

## Présentation de l'étude

Dans le cadre de la réalisation de la deuxième rocade de Marseille ( L 2 ) assurant la liaison entre l'autoroute nord ( A 7 ) et l'autoroute est ( A 50 ), le franchissement et la desserte de zones urbaines ont conduit à la construction de nombreux ouvrages.

L'étude porte sur la TRANCHEE COUVERTE DE SAINT BARNABE destinée à recevoir un tronçon de la rocade.

## Description de l'ouvrage

La tranchée couverte, positionnée dans sa quasi totalité sous le TN, permet de réaliser en surface l'échangeur de Saint Barnabé ( franchissement et raccordement des avenues de Saint Julien et des Caillols ). Elle est composée de 2 tubes (est et ouest) recevant les deux sens de circulation de la rocade ( 2 x 3 voies).

### Géométrie

Longueur 523 m à l'axe, prolongé à chaque extrémité par un voile antirecyclage de 40m.

Portique double parfaitement symétrique en BA, constitué de :

- 3 piédroits (épaisseur 70 cm) sur semelles superficielles
- 2 traverses (épaisseur 80 cm) de portée 13.75 m, dévers en toit 2.5 %
- goussets (2 m, hauteur variable 0 à 70 cm) aux liaisons piédroits traverses.

### Réalisation

#### Travaux préliminaires

- implantation
- terrassements généraux
- confortement de talus (soutènement)

#### Ouvrage BA

L'ouvrage linéaire est décomposé en plots de 25 m chacun séparés par des joints de dilatation.

Chaque plot est réalisé en 2 tronçons de 12.5 m avec reprise de bétonnage transversale, selon un cycle :

- semelles
- piédroits sous goussets
- traverses et goussets en une phase

Réalisation des éléments annexes :

