

**Test du 6 février 2015**  
**sur les aspects de dimensionnement**

A) Question de cours

Réalisation d'un tunnel dans un terrain de cohésion très faible, de type sable lâche, très perméable, situé dans la nappe phréatique : mettre en évidence les difficultés inhérentes à cette situation, et les solutions possibles. On envisagera l'excavation en méthode conventionnelle, ainsi qu'au tunnelier.

B) Thème : tunnel bitube au tunnelier

**Données générales :**

Le projet :

- Diamètre intérieur des deux tubes : 6,20 m
- Revêtement en voussoirs préfabriqués : épaisseur 30 cm. Chaque anneau, large de 2,00 m, est formé de 7 voussoirs y compris la clé. Les joints entre voussoirs d'un même anneau peuvent être schématisés par une section rétrécie de béton de 15 cm d'épaisseur et de 15 cm de longueur (longueur mesurée sur la circonférence).
- Distance entre axes des tubes : 18 m
- Rameaux de liaison entre tubes tous les 200 m, de section intérieure 2,00m en largeur x 3,20 m en hauteur

Le contexte géotechnique :

- Contrainte géostatique moyenne 800 kPa, tunnel hors nappe
- Module d'Young 150 MPa, coefficient de Poisson 0,30, terrain non fluent.
- Critères de Mohr-Coulomb : cohésion 140 kPa, angle de frottement 30°
- Le terrain présente par ailleurs des propriétés de plastification telles que le facteur de similitude ( rapport  $\xi = \frac{u_{\infty el}}{u_{\infty pl}}$  entre la déformation élastique et la déformation plastique pour un déconfinement total) vaut 0,714.

Le tunnelier :

- Tunnelier à confinement de pression de terre, permettant de fonctionner en mode ouvert sans déconfinement, et en mode confiné avec une pression de confinement maximale de 350 kPa. Un dispositif spécifique permet d'appliquer cette pression de confinement, non seulement sur le front de taille devant la roue de coupe, mais également en périphérie de l'ensemble de la jupe.
- Longueur de la jupe à l'arrière de la roue de coupe : 8 m
- Le vide annulaire créé par le tunnelier autour des voussoirs, présente une épaisseur 15 cm, et est rempli par un matériau incompressible immédiatement à l'arrière de la jupe, établissant ainsi un contact total avec le terrain encaissant.

On fera l'hypothèse que la mise en œuvre du confinement du tunnelier n'altère pas sensiblement la loi de variation du taux de déconfinement en fonction de la distance au front. On utilisera, en élastique, la formule :

$$\lambda(x) = 1 - 0,75 \cdot \left[ \frac{1}{1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{x}{R}} \right]^2$$

avec application du principe de similitude (rapport donné ci-dessus) en plasticité.

**Question 1 - Surcoupe**

Déterminer quel est le mode de confinement pour lequel il est nécessaire de réaliser la surcoupe (ou la conicité de la jupe) la plus importante pour éviter le coincement du tunnelier.

Quelle en serait la valeur, en se donnant un coefficient de sécurité de 1,5 par rapport à la valeur calculée ?

**Question 2 – Contraintes dans les voussoirs**

Dès la sortie de la jupe, les voussoirs commencent à assurer le rôle de soutènement du terrain excavé.

Quel est le mode de confinement qui induit les contraintes de compression les plus importantes dans les anneaux de voussoirs ?

À partir de la prise en compte d'un module d'Young du béton des voussoirs de 10 000 MPa, et d'un coefficient de Poisson de 0,2, déterminer la valeur de cette compression à l'équilibre à long terme.

**Question 3 – Interdistances entre tubes**

Que pensez-vous de l'interdistance entre axes de 18 m ?

Dans le cas où cette interdistance devrait être réduite, quelle serait l'incidence du mode de confinement sur les conditions de réalisation du tunnel ?

**Question 4 – Rameaux intertubes**

- a) Une méthode utilisée pour créer des ouvertures dans revêtement en voussoirs consiste à transférer la charge des voussoirs du ou des anneaux coupés à leurs voisins par le biais de clés de cisaillement. En déterminant d'abord le mode de confinement le plus contraignant de ce point de vue, quelle serait la charge de dimensionnement de ces dispositifs, pour une ouverture de 2m réalisée sur un anneau ?
- b) Le rameau lui-même doit être excavé dans un terrain qui a subi une modification de l'état de contrainte par rapport à l'état initial. Quel est le mode de confinement le plus contraignant de ce point de vue ? Proposer un indicateur permettant de quantifier la différence.