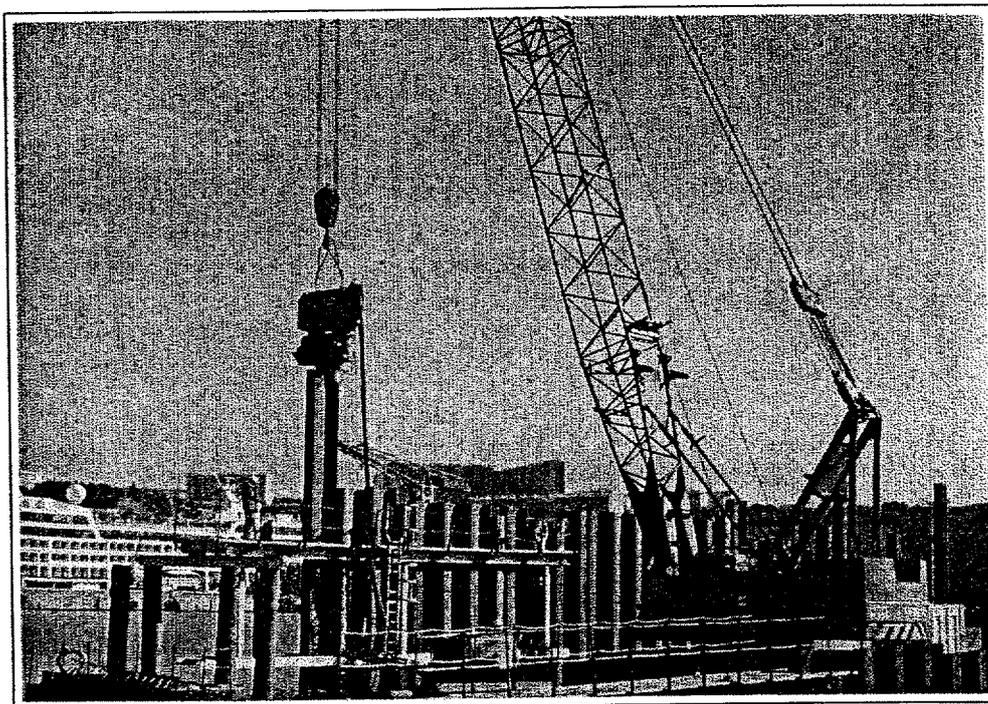


*Session 2007*  
*Brevet de Technicien Supérieur*  
*Travaux Publics*

Épreuve E4 : Étude des ouvrages  
Unité U.4.2 : technologie des constructions



Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Ce dossier comporte les documents suivants :

- un dossier « Présentation » (3 pages A3);
- un dossier « Sujet-Réponses » (9 pages A3);
- un dossier « Technique » (8 pages A3).

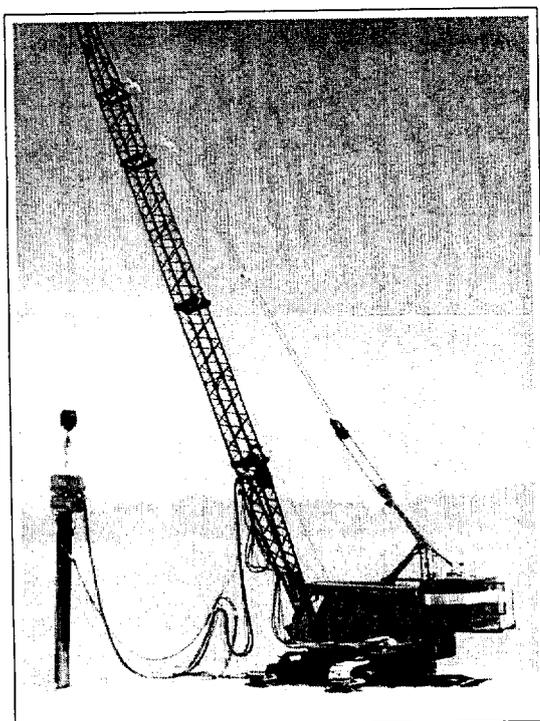
AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ  
CALCULATRICE INTERDITE

TOUS LES RENSEIGNEMENTS NON FOURNIS SONT LAISSÉS À L'INITIATIVE DU CANDIDAT

*Session 2007*  
*Brevet de Technicien Supérieur*  
*Travaux Publics*

Épreuve E4 : Étude des ouvrages  
Unité U.4.2 : technologie des constructions

## DOSSIER « PRÉSENTATION »



Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Ce dossier comporte les documents suivants (6 pages) :

- une présentation générale de l'ouvrage et un barème indicatif ;
- des plans de présentation de l'ouvrage sans échelle normalisée.

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ  
CALCULATRICE INTERDITE

TOUS LES RENSEIGNEMENTS NON FOURNIS SONT LAISSÉS À L'INITIATIVE DU CANDIDAT

# AMÉNAGEMENT D'UN POSTE PÉTROLIER

## 1 Description de l'ouvrage

L'étude a pour objet la réalisation d'ouvrages maritimes et terrestres, relatifs à l'aménagement du poste K1, dans le port pétrolier de Lavéra. Les ouvrages sont à réaliser à l'emplacement du poste existant ; ils permettront l'accostage et la tenue à quai de barges de 120, 000 m de long. L'état actuel est donné à la figure (1). On y repère la zone de travaux dans la zone portuaire.

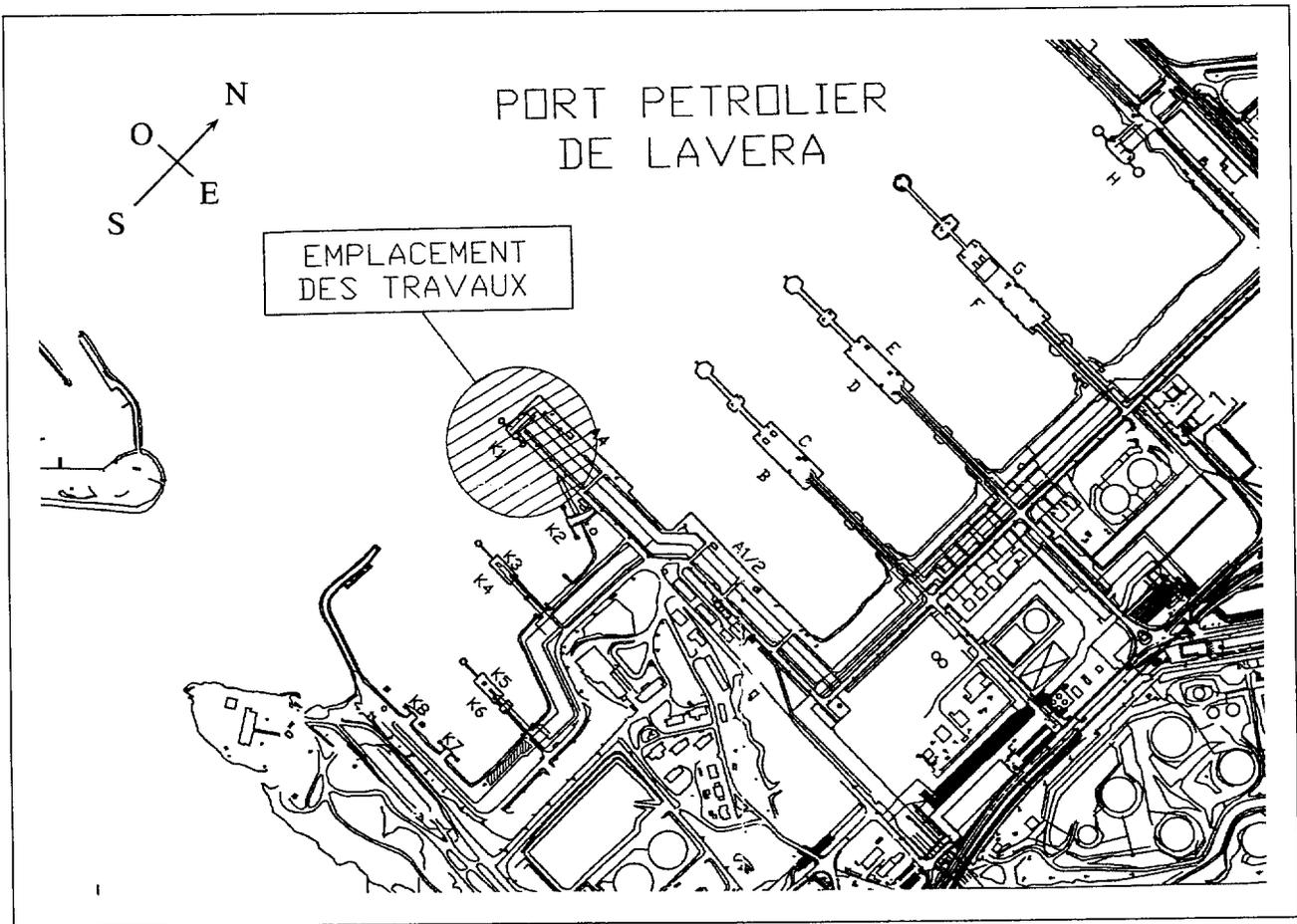


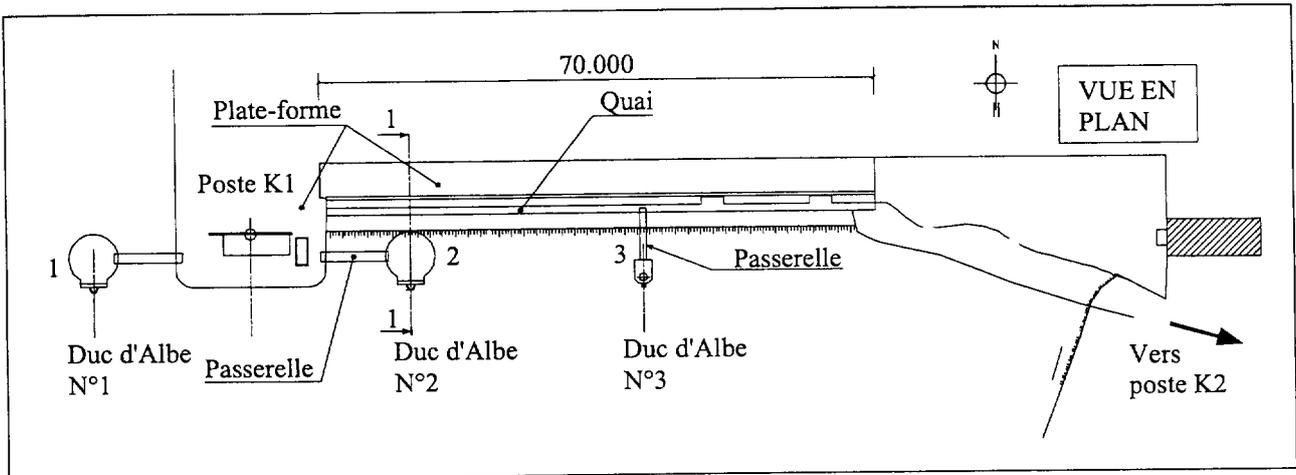
FIG. 1 – Situation actuelle et définition de la zone de travaux

## 2 Ouvrages existants

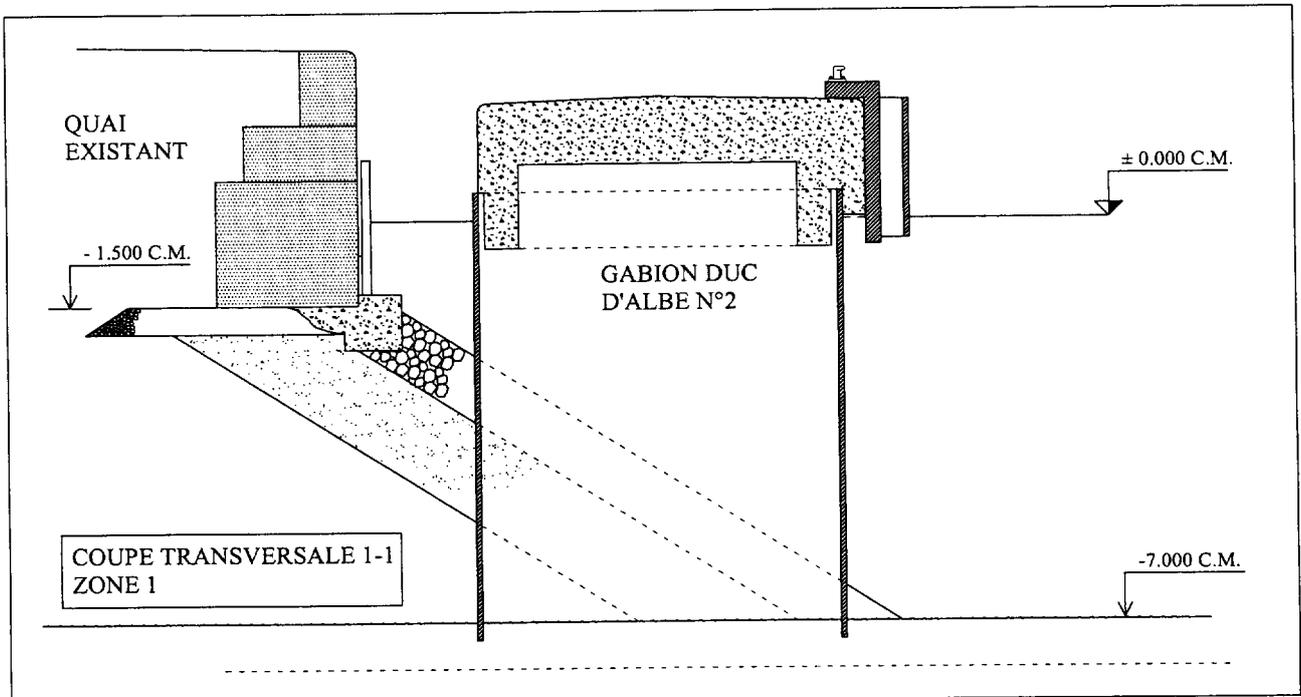
Situé en extrémité ouest de môle, le poste K1 se compose (cf. fig. 2) :

- d'une plate-forme centrale et de 3 ducs d'Albe d'amarrage et d'accostage (numérotés 1, 2 et 3 sur la figure 2(a)). L'infrastructure des ducs d'Albe N°1 et 2 est constituée de gabions en palplanches métalliques ; leur superstructure est composée d'une dalle en béton armé faisant piston sur le remblai interne. Le duc d'Albe N°3, plus récent, est constitué d'un monotube relié au quai par une passerelle piétonne.