- niches de sécurité
- issues de secours
- ouvrages de têtes

#### Finitions

- drainage et étanchéité
- remblais
- aménagements de surface

#### Travaux routiers

- plate-forme + assainissement
- corps de chaussée + équipements

### Procédés

#### Confortement de talus

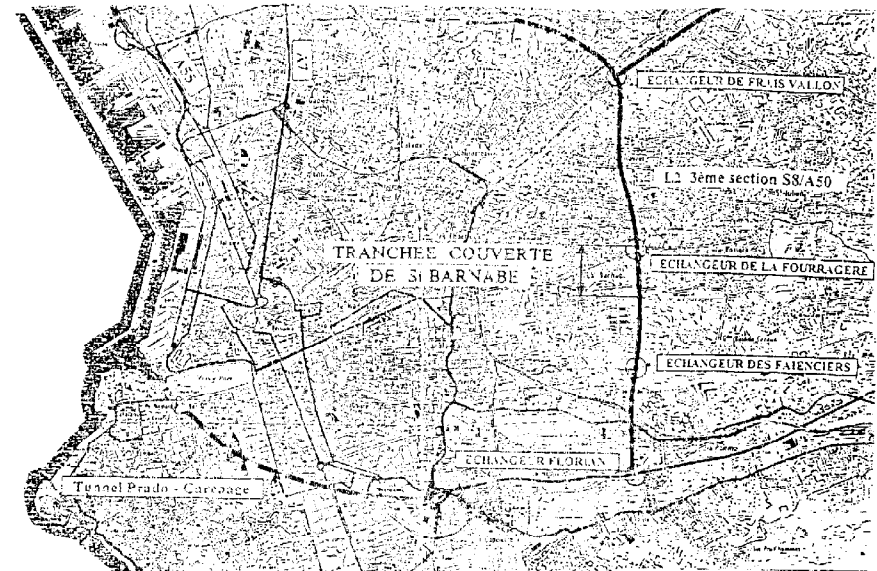
Clouage et béton projeté

#### Coffrage 1/2 plot

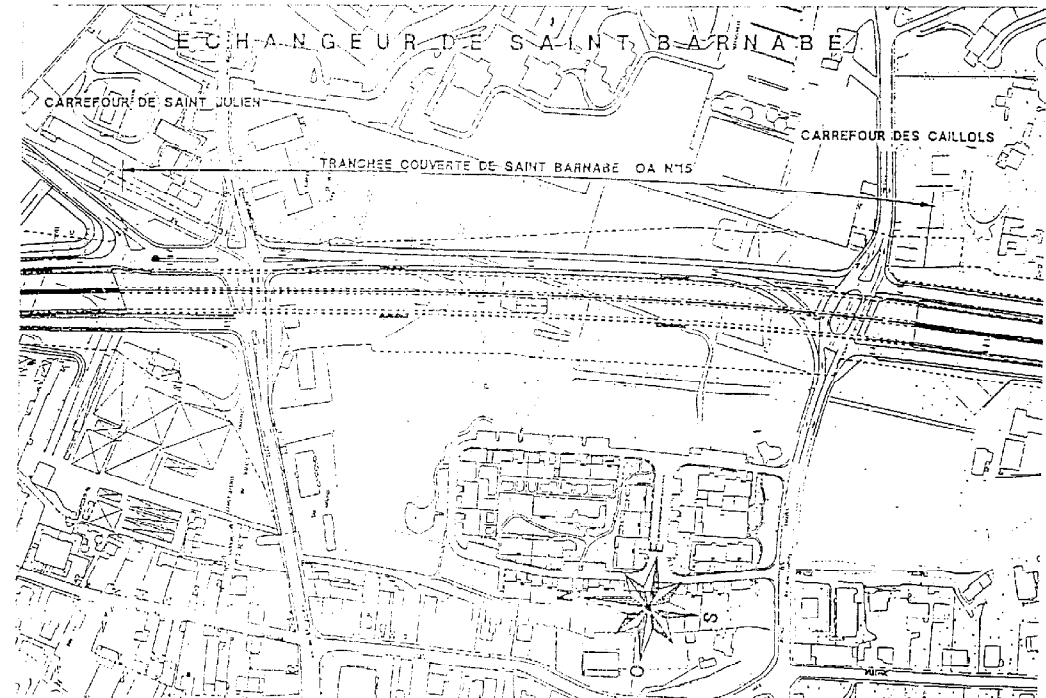
Semelles : coulées pleine fouille

Piédroits : 3 jeux de coffrage (linéaire 3 x 13 m) banches HUSSORT T 10

Dalle (traverses et goussets) : 2 portiques en sous face prenant appui sur les semelles  
panneaux coffrants de rive ancrés dans les piédroits latéraux

