

**BREVET de TECHNICIEN SUPERIEUR BATIMENT**  
**SESSION 1997**  
**EPREUVE A4**  
**ETUDE DES CONSTRUCTIONS**  
**Durée : 8 h Coefficient : 6**

**Documents remis aux candidats :**

**Dossier :**

Présentation	feuille 1
Photo ; façade sud-est	feuille 2
Bâtiments 1 et 2 : plans de coffrage des 5 <sup>ème</sup> et 6 <sup>ème</sup>	feuille 3
Plan de coffrage de la passerelle ; coupe 15-15	feuille 4
Coupes 4-4 et 13-13 ; plans de coffrage des 2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> sous-sol	feuille 5
Coupes 2-2 et 16-16	feuille 6

**Travail demandé :**

Étude technologique	feuille 7
Note de calcul	feuille 8 et 9
Plan d'exécution d'ouvrage	feuille 9

**Documentation complémentaire :**

Appareils d'appui GLT-MLEG ; tableau des aciers	feuille 10
---	------------

**Feuilles réponses : (à rendre)**

Epure d'arrêts de barres	feuille 11
Armatures des poutres 26 et 27	feuille 12

**Barème de notation :**

Étude technologique : 6,5 / 20

Note de calcul : 7 / 20

Plan d'exécution d'ouvrage : 6,5 / 20

**Documents autorisés :**

Réglementation : EUROCODES

**Conseils aux candidats:**

Les trois parties sont indépendantes et de durée sensiblement équivalente.

Chaque partie (étude technologique, note de calcul, plan d'exécution d'ouvrage) sera rendue dans un dossier séparé portant le titre de la partie.

**PRÉSENTATION : IMMEUBLE-PONT**

Le thème de la présente étude concerne un ensemble de bâtiments (1, 2 et 3) à usage d'habitation. Il fait partie d'une ZAC (zone d'aménagement concerté) et en abrite l'entrée principale. Cette entrée est affirmée par un immeuble-pont (bâtiments n°1 et 2) qui forme une arche triomphale ménageant une grande hauteur à l'entrée de l'artère commerçante de la ZAC.

**Description sommaire de la construction (Voir photo, façade et plans de coffrage)**

- Bâtiments R+10 + Duplex avec trois niveaux de parking en sous-sol.
- Deux joints de dilatation découpent l'ensemble en trois blocs nommés bâtiments 1, 2 et 3.
- Les principales façades sont en pierres agrafées et en béton architectonique.
- La toiture est soit réalisée en charpente avec couverture zinc ou terrasse inaccessible.

**Caractéristiques particulières :**

Les corbeaux situés en façade sud-est sous la passerelle ont une fonction uniquement esthétique. (Ils ne reprennent donc aucune charge.)

**Mode constructif**

- Les voiles et les poteaux sont en béton armé coulés en place.
- Les poutres sont préfabriquées en béton armé et en Béton Précontraint.
- Les dalles sont réalisées à l'aide de prédalles en béton armé et en béton précontraint (passerelle).
- En infrastructure, les voiles périphériques sont coulés contre terre avec partiellement de la tranchée blindée. Les fondations sont superficielles.

**Données****Bâtiment :**

- **superstructures :catégorie A**
- **parking en sous-sol catégorie F**

**Bâtiment : classe structurale S4**• **Charges****- Charges permanentes :**

- poids volumique du BA :  $25 \text{ kN/m}^3$
- poids volumique de la chape :  $22 \text{ kN/m}^3$  (superstructure)
- revêtements + cloisons lourdes:  $1,5 \text{ kN/m}^2$  (superstructure)

Remarque : - Les charges dues aux cloisons lourdes (en pointillé sur le plan de coffrage) sont prises en compte dans les  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .

- Le poids volumique de l'isolant est négligé.

**- Charges d'exploitation :**

- plancher bas de la passerelle (PH du 6ème) :

- phase d'exploitation :  $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$  pas de cloisons mobiles dans cette zone ou
- charges de construction (en phase de réalisation dénommées aussi surcharge de chantier :  $q_c = 2 \text{ kN/m}^2$  (charges dues au personnel d'exécution, à l'encadrement et aux visiteurs ; charges dues aux matériaux stockés, du matériel et effets dynamiques dus au coulage)

- sous-sol :  $q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$

**- Matériaux :**

- béton : C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

- acier : acier B500 classe B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

- **Environnement :Classe d'exposition XC1** pour les éléments à l'intérieur du bâtiment et XC3 pour les éléments extérieurs abrités de la pluie (par exemple poutre PO1)

