

**EPREUVE E4: ETUDE DES CONSTRUCTIONS**

**Sous-Epreuve: U 41**

**Elaboration d'une note de calcul de structures**

**Durée : 4h**

**Coefficient: 2**

**Documents remis**

Dossier et pièces graphiques	pages 1 à 5
Travail demandé:	pages 6 à 7
Feuille réponse DR1	page 8
Annexes	page 9

**Barème:**

**Question I : 2 points**

**Question II 2 points**

**Question III**

**III.1 4 points**

**III.2 3 points**

**III.3 1 point**

**III.4 3 points**

**Question IV 5 points**

Document autorisé : Règlement BAEL

Calculatrice autorisée

# DOSSIER

## Présentation

Le thème du dossier est l'extension d'un hôpital en 3 parties. L'étude proposée porte essentiellement sur la première partie.

Il s'agit d'un bâtiment R+2 avec toiture terrasse sur une seule zone.

Le RDC est destiné au stockage et aux locaux techniques, le 1<sup>er</sup> étage et le 2<sup>ème</sup> étage étant des chambres avec un couloir central.

## Descriptif sommaire du gros œuvre :

Fondations :

fondations par puits descendus au bon sol, complétés par un réseau de longrines ou semelles filantes suivant descentes de charges.

Porteurs verticaux :

Poteaux

Maçonneries en blocs de béton creux de 20 cm

Voiles Béton armé

Porteurs horizontaux :

Poutres préfabriquées en béton précontraint

Poutre en béton armé coulé en place (béton blanc)

Dalles sur prédalles de 6 cm

## Données :

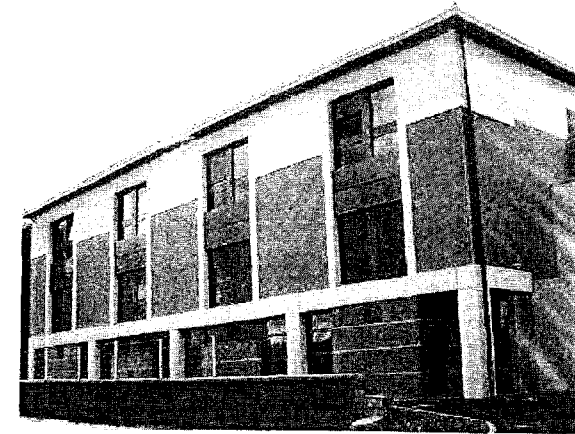
Aciers fe E500 Béton  $f_{c28} = 25$  MPa

Dans toute l'étude, la fissuration sera considérée peu préjudiciable.

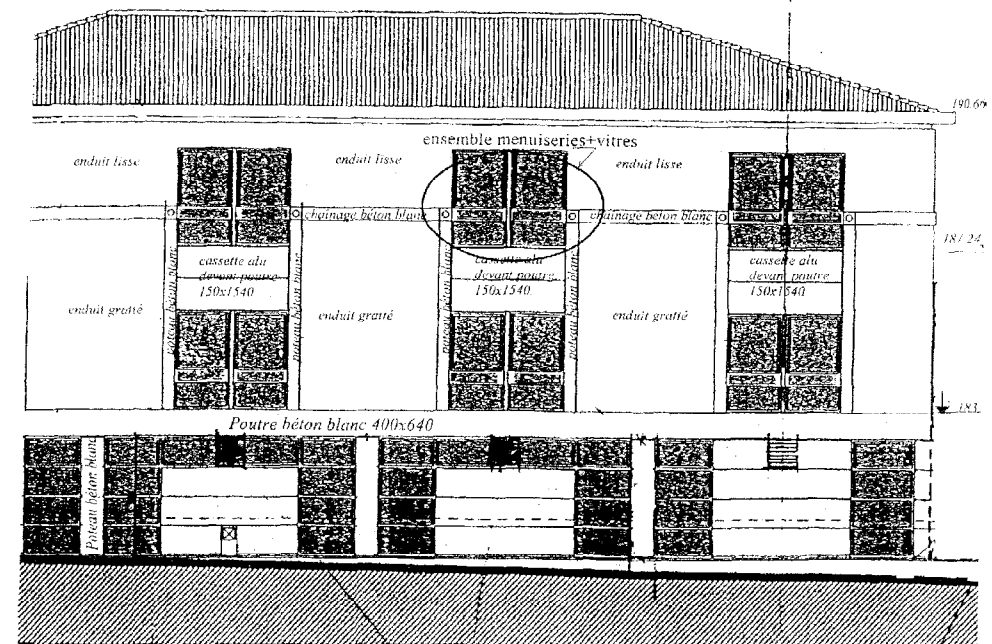
Charges d'exploitation :

$q_B = 2,5$  kN/m<sup>2</sup> entre les files B1 et C1 (*circulation*)