- d'un quai en blocs de béton fondés à la cote  $-1,500$  C.M., reposant sur un cavalier en ballast ; 15 piles de blocs sont alignées sur  $70,000$  m de longueur.



(a) Ouvrages existants - plan général



(b) Situation avant travaux - coupe 1-1

FIG. 2 - Situation avant travaux

### 3 Nature des travaux

Ce projet concerne plusieurs zones de travaux distinctes. Il s'agit de (cf. fig. 3) :

- extension de la plate-forme centrale sur la zone 1 ;
- création d'un duc d'Albe supplémentaire N° 4 (ne fait pas partie de l'étude) ;
- extension de la souille et mur de soutènement sur la zone 2 ;
- différents travaux de voiries, réseaux divers et reprise de la plate-forme sur les zones 1 et 2.

Ces différentes zones sont indiquées sur la figure (3).

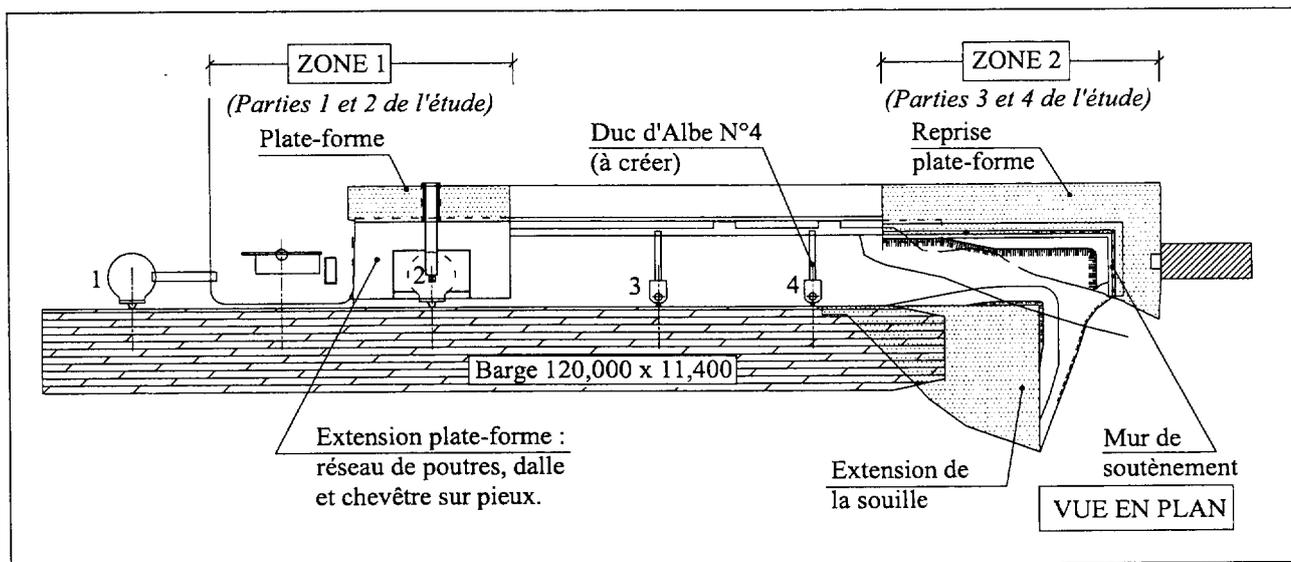


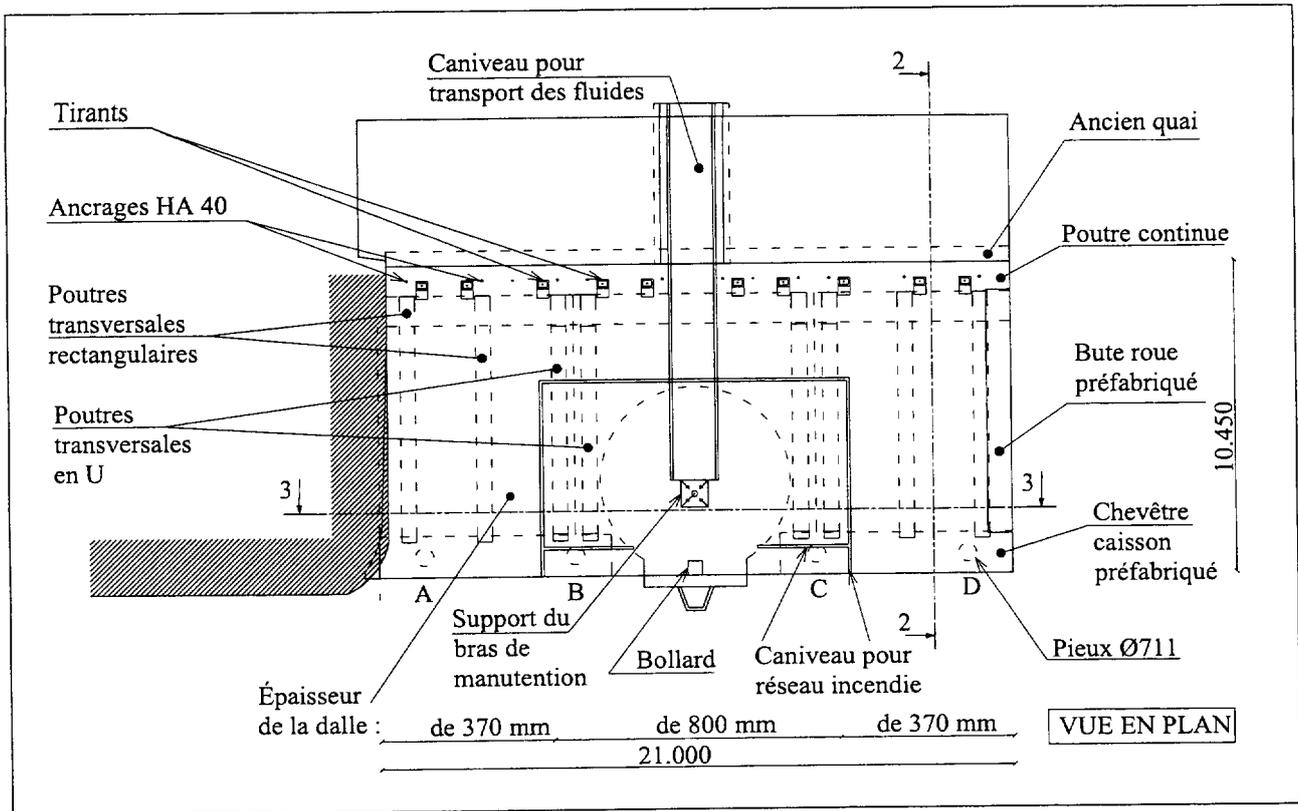
FIG. 3 - Projet

#### 3.1 Extension de la plate-forme centrale (fig. 4)

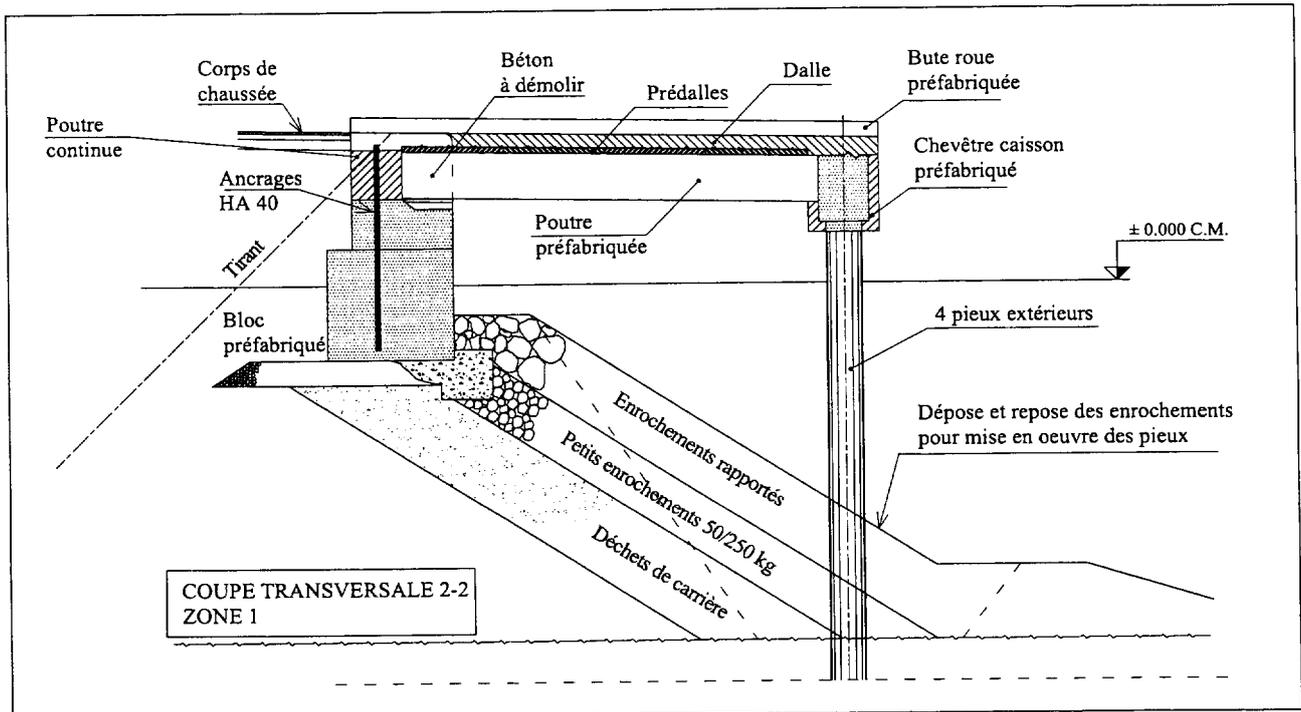
L'extension aura une forme rectangulaire en plan. Elle sera constituée :

- d'une dalle constituée de prédalles et de béton coulé en place ;  
La partie centrale est renforcée car elle reçoit le bollard d'amarrage, un bras de manutention et un caniveau à l'arrière (transport de fluides) ;
- de poutres transversales préfabriquées prenant appui :
  - à l'avant sur 2 chevêtres fondés sur pieux métalliques,
  - à l'arrière sur l'ancien quai partiellement démoli,
  - elles sont réunies par une poutre continue coulée en place, qui est liée au mur de quai par des ancrages HA 40, et stabilisée par une file de tirants.

Le gabion central (duc d'Albe N°2) est conservé et reprendra les efforts d'accostage. De ce fait, la plate-forme est désolidarisée du gabion.



(a) Situation après travaux, zone 1



(b) Situation après travaux, zone 1

FIG. 4 – Travaux sur zone 1, la cotation est quasiment absente afin de faciliter le repérage des éléments

### 3.2 Extension de la souille et mur de soutènement (fig. 5)

Le but de ces travaux est d'obtenir un fond de souille à  $-4,500$  C.M. , et de tenir le remblai de la digue :

- dépose d'enrochements, déroctage, terrassements de talus et du terre plein, réglages de talus ;
- construction d'un mur de soutènement en béton armé de  $31,000$  m de long avec retour de  $9,000$  m, fondé sur 22 micro-pieux inclinés de  $15^\circ$  sur deux rangées.  
Une glissière de sécurité GS2 est fixée sur le mur.
- reconstitution d'un talus avec carapace en enrochements.

