

Session 2002

Brevet de Technicien Supérieur TRAVAUX PUBLICS

EPREUVE E4

U41 : MECANIQUE

Durée : 4 heures Coefficient : 3

Matériel et document autorisé :

- Calculatrice (circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999,
BO n° 42 du 25 novembre 1999)
- REGLES BAEL 91 révisées 99

Question	Intitulé	Page	Barème
	RESISTANCE DES MATERIAUX	2/8	13
1.1	ETUDE DE LA STABILITE DU PROFILE HEB 600	2/8	3
1.2	ETUDE DE LA RESISTANCE DU PROFILE HEB 600	3/8	7
1.3	ETUDE DE LA FLECHE DU PROFILE HEB 600	5/8	3
	BETON ARME	6/8	7
2.1	COMBINAISONS D'ACTIONS	6/8	0,5
2.2	ETUDE DE LA CULEE C5	6/8	3,5
2.3	ETUDE DE LA PILE P4	7/8	3

Session 2002

Brevet de Technicien Supérieur
TRAVAUX PUBLICS

EPREUVE E4

U41 : MECANIQUE

DOSSIER SUJET

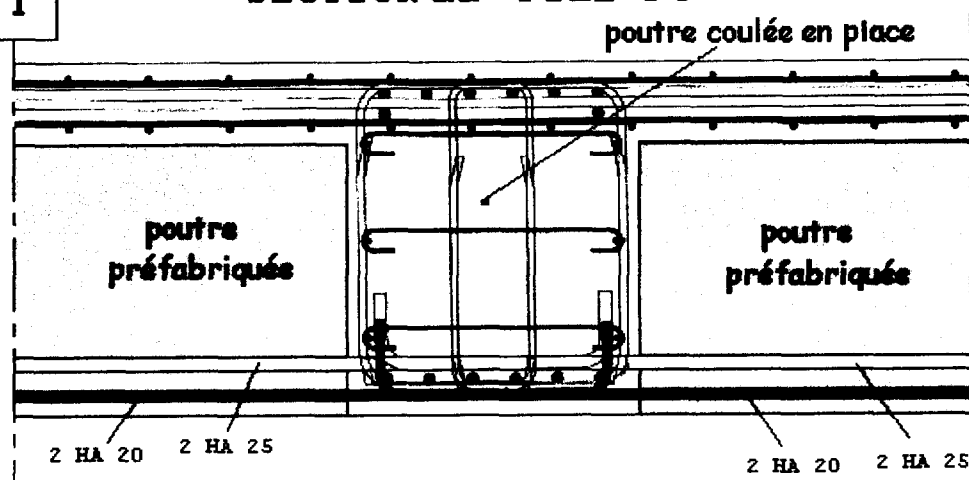
PREMIERE PARTIE : RESISTANCE DES MATERIAUX : ETUDE DU PROFILE HEB 600 DE LA PILE P4 POUR LA TRAVÉE P3-P4

MODE DE CONSTRUCTION PROPOSE PAR L'ENTREPRISE

Au droit de chaque pile, la continuité de l'ouvrage est assurée par une poutre coulée en place (voir la figure 1 ci-dessous et DT 2). La largeur imposée par les conditions de bétonnage et de scellement des armatures rend impossible, en phase de réalisation, la mise en appui des poutres préfabriquées directement sur les piles.

Figure 1

SECTION aa PILE P4



L'entreprise a donc décidé de poser les poutres préfabriquées à la grue et de les mettre en appui, à chaque extrémité, sur un profilé HEB 600.

Chaque profilé repose, par l'intermédiaire de boîtes à sable, sur 4 consoles solidaires des voiles de pile (voir la figure 2 ci-contre).

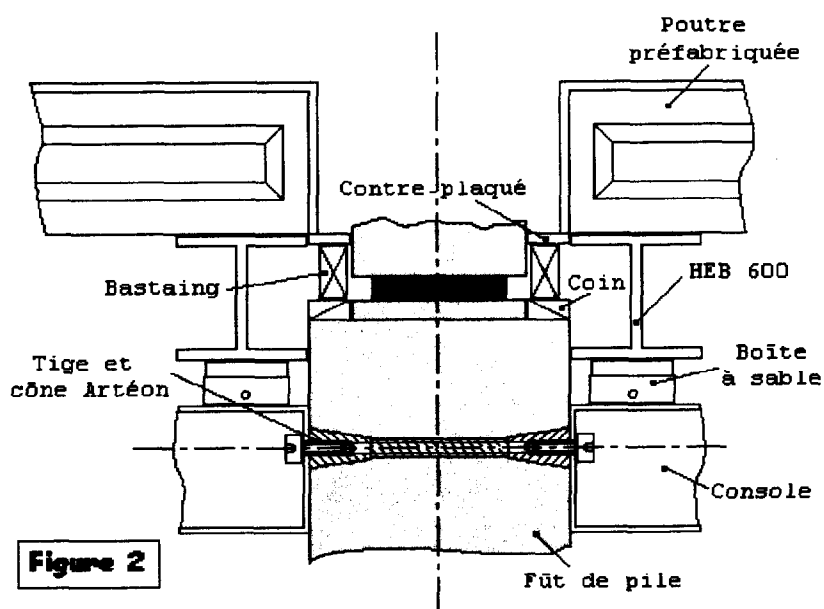
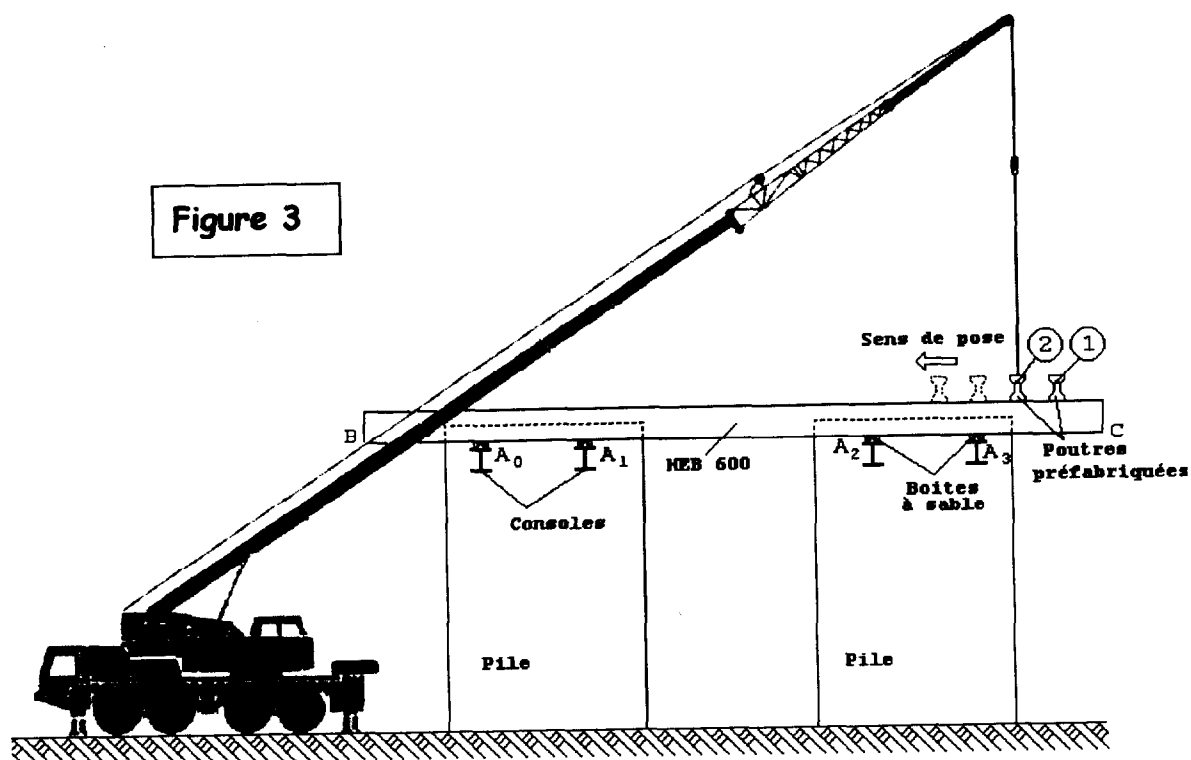


Figure 2

Compte tenu de l'environnement du chantier (au-dessus d'une autoroute en service), il a été décidé de poser les poutres préfabriquées dans l'ordre défini par la figure ci-dessous, de façon à ce que le grutier ait toujours la meilleure visibilité possible de la poutre préfabriquée en cours de pose.