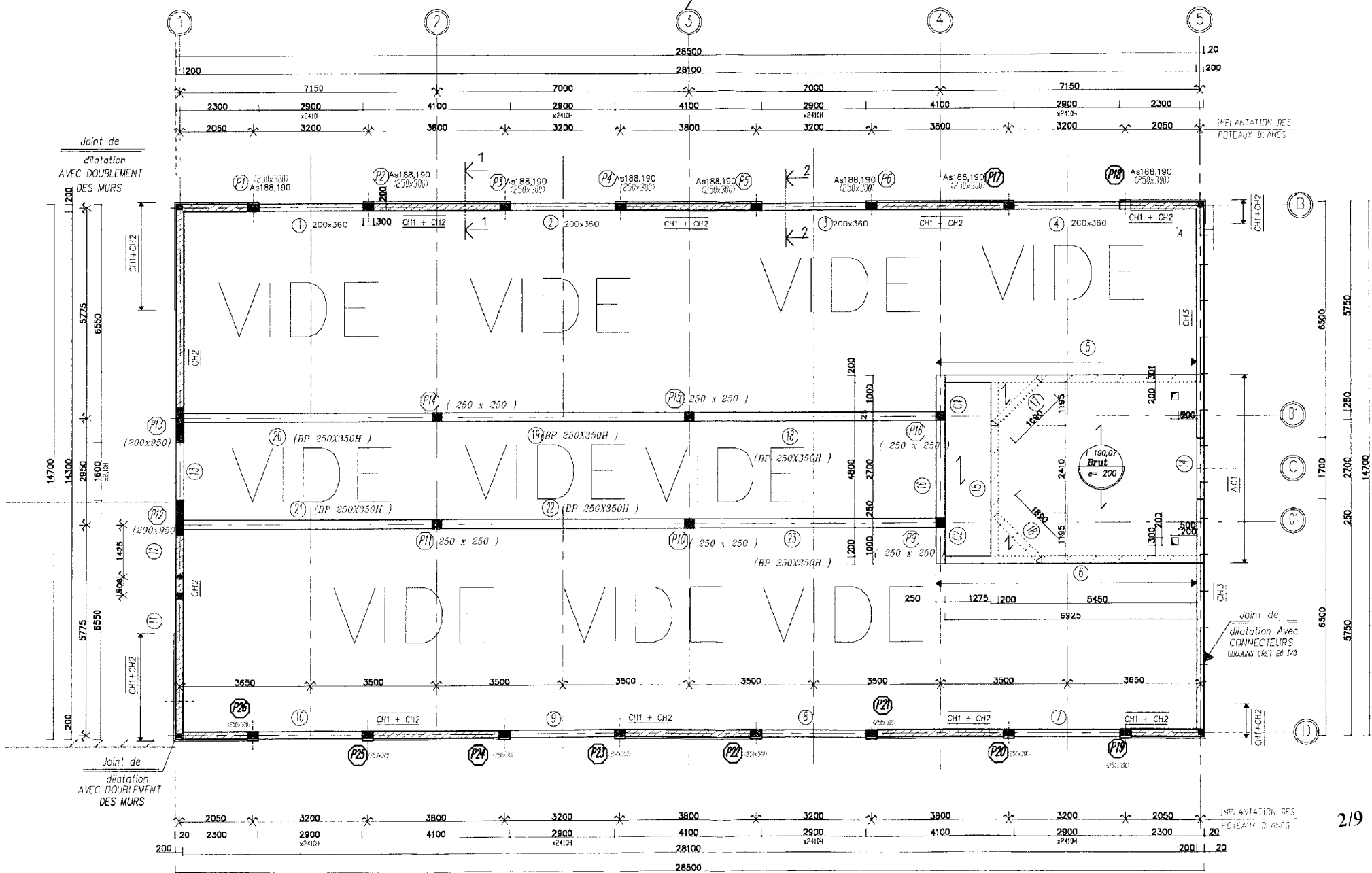
$q_B = 1,5$  kN/m<sup>2</sup> entre les files B et B1 et entre les files C1 et D