### 3.3 Travaux de voirie, réseaux divers et reprise de la plate-forme sur les zones 1 et 2

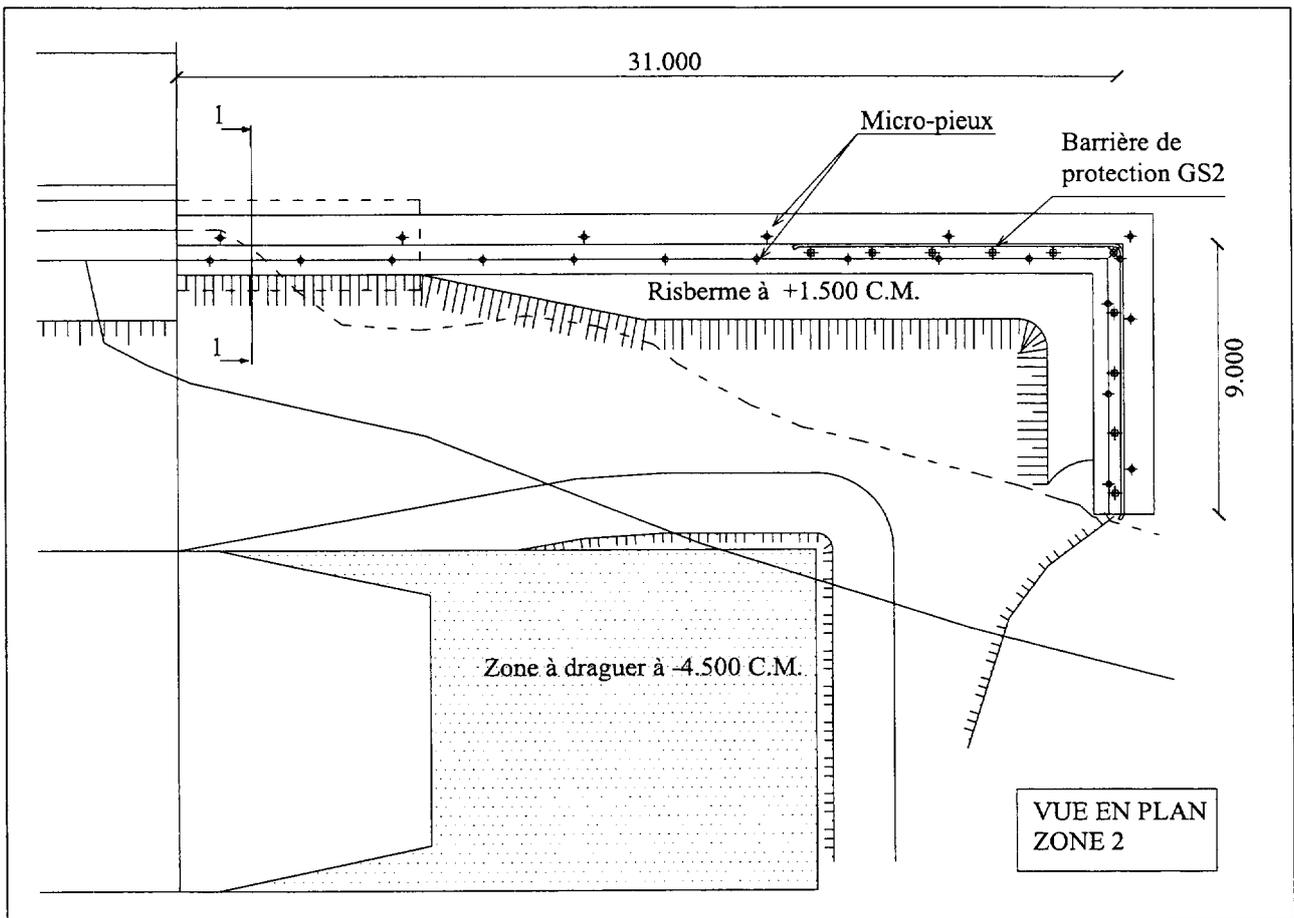
En arrière des zones de travaux 1 et 2 :

- substitution de  $2,000$  m de remblai et mise en place d'une couche de forme qui supporte les couches d'assises et le béton bitumineux de la couche de roulement.

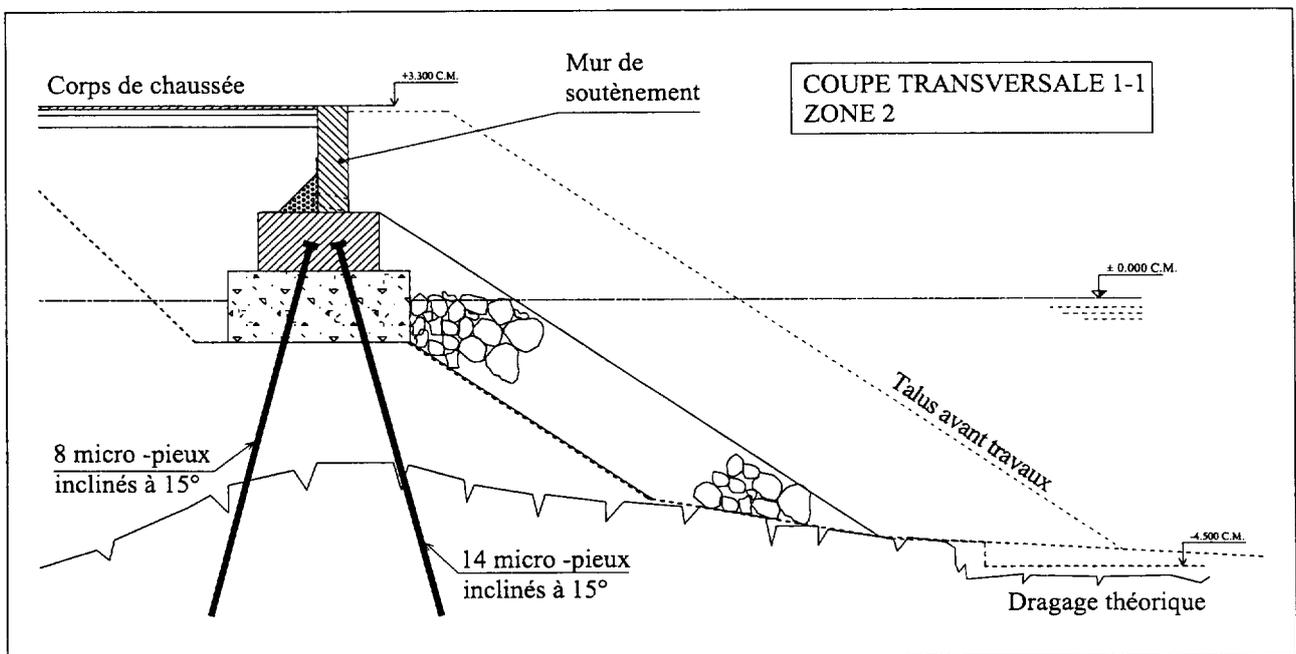
## Objet de l'étude

Votre travail consiste à étudier successivement 2 zones de travaux indépendantes (cf. fig. 3) :

- ZONE 1 : études du sol et des fondations (partie 1) et de la plateforme en béton armé (partie 2) ;
- ZONE 2 : études du mur de soutènement (partie 3) et du remblai et de la chaussée (partie 4).



(a) Situation après travaux, zone 2



(b) Situation après travaux, zone 2

FIG. 5 – Travaux sur zone 2, souille et mur de soutènement

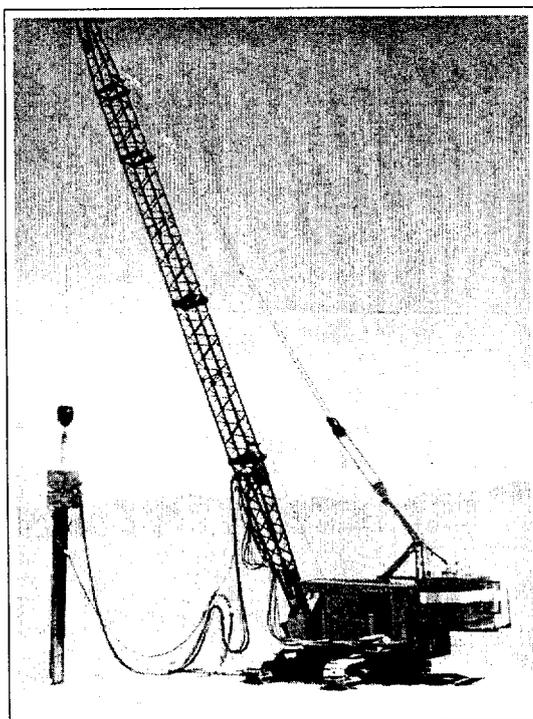
*Session 2007*

*Brevet de Technicien Supérieur*

*Travaux Publics*

Épreuve E4 : Étude des ouvrages  
Unité U.4.2 : technologie des constructions

## DOSSIER « SUJET – RÉPONSES »



Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Ce dossier comporte les documents suivants :

- les 18 pages de support.

**Aucune copie supplémentaire n'est acceptée et ce document est à remettre en fin d'épreuve.**

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

CALCULATRICE INTERDITE

TOUS LES RENSEIGNEMENTS NON FOURNIS SONT LAISSÉS À L'INITIATIVE DU CANDIDAT

# 1 Plate-forme : sol et fondations (55 points)

## 1.1 Étude des sols (10 points) ..... DT1

Les caractéristiques géotechniques du site sont données par 4 sondages pressiométriques repérés (N° 6035, 6036, 6037, 6038). Les résultats du sondage N° 6035 (au niveau du pieu A) sont donnés dans le tableau suivant :

Couche	Ép. [m]	Cote base NGF [m]	Poids vol. $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$C_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$p_l$ [MPa]	$E$ [MPa]
C1 :	1,200	+1,555	20	–	0	35	1,00	9,0
C2 :	4,800	-3,250	18	–	0	27	0,25	2,5
C3 :	5,500	-8,750	19	–	0	30	0,45	3,5
C4 :	7,000	-15,750	20	–	0	35	1,00	9,0
C5 :	5,000	-20,750	18	65	0	27	0,45	3,5
C6 :	1,000	-21,750	19	170	0	30	1,90	15
Base sondage C7		-26,750	24	–	–	–	$\geq 10$	1000

1. Définir les caractéristiques mesurées en complétant le tableau suivant ; citer les essais qui permettent de les obtenir (8 points) :

Caractéristiques	Définition .....	Essai .....
$C_u$	..... .....	..... .....
$c', \phi'$	..... .....	..... .....
$p_l$	..... .....	..... .....
$E$	..... .....	..... .....

2. Expliquer ce qu'est une vase consolidée, et avec quel essai on peut déterminer son degré de consolidation (2 points) ?

.....

.....

.....

.....

1.2 Pieux du chevêtre (25 points) .....DT1, DT3

Chaque chevêtre est un caisson préfabriqué, supporté par 2 pieux métalliques armés et bétonnés. Ces tubes métalliques sont de diamètre 711 mm et d'épaisseur 11,5 mm. Ils seront ancrés dans le substratum marno-calcaire d'au moins un diamètre après dégarnissage localisé en base des pieux (représenté sur les vues du phasage par des talus en traits interrompus). Ils seront recépés sur une hauteur de 1,000 m. Ils sont de qualité soudable et livrés en longueurs pouvant atteindre 25,000 m.

Deux systèmes de cotes d'altitudes sont utilisés :

- les cotes N.G.F. pour les ouvrages terrestres,
- les cotes C.M. pour les cotes marines.

La relation entre les deux systèmes de cotes d'altitude est :  $\pm 0,000$  N.G.F. =  $+0,329$  C.M.

1. Calculer à la main la longueur minimum nécessaire du pieu A sachant que le toit du substratum est à  $-21,750$  N.G.F.. Faire un schéma faisant apparaître le détail du calcul (5 points). .....

.....

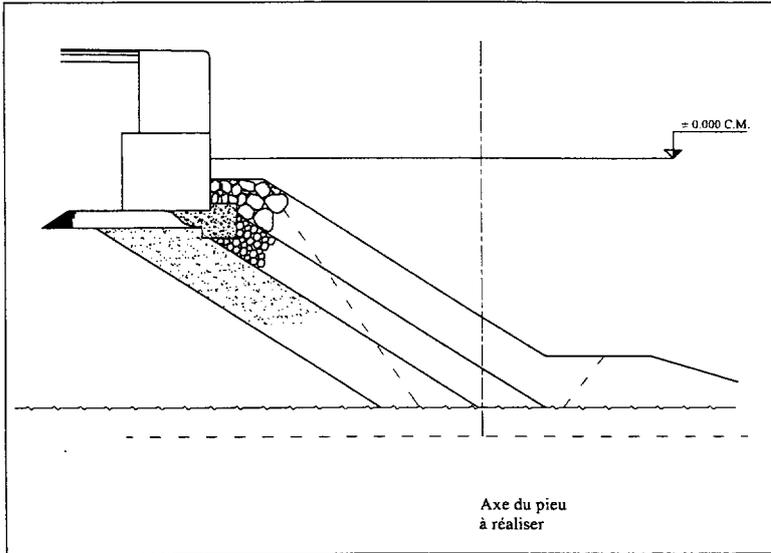
.....

2. Établir, à l'aide de schémas commentés (cf. pages 3, 4), le mode opératoire d'exécution d'un pieu, jusqu'au recépage compris (15 points).