QUESTION N°1.1 : ETUDE DE LA STABILITE DU PROFILE HEB 600 :

Compte tenu de l'ordre de pose choisi par l'entreprise (voir figure 3), il y a lieu de vérifier le non-basculement du HEB 600 lors de la pose des 2 premières poutres préfabriquées.

Question 1.1.1 :

Montrer que la longueur d'une poutre préfabriquée en travée P4-P3 à l'axe XX' (voir DT 3) est de 18,26 m, en prenant en compte le biais de 80 gr de l'ouvrage et un jeu de 3 cm à chaque extrémité de la poutre.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT2 - DT3

Question 1.1.2 :

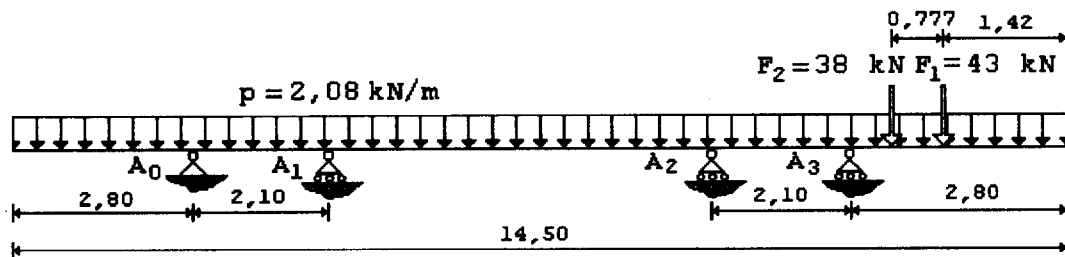
Calculer la charge ponctuelle amenée par une poutre préfabriquée sur le HEB 600.

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

- Section moyenne d'une poutre préfabriquée : $0,1646 \text{ m}^2$
- Poids volumique du béton d'une poutre préfabriquée : 25 kN/m^3

Question 1.1.3 :

S'il y a risque de basculement du profilé HEB 600 lorsque les poutres 1 et 2 sont posées à une extrémité, autour de quel point aura-t-il lieu ? (voir schéma mécanique ci-dessous). Le HEB 600 a un poids propre de $2,08 \text{ kN/m}$.



Remarque :

La poutre préfabriquée de rive amène une charge ponctuelle $F_1 = 43 \text{ kN}$ car elle est déjà équipée, lors de sa pose, du système de sécurité et du coffrage de rive de la dalle de couverture.

Question 1.1.4 :

Calculer le coefficient de sécurité vis à vis du phénomène de renversement du profilé HEB 600. Conclure.

QUESTION N°1.2 : ETUDE DE LA RESISTANCE DU PROFILÉ HEB 600

Question 1.2.1 :

Faire l'inventaire des efforts transmis au HEB 600 par les poutres préfabriquées à la fin du coulage du tablier. Nommer ces efforts sans faire de calcul.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT2 - DT3

Question 1.2.2 :

En prenant en compte les efforts définis précédemment, calculer la charge ponctuelle transmise par chaque poutre préfabriquée au HEB (sans pondération).

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

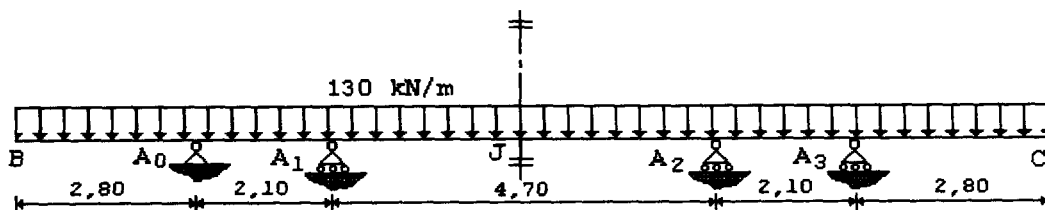
- Dalles pour coffrage perdu :
 - section : $0,46 \times 0,022$ m
 - poids volumique : $12,26 \text{ kN/m}^3$
- Béton frais :
 - poids volumique : 25 kN/m^3
- Charges de chantier dues à l'équipe de bétonnage : $0,75 \text{ kN/m}^2$

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT2 - DT3

Question 1.2.3 :

Les charges supportées par le HEB sont assimilées à une charge uniformément répartie, pondérée aux E.L.U., de 130 kN/m soit le schéma mécanique suivant :



Quel est le degré d'hyperstaticité de cette poutre ?

Question 1.2.4 :

En tenant compte de la symétrie de la structure et du chargement, montrer que M_2 le moment fléchissant au droit de A_2 est égal à $-142,4 \text{ kNm}$.

DONNEE COMPLEMENTAIRE :

Compte tenu des notations indiquées sur la figure ci-contre, le théorème des 3 moments s'écrit :



$$l_k M_{k-1} + 2(l_k + l_{k+1}) M_k + l_{k+1} M_{k+1} = 6 EI (\omega_{ke} - \omega_{kw})$$

ω_{ke} & ω_{kw} étant les rotations aux appuis dans les travées isostatiques de référence.

Question 1.2.5 :

Tracer les diagrammes des sollicitations d'effort tranchant V et de moment fléchissant Mf le long de BC.

Question 1.2.6 :

Vérifier la résistance du profilé conformément à l'additif 80. (voir DT 11).

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

- $M_{max} = 509,6 \text{ kNm}$
- $\sigma_e = 235 \text{ MPa}$

DOCUMENT RESSOURCE :
DT11

QUESTION N°1.3 : ETUDE DE LA FLECHE DU PROFILE HEB 600

Calculer la flèche maximum en B (voir figure question 1.2.2). Conclure.

DONNEE/ COMPLEMENTAIRE/:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$\text{Flèche maximum en B} = 0,25 \frac{p_{ser} L^4}{E I}$$

L désignant la longueur du porte-à-faux

$$p_{ser} = 92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Flèche admissible} = 5 \text{ mm}$$

DOCUMENT RESSOURCE :
DT11

DEUXIEME PARTIE : BETON ARME

NOTE A L'ATTENTION DES CANDIDATS :

Dans cette partie du sujet vous allez être amenés à vérifier des calculs de béton armé et des dispositions constructives à partir de plans de ferrailage et de leur nomenclature.

Vous serez donc jugés sur vos capacités à :

- Lire ces plans et nomenclatures.
- Déterminer les armatures principales d'une partie de structure, dans le cas du sujet : d'un poteau et d'une fondation.
- Effectuer une recherche dans un document technique, BAEL 99 ou DTU 13.12.
- Effectuer les calculs nécessaires aux vérifications demandées.

QUESTION N°2.1 : COMBINAISONS D'ACTIONS

Quelles sont les combinaisons d'actions à considérer pour la vérification des états-limites ultimes de résistance en situation d'exploitation courante (non accidentelles ou particulières) pour ce pont-route ?

Donner la référence de l'article du BAEL 99 utilisé.

QUESTION N°2.2 : ETUDE DE LA CULEE C5 :

Question N° 2.2.1 :

A partir du plan de ferrailage fourni, trouver la section d'armatures longitudinales du poteau C 5-1.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT7 - DT 8 - DT 9 - DT 11

Question N° 2.2.2 :

En fonction du résultat trouvé en 2.2.1 et en utilisant l'article B.8.4 du BAEL 99, calculer l'effort auquel peut résister le poteau C 5-1 ?

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

- Le calcul des armatures a été effectué en prenant pour hypothèse des culées non remblayées et en considérant que plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours.

- Prendre une longueur de flambement égale à : $l_f = \frac{l_0}{\sqrt{2}}$

Avec : rayon de giration $i = \sqrt{\frac{I}{B}}$ & $I = \frac{\pi D^4}{64}$

- Le béton est un B30. ($f_{c28} = 30 \text{ MPa}$)
- Les aciers des FeE 500 ($f_e = 500 \text{ MPa}$)

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT 7 - DT 8 - DT 9

Question N° 2.2.3 :

Vérifier par le calcul, pour le poteau C 5-1, que les dispositions applicables aux écartements des armatures transversales de poteaux sont bien respectées au sens du B.A.E.L. 99.