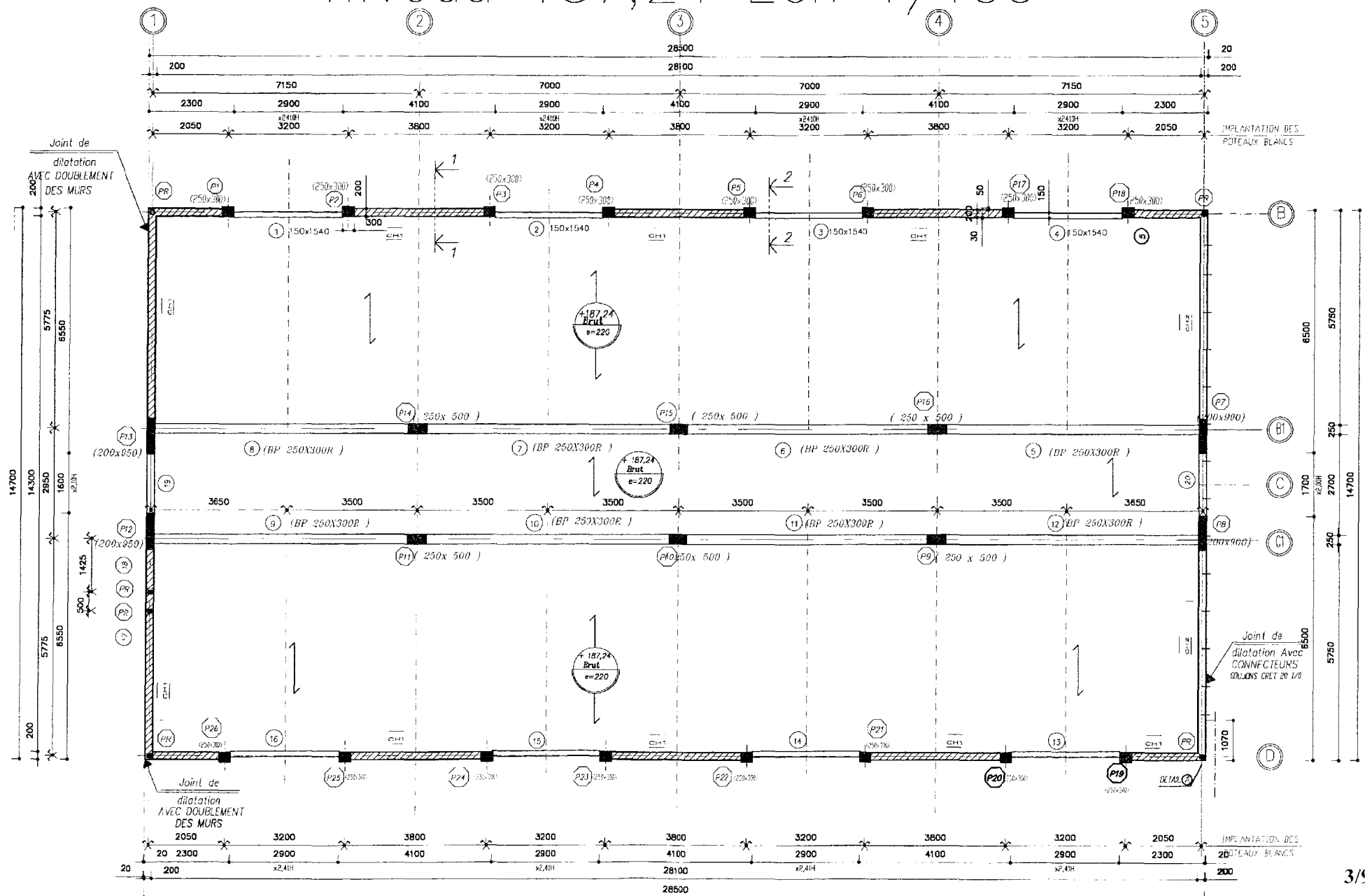
FACADE File B



Plan de coffrage plancher niveau 190.07  
Ech 1/100

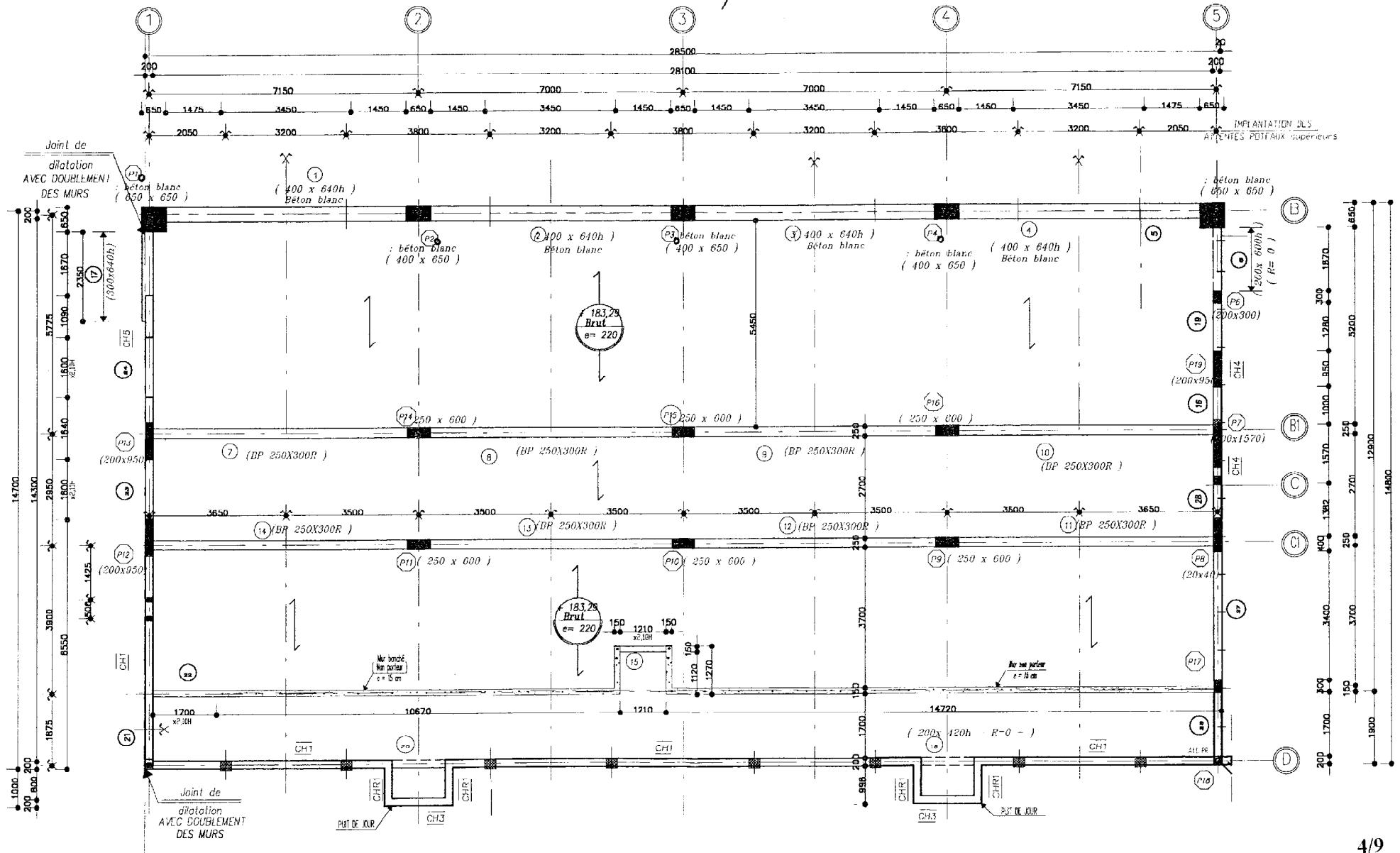


