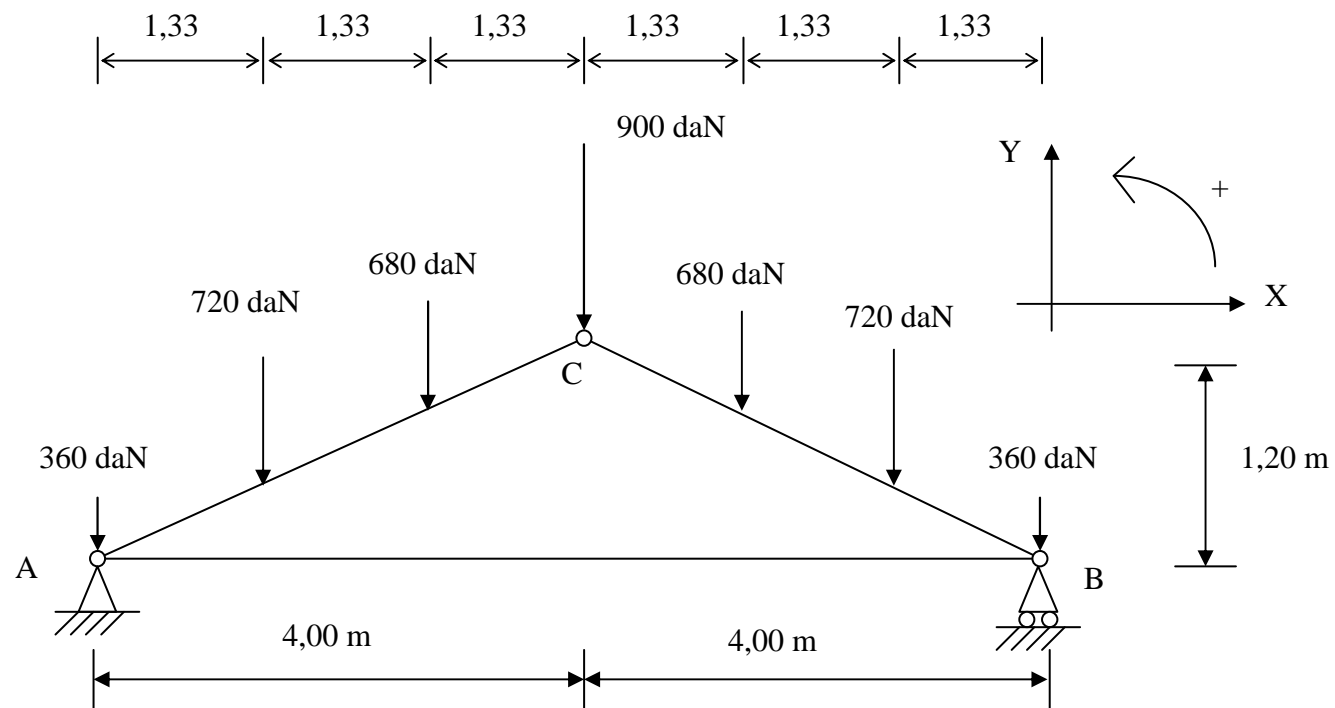
IV. ETUDE DE LA FERME AU-DESSUS DE L'ATTIQUE DE LA CANTINE.

• LOCALISATION : DT4, DT6

On étudie dans cette partie la charpente de l'attique constituée de 2 arbalétriers en profilé IPE 140 reliés par un tirant métallique constitué d'un câble.



La modélisation mécanique proposée est :



Nota : le poids propre des éléments (arbalétriers, tirant) est négligé.
La pondération des charges ci-dessus est à l'ELS.

ETUDE DU TIRANT METALLIQUE

- IV.1. Montrer que la structure est isostatique
- IV.2. Calculer les réactions d'appui en A et B. (combinaison ELS)
- IV.3. Calculer l'effort dans le tirant N_{ELS} .
- IV.4. Calculer la section minimale du tirant permettant de résister en contrainte (prendre $N_U = 5321$ daN). La limite élastique de l'acier composant le tirant est de $f_{yk} = 355$ MPa.

ETUDE DE L'ARBALETRIER A L'ELU

L'étude mécanique mène au bilan mécanique proposé dans le DR1

- IV.5. Tracer les diagrammes des sollicitations N , V , M_f le long de l'arbalétrier AC.
- IV.6. En prenant comme valeur maximum des sollicitations :
 - $N_{u_{max}} = -5850$ daN
 - $|V_{u_{max}}| = 950$ daN
 - $M_{u_{max}} = 1310$ daN.m

Vérifier que l'arbalétrier constitué d'un IPE 140 est bien dimensionné du point de vue de la contrainte normale, la limite élastique étant de 235 MPa.

