

**Test du 14 février 2014**  
**sur les aspects de dimensionnement**

**Éléments de corrigé**

Thème : pilotage de l'excavation d'un tunnel sous faible couverture

Données générales :

- Ouverture moyenne du tunnel : 8m
- Profondeur à l'axe : 30 m ; le poids volumique moyen du terrain est de 21 kN/m<sup>3</sup>.
- Absence de nappe phréatique
- Terrain encaissant : terrain marneux, dont le comportement à court terme est caractérisé par un module d'Young de 100 MPa, un coefficient de Poisson de 0,3, une cohésion de 150 kPa et un angle de frottement de 25°. La ligne caractéristique du terrain dans le diagramme classique convergence-confinement établie sur la base de ces valeurs est typique d'un comportement élasto-plastique. On caractérisera la plastification par le facteur de similitude

$$\xi = \frac{u_{\infty \text{ él}}}{u_{\infty \text{ pl}}} = 0,67 \quad (\text{rapport entre la convergence élastique et la convergence plastique sous déconfinement total}).$$

Le soutènement mis en œuvre est constitué de cintres HEB 120 (aire de la section 34 cm<sup>2</sup>) espacés de 2m associés à un béton projeté de 12 cm d'épaisseur. On admettra une contrainte maximale dans les cintres de 160 MPa, et dans le béton projeté de 5 MPa. Pour ce dernier, on admettra, au jeune âge, un module de 10 000 MPa.

Le cycle excavation – marinage - soutènement nominal appliqué par le chantier se caractérise par des passes d'avancement de 4 m, selon le phasage détaillé suivant :

- o Excavation / marinage sur 4 m : 6 heures
- o Sécurisation du front de taille 1 heure
- o Temps mort pour recul de l'atelier d'excavation/marinage, réglage de la plate-forme de roulement et amenée de l'atelier de pose de cintres : 1 heure
- o Pose de 2 cintres : 2 heures
- o Temps mort pour recul de l'atelier de pose de cintres et amenée de l'atelier de béton projeté : 15 minutes
- o Béton projeté sur une longueur de 4 m : 2 heures
- o Temps mort pour recul de l'atelier de béton projeté et retour de l'atelier d'excavation : 45 minutes.

La pose des cintres et la projection du béton se font en gardant un recul de 1 m par rapport au front de taille.

Le cycle complet dure donc 12 heures. Avec un travail 24h/24, l'avancement journalier moyen sera donc de 8 m.

**Question 1 – Analyse du cycle nominal de creusement**

Par une analyse de ce cycle de creusement, déduire la distance moyenne du front de taille à laquelle on peut considérer que le soutènement commence à être efficace.

**x = 3 m**

Par application du principe de similitude et en utilisant la formule classique de calcul du taux de déconfinement élastique :

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

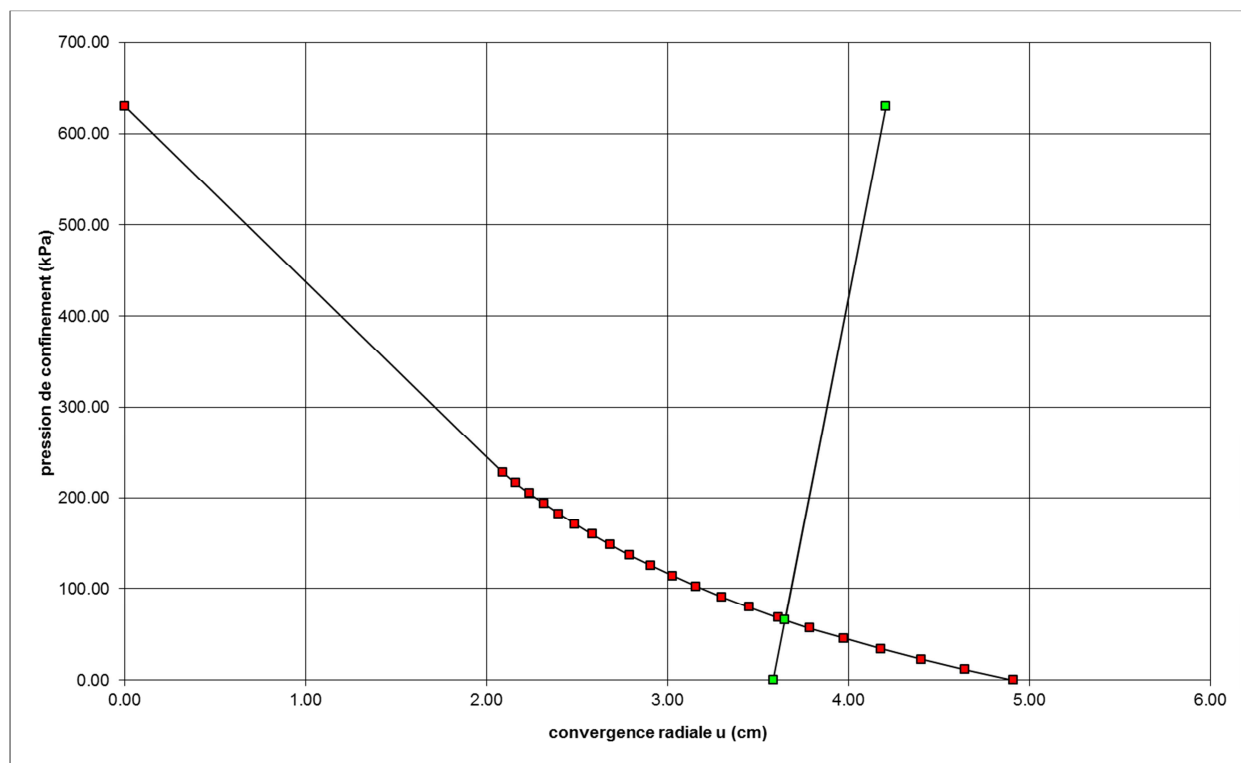
déduire la convergence à l'origine qu'il convient de prendre en compte pour construire la ligne caractéristique du soutènement dans le diagramme convergence – confinement.