Vous préciserez : les matériels utilisés, les outils, les opérations élémentaires, les contrôles, les niveaux. ....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

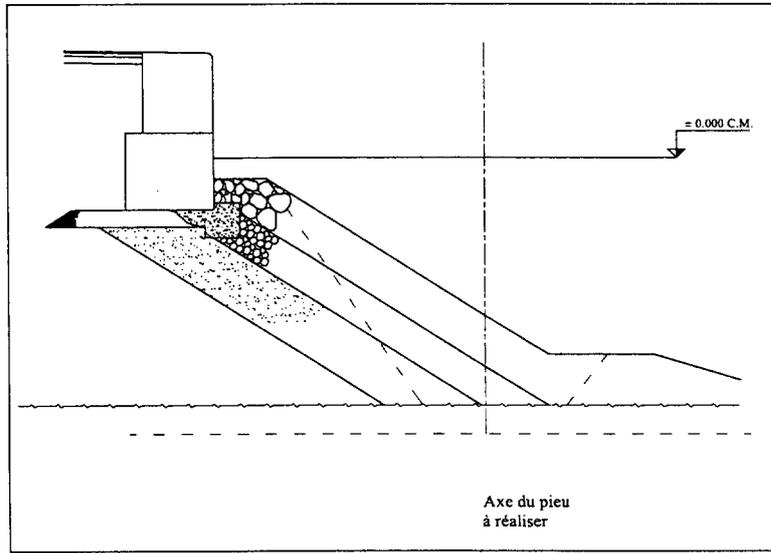
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

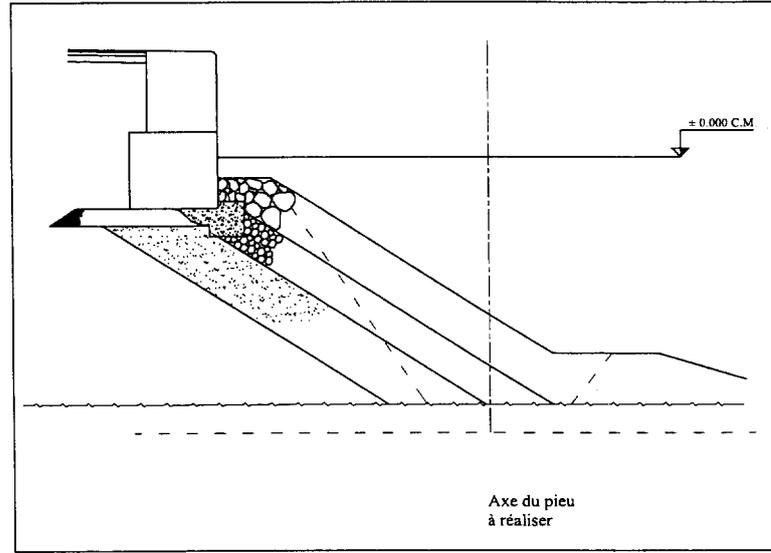
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

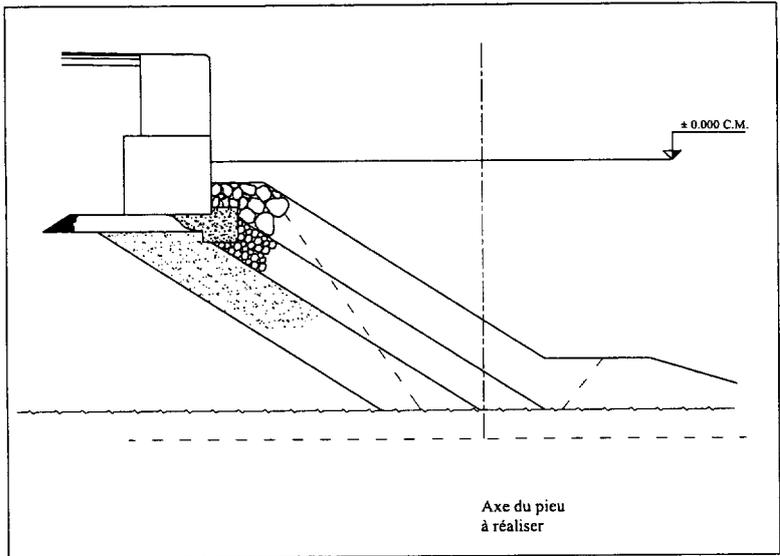
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

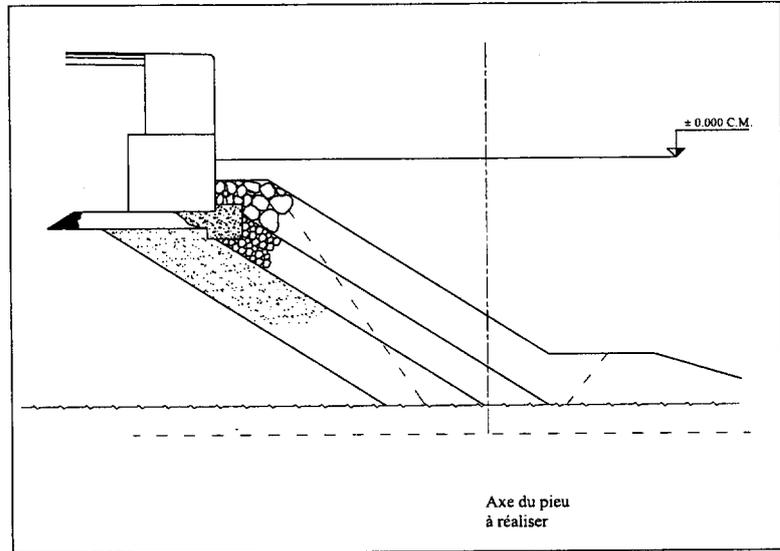
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

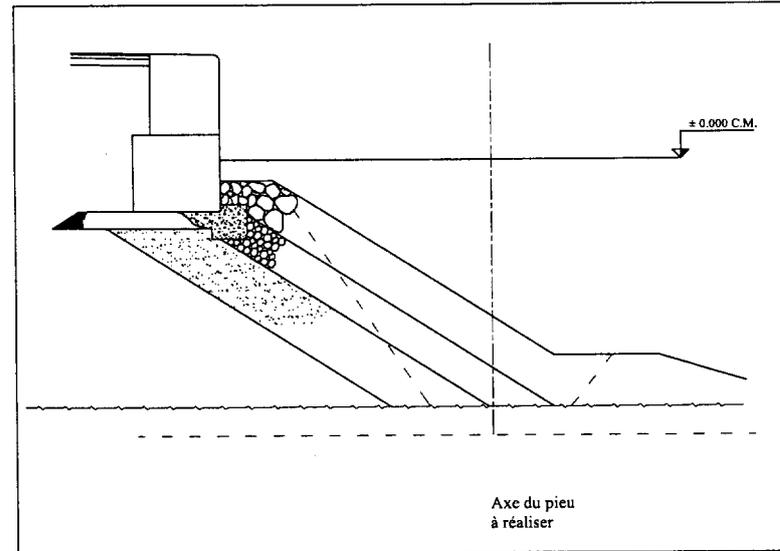
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

.....

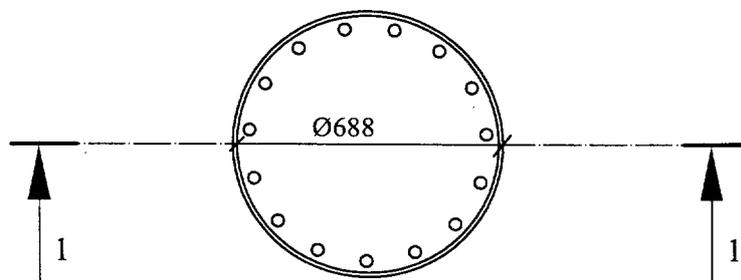
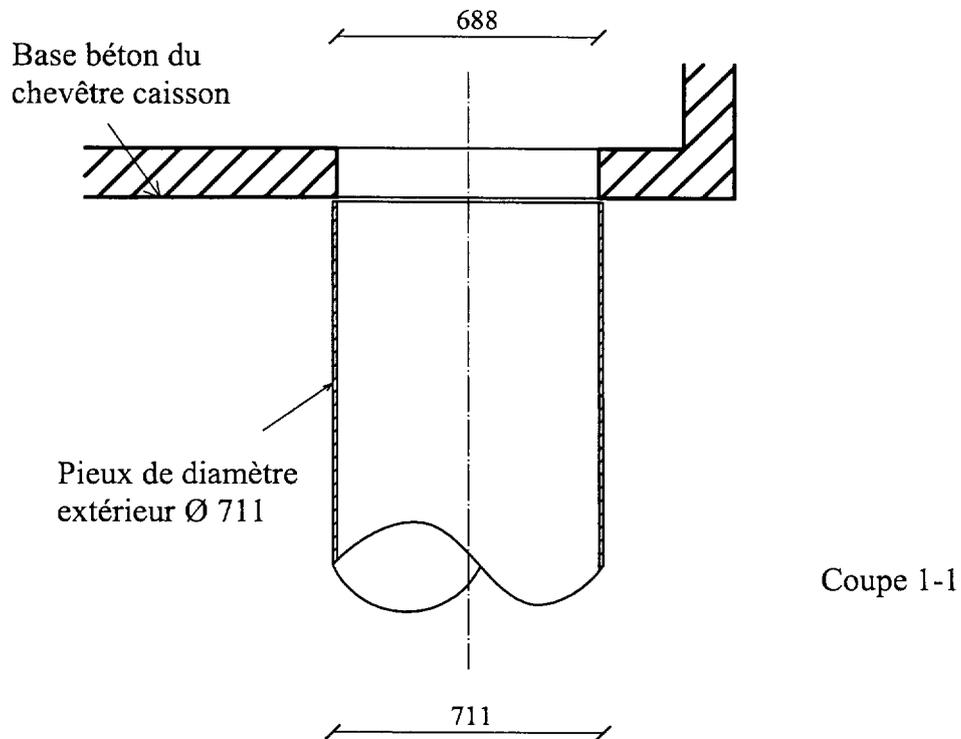
.....

.....

.....

.....

3. Le pieu étant recépé, proposer à l'aide de croquis explicatifs sur les figures ci-dessous, un système de support intermédiaire du chevêtre préfabriqué, fixé en tête du pieu et assurant une surface d'appui suffisante au chevêtre pendant les phases de réalisation de la plate-forme (5 points).



Échelle : 1/20

**1.3 Tirants d’ancrage (20 points) ..... DT3**

Il s’agit de tirants monobarre Ø40, type GEWI, à double protection. On donne les caractéristiques suivantes :

- longueur de scellement dans le marno-calcaire : 5,500 m ;
- traction lors de la mise en service : 1 800 kN/tirant.

1. S’agit-il d’un tirant actif ou passif ? Justifier votre réponse (2 points).

.....

.....

.....

.....

2. Représenter sur les figures p. 7 :

- en coupe transversale à la plate-forme, le tirant en mettant en évidence les 3 parties constitutives d’un tirant d’ancrage, et ses dimensions approximatives.
  - le détail de la tête du tirant dans la poutre arrière et des réservations à prévoir ;
- en précisant les principaux composants, leurs positions (15 points).

3. Lister le matériel nécessaire à sa mise en œuvre (3 points).

.....

.....

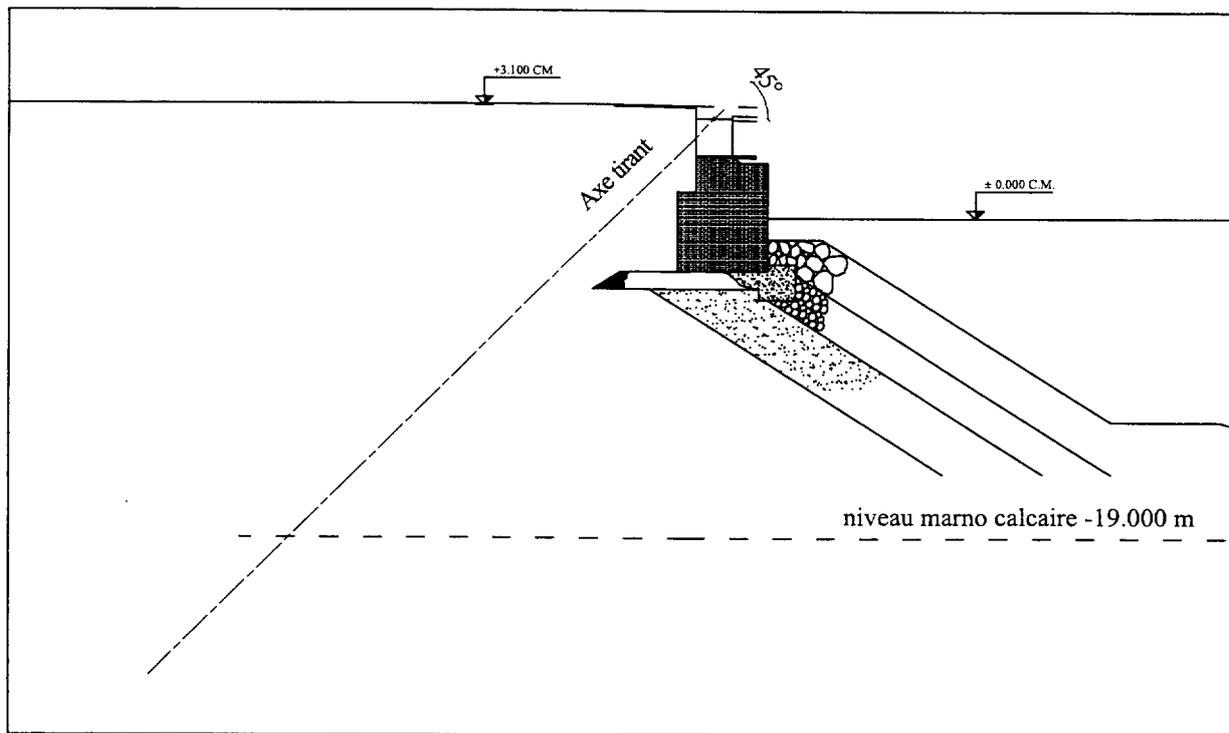
.....