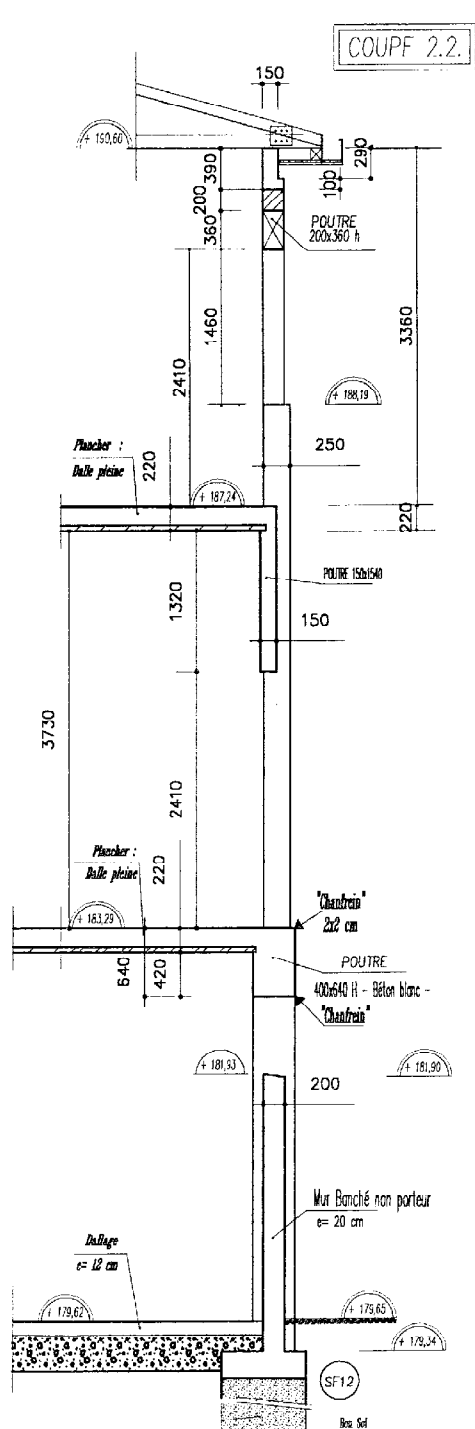
# Plan de coffrage plancher haut 1 étage niveau 187,24 Ech 1/100



