

Infrastructures souterraines

Cours 3 : Pré-soutènement, soutènement et revêtement

1. Introduction

Dans le domaine de creusement souterrain, il convient de faire la distinction entre pré-soutènement, soutènement et revêtement :

- Un pré-soutènement est mis en place en avant du front de taille afin de contenir les déformations du terrain ;
- Le soutènement est installé au cours travaux d'excavation pour garantir la stabilité à court terme des parois latérales de l'excavation ;
- Le revêtement est mis en place parfois plusieurs mois après le soutènement. Il doit assurer la stabilité à long terme, généralement en association avec le soutènement.

2. Pré-soutènement

Lorsque le terrain n'est pas stable sans soutènement (durée d'auto stabilité nulle), il faut alors mettre en place le pré-soutènement avant même d'effectuer le creusement (C'est le pré-soutènement ou le pré-confinement). Les figures 1, 2 présentent quelques exemples.

Soutènement du front de taille : le plus souvent assuré par un boulonnage longitudinal. Ces boulons sont en fibre de verre car ils résistent très bien en traction et peu en cisaillement (excavation possible) ;

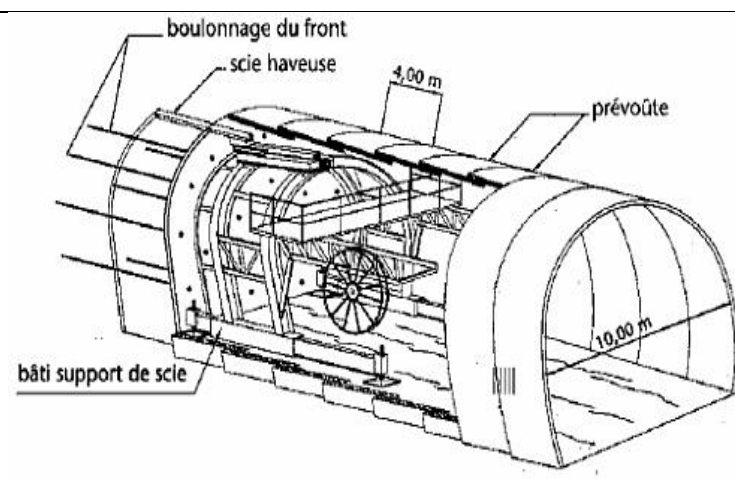


Photo 3
Chaîne de haveuse
Mining machine chain



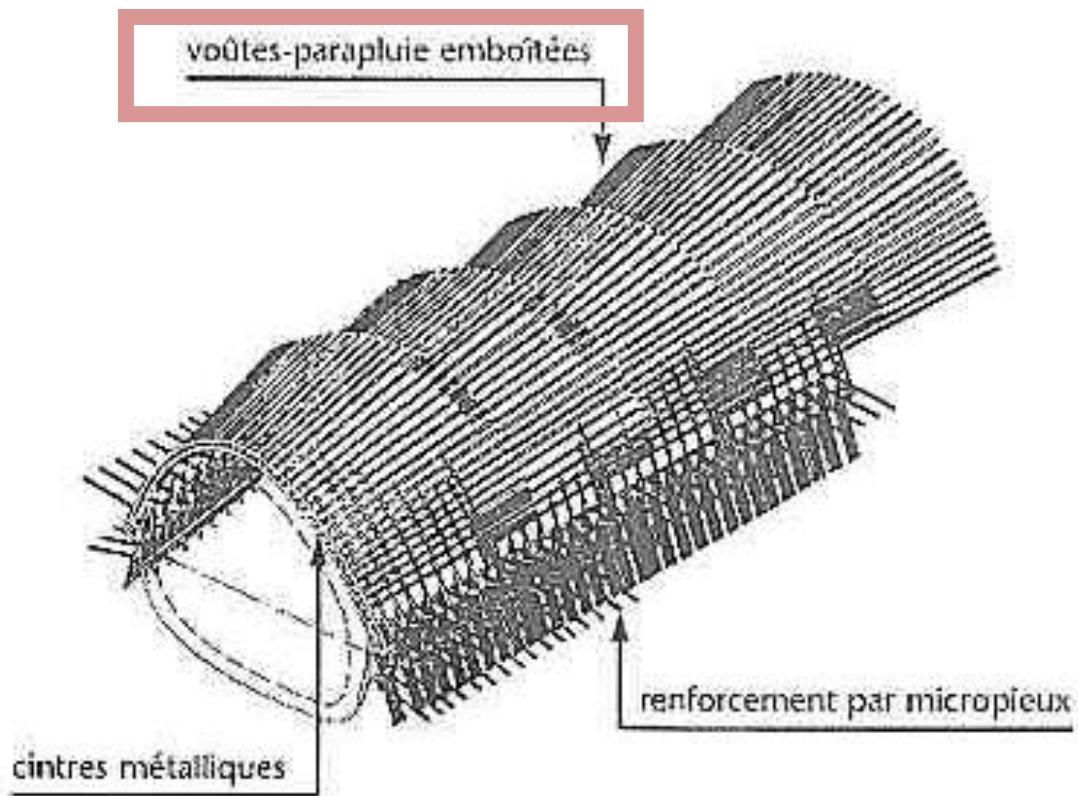


Figure 1

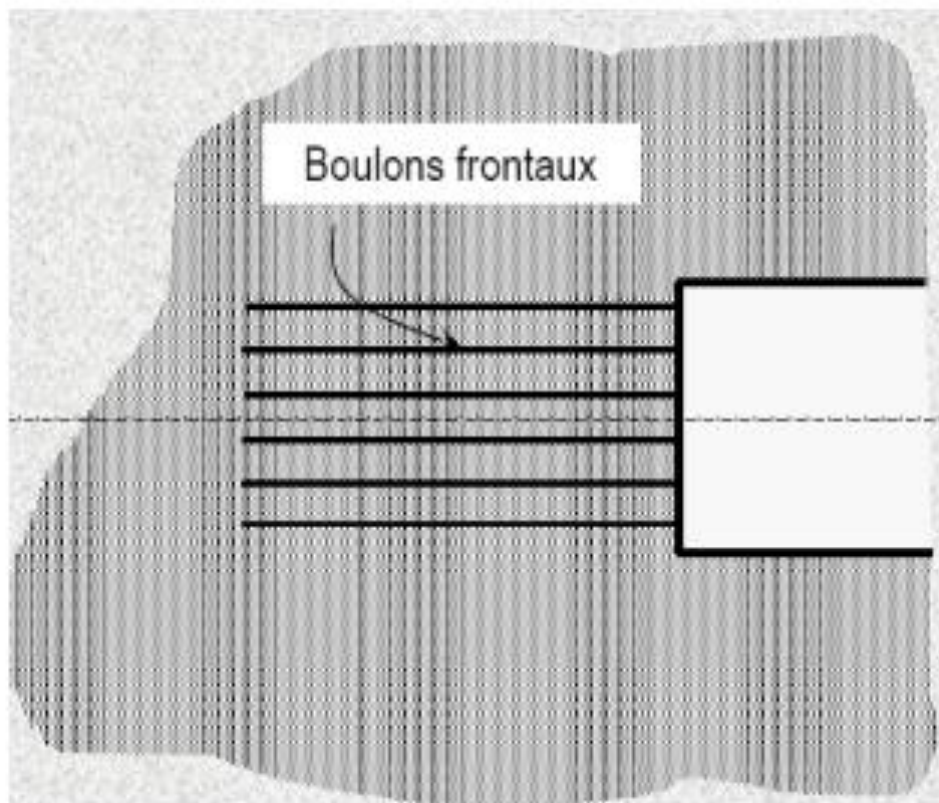


Figure 2. Soutènement du front de taille par boulonnage

3. Soutènement

Le soutènement (Figures 3 et 4) est une structure qui permet d'assurer la stabilité des parois pendant le temps qui s'écoule entre son creusement et la mise en place éventuelle du revêtement définitif.

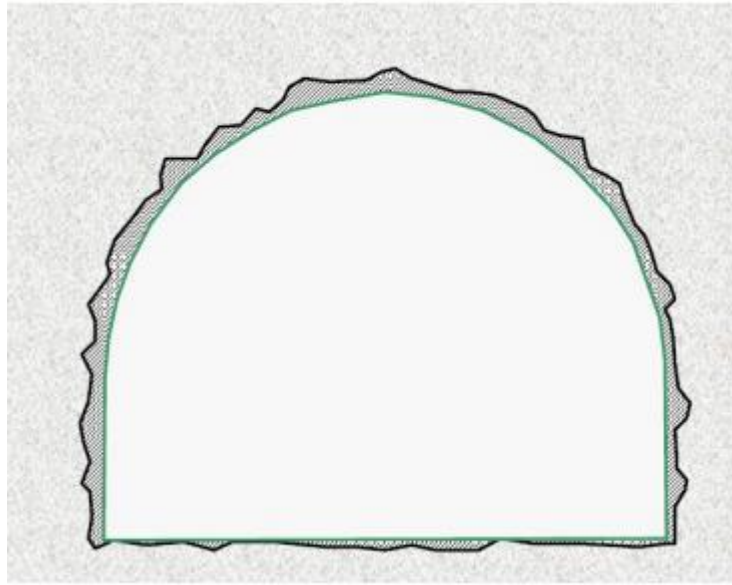


Figure 3. Schématisation du soutènement

Le soutènement est utilisé pour :