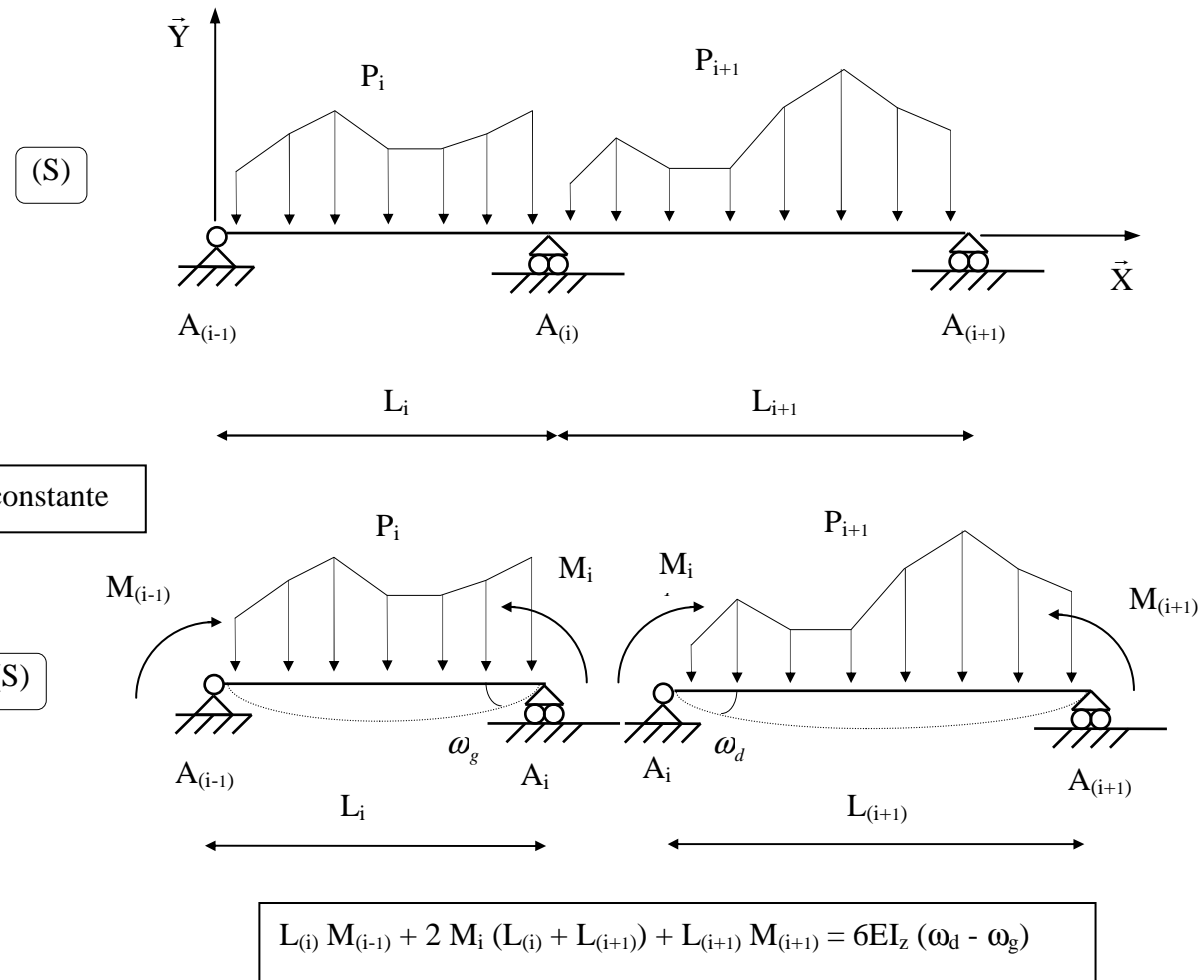
EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