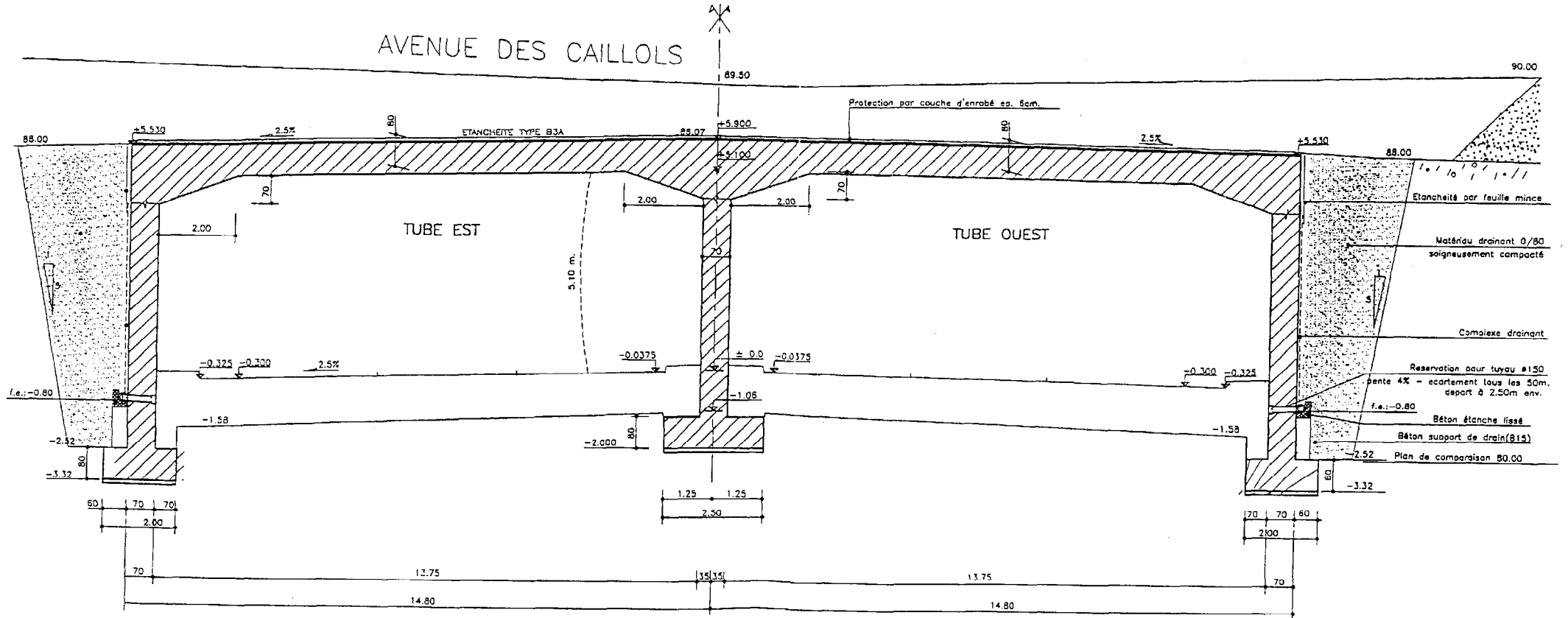


### PLAN D'ENSEMBLE



Ech. : 1 / 100

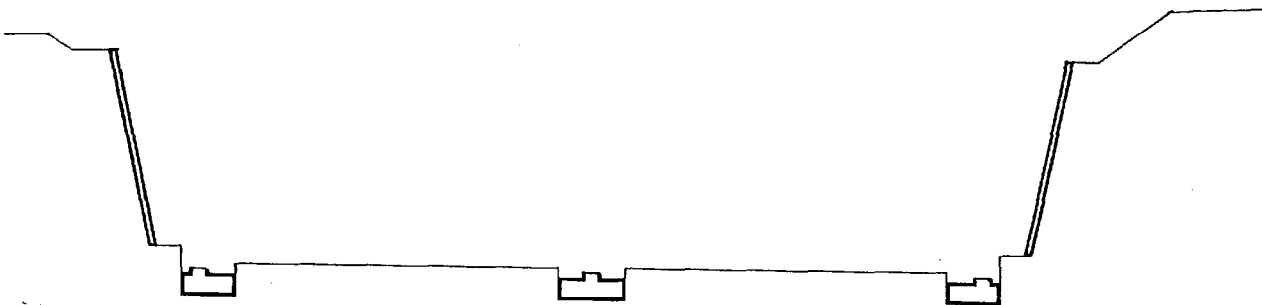
AVENUE DES CAILLOLS



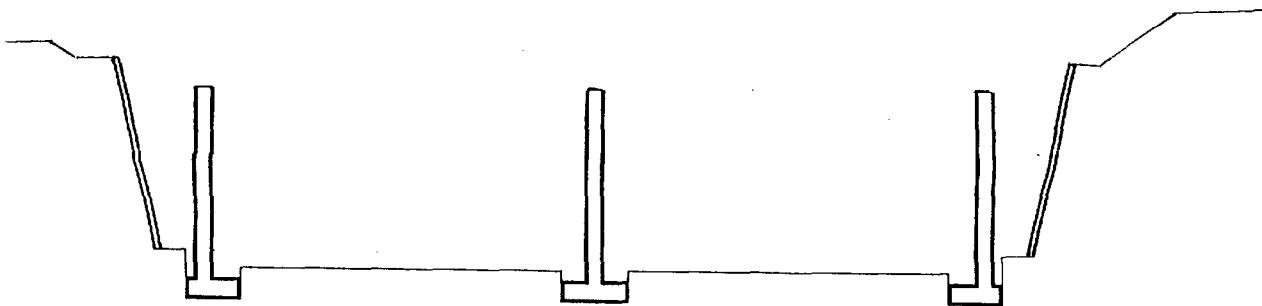
**DOCUMENT N° 3**  
**CINEMATIQUE DE REALISATION DE LA TRANCHEE**  
**COUVERTE**



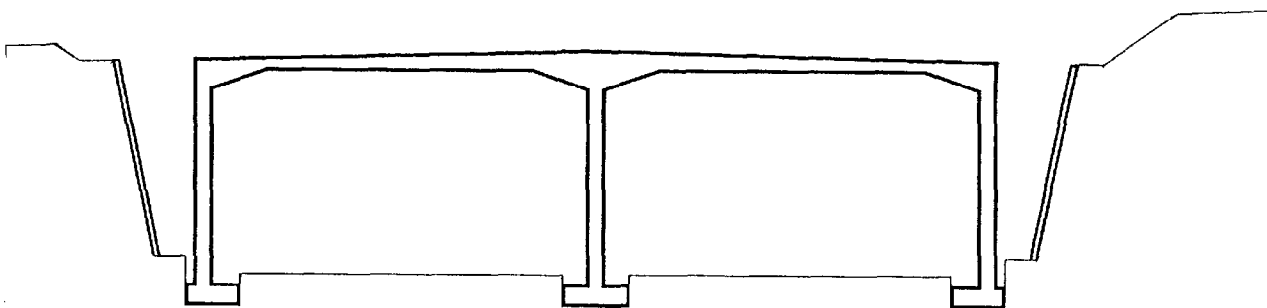
1 - Terrassement et soutènement par paroi clouée