Donner la référence de l'article du BAEL 99 utilisé.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT 8 - DT 9

Question N° 2.2.4 :

Vérifier par un calcul précis que la disposition applicable au recouvrement de barres comprimées est bien respectée au sens du B.A.E.L. 99, entre les aciers (18) et (19).

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT 8 - DT 9

QUESTION N°2.3 : ETUDE DE SEMELLE DE LA PILE P4 :

Question N° 2.3.1 :

Vérifier que les dimensions de la semelle de la pile P4 permettent d'effectuer les calculs à l'aide de la méthode des bielles.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT 4 - DT 5 - DT 6 - DT 10

Question N° 2.3.2 :

Déterminer la section d'armatures résistante pour un 1 m de semelle de la pile P4.

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT4 - DT 6 - DT5 - DT 10 - DT 11

Question N° 2.3.3 :

En fonction du résultat trouvé en 2.3.2, vérifier sur le plan fourni que la semelle de la pile P4 est correctement ferrillée.

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

- Cette semelle supporte une charge $p_u = 1,5 \text{ MN/m}$.
- Le calcul a été effectué en fissuration préjudiciable en phase de service à plus de 28 jours.
- Le béton est un B30. ($f_{c28} = 30 \text{ MPa}$)
- Les aciers des FeE 500 ($f_e = 500 \text{ MPa}$)

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT4 - DT 5 - DT 6 - DT 10

Question N° 2.3.4 :

Calculer la contrainte exercée par la semelle sur le sol et vérifier qu'elle ne dépasse pas la contrainte admissible du sol.

DONNEES COMPLEMENTAIRES :

- Le sol est de type II.
- $D = 2,5 \text{ m}$.
- $P_{le} = 1,3 \text{ MPa}$.
- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Poids volumique du gros béton : 22 kN/m^3 .

DOCUMENTS RESSOURCES :

DT 4 - DT10

Session 2002

Brevet de Technicien Supérieur
TRAVAUX PUBLICS

EPREUVE E4

U41 : MECANIQUE

DOSSIER DOCUMENTS
TECHNIQUES

Composition du Dossier Documents Techniques :

- DT1 : Présentation générale (1 page)
- DT2 : Vue en plan et coupe longitudinale de l'ouvrage.
- DT3 : Détails poutre préfabriquée et coupe transversale droite de l'ouvrage.
- DT4 : Pile P4 : vue en élévation / coupe du fût / vue en plan des fûts / vue en plan de la semelle.
- DT 5 : Ferrailage de la Pile P4 : Coupe en élévation / 1/2 vue en plan semelle.
- DT 6 : Nomenclature du ferrailage de la Pile P4.
- DT 7 : Culée C5 : élévation / vue en plan / vue en plan semelle.
- DT 8 : Ferrailage du Poteau C5-1 : Coupe en élévation / coupe du fût.
- DT 9 : Nomenclature du ferrailage du Poteau C5-1.
- DT 10 : Extraits du DTU 13.12 : "Règles pour le calcul des fondations superficielles" (2 pages).
- DT 11 : Tableau des sections d'armatures / Extrait Additif 80 / Extrait catalogue des caractéristiques dimensionnelles des profilés.

NOTA : tous les plans sont sans échelle.

L'objet de l'étude est la construction d'un ouvrage d'art en vue du doublement, par le Nord, de l'ouvrage existant sur la voie de liaison Ouest-Est et qui franchit une autoroute.

A - EXTRAITS DU C.C.T.P.

Article 1.4. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE TERMINE

1.4.1. Généralités

L'épaisseur minimale du béton de propreté est de dix centimètres.

Les niveaux de fondation indiqués sur les plans n'ont que le caractère d'une prévision et le niveau définitif de chaque fondation sera fixé par le maître d'œuvre lors de l'exécution.

Les indications des plans contractuels sont complétées par les éléments indiqués ci-après:

1.4.2. Culées

Les culées comportent notamment un sommier, des poteaux et une semelle de fondation. Les culées sont fondées superficiellement dans le terrain naturel. Pour le profilage des fonds de fouilles, les purges locales éventuelles du sol sont comblées par du gros béton.

1.4.3. Piles

Les piles sont constituées de 2 voiles de forme rectangulaire, liaisonnés en pied par une semelle nervurée. Les piles sont fondées superficiellement dans le terrain naturel. Pour le profilage des fonds de fouilles, les purges locales éventuelles du sol sont comblées par du gros béton.

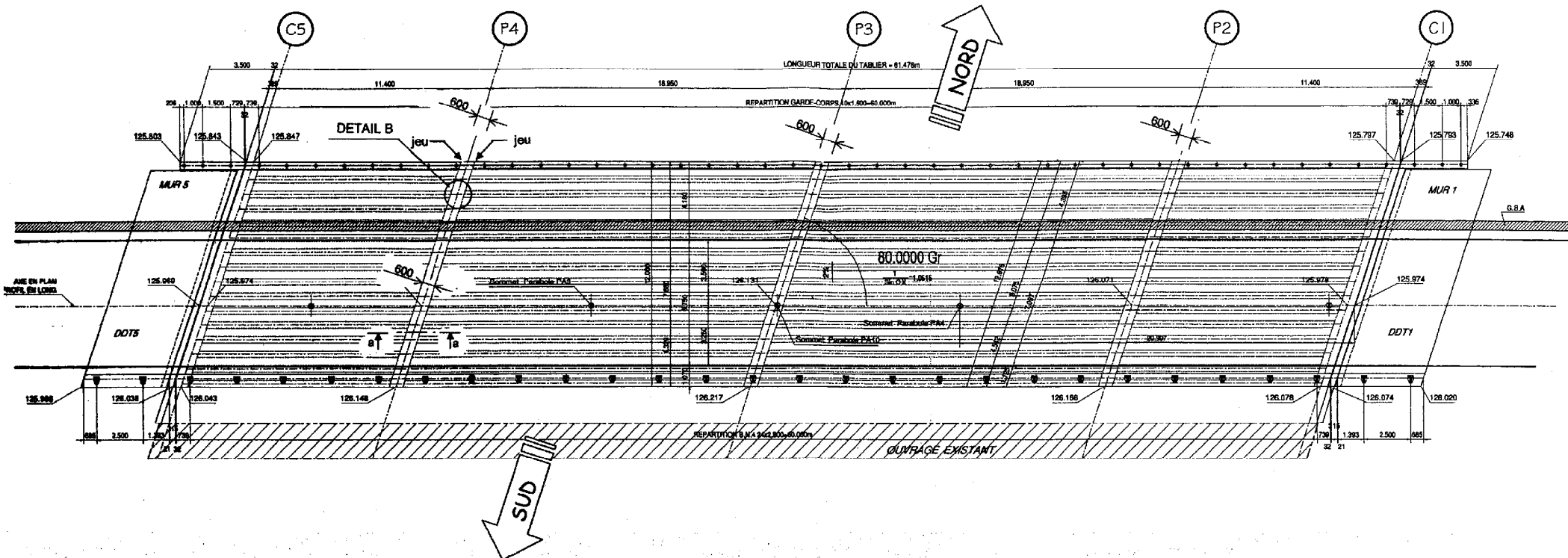
1.4.4. Tablier de PRAD

L'ouvrage comporte 4 travées, rendues continues par une poutre coulée en place au droit de chaque appui. Chaque travée est constituée de 16 poutres en béton, précontraintes par fils adhérents, de 0,70 m de hauteur, solidarisées par une dalle de couverture de 0,21 m d'épaisseur.