Sous-Epreuve : **U 41**

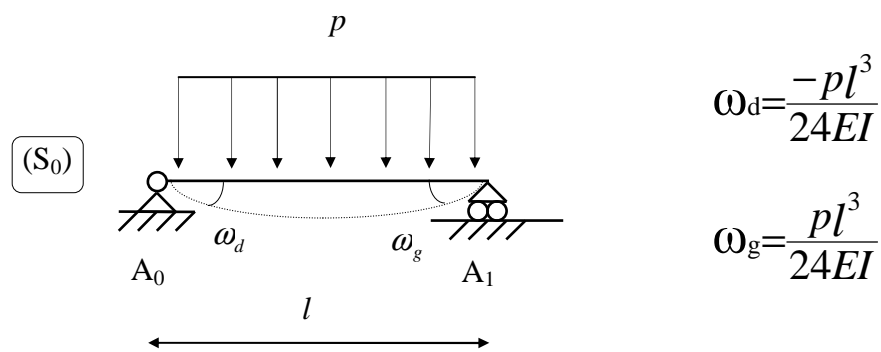
Elaboration d'une note de calcul de structures

ANNEXES

ANNEXE 1
THEOREME DES 3 MOMENTS (CLAPEYRON)

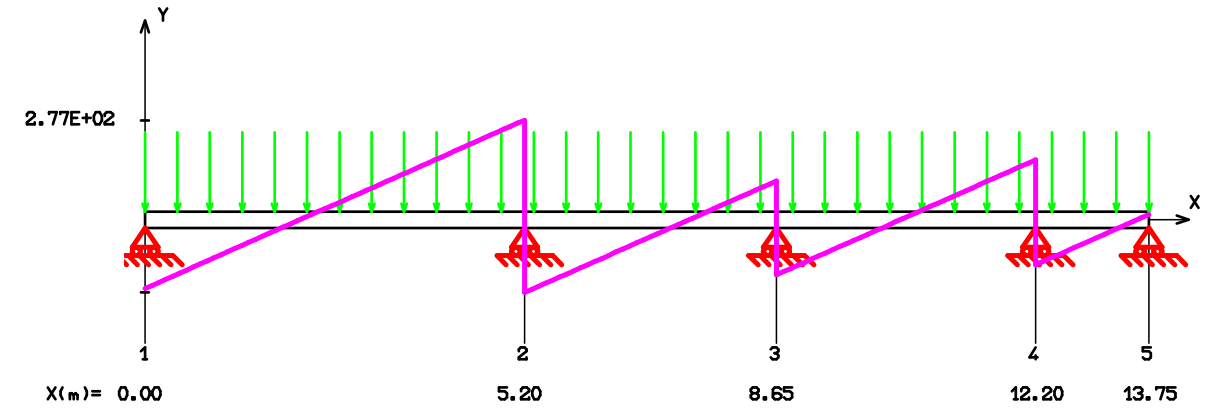


ROTATIONS AUX APPUIS

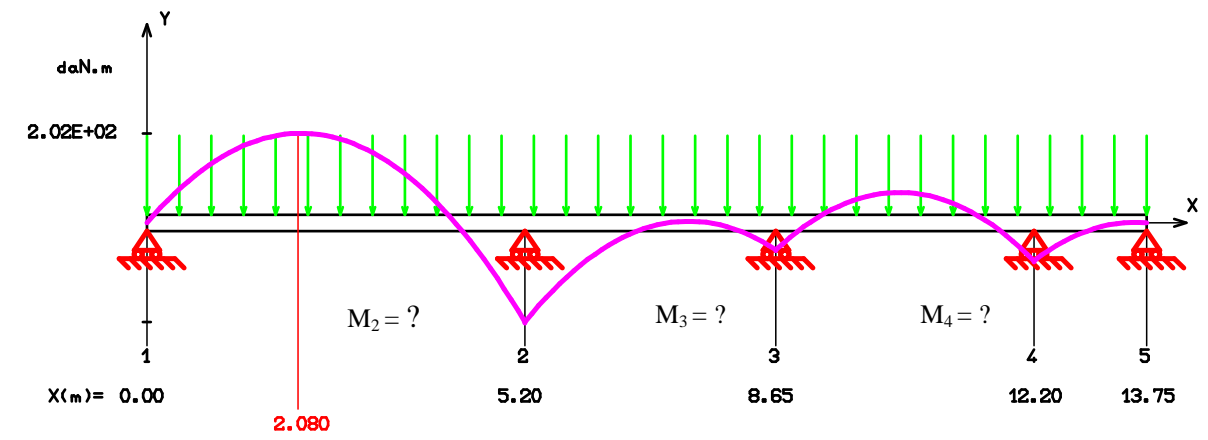


ANNEXE 2 :
PASSERELLE

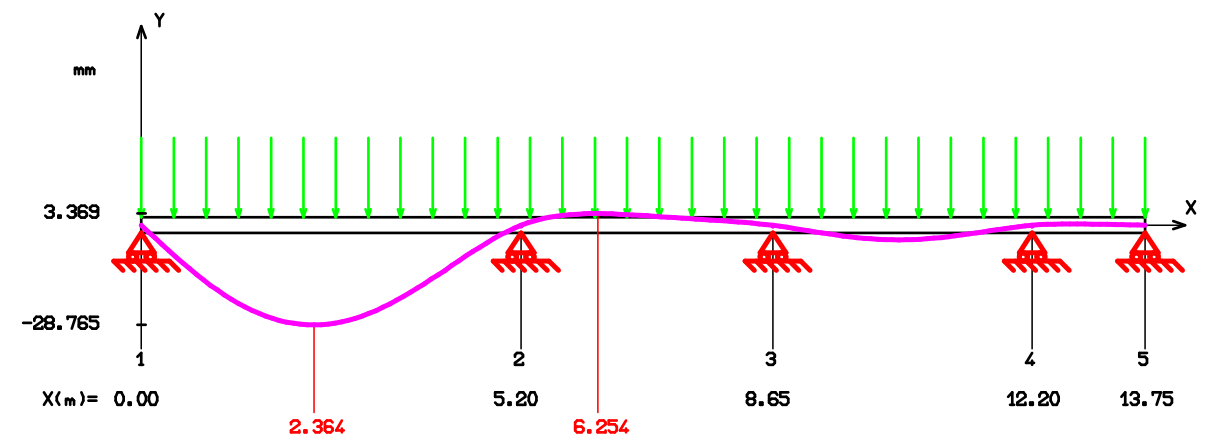
EFFORT TRANCHANT



MOMENT FLECHISSANT

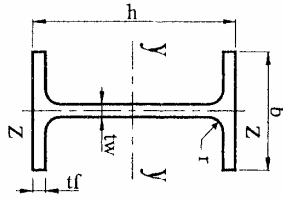


FLECHE



**ANNEXE 3
PROFILES IPE**

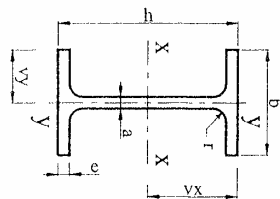
Profil	Dimensions						Masse par m	Section A	Surface de peinture		Caractéristiques rapportées à l'axe neutre								Torsion		
	h	b	a	tw	tf	r			cm ²	m ² /m	m ² /t	Ix	Iy	Ix/vx	Iy/vy	ix	iy	Iz	Iy/vz	iz	S
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	cm ²	m ² /m	m ² /t	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	0,329	54,8	80,1	20	3,24	8,49	3,69	1,05	11,6	0,70					
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,3	0,401	49,5	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	19,7	1,10					
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,2	0,474	45,6	318	53	4,90	27,7	8,65	1,45	30,4	1,71					
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,4	0,55	42,6	541	77,3	5,74	44,9	12,30	1,65	44,2	2,54					
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,1	0,622	39,4	869	109	6,58	68,3	16,70	1,84	61,9	3,53					