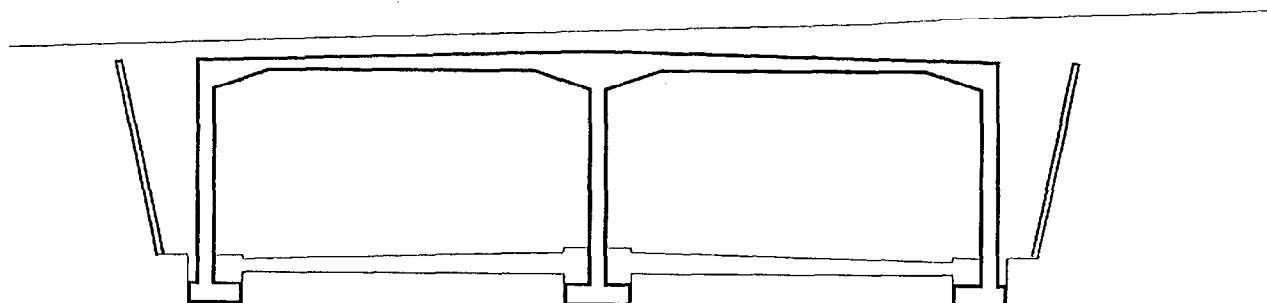
2 - Terrassement et coulage des semelles de fondation



3 - Elévation des pénétrations



4 - Mise en oeuvre de la dalle de couverture



5 - Etanchéité, drainage, remblaiement, chaussée

Documents à consulter :

- document n°3 : cinématique de réalisation de la tranchée couverte .
- document n°4 : procédure d'exécution et de contrôle - clouage de sécurité et béton projeté.

Le double cadre abritant les voies de circulation est construit à ciel ouvert dans une tranchée dont les parois au fruit de 1 pour 5 sont provisoirement maintenues par un voile en béton projeté fibré, selon la technique de la paroi clouée. Les passes de terrassement sont de 2 mètres.

Remarque : les termes clouage et épinglage sont, ici, synonymes.

### 1.1 LE BETON PROJETE FIBRE

1.1.1 Le béton est, ici, projeté par voie sèche. En quoi ce procédé consiste-t-il ? Quel autre procédé connaissez-vous et en quoi est-il différent ?

1.1.2 Quel est le rôle des fibres ? Quelle est, approximativement, leur longueur ?

1.1.3 Dans la procédure d'exécution (document n°4), on peut lire que le ciment utilisé est un « CEM II / 52,5 PM ES ». Expliquez complètement cette désignation (composants, caractéristiques, comportement, etc.). Diriez-vous que les performances mécaniques de ce ciment sont moyennes, bonnes ou très bonnes ?

Remarque : telle que le rédacteur de la procédure a noté la désignation du ciment, celle-ci est incomplète. Il vous appartient de la rectifier.

1.1.4 Que pensez-vous du choix des gravillons ?

### 1.2 LES ANCRAGES PASSIFS

1.2.1 Par comparaison aux ancrages actifs, expliquez en quoi nous avons affaire, ici, à des ancrages passifs.

Vous pourrez, notamment, décrire les deux systèmes, avec des schémas, et expliquer leur principe de fonctionnement.

1.2.2 Quel est l'intérêt des renforts armés appelés *écailles* ou *mouchoirs* au droit de chaque ancrage passif ?

1.2.3 Dessinez, en coupe transversale par rapport à l'axe de la tranchée et à l'échelle 1/20, le voile de béton projeté correspondant à une passe de 2 mètres. Le dessin sera coté et mettra en évidence la paroi, l'écaille et son armature, l'épingle et sa tête d'ancrage.

Dimensions des plaques de têtes d'épingles : 200 mm X 200 mm ; épaisseur 20 mm.

### 1.3 EXECUTION DE LA PAROI CLOUEE

1.3 Proposez, sur le document-réponse n°1, une cinématique d'exécution de la paroi clouée limitée aux deux premières passes de terrassement.