- Assurer une protection contre la chute de pierres
- Exercer sur le terrain une certaine réaction
- S'opposer en tout ou en partie à la détente de la roche
- Supporter le poids du toit d'une galerie

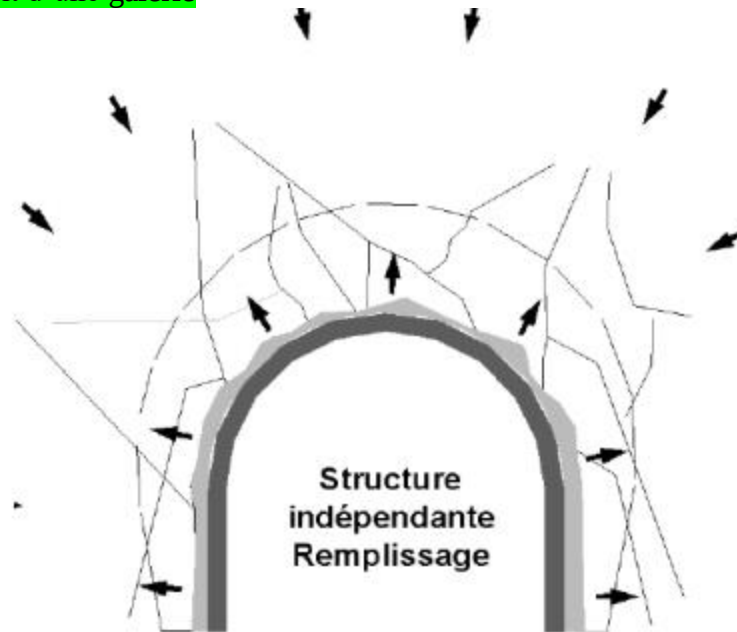


Figure 4: Schématisation de la réaction des cintres (Confinement du terrain)

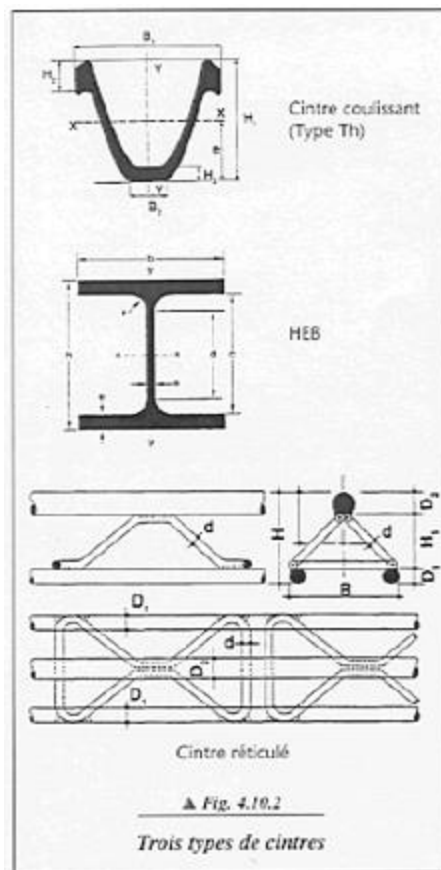
Parmi les éléments de soutènement, on peut citer :

3.1 Cintres

La figure 5 visualise différents types de cintres couramment utilisés.



Cintres couissants



Cintres lourds

Cintres réticulés

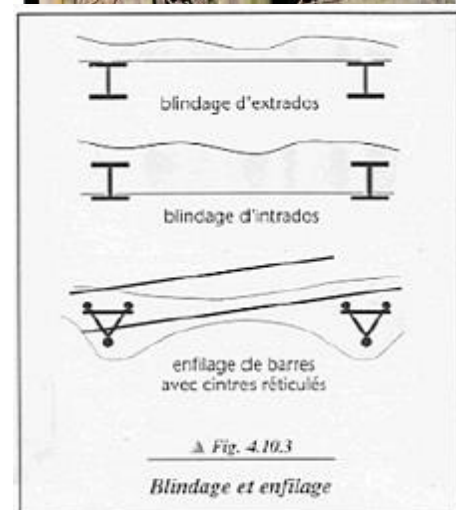


Figure 5: Types de cintres

3.2 Cintres et blindage

Pour les terrains fortement poussants, de mauvaise qualité, ou lorsqu'on traverse une zone plus difficile que prévue, on choisit alors des **techniques de soutènements lourds plus rigides**, qui se déforment moins et qui doivent par

conséquent reprendre plus de charges. On réalise parfois un blindage entre les cintres (Figure 6) pour trois raisons principales :

- pour éviter que le terrain ne s'éboule entre les cintres (cohésion est insuffisante pour assurer ce transfert des charges entre deux cintres successifs);
- pour répartir les charges sur les éléments porteurs (cintres) lorsque le terrain ne permet pas d'avoir un effet de voûte suffisant (blindage lourd) ;
- pour éviter un effet "domino" en cas d'effondrement au front de taille (rôle d'écartement et de maintien).