# plan de coffrage plancher haut niveau RDC

## Ech 1/100

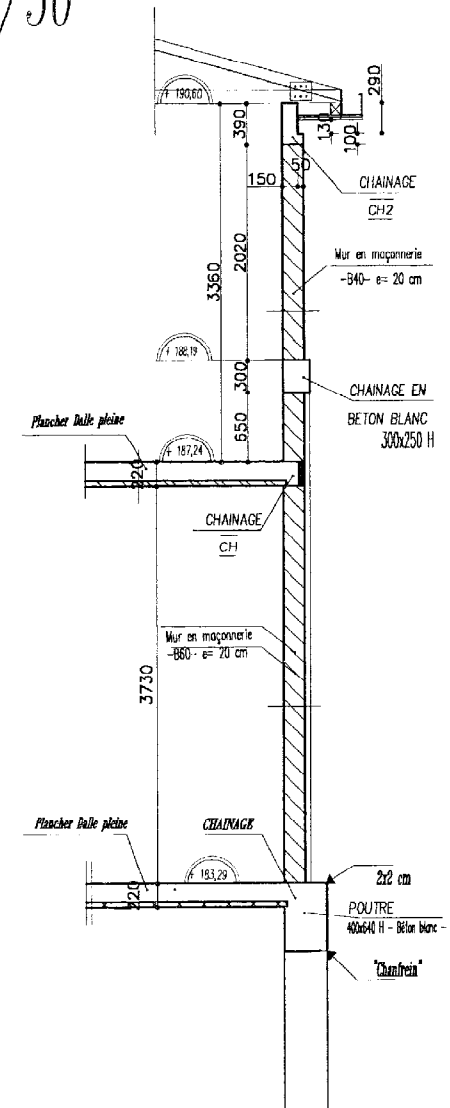




ECH: 1/50

COUPE 1.1.

ECH: 1/50



# Travail demandé

## I Etude plancher haut 1 étage : (page 3)

- ⇒ I.1 Pour l'étude du plancher compris entre les files B et D réalisé à l'aide de prédalles, donnez le schéma mécanique (sens de portée, liaisons, dimensions, charges)
- ⇒ I.2 Sans faire aucun calcul, proposez une méthode pour calculer les sollicitations dans le plancher afin de dimensionner le ferrailage
- ⇒ I.3 Donnez les différents cas de charges donnant les moments maximums dans les différentes travées et sur les appuis (sans calculs)

## II Etude poteau file 3 : voir plan haut RDC page 4 + coupe 22 entre les niveaux 179,34 et 183,29 page 5

Le poteau P3<sub>0</sub> file 3 (400x650) est soumis à un effort normal ultime (poids propre compris) de :

$N_u = 710 \text{ kN}$  longueur de flambement  $L_f = 3,95\text{m}$   
Plus de la moitié des charges est appliquée après 90 jours

- ⇒ Déterminez les armatures longitudinales et transversales nécessaires ainsi que leurs espacements.
- ⇒ Présentez un schéma de la section du poteau mettant en évidence le choix de vos armatures.

## III Etude de la poutre continue file B plancher haut du rez de chaussée

Les questions III.1, III.2, III.3 III.4 sont indépendantes

### Données :

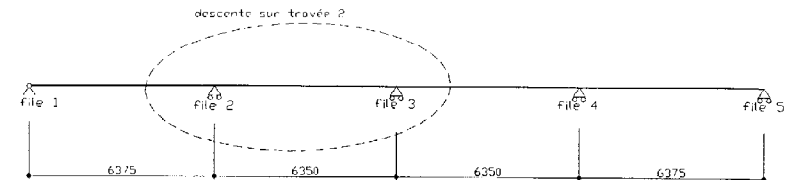
- Charge permanente amenée par la toiture au niveau 190,60 :  $2,5 \text{ kN/m}$  sur toute la longueur de la file B
- Poids volumique du béton armé et du chaînage  $25 \text{ kN/m}^3$
- Poids surfacique de la maçonnerie d'épaisseur 20 cm  $2,8 \text{ kN/m}^2$
- Les planchers sont réalisés à l'aide de prédalles ; leurs sens porteurs sont indiqués sur les plans de coffrage.
- Les charges amenées par les ensembles menuiserie + vitres de  $2,90 \times 2,41 \text{ m}$  de haut seront négligées (voir façade page 1).
- La charge amenée par l'ensemble cassette alu devant la poutre  $150 \times 1540 \text{ mm}$  sera négligée (voir façade page 1).

- Les charges des revêtements de dalles sont négligées.

### III 1) Descente de charges sur travée 2 :

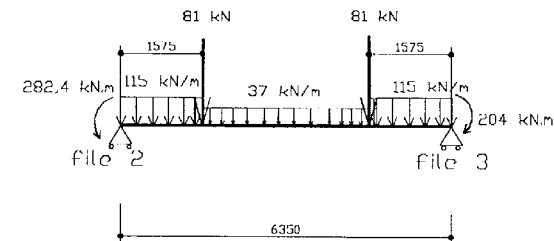
⇒ A partir des documents fournis (pages 1, 2, 3, 4, 5), déterminez les charges permanentes uniquement qui s'appliquent sur la poutre file B dans la travée 2.