Remarque : le document n°3 constitue un exemple de ce que l'on entend par « cinématique ».

La tranchée couverte est construite par plots de 25 mètres de longueur séparés par des joints de dilatation de 20 mm.

La dalle est rendue entièrement étanche par collage d'une chape élastomère (chape *Parafor Ponts* de chez *SIPLAST*) avec protection de deux couches de béton bitumineux (30 + 50 mm).

Sur les piédroits, l'étanchéité n'intéresse que les deux mètres supérieurs. Sur la partie inférieure, il a été jugé qu'un drainage efficace et l'étanchéité relative du béton seraient suffisants.

### 2.1 ETANCHEITE DANS LES PIEDROITS AU NIVEAU DES JOINTS DE DILATATION

2.1 Proposez, sous la forme d'un schéma commenté, une solution, un matériau, permettant d'assurer la continuité de l'étanchéité au droit des joints de dilatation, dans les piédroits.

### 2.2 ETANCHEITE DE LA DALLE DE COUVERTURE

Documents à lire et à exploiter :

document n°5 : extrait de la procédure d'exécution de l'étanchéité de la tranchée couverte,

document n°6 : extrait de l'avis technique du CSTB sur le joint *NEODYL* de chez *SIPLAST*,

document n°7 : documentation *PARAFOR PONTS* de chez *SIPLAST*.

2.2.1 Que signifie « EIF » ? Quel est ici le rôle de ce produit ?

2.2.2 Le collage de la chape est effectué du point bas vers le point haut. Pourquoi ? (Schéma explicatif souhaité).

2.2.3 En quoi l'opération de marouflage consiste-t-elle ?

2.2.4 Etablissez, sur le document-réponse n°2, la coupe transversale légendée de l'étanchéité au niveau d'un joint de dilatation.

Remarques : - les épaisseurs des matériaux pourront être légèrement exagérées pour la clarté du dessin,

- la solution du document n°6 nécessite une adaptation.

### 2.3 DRAINAGE SUR LA HAUTEUR DES PIEDROITS

Documents à lire et à exploiter :

document n°5 : extrait de la procédure d'exécution de l'étanchéité de la tranchée couverte,

document n°7 : documentation *PARAFOR PONTS* de chez *SIPLAST*,

document n°8 : documentation *CORDRAIN* de chez *WAVIN*.

2.3.1 Un matériau filtrant est généralement associé à un matériau drainant. Quel est son intérêt, comment fonctionne-t-il ? Dans un cas général, comment peut-on assurer la fonction de filtration uniquement avec des granulats ? (Schéma souhaitable)

2.3.2 Sur le document-réponse n°3, représentez tous les détails du drainage et de l'étanchéité avec sa protection. Le dessin sera coté.

## ETUDE 3 : LA CHAUSSEE

Trois types de matériaux sont rencontrés sur le tracé de la tranchée couverte : les tufs, les marnes grises et les poudingues et grès.

### 3.1 LES TUF - ESSAI DE PLAQUE

Une planche expérimentale a été réalisée près de la tête nord de la tranchée couverte pour étudier le comportement des tufs. Les tufs sont des roches, d'origine calcaire ici, poreuses et de densité relativement faible. Cette planche expérimentale, de 5 m sur 10 m, était constituée de deux couches de 40 cm d'épaisseur compactées, chacune, par quatre passes de compacteur vibrant. Le matériau était concassé à la granulométrie 0 / 150 mm.

On a procédé à des essais de plaque qui ont donné les valeurs suivantes des modules EV1 et EV2 :

$$\begin{aligned} \text{EV1} &= 10,9 \text{ Mpa} & \text{EV2 / EV1} &= 3,15 \\ \text{EV2} &= 34,4 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

3.1.1 Décrivez l'essai et son appareillage (schéma).

3.1.2 Que représentent les modules EV1 et EV2 ?

3.1.3 Quelle est la signification du rapport EV2 / EV1 ?

### 3.2 LES MARNES GRISES - CLASSE ET TRAITEMENT A LA CHAUX

Documents à consulter :

document n°9 : extrait du GTR 92 (Guide pour les Terrassements Routiers),

document n°10 : extrait de l'étude géotechnique.