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,9	0,698	37,1	1317	146	7,42	101	22,20	2,05	83,2	4,90					
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,5	0,768	34,3	1943	194	8,26	142	28,50	2,24	110	6,46					
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,4	0,848	32,4	2772	252	9,11	205	37,30	2,48	143	8,86					
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,1	0,921	30	3892	324	9,97	284	47,30	2,69	183	11,60					
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,9	1,04	28,8	5790	429	11,2	420	62,2	3,0	242	14,9					
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,8	1,16	27,5	8356	557	12,50	604	80,50	3,35	314	19,47					
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,6	1,25	25,5	11770	713	13,7	788	98,5	3,6	402	25,7					
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,7	1,35	23,6	16270	904	15,00	1043	123,00	3,79	510	36,20					
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,5	1,47	22,2	23130	1160	16,5	1318	146,0	4,0	654	46,8					
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,8	1,61	20,7	33740	1500	18,50	1676	176,00	4,12	851	63,80					
500	200	10,2	16,0	21	90,7	116,0	1,74	19,2	48200	1930	20,4	2142	214,0	4,3	1100	89,0					
550	210	11,1	17,2	24	106,0	134	1,88	17,7	67120	2440	22,30	2668	254,00	4,45	1390	118,40					
600	220	12,0	19,0	24	122,0	156,0	2,02	16,6	92080	3070	24,3	3387	308,0	4,7	1760	166,2					