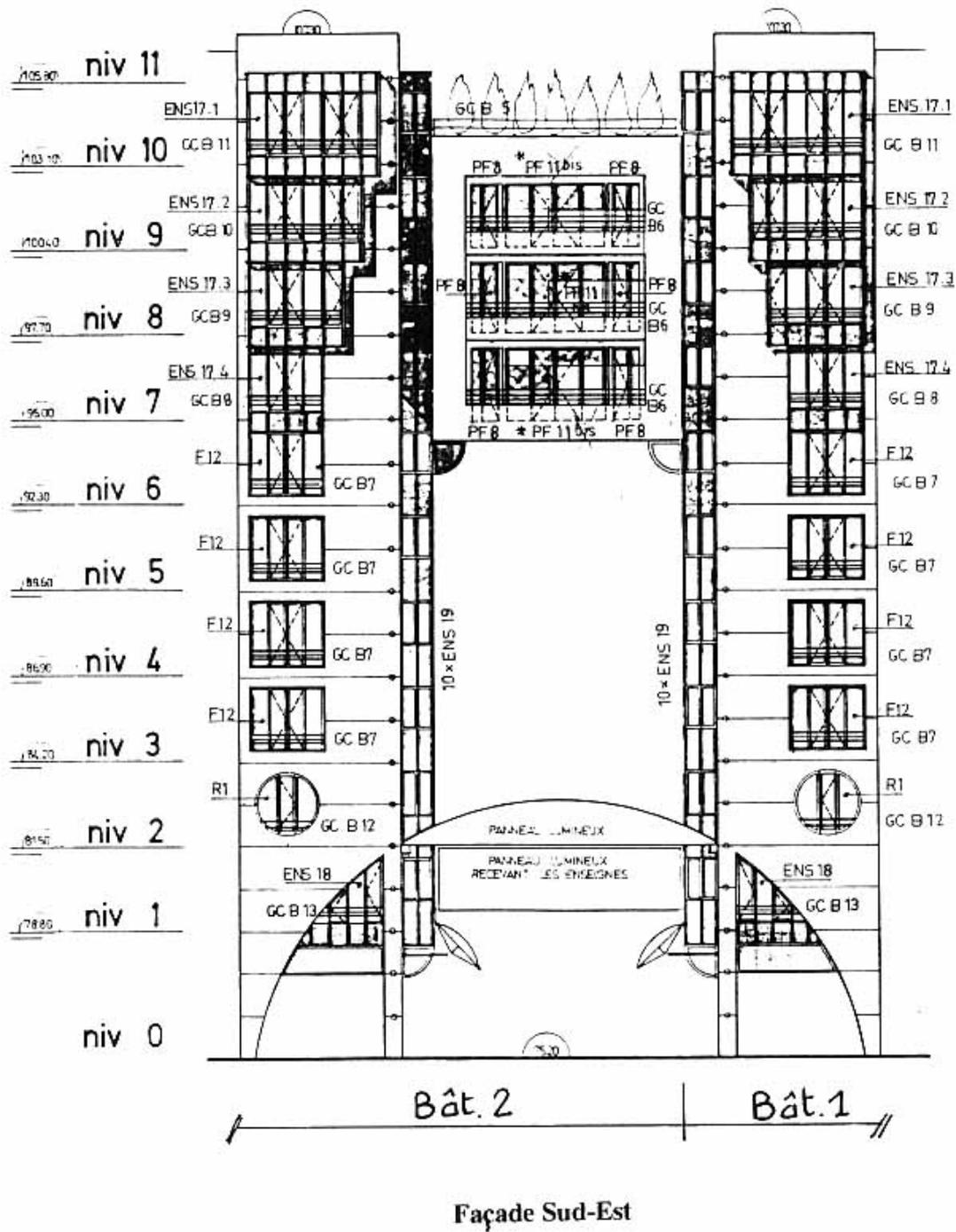
- enrobage :  $3 \text{ cm}$  pour la poutre P01  
 $2 \text{ cm}$  pour la poutre du sous-sol