Vous présenterez les résultats de votre descente de charge sous forme de schéma mécanique (voir modèle ci-dessous) afin de préciser le type de charge (répartie, ponctuelle), leur position, leur intensité.



### III 2) Etude travée 2 :

L'étude de la poutre continue file B a conduit au schéma mécanique simplifié, aux ELU, de la travée 2 pour un cas de charge donné.



- ⇒ Déterminez les actions aux appuis file 2 et file 3
- ⇒ Tracez les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants le long de la travée.

### III.3) Calcul armatures :

Le moment maximum dans la travée 2 aux ELU vaut :  $M_u = 152 \text{ kN.m}$

- ⇒ Déterminez les armatures longitudinales nécessaires dans cette section droite en prenant  $d = 570 \text{ mm}$
- ⇒ Présentez un schéma de la section de la poutre mettant en évidence le choix et la position des armatures.

### III.4) Epure d'arrêt de barres :

L'étude complète de la poutre a conduit à étudier 3 cas de charges dont les différentes courbes de moments sur les 2 premières travées sont données sur la feuille DR1 (page 8). Les différentes sections d'armatures nécessaires aux ELU sont les suivantes :

	Travée 1	Appui file 2
2 <sup>ème</sup> lit	4 HA12	4 HA14
1 <sup>ère</sup> lit	4 HA16	4 HA16

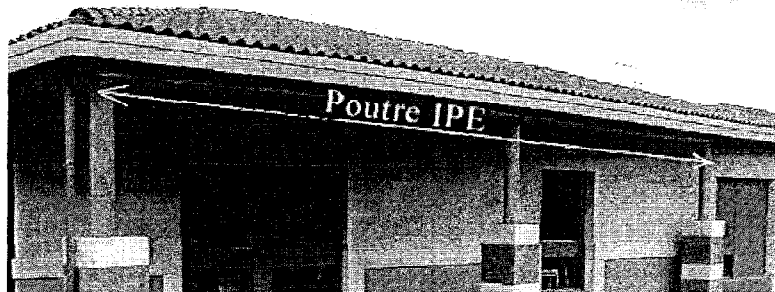
⇒ Tracez la courbe **enveloppe** des moments fléchissants ainsi que la courbe **décalée** sur **DR1**

⇒ Déterminez la longueur et la position du 2<sup>ème</sup> lit d'acier en travée 1, la longueur et la position des lits sur l'appui file 2. Vous ferez clairement apparaître la courbe des moments résistants des armatures sur **DR1**.

On prendra comme bras de levier forfaitaire  $z = 0.51 \text{ m}$

### IV Etude poutre de rive métallique :

L'étude concerne une poutre métallique en rive de toiture, située sur un autre bâtiment

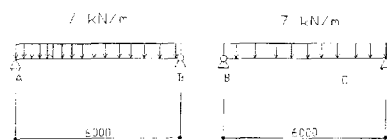


Le choix architectural est une poutre métallique IPE200

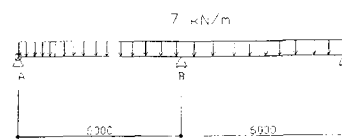
$$I_{Gz} = 1943 \text{ cm}^4 \quad E = 2,1.10^5 \text{ MPa}$$

La flèche admissible étant de  $L/300$ , le bureau d'études désire savoir s'il réalise

- 2 travées indépendantes (solution A) ou
- une poutre continue à 2 travées (solution B).



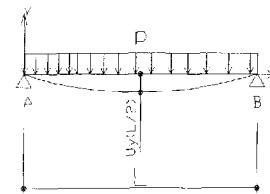
Solution A



Solution B

### IV.1 Solution A

⇒ IV.1.1 Pour la solution A, calculez la flèche au milieu de la première travée sachant que



$$U_y(L/2) = \frac{5pL^4}{384EI_{Gz}}$$

⇒ IV.1.2 Le profilé choisi est-il correct vis à vis du critère de flèche ?

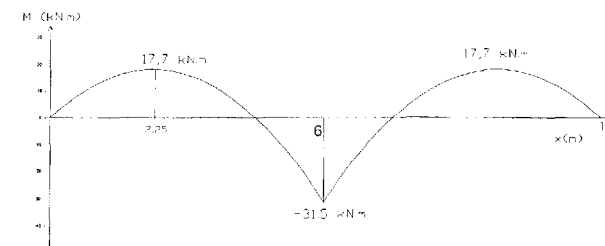
### IV.2 Solution B

⇒ IV.2.1 Pour la solution B, démontrez que le moment fléchissant sur l'appui intermédiaire a pour valeur

⇒

$$M_B = -31,5 \text{ kN.m}$$

On donne la courbe des moments fléchissants correspondante.



⇒ IV.2.2 Déterminez la flèche au milieu de la première travée.