Nouvelle Notation

Profils IPE

Ancienne Notation



**ANNEXE 4
TABLEAU D'ARMATURES**

TABLEAU DES SECTIONS D'ACIERS
cm²

Ø	NOMBRE D'ACIERS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
18	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45
20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

EPREUVE E4 : ETUDE DES CONSTRUCTIONS

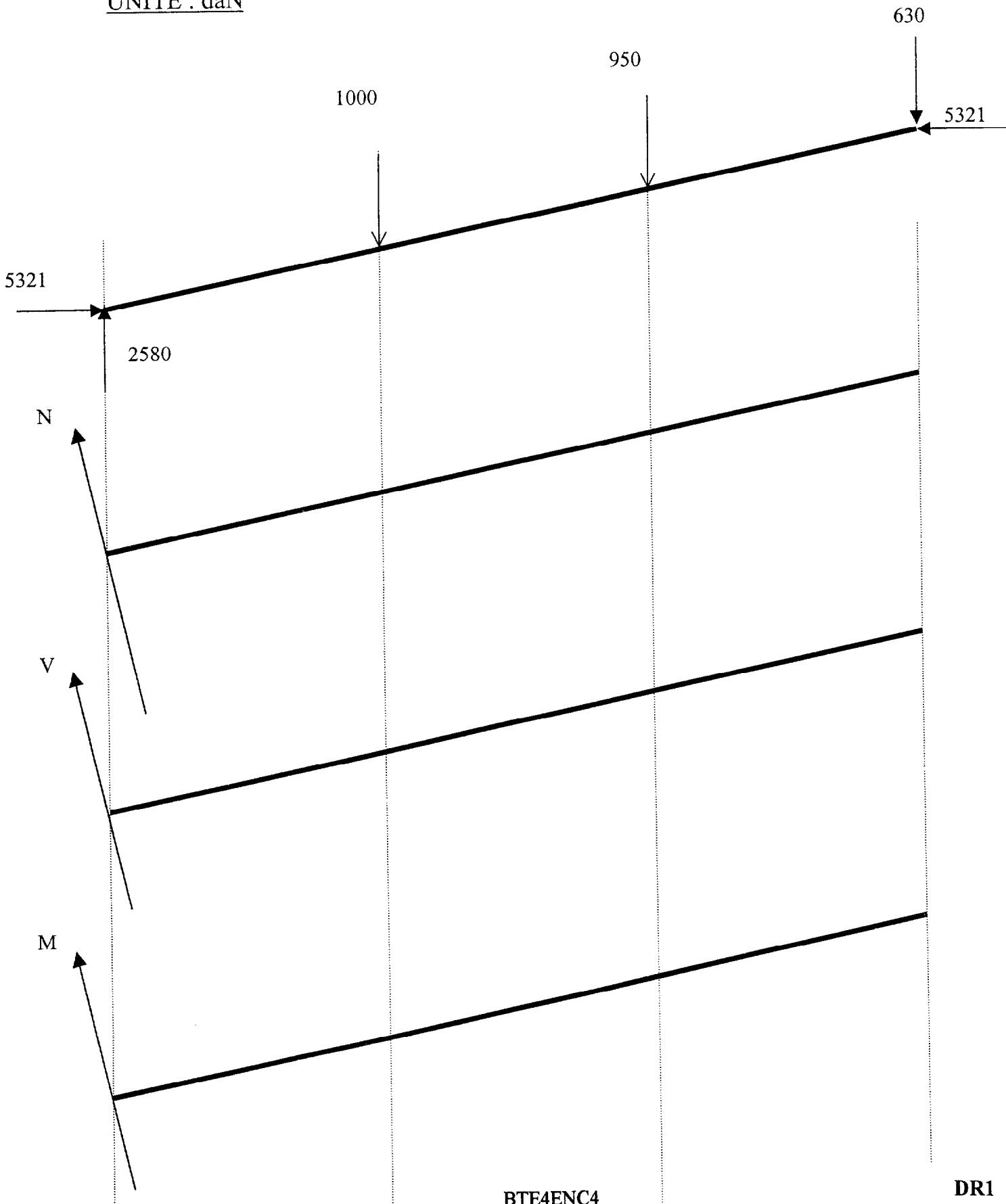
Sous-Epreuve : U 41

Elaboration d'une note de calcul de structures

DOSSIER REPONSE

DR 1 : SOLLICITATIONS SUR L'ARBALETRIER

UNITE : daN



BTE4ENC4

DR1