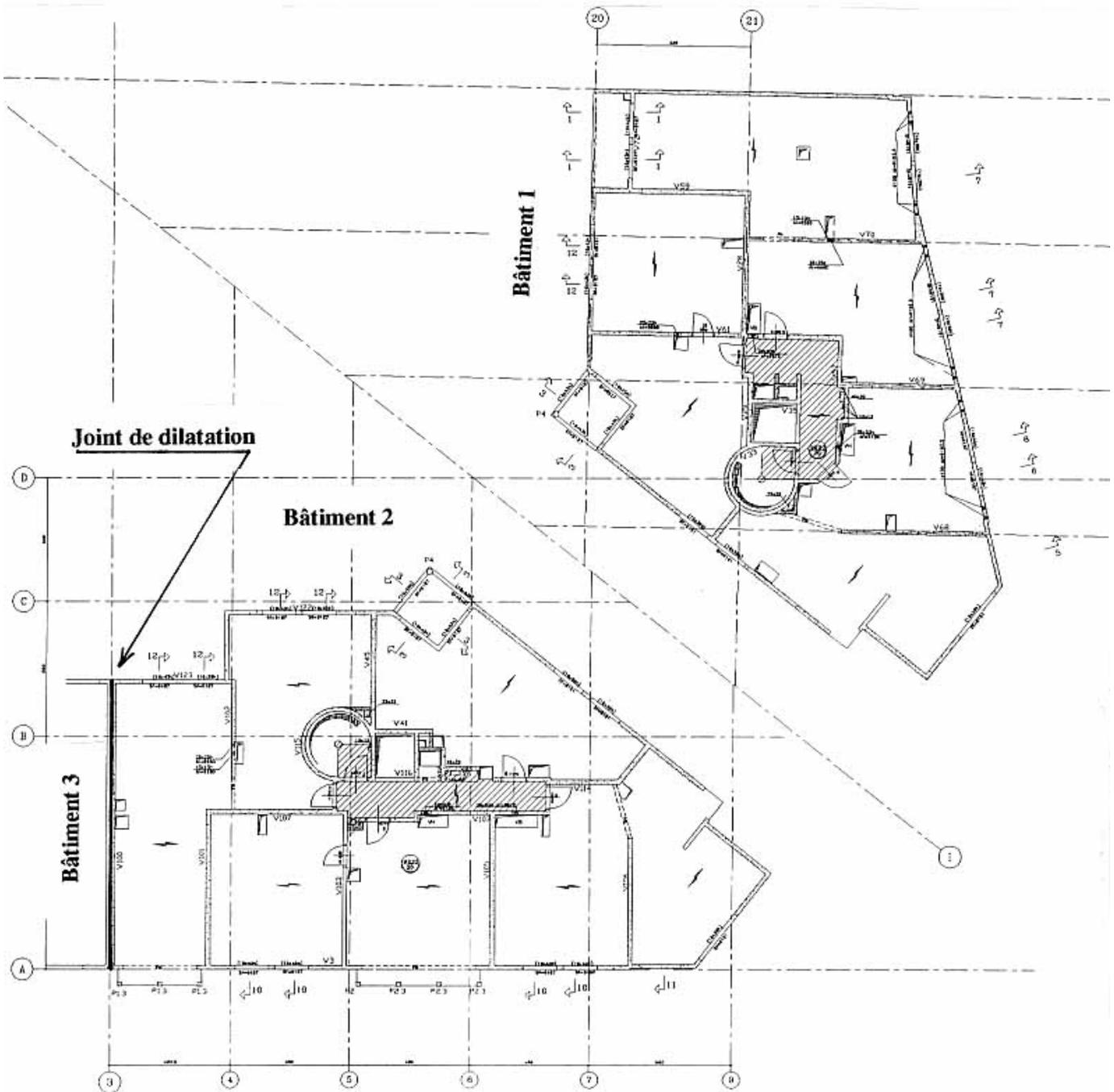


**PHOTO**  
**Façade Sud-Est**



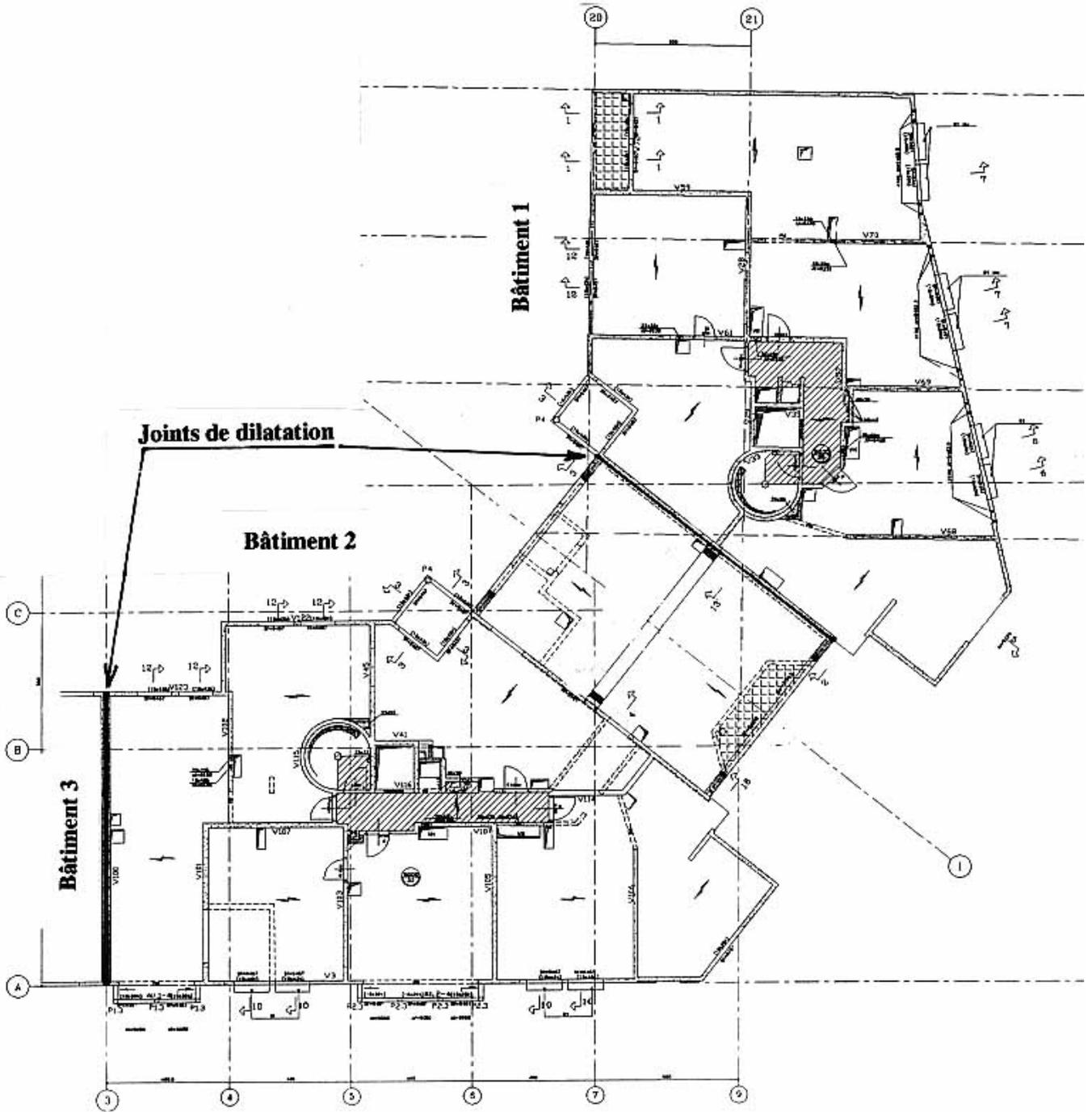






**Bâtiment 1 et 2  
Plancher Haut du 5ème**





**Bâtiment 1 et 2**  
**Plancher Haut du 6ème**

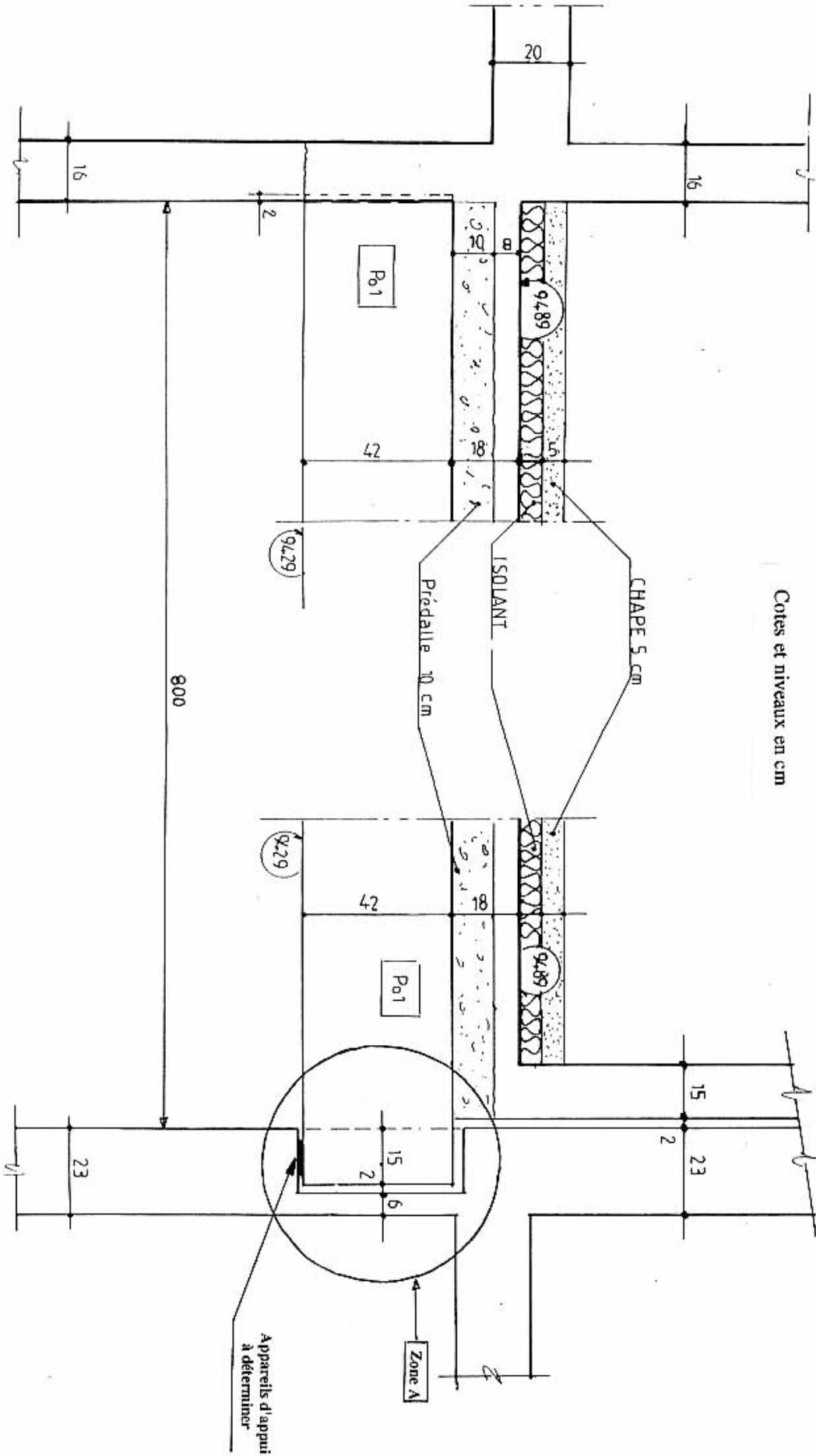










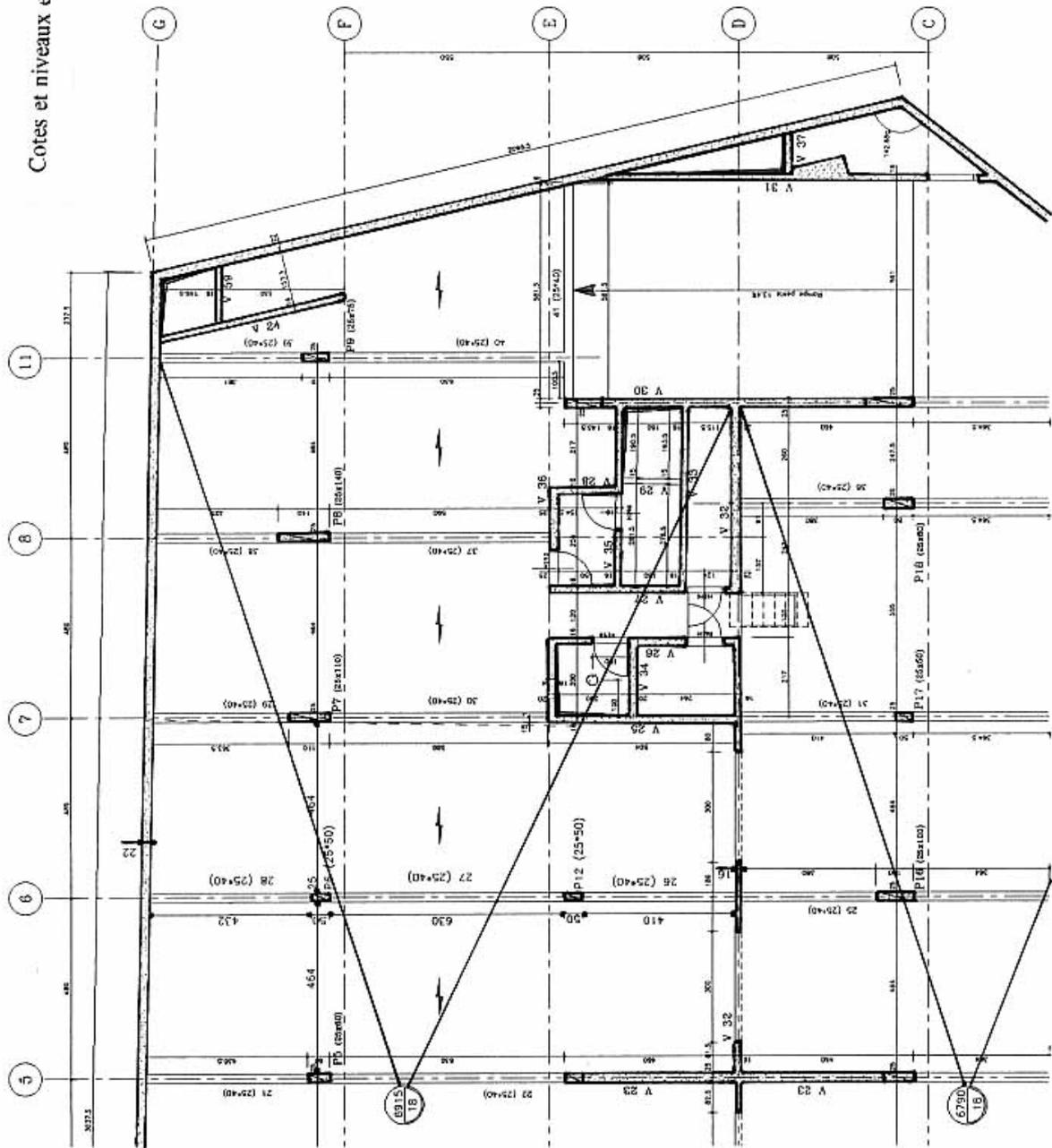


COUPE 4\_4

COUPE 13\_13



Cotes et niveaux en cm



Plan de coffrage  
Plancher Haut des  
2 ème et 3 ème sous-sol

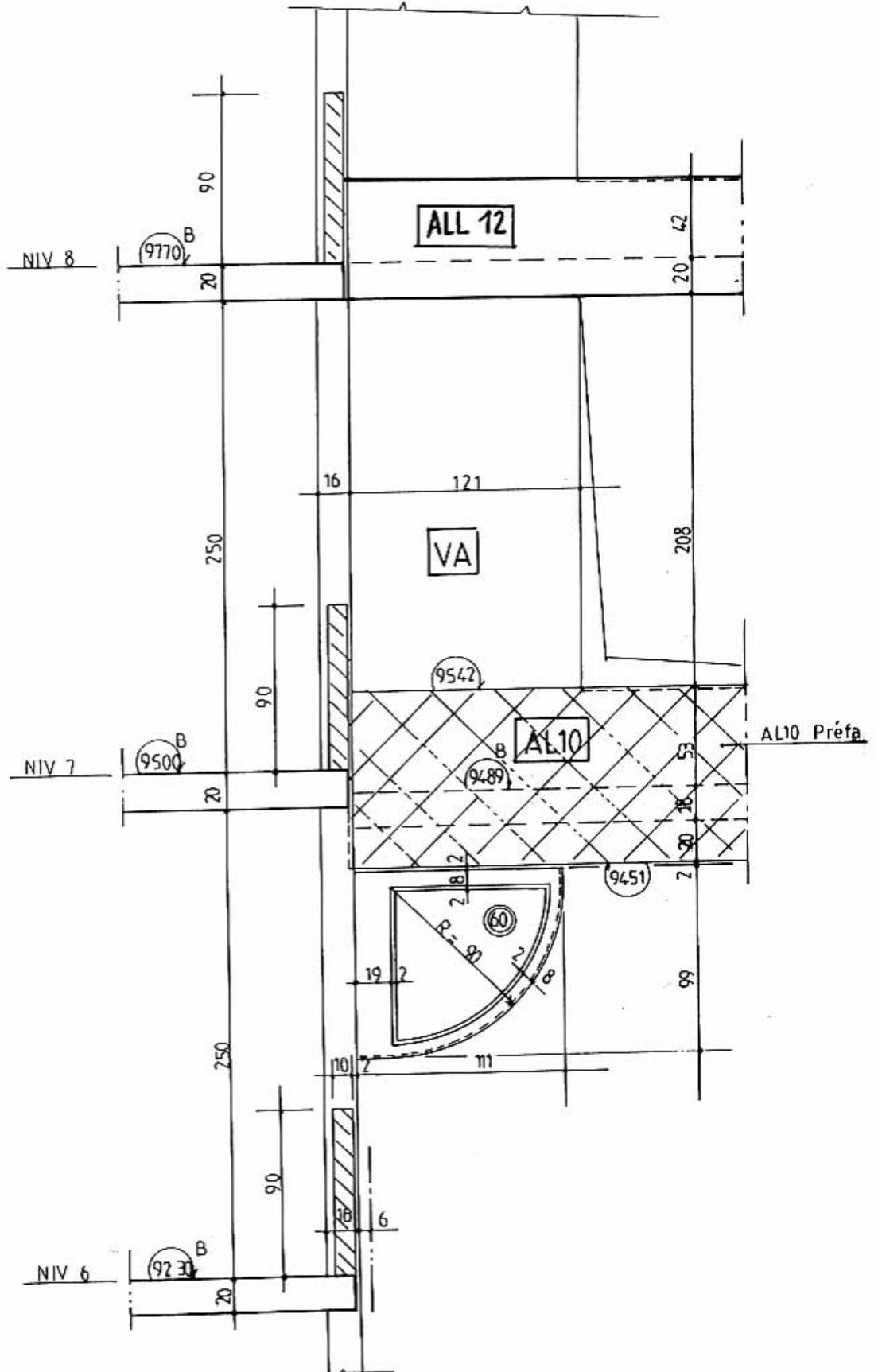






COUPE 16\_16

Cotes et niveaux en cm



### Question n° 1 Joint de dilatation

Quel est le **rôle d'un joint de dilatation** ? L'architecte n'en a pas prévu en infrastructure entre les bâtiments 1 et 2 ; En donner la raison principale.