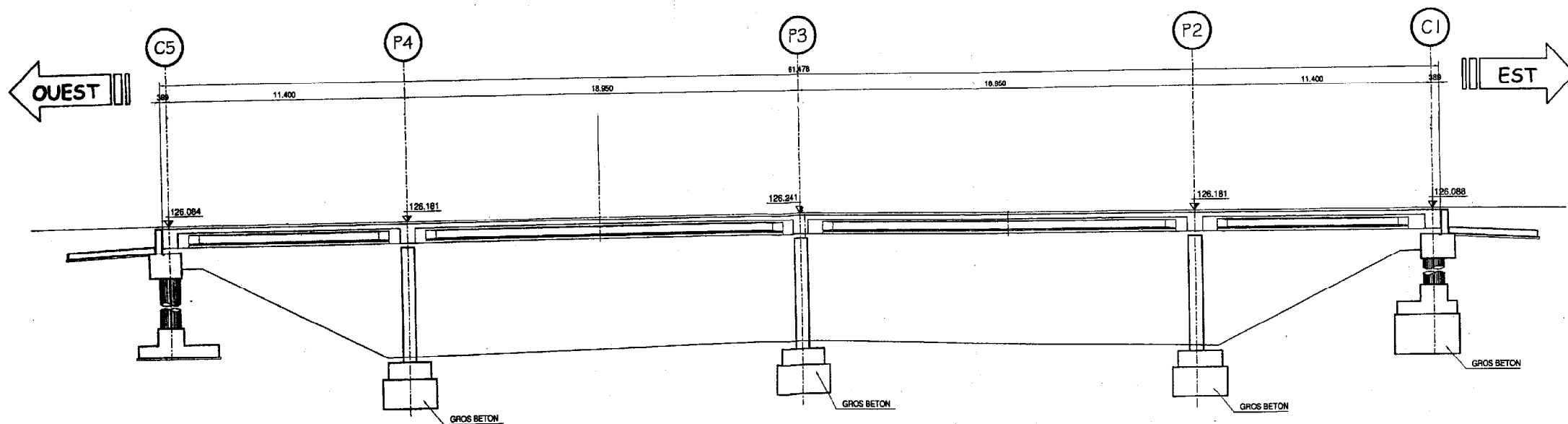
1.4.5. Appareils d'appui

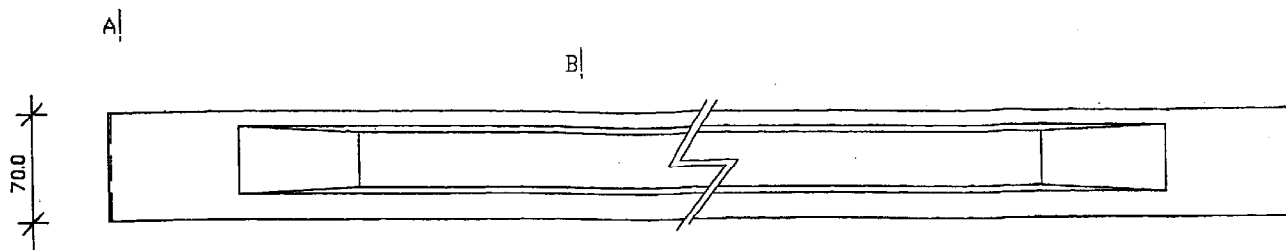
Le tablier repose sur les appuis par l'intermédiaire d'appareils d'appui en néoprène. Afin de permettre son réglage et son remplacement, chaque appareil d'appui est associé à un ou plusieurs emplacements de vérinage du tablier, matérialisés par des bossages en béton. Les bossages supérieurs sur appareils d'appui sont fabriqués à l'aide de dalles préfabriquées.

VUE EN PLAN TABLIER BRUT

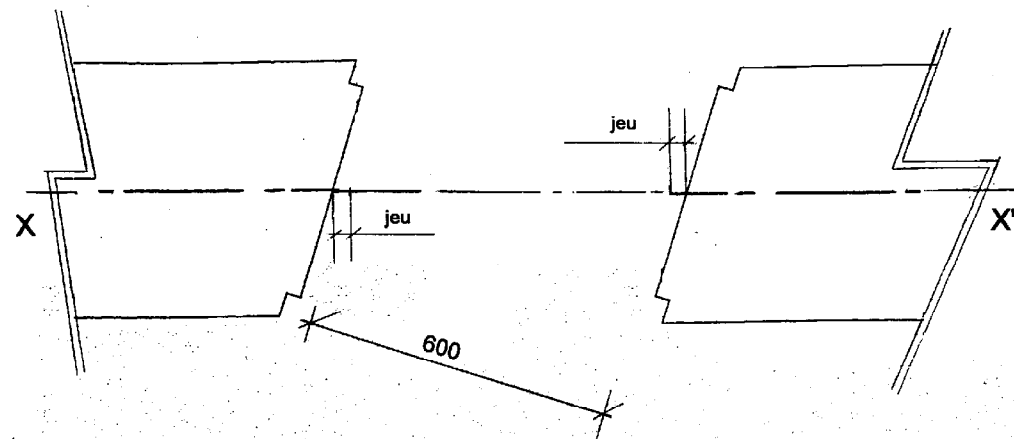
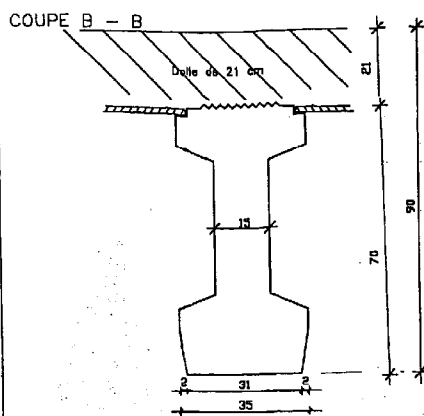
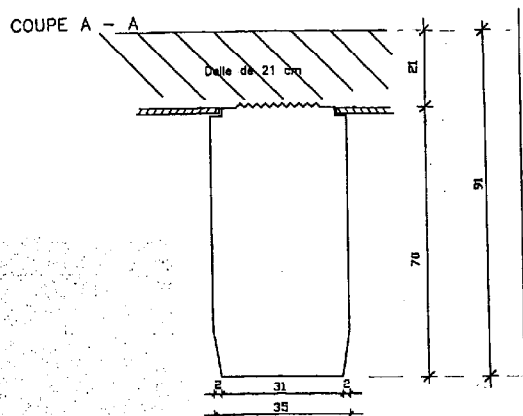


COUPE LONGITUDINALE DANS L'AXE DE L'OUVRAGE

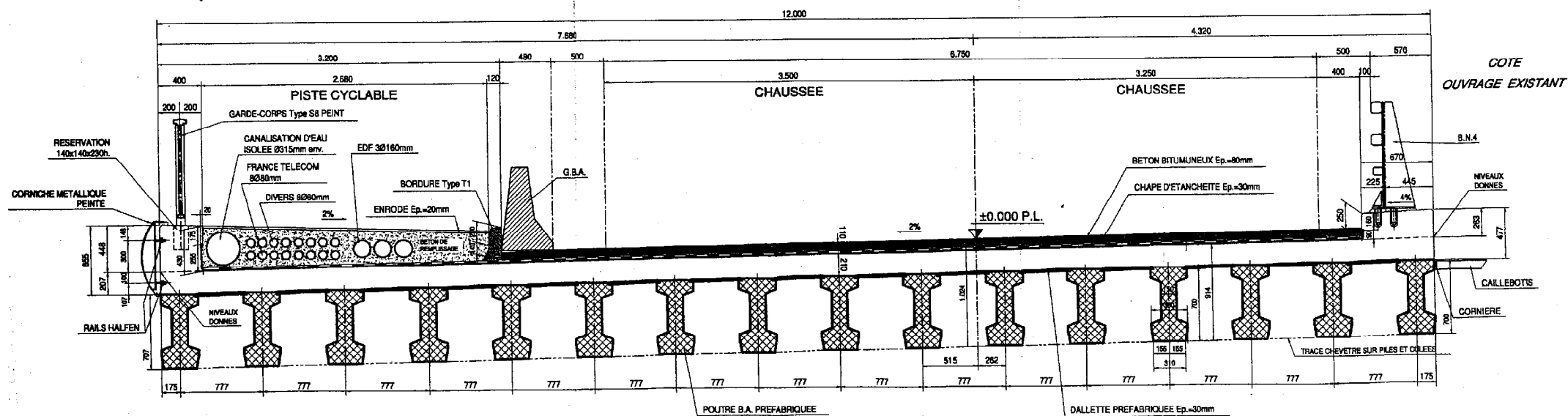
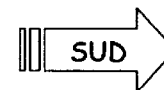