$$u_{\infty el} = \frac{\sigma_0 R}{2G} = 3,24 \text{ cm} \rightarrow u_{\infty pl} = 4,91 \text{ cm}$$

$$\frac{x}{R} = \frac{3}{4} \rightarrow \xi \frac{x}{R} = 0,5 \rightarrow \frac{u_0}{u_{\infty pl}} = 0,73 \rightarrow u_0 = 3,58 \text{ cm}$$

Construire le diagramme convergence-confinement complet (lignes caractéristiques du terrain et du soutènement).

Par construction graphique, déterminer la convergence à l'équilibre du soutènement. Vérifier que la pression de soutènement est admissible tant pour les cintres que pour le béton projeté.



*K béton = 320 kPa ; K cintres = 85 kPa ; K total = 405 kPa*

*p à l'équilibre = 66 kPa , soit au prorata des raideurs:*

*p béton = 52 kPa ⇒ σ béton = 1,7 MPa*

*p cintres = 14 kPa ⇒ σ cintres = 33 MPa*

**Question 2 - Adaptations pour passage sensible**

Après un parcours où le cycle ci-dessus provoque, compte tenu de l'absence de tout avoisinant sensible en surface, des tassements qui sont admissibles, le tunnel doit aborder une zone plus délicate du fait de la présence d'avoisnants sensibles. La géologie reste, elle, constante. En interprétant les mesures de tassement sur le début du parcours, l'étude de vulnérabilité du bâti dans la zone sensible montre qu'il est nécessaire, pour poursuivre le creusement dans cette zone sans provoquer de désordres non admissibles dans les bâtiments concernés, de réduire la convergence à l'équilibre d'au moins un tiers (rapport 0,66).

Quels moyens proposez-vous pour cela ?

- Une modification de la constitution du soutènement ?
- Une modification du cycle d'excavation – soutènement ?
- Les deux ?

En vous appuyant sur le diagramme convergence – confinement que vous avez construit, vous quantifierez ces modifications.

Quel effet ces modifications vont-elles avoir sur la vitesse moyenne d'avancement ?

La convergence à l'équilibre précédent était de 3,65 cm. Elle doit donc être limitée à 2.43 cm.

Pour cette convergence, la pression de soutènement doit être de 178 kPa, soit 2,7 fois plus élevée que dans l'équilibre précédent. Le soutènement présente pour cela la marge suffisante, mais il faut pouvoir ramener la convergence à l'origine à supérieure à ce qu'elle était précédemment. En conséquence le soutènement précédent reste suffisant.

Cependant, la convergence à l'origine doit être ramenée 2,26 cm (cf graphe). Ce résultat est obtenu avec  $x = 0,80$  cm.

En considérant qu'on peut éliminer le recul par rapport au front, on peut donc obtenir ce résultat avec des passes de 1,60 m. Par prudence, il est bon de placer un cintre à chaque passe. Le cycle élémentaire devient :

- Excavation / marinage : 2,4 heures
- Sécurisation du front 1 heure
- Temps mort 1 : 1 heure
- Pose d'un cintre : 1 heure
- Temps mort 2 : 15 min
- Béton projeté : 1 heure
- Temps mort 2 : 45 min

Soit au total 7,4 heures pour 1,60 m d'avancement, d'où un avancement journalier moyen ramené à 5,2 m.