.....

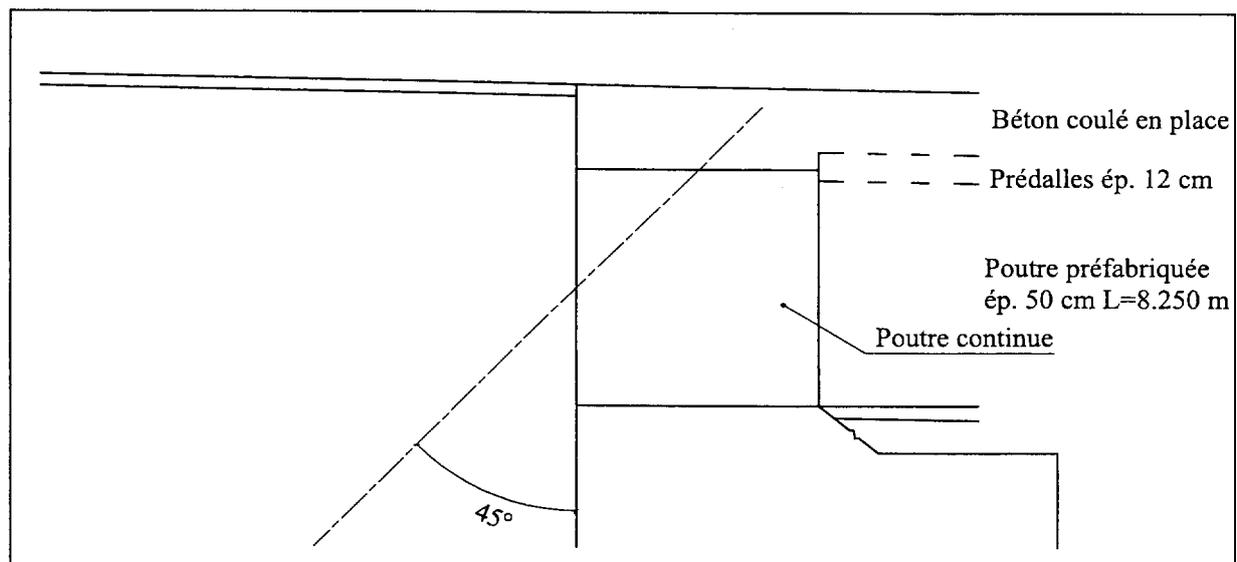
.....

.....

.....



(a) Vue générale de l'implantation du tirant (sans échelle normalisée)



(b) Section du quai, avec vue de détail du tirant (sans échelle normalisée)

## 2 Plate-forme en béton armé (70 points)

### 2.1 Bétons de la plate-forme (10 points) .....DT7 à DT12

Les variations altimétriques sont négligeables dans cette zone géographique. Les ouvrages sont quotidiennement exposés à de nombreux embruns, voire inondables en cas de tempêtes.

1. À partir des extraits de la norme NF EN 206-1 et de vos connaissances sur les matériaux (granularité, consistance), remplir le tableau suivant p. 8 pour les différents bétons. On précise que le ciment utilisé n'est pas un CEM III.

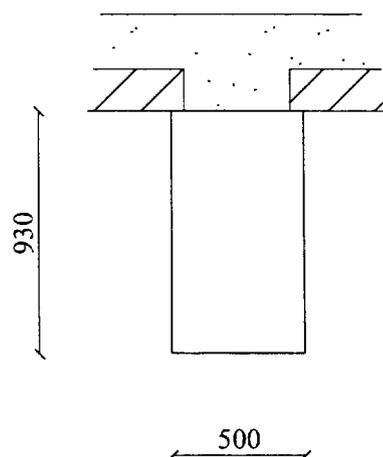
Partie d'ouvrage	Classe d'exposition	Classe de résistance	Granularité ( $D_{max}$ )	Classe de consistance	Classe de chlorures
Béton de structure : dalles, poutres, chevêtres					
Béton de pieu					

## 2.2 Armatures de principe d'une poutre transversale (20 points) ...

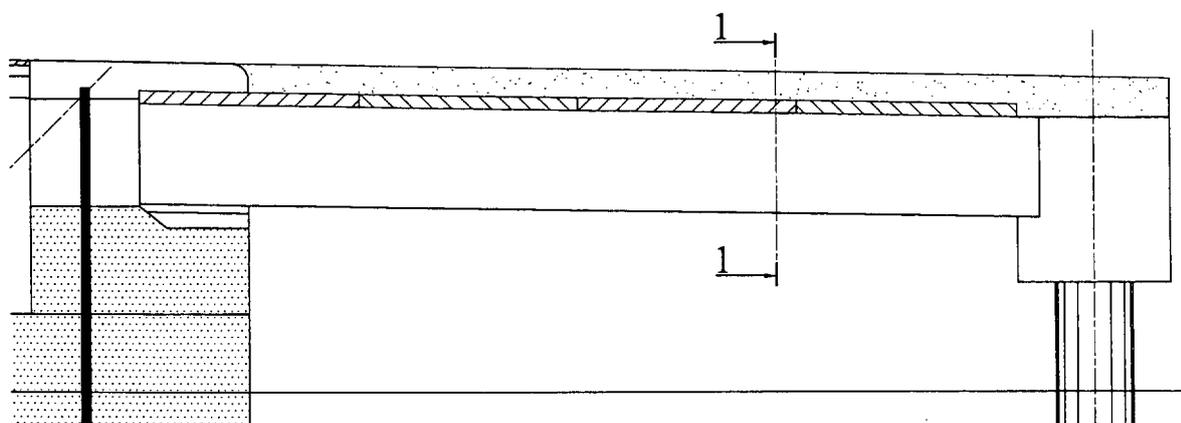
1. Effectuer, sur les figures ci-dessous, les dessins des armatures de principe (de la partie préfabriquée et de la partie coulée en place) de façon à assurer des encastresments sur le chevêtre et la poutre continue. Placer aussi :

- les armatures de peau ;
- les boucles de levage ;
- les aciers transversaux.

COUPE 1-1



ÉLEVATION



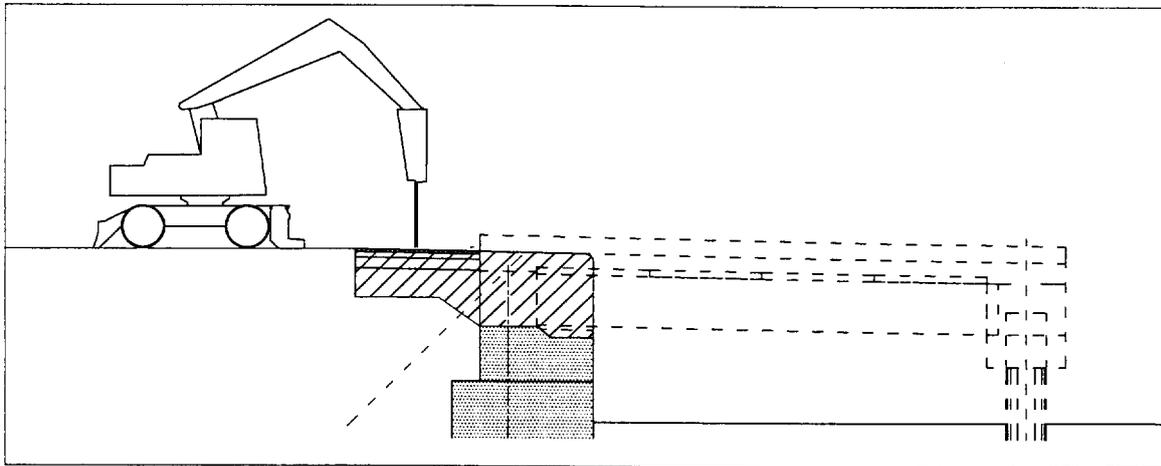
Élevation et coupe sans échelle

### 2.3 Phasage de réalisation de la plate-forme (40 points).DT2 à DT6

De manière à ne pas déstabiliser le quai :

- on procède d'abord au réaménagement du talus jusqu'au rocher, aux terrassements pour l'extension de la souille et au dégarnissage localisé pour la mise en place des pieux ;
- l'ensemble des pieux est ensuite réalisé ;
- les ouvrages en béton armé sont ensuite réalisés, puis les remblais et la chaussée.

Le chevêtre est un caisson préfabriqué (pour éviter des coffrages en place) qui reçoit les poutres transversales. Il est ensuite ferrillé, bétonné.

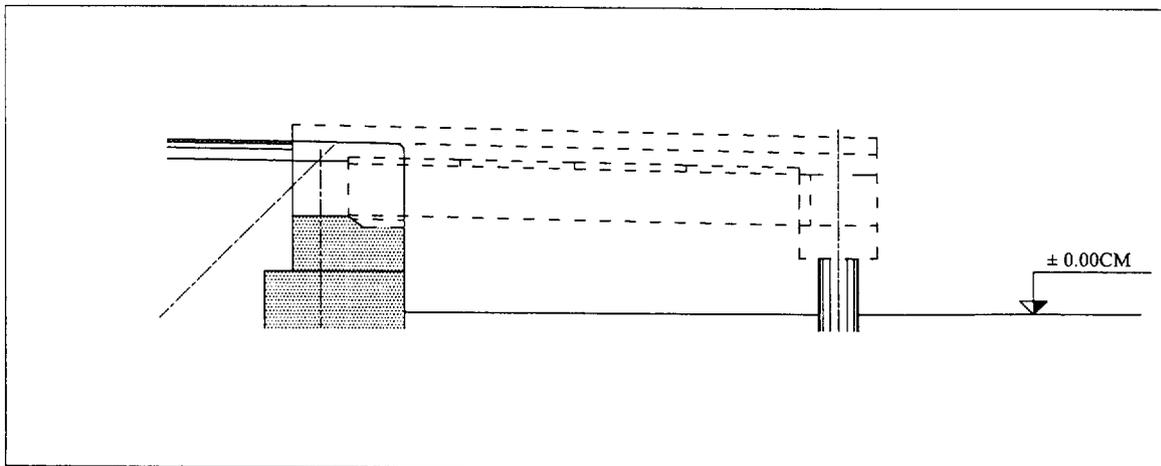


..... 1 : Démolition ancien quai sur environ 21,000 m de longueur .....

.....

.....

.....



.....

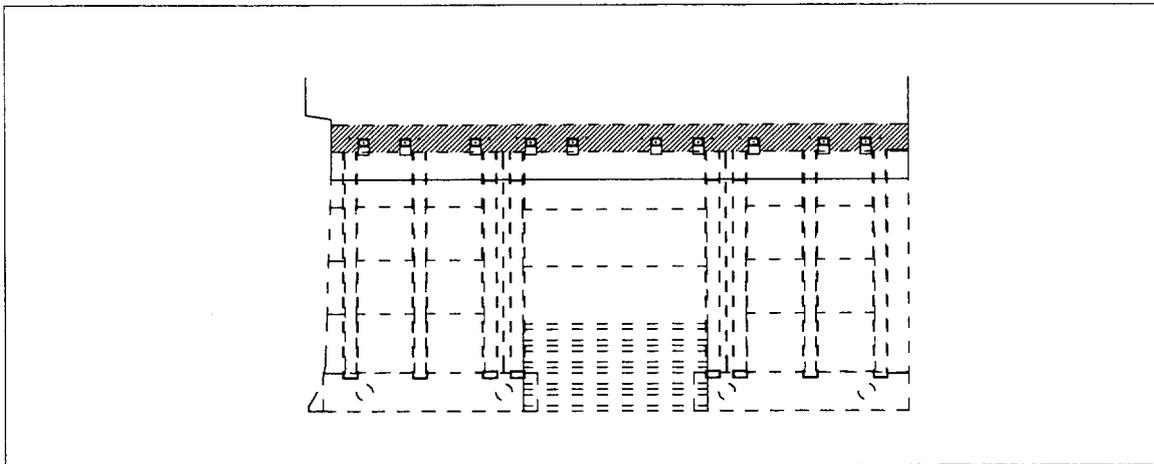
.....

.....

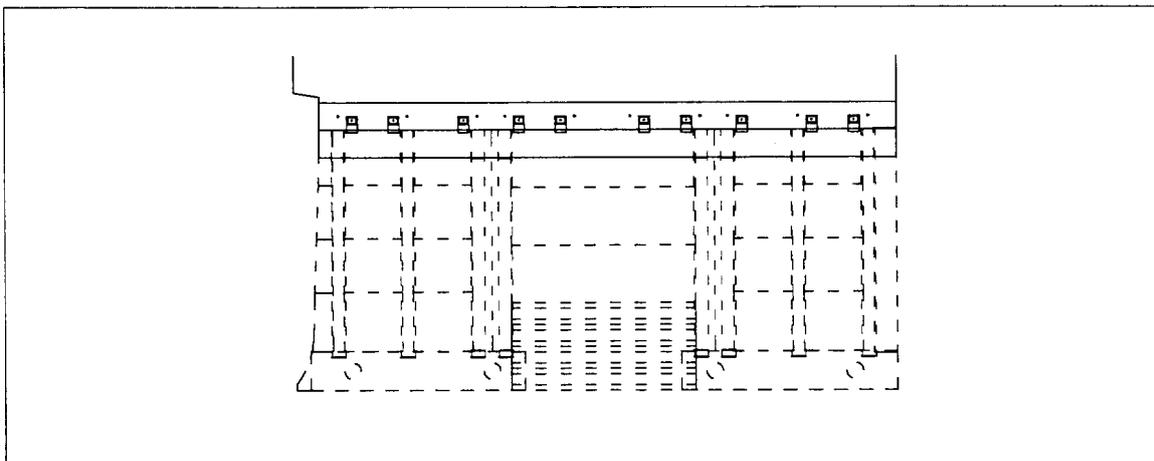
.....