DETAIL B : VUE EN PLAN BIAIS A L'ABOUT

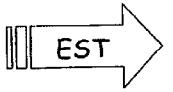


COUPE TRANSVERSALE DROITE



ELEVATION - PILE P4

DOCUMENT TECHNIQUE N°4



VUE EN PLAN FUTS P4

P4



4 APPUIS NEOPRENE 300x450x4 (10+3)

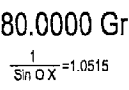


VUE EN PLAN SEMELLE P4

P4

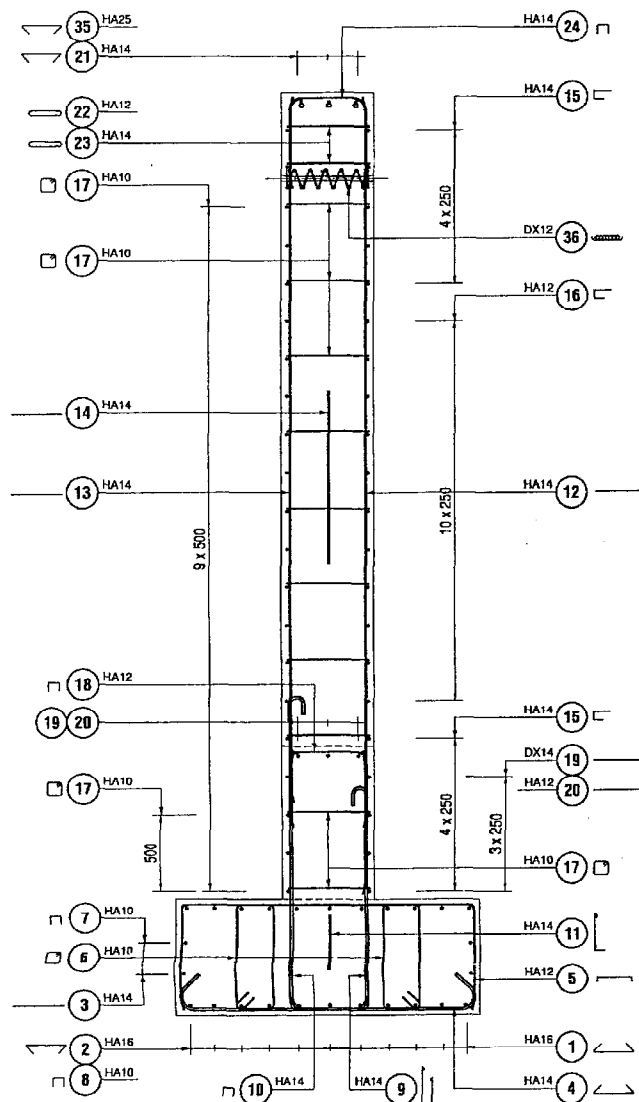


Coté
GE EXISTANT

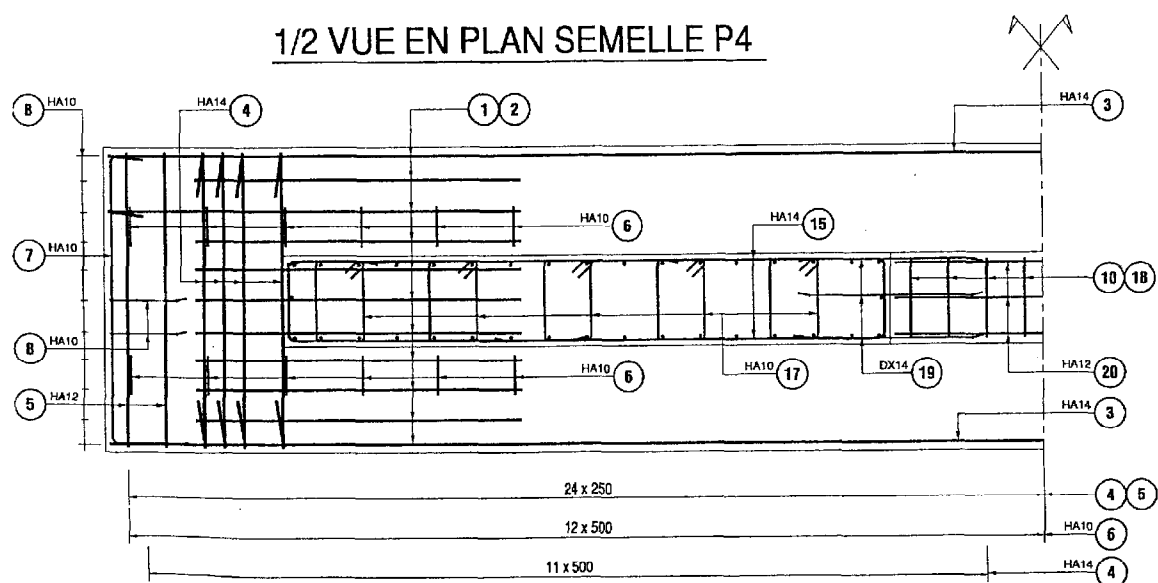


AXE EN PLAN

COUPE P4 -

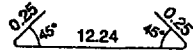
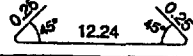
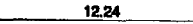
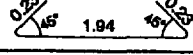
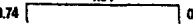
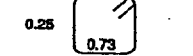
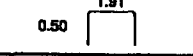
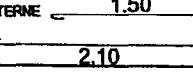
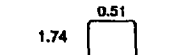
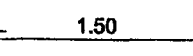
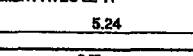
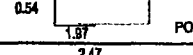
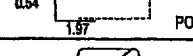
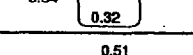
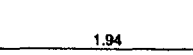
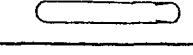