### Question n°2 Réalisation du plancher inférieur de la passerelle

La passerelle est la partie du bâtiment 1 située au-dessus du vide aux niveaux 7, 8, 9 et 10.

La réalisation du plancher inférieur de la passerelle a constitué un point sensible. En analysant le plan de coffrage du plancher haut du 6<sup>ème</sup> étage ainsi que les différentes coupes s'y reportant :

a) **Commentez la solution technique** retenue pour le plancher bas de la passerelle :

- Prédalles préfabriquées précontraintes de 10 cm d'épaisseur
- Poutres et allèges préfabriquées en béton armé

b) Le plancher bas de la passerelle étant coulé, on s'intéresse à la réalisation du plancher haut du 7<sup>ème</sup> (voir coupe 15-15).

—**Donnez les différentes phases** de réalisation du plancher (en vous aidant éventuellement de croquis).

—**Définissez le mode de fabrication des prédalles** (BA, BP, épaisseur...) en justifiant votre choix.

—**Faites un croquis de ferrailage montrant la liaison entre l'allège 12 et le plancher.**

On indiquera éventuellement les aciers rajoutés sur le chantier ainsi que les aciers dépliés.

On rappelle que seule la dalle de compression est coulée en place, les autres éléments sont préfabriqués.

c) A l'aide d'un croquis, **proposez une autre solution pour la liaison entre la poutre P01 et le mur** (zone A Coupe 13-13) tout en respectant le joint de dilatation. Critiquez-la (avantages, inconvénients), par rapport à la solution effectivement adoptée.

d) La réaction d'appui au droit du joint de dilatation entre la poutre Po1 et le mur vaut  $R = 290 \text{ kN}$ . **En déduire les dimensions de l' (ou des) appareil(s) d'appui** à disposer (de type MLEG, voir la documentation). Faites un schéma précisant la position de l' (ou des) appareil(s) d'appui (vue en plan et en élévation). Quel est le rôle de la plaque en acier inoxydable de l'appareil d'appui ?

### Question n°3 Isolation thermique **(à adapter avec la réglementation en vigueur)**

1) Isolation du plancher haut du 1<sup>er</sup> sous-sol :

**Proposez une solution technologique** permettant de réaliser l'isolation thermique entre le PH du sous-sol et le RDC. Comparez-la à la solution adoptée (dalle flottante) pour l'isolation du plancher bas de la passerelle.