1. Établir le phasage de réalisation de la plate-forme à partir du moment où les pieux sont terminés y compris les têtes. La représentation restera schématique. Il est inutile de définir avec précision le contour des pièces.
  - plusieurs phases peuvent être représentées sur une vue ;
  - à chaque phase, on noircira *uniquement* les éléments à réaliser ;
  - aucune cote ;
  - légender chaque phase sous la figure.

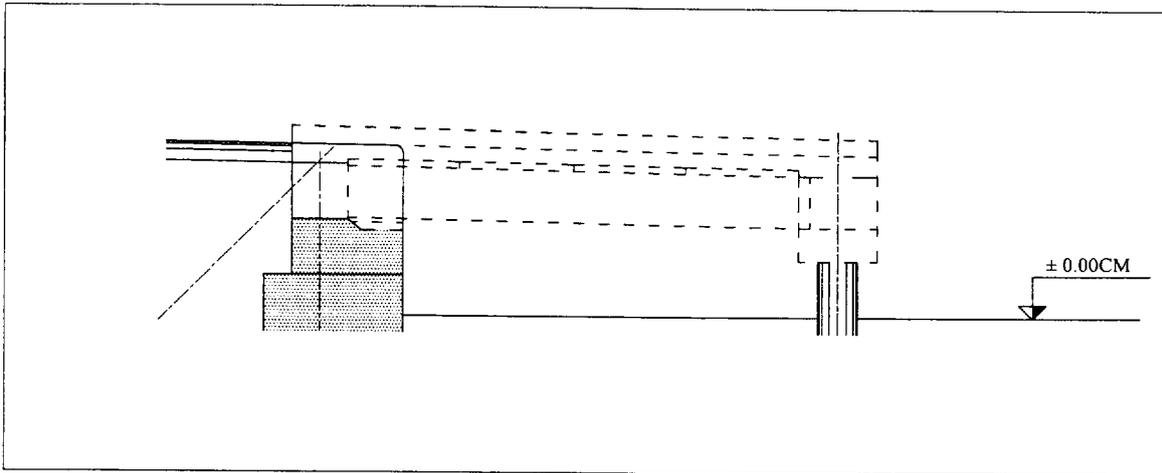
La première phase est donnée afin de montrer ce qui est attendu du candidat. Elle peut être utilisée comme point de départ.



..... 1 : Démolition ancien quai sur environ 21,000 m de longueur .....



.....

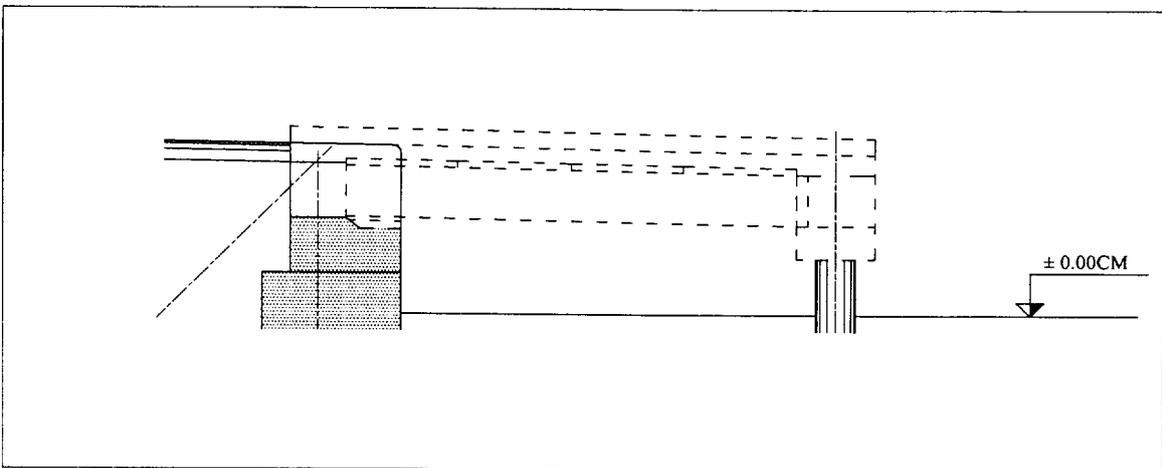


.....

.....

.....

.....

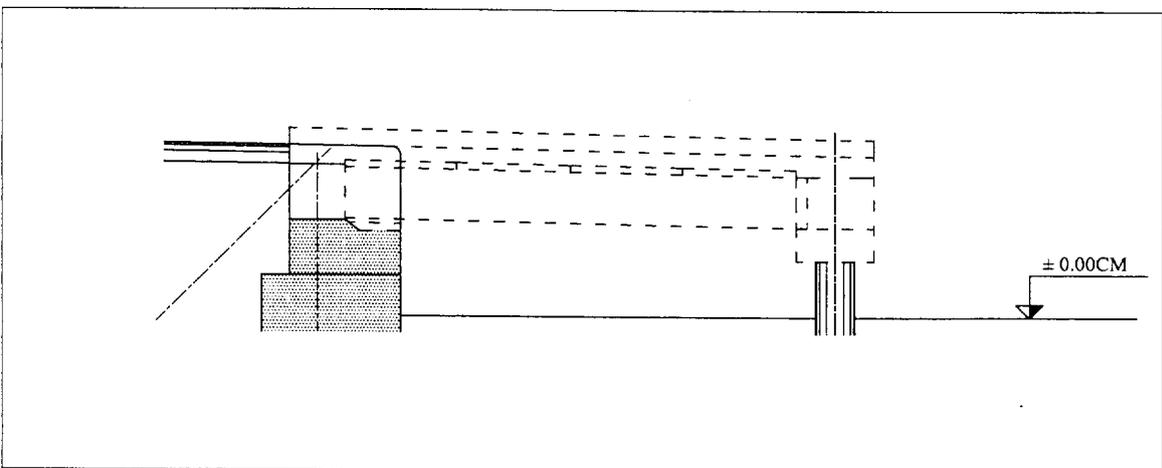


.....

.....

.....

.....

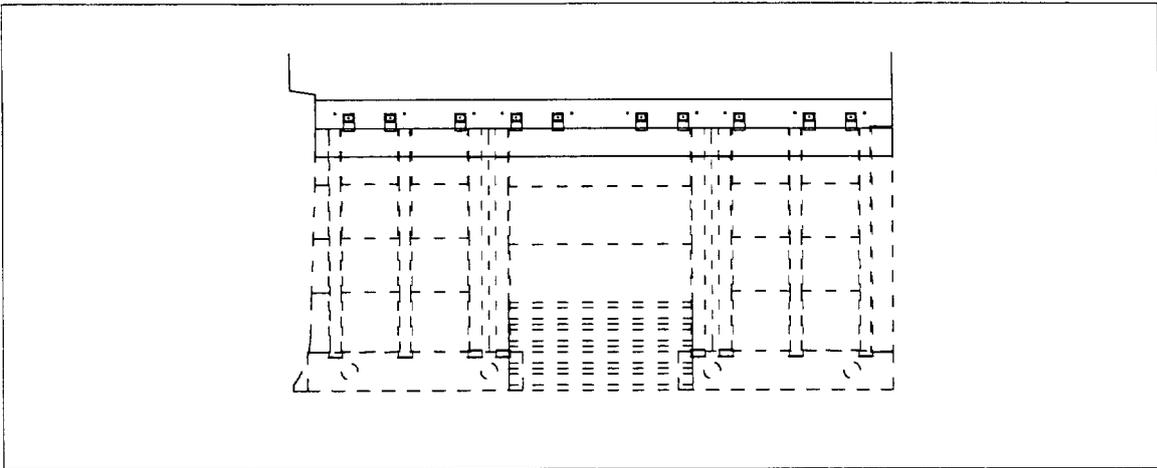


.....

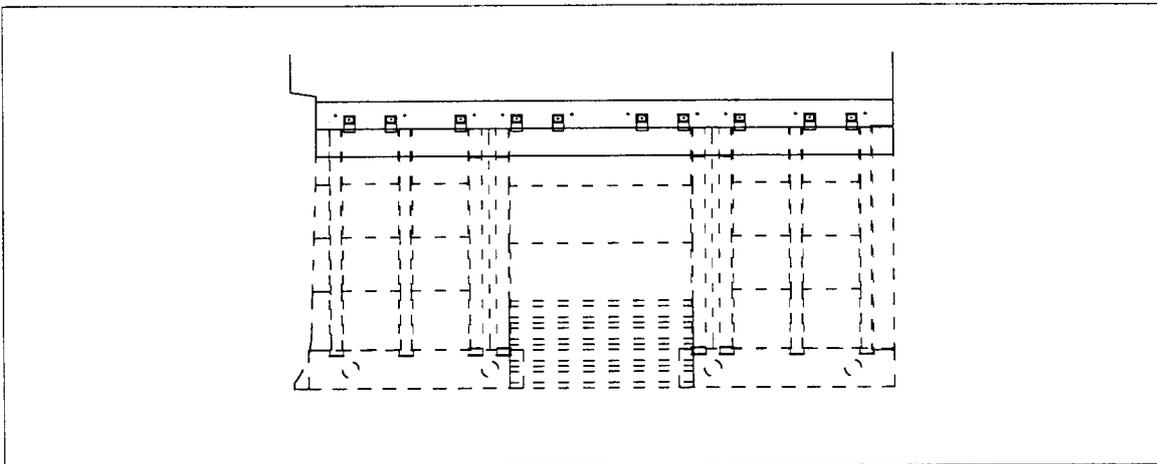
.....

.....

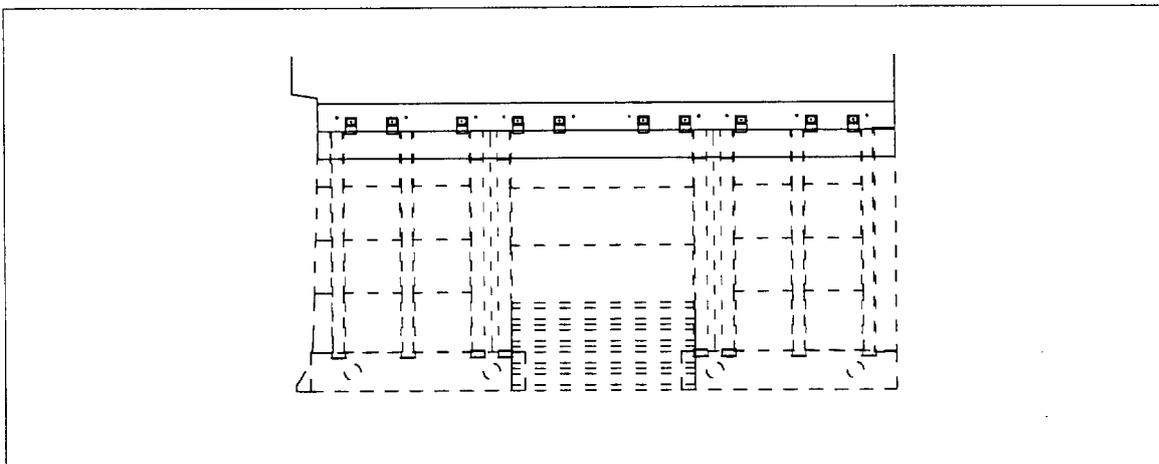
.....



.....  
.....  
.....



.....  
.....  
.....



.....  
.....  
.....