1/2 VUE EN PLAN SEMELLE P4



Sujet

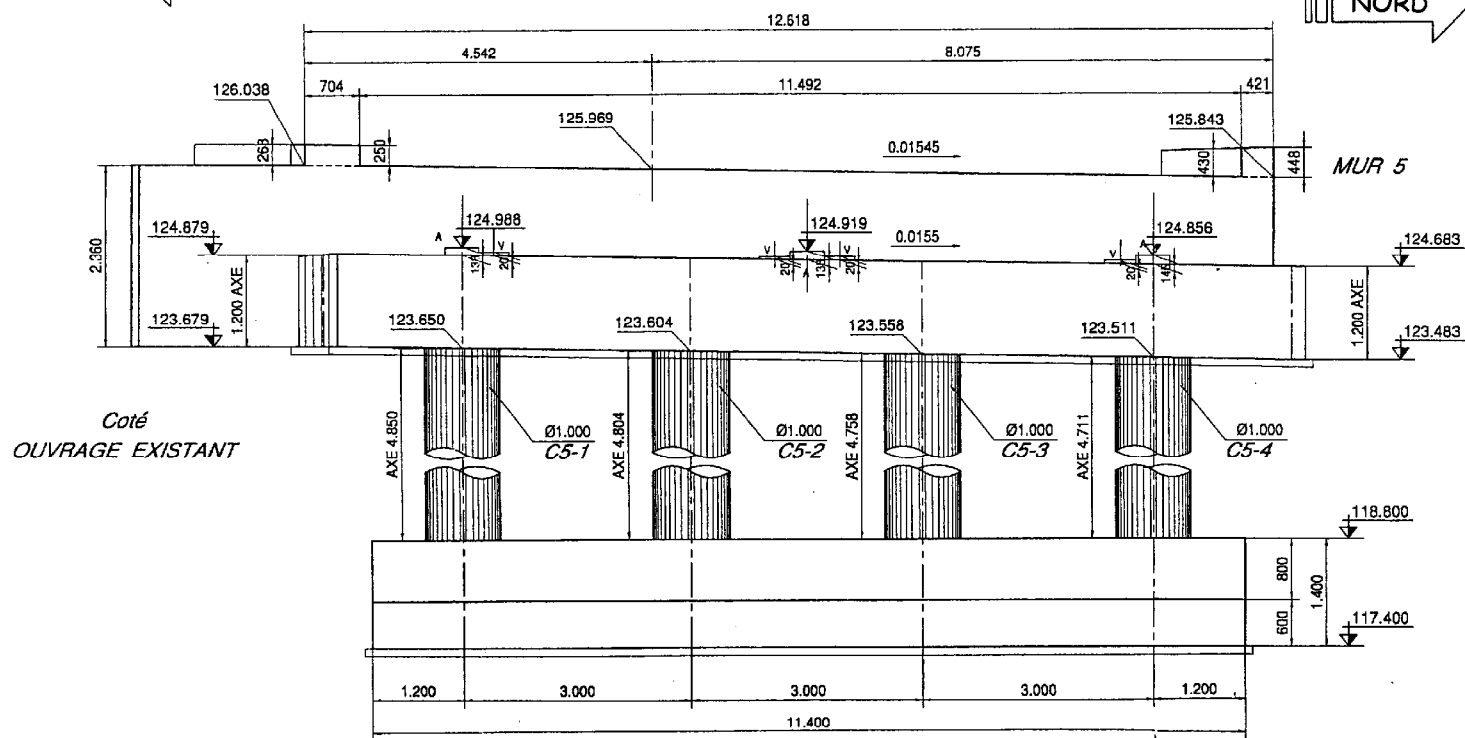
PS 60 - PILES P4

N°	HA/DX	Ø	NOMBRE			Esp.	Long. unitaire	SCHEMA	Long. totale
			Par elem.	D'elem.	TOTAL				
1	HA	16	11	2	22	SEMELLE NAPPE INF.	12.77		280.94
2	HA	16	11	2	22	SEMELLE NAPPE SUP.	12.77		280.94
3	HA	14	4	2	8	SEMELLE	12.24		97.92
4	HA	14	73	2	146	SEMELLE ø=250,500	2.43		354.78
5	HA	12	49	2	98	SEMELLE ø=250	3.37		330.26
6	HA	10	50	2	100	SEMELLE ø=500	2.15		215.00
7	HA	10	4	2	8	SEMELLE FERMETURE	2.84		22.72
8	HA	10	22	2	44	SEMELLE FERMETURE	1.64		72.16
9	HA	14	34	2	68	SEMELLE ATTENTE ø=180,250	4.35	POSITION ALTERNE 	295.80
10	HA	14	8	2	16	SEMELLE ATTENTE ø=250	3.88		62.08
11	HA	14	4	2	8	SEMELLE ATTENTE	1.92		15.36
12	HA	14	34	2	68	FUT ø=180,500	5.24	POSITION ALTERNE AVEC LE 13 	356.32
13	HA	14	34	2	68	FUT ø=180,500	4.64	POSITION ALTERNE AVEC LE 12 	315.52
14	HA	14	4	2	8	FUT	5.24	RECouvreMENT AVEC LE 11 	41.92
15	HA	14	40	2	80	FUT ø=250	5.01	 POSITION ALTERNE	400.80
16	HA	12	44	2	88	FUT ø=250	4.93	 POSITION ALTERNE	433.84
17	HA	10	110	2	220	FUT ø=500	1.91		420.20
18	HA	12	8	2	16	RAIDISSEUR ø=250	1.43		22.88
19	DX	14	22	2	44	RAIDISSEUR ø=250	1.20		52.80
20	HA	12	11	2	22	RAIDISSEUR ø=250	1.94		42.68
21	HA	14	6	2	12	FUT	4.43		53.16
22	HA	12	24	2	48	FUT ø=250	1.36		65.28
23	HA	14	16	2	32	FUT ø=250	1.44		46.08
24	HA	14	34	2	68	FUT ø=180,250	1.60		108.80