On pourra utiliser le théorème de la charge unité et en particulier le théorème de Pasternak ou l'équation liant le moment fléchissant à la dérivée seconde de la déformée (voir annexe page 9)

⇒ IV.2.3 Le profilé choisi est-il correct vis à vis du critère de flèche ?

On admettra que la flèche maximale est très peu différente de la flèche à mi-travée.

⇒ IV.2.4 Quelle est la solution permettant de respecter le critère de flèche ?



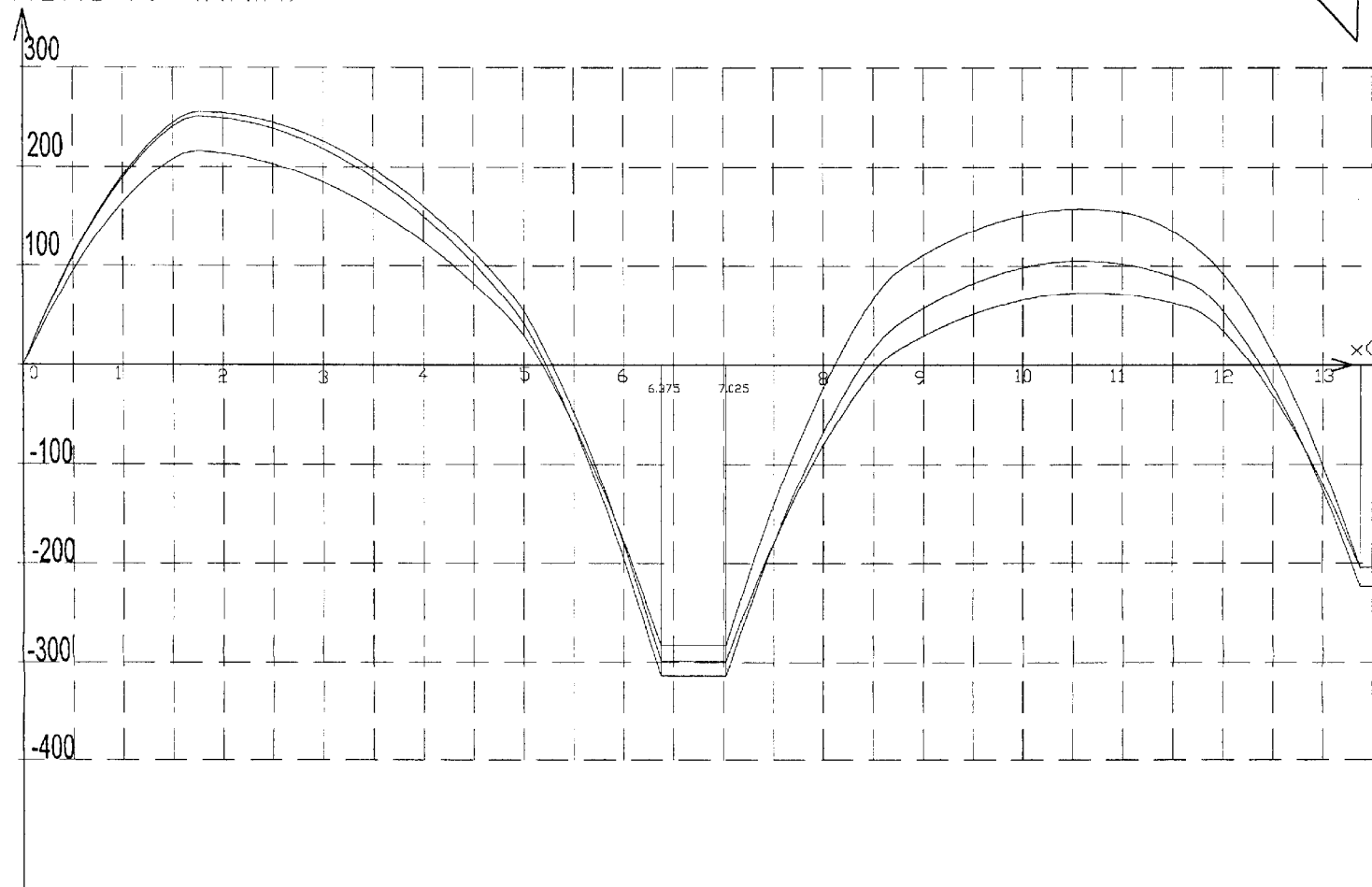
DR1

Nom : .....

Prénom : .....

Numéro : .....