### 3 Mur de soutènement (30 points)

#### 3.1 Analyse des constituants (15 points) .....DT13, DT14

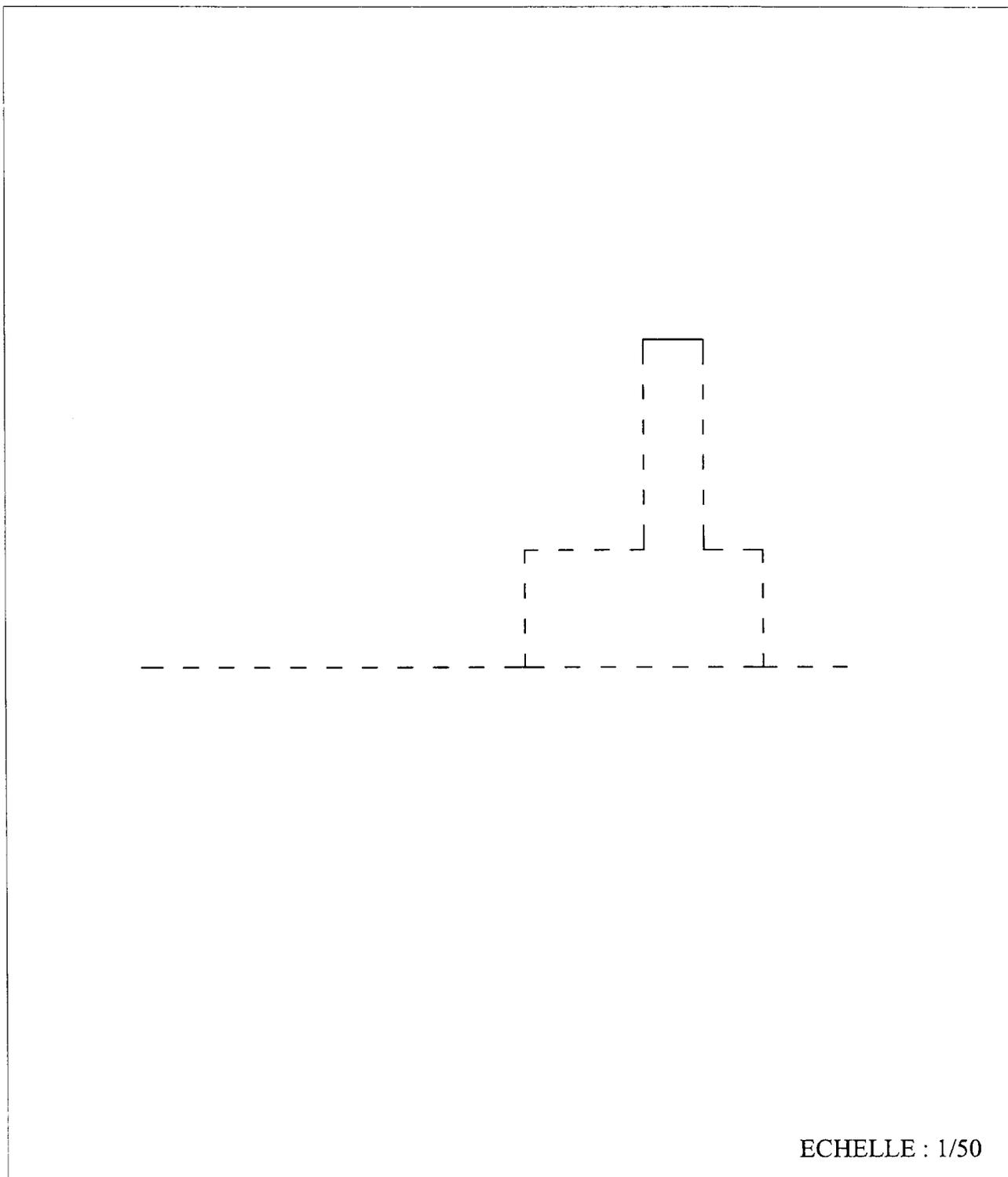
1. Pour les éléments suivants, donner la fonction principale et les qualités nécessaires pour remplir cette fonction dans le temps :
  - micro-pieux ;
  - géotextile ;
  - enrochements ;
  - barbacanes.

	Fonction	Qualités nécessaires
Micropieux		
Géotextile		
Enrochement		
Barbacanes		

**3.2 Variante « mur préfabriqué » (15 points).....DT15**

Afin de respecter les délais, l'entreprise propose une solution de semi préfabrication ; c'est à dire préfabrication, pose du voile sur semelle et coulage en place de la semelle.

1. À l'aide d'un schéma explicatif (coupe), proposer une solution pour assurer les réglages, le maintien pendant le coulage, la liaison entre mur et semelle, la manutention ; les éléments font 2,500 m de longueur. On ne demande que la coupe de principe.



## 4 Plate-forme : remblai et chaussée (45 points)

### 4.1 Remblai et couche de forme (30 points) ..... DT15 à DT19

Le terrain naturel sous l'emprise de la plate-forme est d'une qualité médiocre. Afin de pouvoir supporter le trafic, il est prévu de réaliser une purge (déblai) et une substitution de matériaux sur 2,000 m d'épaisseur. Le déblai est évacué.

Les questions qui suivent portent sur la réalisation du remblai de substitution et de la couche de forme.

– *Remblai :*

L'entreprise dispose de deux matériaux (sol 1 et sol 2) issus d'un chantier de terrassement voisin dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

	Sol 1	Sol 2
Diamètre des grains les plus gros(mm)	25	20
Fraction passant à 80 $\mu\text{m}$	30%	65%
VBS sur la fraction 0 – 80 $\mu\text{m}$	0,9	3
État hydrique	humide	humide

Le compactage s'effectue conformément aux règles du « guide technique pour la réalisation des remblais routiers 1992 » (GTR 92).

– *Couche de forme :*

Ce matériau est de classe D<sub>31</sub>m. Aucun traitement à la chaux ou aux liants n'est autorisé. La classe de la plate-forme visée est PF2. On utilisera un géotextile. Aucun traitement d'imperméabilisation de l'arase n'est envisagé ni aucun drainage. Le niveau de la nappe peut remonter au niveau +2.500 C.M..

– Les *conditions météorologiques* prévues pour le chantier sont « ni pluie ni évaporation importante ».

– *Matériel de compactage* de l'entreprise :

- compacteur V2 à une bille de largeur 2,000 m,
- compacteur VP2 à une bille de largeur 1,500 m,
- compacteur V1 à double bille à guidage manuel de faible poids pour le compactage au voisinage du mur de soutènement.

1. Déterminer la classe des deux matériaux, sol 1 et sol 2, issus du chantier voisin en justifiant la réponse (4 points). .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

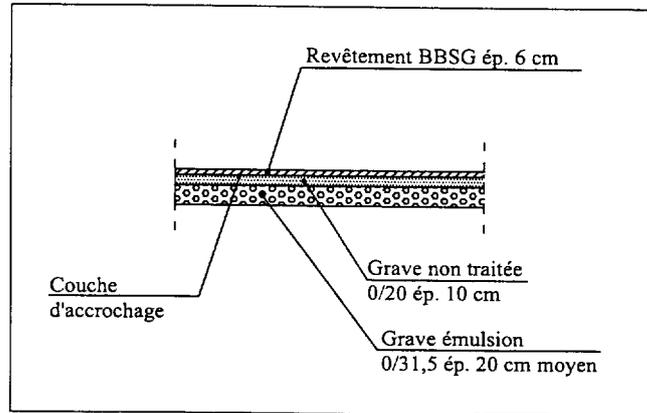
.....



**4.2 Chaussée (15 points)** .....

Sur le remblai, les couches de chaussée sont du haut vers le bas :

- couche de roulement en BBSG 0/10, ép. 6 cm ;
- couche d'accrochage en émulsion de bitume ;
- couche de base en grave non traitée 0/20, ép. 10 cm ;
- couche de fondation en grave émulsion 0/31,5, ép. 20 cm ;



On vous donne un extrait du C.C.T.P. :

- Chaussée

- Liants pour bétons bitumineux :

Le liant d'enrobage sera de la qualité : bitume routier 40/50 ou 60/70.

- Liant pour imprégnation :

Le liant pour imprégnation sera :

- une émulsion cationique à 65 % de bitume 180/220. Elle sera très fluide, à rupture lente,

1. Quels engins seront utilisés pour la mise en place des remblais derrière l'ouvrage (2 points) ?

.....

.....

.....

.....

2. Comment vérifie-t-on la portance de la plate-forme avant de mettre en place les couches de chaussée ; décrire succinctement l'essai et les caractéristiques mesurées (3 points).

.....

.....

.....

.....

3. Qu'est-ce qu'une émulsion de bitume ? Quel est son intérêt (2 points) ?

.....  
.....  
.....  
.....

4. Que signifie BBSG 0/10 (2 points) ?

.....  
.....  
.....  
.....

5. Que représentent les fourchettes de valeurs : 40/50, 60/70, 180/220, pour les bitumes ?  
Quel essai les détermine (le citer) (3 points) ?

.....  
.....  
.....  
.....

6. Pour chaque couche, indiquer le matériel nécessaire à chaque opération de mise en œuvre  
(3 points).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ne rien  
écrire  
dans

la  
partie  
barrée

N°  
.../...

N°  
.../...

## DT 10 Classes des chlorures

Classe de chlorures	Cl 1,0	Cl 0,65	Cl 0,40	Cl 0,20	Cl 0,10
Teneur maximale (en Cl <sup>-</sup> )	1%	0,65%	0,40%	0,20%	0,1%

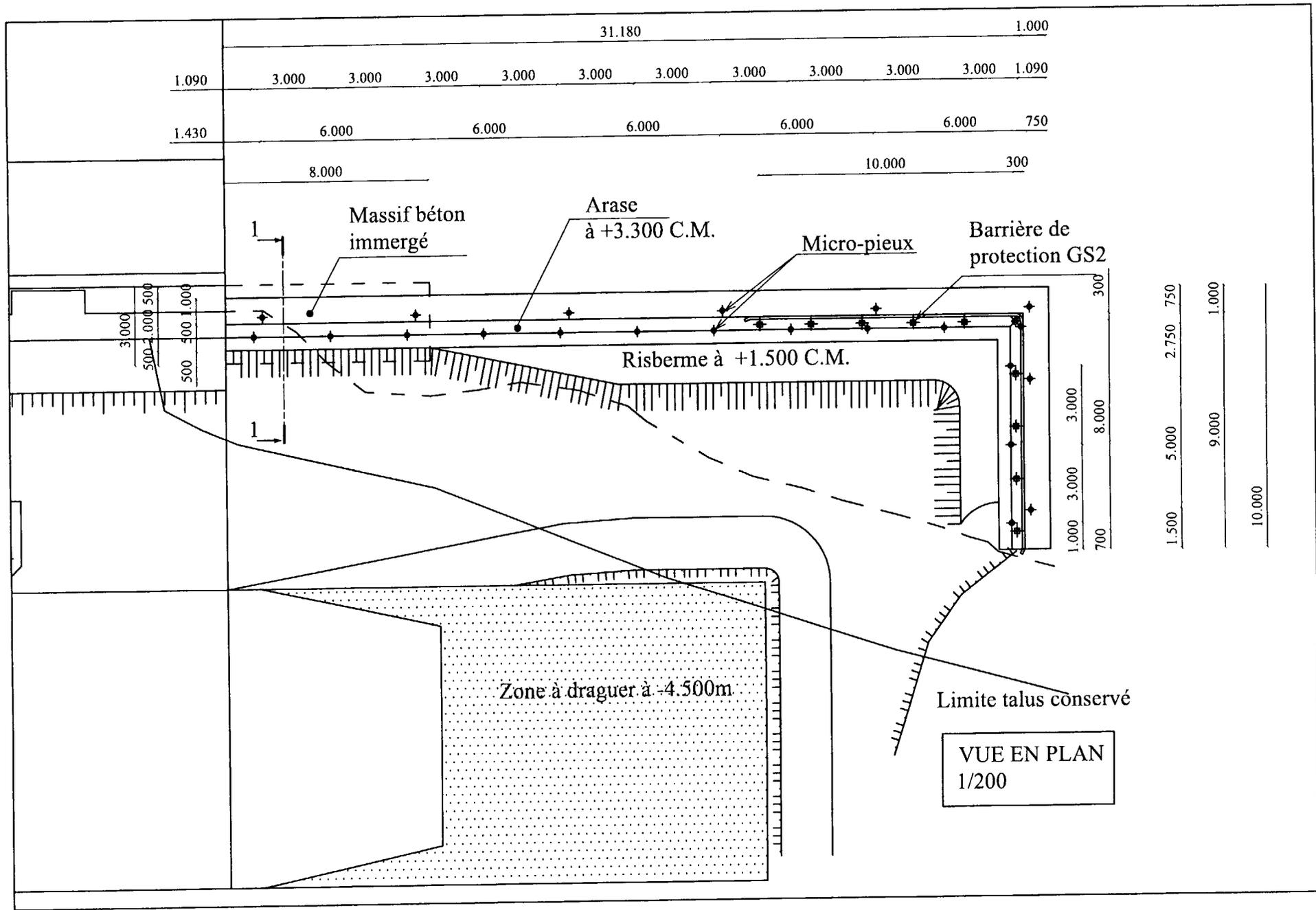
## DT 11 Classes de chlorures à respecter en fonction de l'utilisation du béton

Utilisation du béton	Classe du chlorure
Béton ne contenant ni armatures en acier, ni pièces métalliques noyées	Cl 1,0
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées et formulées avec un ciment de type CEM III	Cl 0,65
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées	Cl 0,40
Béton contenant des armatures de précontrainte en acier	Cl 0,20