ELEVATION - CULEE C5

SUD

NORD

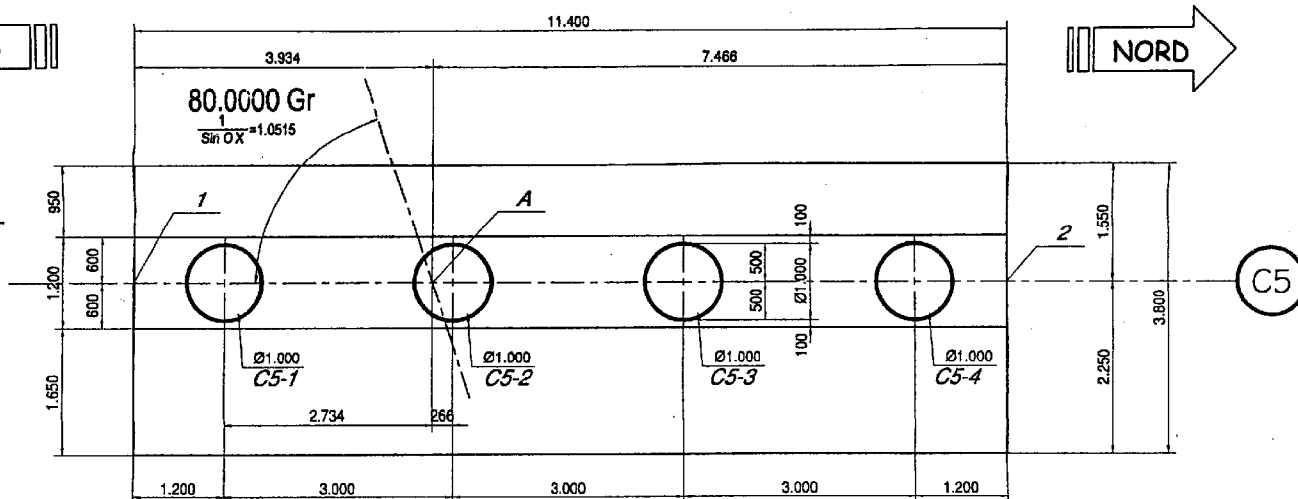


SEMELLE - CULEE C5

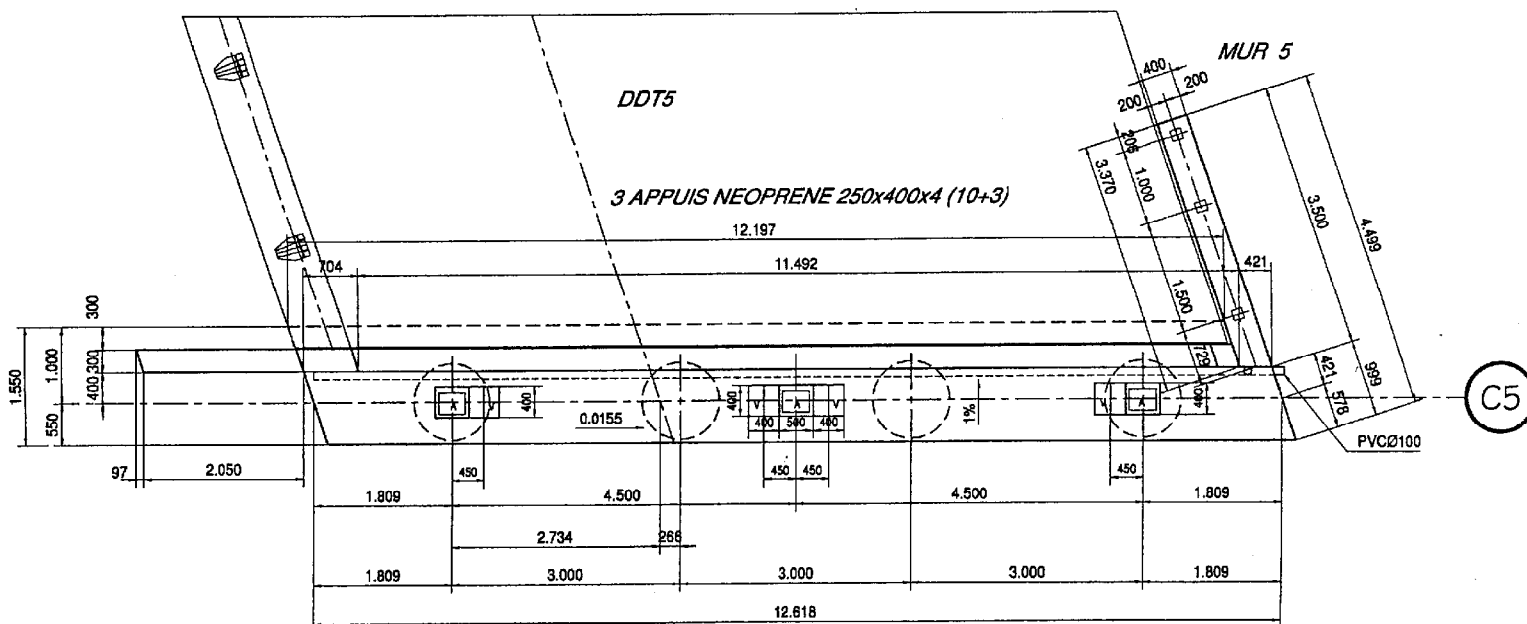
SUD

NORD

Coté OUVRAGE EXISTANT

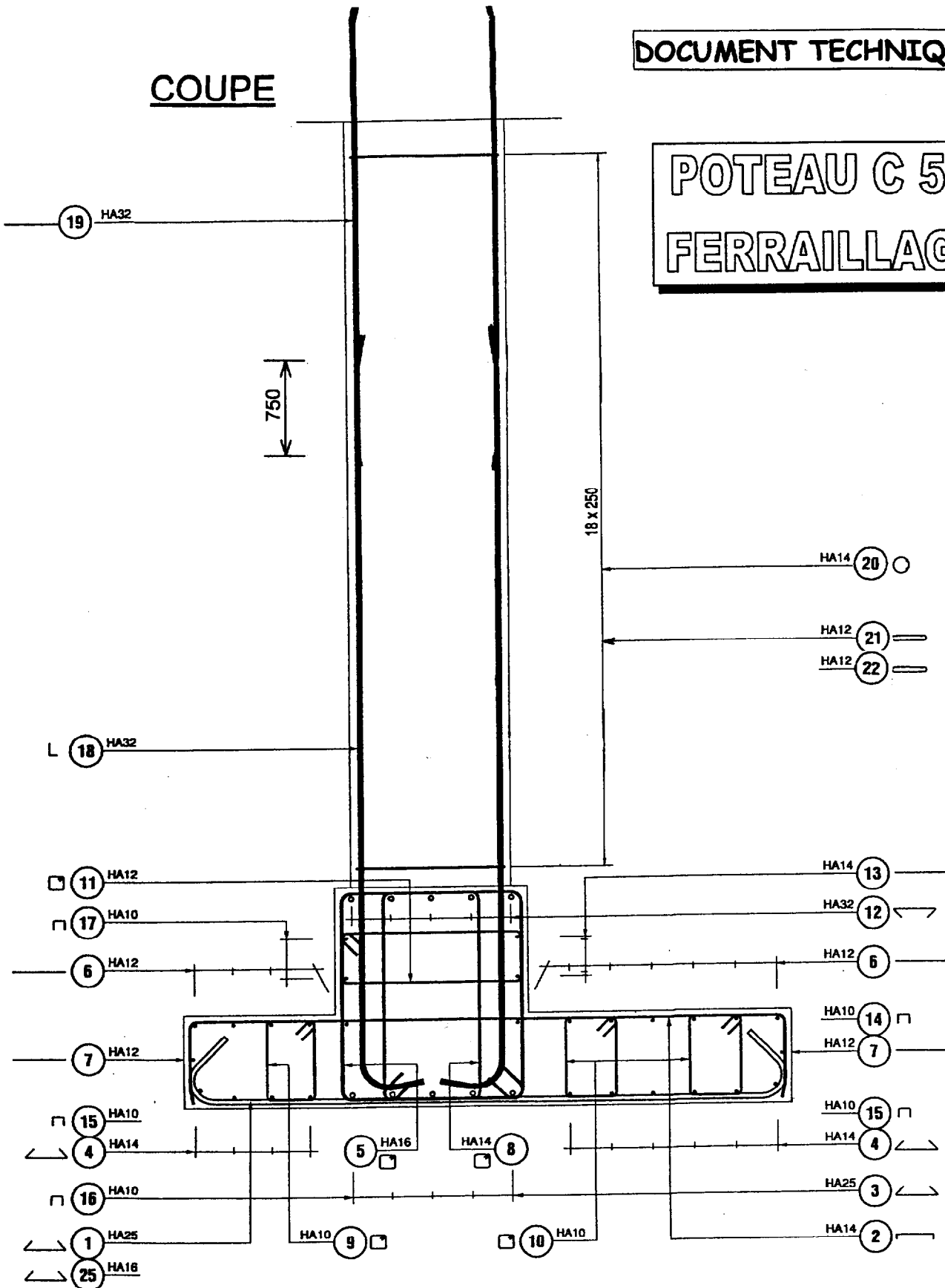


VUE EN PLAN - CULEE C5

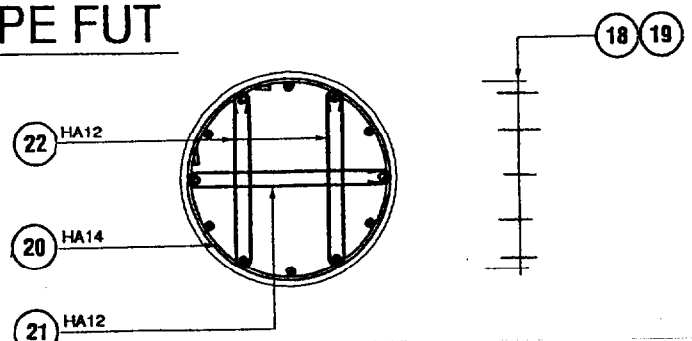


COUPE

POTEAU C 5-1
FERRAILLAGE



COUPE FUT



DOCUMENT TECHNIQUE N°9

Sujet

PS 60 - C5 Semelle poteaux

N°	HA/DX	Ø	NOMBRE			Esp.	Long. unitaire	SCHEMA
			Par elem.	D'elem.	TOTAL			
1	HA	25	46	1	46	SEMELLE ø=250	4.59	
2	HA	14	46	1	46	SEMELLE ø=250	4.75	
3	HA	25	5	1	5	SEMELLE NAPPE INF.	12.19	
4	HA	14	10	1	10	SEMELLE NAPPE INF.	11.83	
5	HA	16	46	1	46	RAIDISSEUR ø=250	5.27	
6	HA	12	12	1	12	SEMELLE NAPPE SUP.	11.34	
7	HA	12	2	1	2	SEMELLE	11.34	
8	HA	14	24	1	24	RAIDISSEUR ø=500	4.15	
9	HA	10	24	1	24	SEMELLE ø=500	1.84	
10	HA	10	48	1	48	SEMELLE ø=500	1.88	
11	HA	12	24	1	24	RAIDISSEUR ø=500	3.15	
12	HA	32	5	1	5	RAIDISSEUR	12.41	
13	HA	14	4	1	4	RAIDISSEUR	11.34	
14	HA	10	2	1	2	SEMELLE FERMETURE	4.64	
15	HA	10	20	1	20	SEMELLE FERMETURE	1.42	
16	HA	10	10	1	10	RAIDISSEUR FERMETURE	2.22	
17	HA	10	4	1	4	RAIDISSEUR FERMETURE	2.03	
18	HA	32	48	1	48	ATTENTE FUT	5.10	
19	HA	32	48	1	48	FUT	2.95	
20	HA	14	76	1	76	FUT ø=250	3.46	
21	HA	12	76	1	76	FUT ø=250	2.16	
22	HA	12	152	1	152	FUT ø=250	1.93	

Extraits du DTU 13.12 : "Règles pour le calcul des fondations superficielles"

chapitre 2 calcul des ouvrages de fondations

2.1 réaction du sol

La réaction du sol sous une structure, au moins définie dans ses grandes lignes, peut être le plus souvent caractérisée par une valeur ultime q_u .

La contrainte de calcul q est la plus petite des 2 valeurs $q_u/2$ et de celle qui dispense de tenir compte des tassements différentiels dans la structure.

COMMENTAIRE

- Il est possible de prendre une contrainte de calcul plus grande que celle définie ci-dessus, sans excéder $q_u/2$, mais il faut alors tenir compte des tassements différentiels prévisibles associés.
- Le rapport de sol a pour objet notamment de préciser la valeur de la contrainte de calcul q .

2.3.4 état-limite de service vis-à-vis de la durabilité

A défaut de justification plus précise sous les combinaisons d'actions de service, dans le cas où la fissuration de la fondation est considérée comme préjudiciable ou très préjudiciable, la section d'armatures obtenue à l'état-limite ultime de résistance doit être majorée respectivement de 10 % ou de 50 %

COMMENTAIRE

Pour la définition des états préjudiciables et très préjudiciable, se reporter aux règles de béton armé en vigueur, actuellement le BAEL 99 .

3.2.2 essais pressiométriques

Les essais pressiométriques permettent de déterminer à différents niveaux les 2 paramètres suivants :

p_l : pression limite

E_M : module pressiométrique.

On calcule ensuite, pour chaque niveau, la pression limite nette correspondante : $p_l^* = p_l - p_o$

où p_o est la contrainte totale horizontale dans le sol au niveau concerné et au moment où l'on fait l'essai.