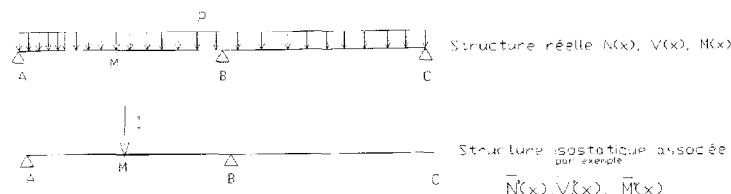
Moment (kN.m)



## ANNEXES

### Théorème de Pasternak:

Pour calculer le déplacement en un point M d'une structure hyperstatique suivant une direction donnée, la structure étant sollicitée par une charge extérieure répartie p, on applique en ce point M dans une structure isostatique associée quelconque et suivant la direction souhaitée un facteur sollicitant unité.



En l'absence de tout autre chargement ce facteur sollicitant induit dans la structure des sollicitations

$N_1^0(x)$ ,  $V_1^0(x)$ ,  $M_1^0(x)$ , le déplacement cherché en M est obtenu par :

$$\Delta_j = \int_{\text{structure}} \frac{M \cdot \bar{M}_j^0}{EI_{Gz}} dx + \int_{\text{structure}} \frac{N \cdot \bar{N}_j^0}{EA} dx + \dots$$

$\bar{M}_j^0$  représente les sollicitations dans une des structures isostatiques associées..

$M$  représente les sollicitations dans la structure hyperstatique réelle initiale.


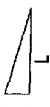

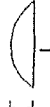
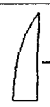
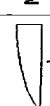









Equation liant la dérivée seconde de la déformée  $U_y''(x)$  au moment fléchissant  $M_z(x)$

$$U_y''(x) = \frac{M_z(x)}{EI_{Gz}}$$

Tableau d'aciers :

Diam. φ (mm)	Section (cm <sup>2</sup> )	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
6	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.82	3.39
8	0.50	1.00	1.51	2.01	2.51	3.01	3.51	4.02	4.52	5.02	6.03
10	0.79	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.07	7.85	9.42
12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.92	9.04	10.18	11.31	13.57
14	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.85	15.39	18.47
16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.10	14.07	16.13	18.15	20.17	24.13
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.93	25.13	28.27	31.42	37.70
25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	58.90
32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42	96.51

Tableau des intégrales de MOHR :  $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) dx$

$m_j(x)$ $m_i(x)$	$M_i$ 	$m_j$ 	$M_j$ 	$m_i$ 	$M_j$ 	$m_j$ 	$M_j$ 	$m_j$ 
$M_i$ 	$L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ ( $M_j + M_j'$ )	$\frac{2}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{2}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{2}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{3} L$ $M_i$ $M_j$
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{6} L$ $M_i$ ( $2M_j + M_j'$ )	$\frac{1}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{5}{12} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{12} L$ $M_i$ $M_j$
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{6} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{6} L$ $M_i$ ( $M_j + 2M_j'$ )	$\frac{1}{3} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{5}{12} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{12} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ $M_j$
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ $M_j$ ( $M_i + M_i'$ )	$\frac{1}{6} L$ ( $2M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{6} L$ ( $2M_i M_j + M_i M_j'$ )	$\frac{1}{3} L$ ( $M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $5M_i + 3M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $3M_i + 5M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $3M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $M_i + 3M_i'$ ) $M_j$
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ ( $M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{6} L$ ( $2M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{6} L$ ( $2M_i M_j + M_i M_j'$ )	$\frac{1}{3} L$ ( $M_i + M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $5M_i - 3M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $3M_i - 5M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $3M_i - M_i'$ ) $M_j$	$\frac{1}{12} L$ ( $M_i - 3M_i'$ ) $M_j$
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{6} L$ $M_i M_j$ ( $1 + \frac{x'}{L}$ )	$\frac{1}{6} L$ $M_i$ $M_j$ ( $1 + \frac{x'}{L}$ )	$\frac{1}{3} L$ $M_i M_j$ ( $1 + \frac{xx'}{L^2}$ )	$\frac{1}{12} L$ $M_i M_j$ ( $3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}$ )	$\frac{1}{12} L$ $M_i M_j$ ( $3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}$ )	$\frac{1}{12} L$ $M_i M_j$ ( $3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}$ )	$\frac{1}{12} L$ $M_i M_j$ ( $3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2}$ )
$M_i$ 	$\frac{1}{2} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{1}{4} L$ $M_i$ ( $M_j + M_j'$ )	$\frac{5}{12} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{17}{48} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{17}{48} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{7}{48} L$ $M_i$ $M_j$	$\frac{7}{48} L$ $M_i$ $M_j$

Dans le tableau,  $M_i$ ,  $M_i'$ ,  $M_j$  sont les extremum des fonctions  $m_i(x)$  et  $m_j(x)$ . Ils sont à prendre en valeurs absolues. La valeur algébrique du résultat de l'intégration dépend du signe des diagrammes.

Dans le tableau,  $M_i$ ,  $M_j$ ,  $M_j$  sont les extrémités des fonctions  $m_i(x)$  et  $m_j(x)$ . Ils sont à prendre en valeurs absolues. La valeur algébrique du résultat de l'intégration dépend du signe des diagrammes.