2) Choix de l'isolant pour le plancher bas de la passerelle :

Une étude thermique a permis de déterminer le coefficient de transmission surfacique du plancher  $K = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

—**Calculez la résistance thermique de l'isolant** (coupe 4-4 et 13-13). **En déduire son épaisseur** sachant que la conductivité thermique de l'isolant utilisé vaut  $\lambda = 0,029 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

On négligera la résistance thermique du revêtement

Données :  $\lambda_{\text{béton}} = 1,75 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  (dalle BA et chape)

Les résistances superficielles sont telles que :  $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,22 \text{ m}^2\text{C/W}$ . Le certificat "ACERMI" pour un

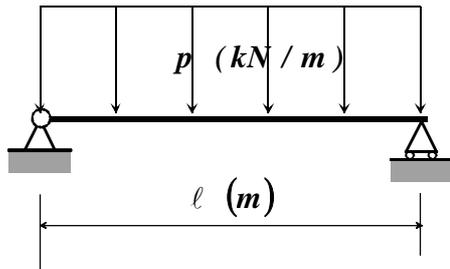
isolant, garantit la résistance thermique R et les fonctions "ISOLE".

—**Citez deux performances** que le fabricant est en droit d'exiger pour l'isolant utilisé.

**NOTE DE CALCUL****Question n° 1 Réalisation du plancher inférieur de la passerelle****1) Calcul des aciers longitudinaux de la poutre P01:**

On se propose de calculer les aciers longitudinaux en phases provisoire et définitive. La phase provisoire correspond à la phase de coulage de la dalle du plancher. Les prédalles sont auto-porteuses (impossibilité d'étayer). La phase définitive correspond au fonctionnement définitif du plancher.

Par simplification on adopte le schéma mécanique suivant:



a) Justifiez ce schéma mécanique : (On se reportera aux différentes coupes)

- Choix des liaisons.
- Choix d'un chargement uniforme.
- Déterminer la portée  $l$ .

Calculez les valeurs de  $p_1$  et  $p_2$ , charges supportées par la poutre pendant les phases provisoire et définitive.

b) Calculez les aciers longitudinaux pour les deux phases :

On mettra bien en évidence les hypothèses de calculs (section de béton prise en compte...)

<p>—Phase provisoire : on prendra le schéma mécanique simplifié suivant :</p> <p><math>q = 12 \text{ kN/m}</math></p> <p>remarque : les valeurs de <math>g</math> et <math>q</math> sont non pondérées.</p>	
<p>—Phase définitive : on prendra le schéma mécanique simplifié suivant :</p>	

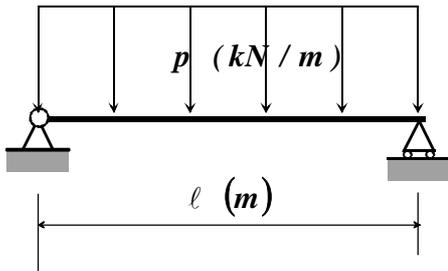
c) Quelle est la phase la plus défavorable pour le calcul des aciers longitudinaux ? Faire un croquis de ferrailage de la section. (On disposera une section d'aciers longitudinaux  $A = 41 \text{ cm}^2$ ). On dessinera en trait fin les contours des prédalles et de la poutre préfabriquée. (appui des prédalles sur la poutre : 4 cm).

2) Calcul de la contre-flèche à donner à la poutre P01 :

On se propose de déterminer la contre-flèche de fabrication pour qu'à long terme, sous l'action des charges permanentes, la poutre soit rigoureusement horizontale.

a) **Calcul préliminaire** : par une méthode de votre choix, montrer que **la flèche théorique**

maxi. d'une poutre de longueur  $\ell$  soumise à une charge uniforme  $p$  (kN/m) vaut  $f = \frac{5p\ell^4}{384EI}$



Hypothèses  $EI = cte$

$E$  : module d'élasticité longitudinal (module d'Young)

$I$  : moment quadratique de la section homogénéisée fissurée

b) **Retour au problème** :

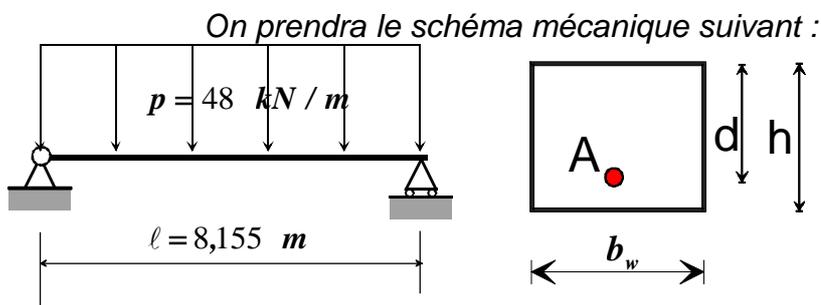
Hypothèse: on considère que le béton est fissuré. Conformément à l'article 7.4.3, on appliquera les formules de résistance des matériaux pour le calcul des déformations de la poutre en béton armé en raisonnant pour simplifier avec uniquement des sections fissurées "homogénéisées". On supposera que le produit  $EI$  est constant. En tenant compte de ces hypothèses et des données ci-dessous, on trouve :

Moment quadratique  $I = 0,0095 \text{ m}^4$

Module d'Young  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

$$E = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)} = \frac{E_{cm}}{3} = 11000 \text{ MPa}$$