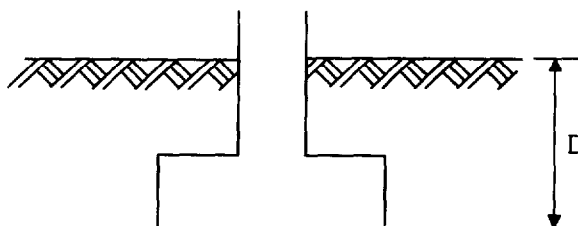
Pour une semelle sous charge verticale centrée de largeur B , de longueur L et d'encastrement D , on a :

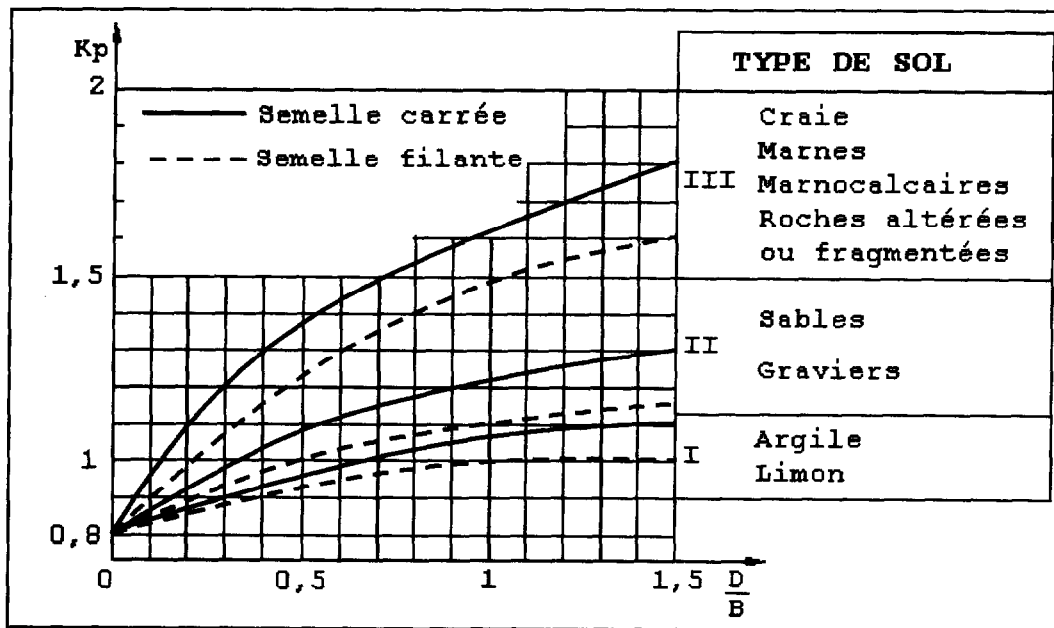
$$q_u = K_p p_l^* + \gamma \cdot D$$

avec γ poids volumique du sol, déjaugé partiellement le cas échéant.

p_l^* est la pression limite nette équivalente calculée comme la valeur moyenne des pressions limites nettes existant sur une profondeur égale à $1.5 B$ située sous la semelle. Les pressions limites nettes étant toutefois plafonnées à 1,5 fois leur valeur minimale sur la profondeur envisagée.

K_p est le facteur de portance qui dépend des dimensions de la fondation, de son encastrement relatif et de la nature du sol. Il est donné par l'abaque de la page suivante :





annexe 2 méthode des bielles

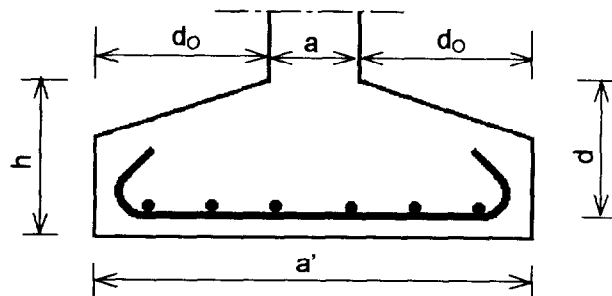
Les notations utilisées dans les annexes sont celles des Règles BAEL 99.

application de la méthode des bielles au calcul des semelles sur le sol

On suppose expressément dans ce qui suit que les réactions du sol sont normales à la surface d'appui de la semelle. En réalité, il s'exerce des forces de frottement qui, en certains cas, peuvent avoir une influence favorable et permettre ainsi de réduire la section des armatures inférieures définies ci-après, mais il importe de ne tenir compte de ces effets que dans le cas d'un banc rocheux sain et franc.

semelles continues sous murs transmettant une charge uniformément centrée

La coupe transversale de telles semelles est conforme au croquis ci-dessous qui définit les notations.



Soit p_u la valeur de la charge de calcul par unité de longueur (à l'état-limite ultime).

L'application de la méthode des bielles implique les conditions :

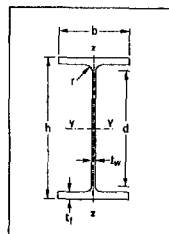
$$\frac{d_0}{2} \leq d \leq 2 d_0 \quad \left(\text{ou } \frac{a' - a}{4} \leq d \leq a' - a \right)$$

La condition $d > d_0/2$ permet de considérer que, dans le cas général des semelles sur sol, il n'est pas nécessaire de procéder à des vérifications concernant l'effort tranchant et la contrainte de compression des bielles ; il n'y a pas lieu, en particulier, de prévoir des étriers ou des barres relevées.

L'aire de la section par unité de longueur de la semelle des armatures inférieures disposées transversalement à son plan moyen a pour valeur :

$$A = p_u \frac{d_0}{4d} \cdot \frac{1}{f_e/\gamma_s} = p_u \frac{a' - a}{8d} \cdot \frac{1}{f_e/\gamma_s}$$

POIDS PAR m.l. (kg)	ϕ (mm)	SECTIONS TOTALES pour un nombre de barres égal à										ϕ (mm)	PERI- METRE (cm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,154	5	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	5	1,57
0,222	6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	6	1,88
0,395	8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	8	2,51
0,617	10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	10	3,14
0,888	12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	12	3,77
1,208	14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	14	4,40
1,578	16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	16	5,03
2,466	20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	20	6,28
3,853	25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	25	7,85
6,313	32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	32	10,05
9,865	40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66	40	12,57



Poutrelles H européennes
à larges ailes/à très larges ailes

HE - HL

Profilés	Dimensions						Masse par mètre	Aire de la section	Surface de peinture		Profilés	Caractéristiques de calcul											Moment d'inertie de torsion	Moment d'inertie de gauchissement			
									P	A																	
	h	b	tw	tf	r	d								mm	cm ²	m ² /m	m ² /t	Iy	Wely	Iz	Welz	Ix			Wex	Iy	Wely
HE 600 AA	571	300	12,0	15,5	27	488	128,8	164,1	2,272	17,64	HE 600 AA	91871,9	3217,9	23,86	3823,1	81,3	8082,0	486,1	6,53	724,5	97,7	149,80	5380,87				
HE 600 A	590	300	13,0	26	27	488	177,8	226,5	2,308	12,98	HE 600 A	141208,1	4786,7	24,87	6350,4	93,2	11269,1	761,3	7,06	1156,7	165,2	397,81	8978,20				
HE 600 B	600	300	15,5	30	27	488	211,9	270,0	2,323	10,06	HE 600 B	171041,1	6701,4	25,17	6426,1	110,8	13626,1	901,7	7,08	1391,1	198,6	867,18	10685,38				
HE 600 M	620	305	21,0	40	27	488	285,6	383,7	2,372	8,31	HE 600 M	237447,5	7668,8	26,85	8772,1	148,7	18996,3	1243,7	7,22	1930,4	264,1	1564,10	15907,59				

Extrait des règles de calcul des constructions en acier :

4. - RÉSISTANCE DES SECTIONS

4.1. - Règle générale

Dans une section, la résistance à des sollicitations simples ou complexes est assurée tant qu'il est possible de trouver dans cette section une distribution de contraintes plastiquement admissibles qui équilibre ces sollicitations.

Pour les sections courantes, les règles plus détaillées ci-dessous donnent la résistance ultime en section, c'est-à-dire les limites dans lesquelles les sollicitations doivent être maintenues. Ces sollicitations respecteront alors la règle générale énoncée ci-avant.

4.3. - Moment de flexion

Le moment de flexion dans une section ne doit pas être supérieur au moment de plastification conventionnel de la section :

$$M \leq M_p$$

avec : $M_p = Z \sigma_s$

Z = module plastique de la section