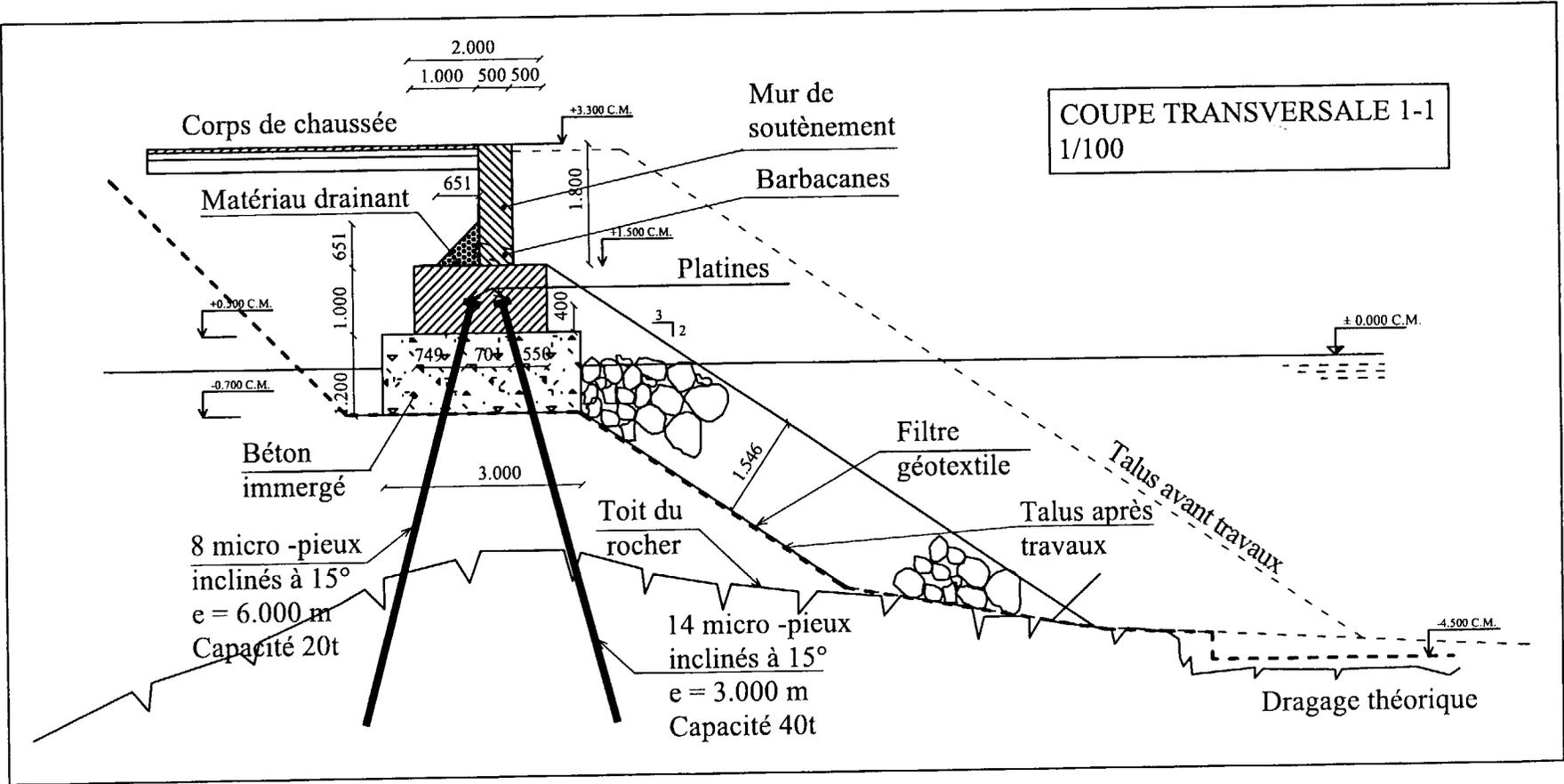
## DT 12 Valeurs limites spécifiées applicable en France à la composition et aux propriétés du béton

Classes d'exposition		Rapport $E_{eff}$ / liant éq maximal	Classe de résistance minimale	Teneur minimale en liant éq. (kg/m <sup>3</sup> )	Teneur minimale en air (%)	
Aucun risque de corrosion ou d'attaque	X0	-	-	150	-	
Carbonatation	XC1	0,65	C 20/25	260	-	
	XC2	0,65	C 20/25	260	-	
	XC3	0,60	C 25/30	280	-	
	XC4	0,60	C 25/30	280	-	
Corrosion induite par les chlorures	Eau de mer	XS1	0,55	C 30/37	330	-
		XS2	0,55	C 30/37	330	-
		XS3	0,50	C 35/45	350	-
	Chlorures autres que l'eau de mer	XD1	0,60	C 25/30	280	-
		XD2	0,55	C 30/37	330	-
		XD3	0,50	C 35/45	350	-
Attaque gel/dégel	XF1	0,60	C 25/30	280	-	
	XF2	0,55	C 25/30	300	4,0	
	XF3	0,55	C 30/37	315	4,0	
	XF4	0,45	C 30/37	340	4,0	
Environnement contenant des substances chimiques agressives	XA1	0,55	C 30/37	330	-	
	XA2	0,50	C 35/45	350	-	
	XA3	0,45	C 40/50	385	-	

# DT 13 Vue en plan mur – zone 2



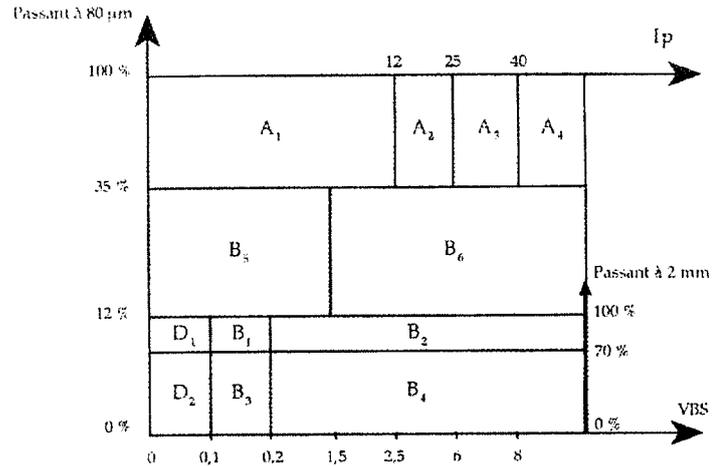
DT 14 Coupe sur mur – zone 2



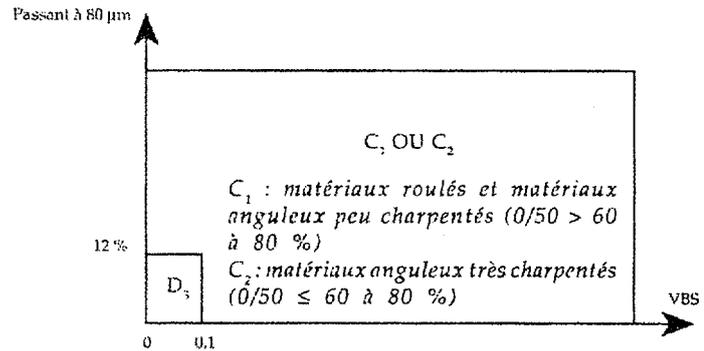
# DT 15 Classification des matériaux selon leur nature

Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature

Sols  
D<sub>max</sub> ≤ 50 mm



Sols  
D<sub>max</sub> > 50 mm



Matériaux rocheux

Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R <sub>1</sub>
		Calcaires	R <sub>2</sub>
	Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites ...	R <sub>3</sub>
	Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches ...	R <sub>4</sub>
	Roches salines	Sel gemme, gypse	R <sub>5</sub>
Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardoisiers ...		R <sub>6</sub>

Matériaux particuliers

Sols organiques et sous-produits industriels	F
--	---

« Réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques p.11 »

# DT 16 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

## CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

**B<sub>s</sub>** (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code							
				E	G	W	T	R	C	H	
<b>B<sub>s</sub>m</b>	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON						
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	0	0	0	2	2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	2	0
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0	0	3	0	0	2	0
		-	évaporation importante	<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0	0	0	0	0	1	0
<b>B<sub>s</sub>s</b>	Ces sols sont très difficiles à compacter, du fait de leur faible teneur en eau. En conséquence il convient : - soit de compacter intensément avec un arrosage superficiel - soit d'humidifier le matériau dans sa masse pour le ramener en B <sub>s</sub> m  Cette humidification est encore relativement facile à réaliser	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON						
		+	pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	0	0	1	1	2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	<b>Solution 1 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0
		=	ni pluie, ni évaporation importante	<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : extraction frontale et arrosage</b> E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	3	0	0	1	2
-	évaporation importante	<b>Solution 2 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0		
<b>B<sub>s</sub>ts</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Mais leur humidification dans la masse peut être envisagée pour les ramener à l'état B <sub>s</sub> s, voire B <sub>s</sub> m			NON							

« Réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques p.34 »

# DT 17 Tableaux de compactage pour l'utilisation des matériaux en remblai

**TABLEAUX DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI**

**B<sub>1</sub>, C / B<sub>2</sub> (\*)**

Compacteur		V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4						
Modèles		F1	F2	F3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4			
Energie de compactage faible	Q/S	0.090	0.130	0.200	0.060	0.095	0.145	0.195	0.235								0.065	0.100			
	e	0.30	0.45	0.60	0.30	0.40	0.30	0.60	0.40	0.80	0.45	0.95	0	0	0	0	0	0	0.20	0.30	
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5							1.0	1.0	
	N	4	4	3	5	5	3	5	3	5	2	4							3	3	
	Q/L	450	650	1000	120	240	725	365	975	490	1175	590							65	100	
Energie de compactage moyenne	Q/S	0.050	0.080	0.120	0.030	0.050	0.075	0.100	0.120										0.050		
	e	0.25	0.35	0.45	0.20	0.30	0.30	0.45	0.30	0.60	0.30	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.0									1.0
	N	5	5	4	7	6	4	6	3	6	3	7									4
	Q/L	250	400	600	60	100	225	150	400	200	600	240									50
Energie de compactage intense	Q/S		0.040	0.060		0.030	0.040	0.055	0.065												
	e		0.20	0.30		0.20		0.30	0.35	0.40	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V		5.0	5.0		2.0		2.0	2.5	2.0	3.5	2.0									
	N		5	5		7		8	7	8	5	8									
	Q/L		200	300		60		80	140	110	230	130									

Q/S (m)  
 e (m)  
 V (km/h)  
 N -  
 Q/L (m<sup>3</sup>/h.m)

(\*) Impose que Dmax < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.

0 compacteur ne convenant pas

« Réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques p.91 »

# DT 18 Rappel des différents cas possibles de P.S.T.

<b>RAPPEL DES DIFFERENTS CAS POSSIBLES DE P.S.T. (cf. fascicule I § 3.3.2)</b>				
Cas de P.S.T.	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		<b>Sols</b> A, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , B <sub>6</sub> , C <sub>1</sub> se trouvant dans un état hydrique (th).  <b>Contexte</b> Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		<b>Sols</b> Matériaux des classes A, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , C <sub>1</sub> , R <sub>12</sub> , R <sub>13</sub> , R <sub>34</sub> et certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>23</sub> et R <sub>63</sub> dans un état hydrique (h).  <b>Contexte.</b> PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte - soit d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anticontaminant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		<b>Sols</b> Matériaux des classes A, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , C <sub>1</sub> , R <sub>12</sub> , R <sub>13</sub> , R <sub>34</sub> et certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>23</sub> et R <sub>63</sub> dans un état hydrique (m).  <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme.  Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.
P.S.T. n°3		<b>Sols</b> Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2.  <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas PST 2
			AR2	Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.
P.S.T. n°4		<b>Sols</b> Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement.  <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rapportés en fond de déblai hors nappe) améliorés à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur. La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arase mesurées à court terme (après prise du liant).
P.S.T. n°5		<b>Sols</b> B <sub>6</sub> et D <sub>1</sub> et certains matériaux rocheux de la classe R <sub>45</sub> .  <b>Contexte</b> PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.	AR2	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est supérieur à 120 MPa.
			AR3	Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose que pour satisfaire les exigences de traficabilité.
P.S.T. n°6		<b>Sols</b> Matériaux des classes D <sub>2</sub> , R <sub>11</sub> , R <sub>21</sub> , R <sub>22</sub> , R <sub>32</sub> , R <sub>31</sub> , R <sub>41</sub> , R <sub>42</sub> , R <sub>62</sub> , ainsi que certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>23</sub> , R <sub>43</sub> et R <sub>63</sub> .  <b>Contexte</b> PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

(A) Comportement de la PST à la mise en œuvre de la couche de forme  
(B) Situation pendant la "phase de construction" de la chaussée.

« Réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques p.55 »

# DT 19 Conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

**CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME**

**D<sub>31</sub> D<sub>32</sub>**

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée				
					PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
<b>D<sub>31</sub></b>	Les sols de cette classe peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel après avoir éliminé ou fragmenté les gros éléments empêchant un réglage correct de la plate-forme - soit traités avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) ou en centrale.	++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme  3 0 0 0	e = 0,75 ou (2)	e = 0,5 ou (2)	e = 0,4 ou (2)	e = 0,3 ou (2)	(3)
		= ou -	pas de pluie	<b>Solution 1 :</b> G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme  3 0 0 0  <b>Solution 2 :</b> G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné  2 1 1 1	e = 0,6 PF2	e = 0,4 PF2	e = 0,3 PF2	e = 0,2 PF2	
<b>D<sub>32</sub></b>	Par rapport aux sols de la classe D <sub>31</sub> précédente les sols de la D <sub>32</sub> sont constitués de granulats plus friables pouvant conduire sous l'action du trafic à la formation d'éléments fins sensibles à l'eau. Pour les utiliser en couche de forme il est donc nécessaire de les traiter avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) ou en centrale	+	pluie faible	Situation météorologique ne permettant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant  NON	(1)				
		= ou -	pas de pluie	G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné  2 1 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.  
 (2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.  
 (3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arase terrassement.

« Réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques p.68 »