**Calculez la contre-flèche à donner à la poutre.**

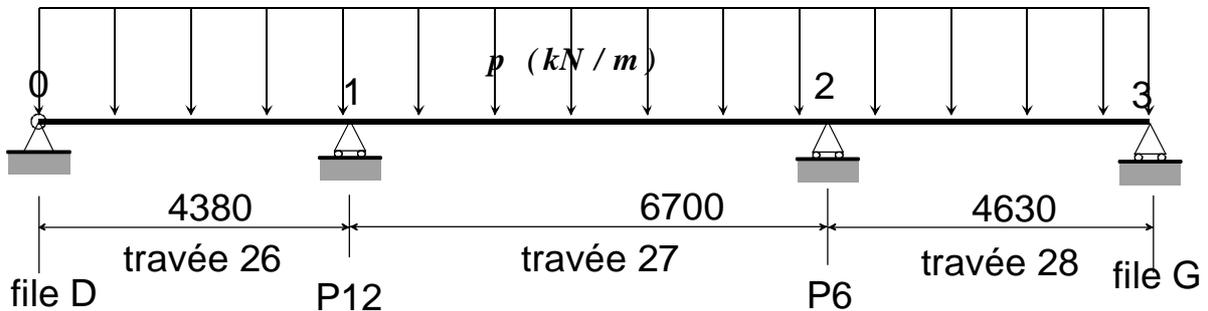


$h = 60 \text{ cm}$  ;  $b_w = 65 \text{ cm}$  ;  $d = 54,5 \text{ cm}$  ;  $A = 41 \text{ cm}^2$

$p = g =$  charges permanentes

**Question n° 2 Calcul de la poutre file 6 des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> sous-sol**(entre les files D et G) (Voir Plan de coffrage des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> sous-sol).

La poutre est modélisée de la manière suivante :



- Justifiez** le choix de l'appui en D.
- Calculez les valeurs de la charge permanente  $g$  et de la charge d'exploitation  $q$ . On fera les schémas (vue en plan et coupe) mettant en évidence les surfaces de dalle prises en compte. Pour la suite, on prendra  $g = 23,3 \text{ kN/m}$  ;  $q = 12,2 \text{ kN/m}$ .
- Justifiez la méthode** de calcul qui vous permettra de calculer les sollicitations le long de cette poutre.
- Définissez les cas de charges** qui permettent d'obtenir les **moments maximaux** dans chaque travée et sur les appuis intermédiaires (sans faire de calcul). Quel état limite doit-on considérer ?
- Déterminez la valeur du moment maximal** ainsi que sa **position** dans la travée 28.
- Définissez les cas de charges** qui permettent d'obtenir l'**effort tranchant maximal** de part et d'autre de l'appui P6 et à gauche de l'appui G (sans faire de calcul). **Calculer la valeur maximale de l'effort tranchant** à droite de l'appui P6.

$$\text{On donne : } M_{P_6} = -171,9 \text{ mkN}$$

- On suppose que l'effort tranchant réduit au nu de l'appui de rive G vaut  $V_{Ed} = 80,5 \text{ kN}$ . **A partir des articles 6.2.2, 6.2.3 et 9.2.2 du l'EC2, calculez l'espacement initial  $st_1$  et la position du 1<sup>er</sup> cadre par rapport au nu de l'appui.**

On supposera que la section d'acier transversal dans la travée 28 est composée de 2 brins HA 8.

La section d'acier qui arrive sur l'appui est composée de 2HA14 soit  $308 \text{ mm}^2$ . En travée (2HA 14+2HA 12)

- A partir des articles 9.2.3 et 9.2.2 de l'EC2, **montrez que l'espacement des cadres  $st(x)$  le long de la travée 28 vérifie :**

$$s^{(mm)}(x) \leq \text{Min} \left[ \frac{35587350}{|V_{Ed}(x)|^{(N)}} ; 270 \text{ mm} \right] \text{ avec } \cot \theta_1 = 2,5$$

$$s^{(mm)}(x) \leq \text{Min} \left[ \frac{14234940}{|V_{Ed}(x)|^{(N)}} ; 270 \text{ mm} \right] \text{ avec } \cot \theta_1 = 1$$

**PLAN D'EXECUTION D'OUVRAGE****Poutre file 6 travées 26 et 27**

A partir des renseignements suivants,

- 1) Tracez l'épure d'arrêts de barres (sur le document 11/12).
- 2) Dessinez le ferrailage complet de la poutre (désignation des aciers, cotation...) dans les travées 26 et 27 (document réponse 12/12).

Description de la poutre	Appui D	travée 26	appui P12	travée 27	appui P6
Section d'aciers longitudinaux de traction en travée (cm <sup>2</sup> )		4		9	
Section d'aciers longitudinaux de traction sur appui (cm <sup>2</sup> )	1		10		10
Composition d'un cours d'armatures d'âme		4 brins HA6		4 brins HA8	
Espacement initial $s_{l1}$ du 1 <sup>er</sup> cadre (cm)		22    12		18    18	

**Remarques :**

On prendra 2 lits d'aciers dans la travée la plus sollicitée  
 On précisera sur la courbe enveloppe la valeur des moments résistants des paquets de barres.  
 Les cadres seront répartis en appliquant la règle de Caquot (en cm) : 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 20, 25, 35.  
 L'enrobage sera de 2 cm et pour le béton  $d_g = 25$  mm

On prendra un bras de levier :  $z = 350$  mm .

$a_l$  déplacement horizontal de la courbe enveloppe des moments de flexion (règle du décalage)

$$a_l = \frac{z}{2} \cot \theta \quad (\text{fig. 9.2}) \quad 6.2.2$$

on prendra  $\cot \theta = 1$