Les essais d'identification ont donné les résultats suivants :

granulométrie :	D <sub>max</sub> < 50 mm pourcentage de tamisât à 80 µ = 98 %
limites d'Atterberg :	limite de liquidité : WL = 39 % indice de plasticité : IP = 18 %

Les teneurs en eau naturelles mesurées au moment des sondages vont de 14,7 % à 18 %. La courbe Proctor des marnes grises est donnée, figure 1 du document n°10.

3.2.1 En vous aidant des extraits du GTR 92 (document 9), trouvez la classe et l'état hydrique des marnes grises.

Extrait de l'étude géotechnique de terrassement :

« Les marnes grises sensibles à l'eau changent rapidement de consistance pour de faibles variations de leur état hydrique comme le montrent les études de comportement au poinçonnement immédiat (figure 2 du document n°10). Ces sols ne seront donc utilisables à l'état naturel que si leur teneur en eau correspond à l'état moyen. A l'état humide, la portance faible de ces matériaux risque d'engendrer un phénomène de matelassage préjudiciable à la bonne tenue de l'ouvrage.

Afin d'optimiser le réemploi des matériaux du site, nous avons réalisé des tests de traitement des sols à la chaux vive. »

3.2.2 Qu'est-ce que la chaux vive ? Comment est-elle fabriquée ?

3.2.3 Quels sont les effets d'un traitement à la chaux sur un sol ?

Remarque : l'examen des figures 2, 3 et 4 du document 10 fournit des éléments de réponse.

### 3.3 COUPE TRANSVERSALE DE LA CHAUSSEE

Documents à consulter :

document n°2 : coupe transversale de la tranchée couverte,

document n°9 : extrait du GTR 92 (Guide pour les Terrassements Routiers),

document n°11 : extrait du catalogue 1998 des structures types de chaussées (notice explicative),

document n°12 : extrait du catalogue 1998 des structures types de chaussées (planche de structure).

Remarque : le catalogue 1998 des structures types de chaussées est récent. La lecture du document n°11 vous permettra de répondre aux questions dans l'éventualité où ce document ne vous serait pas familier.

La rocade empruntant la tranchée couverte fait partie du réseau structurant (il s'agit donc d'une VRS). Le trafic cumulé estimé sur 30 ans est voisin de 100 millions de poids lourds sur la voie la plus chargée.

La nature des matériaux rencontrés et les conditions de drainage conduisent aux classes de partie supérieure des terrassements et d'arase suivantes :

PST 1 - AR 1

On envisage une couche de forme en grave D<sub>21</sub> utilisée en l'état.

3.3.1 Quelle est, selon le catalogue 1998 des structures types de chaussées, la classe de trafic ?

3.3.2 Quelles sont les solutions envisageables pour la couche de forme ? Indiquez l'épaisseur de la couche de forme et la classe de plate-forme (PF) obtenue.

Pour une voie au trafic aussi important, une plate-forme de classe 3 (PF3) au minimum est requise. Des études complémentaires permettent de surclasser la plate-forme en PF3 avec une épaisseur minimale de la couche de forme de 60 cm et intercalation d'un géotextile entre la partie supérieure des terrassements et la couche de forme.

Le choix des concepteurs s'est porté sur une structure en grave-bitume de classe 3 (GB3).

On vous demande, dans les questions suivantes, de dimensionner la chaussée sachant que le profil transversal de la tranchée couverte a été étudié pour une épaisseur totale (couche de forme, couches d'assise, couches de surface) de 1,06 m. Vous pourrez jouer sur l'épaisseur de la couche de forme pour atteindre cette épaisseur exacte.

Remarque : la partie supérieure des terrassements présentant une pente de 4%, l'épaisseur totale est variable sur la largeur du profil en travers ; la valeur 1,06 m correspond à l'épaisseur la plus faible, au niveau du piedroit central ; voir le document n°2 : coupe transversale.

3.3.3 Choisissez une structure et une couche de surface compatibles avec cet objectif. Précisez l'épaisseur minimale de la couche de forme qui en découlera.

3.3.4 Etudiez les possibilités de variation transversale d'épaisseur, la grave retenue étant de granulométrie 0 / 14.

Remarque : la planche de structure (document n°12) indique les épaisseurs minimales et maximales des couches d'assise. Pour des structures épaisses, la mise en oeuvre classique en deux couches (couche de base et couche de fondation) devient impossible ; c'est pourquoi la planche de structure propose des solutions à trois couches ; seule la couche inférieure sera considérée comme couche de fondation.

3.3.5 Dessinez, à l'échelle, et cotez la coupe transversale de la chaussée sur le document-réponse n°3.