Figure 6: Cintre+blindage

La figure 7 montre quelques illustrations d'insuffisance de soutènement.

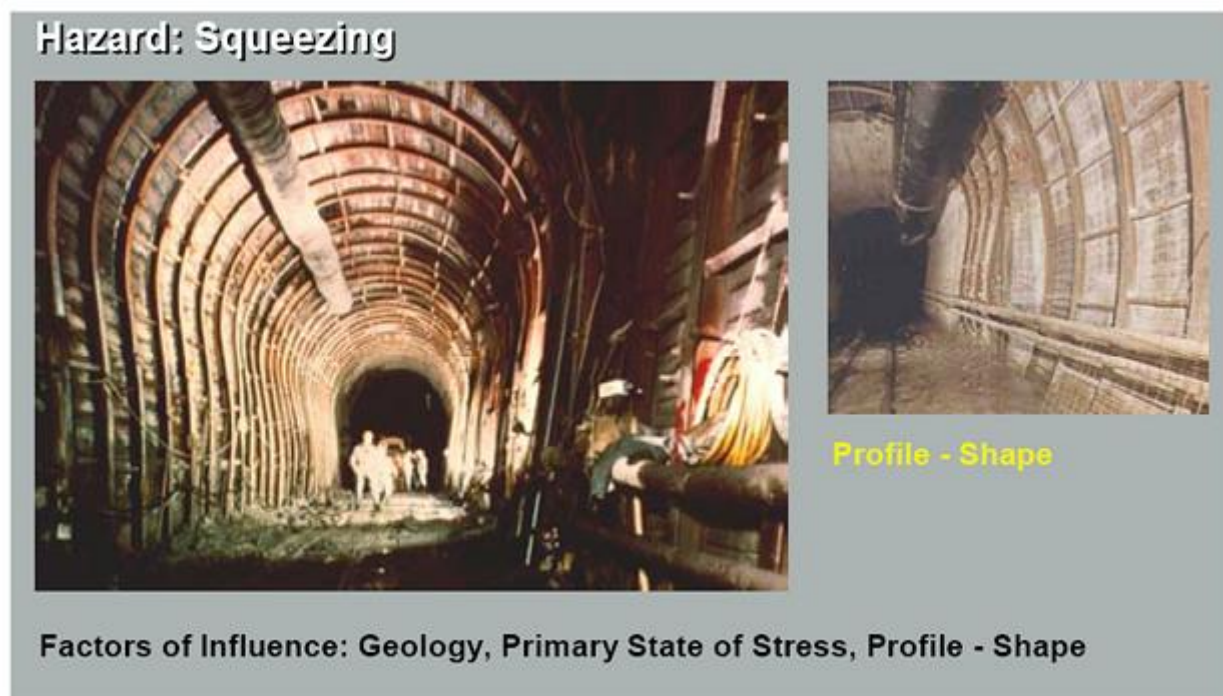


Figure 7: Déformation plastique des cintres (Galerie de Saint-martin-la-Porte : Reprofilage avril 2006)

3.3 Boulons et béton projeté

Dans certaines conditions, le soutènement des parois latérales peut être assuré par des boulons radiaux et béton projeté (Figures 8 et 9).

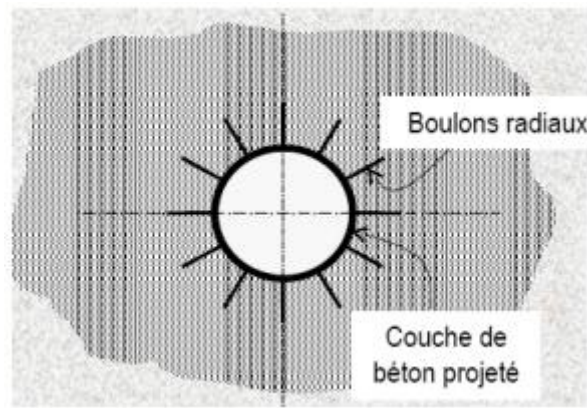


Figure 8. Schématisation des boulons radiaux et béton projeté

Le béton projeté a deux principaux usages, qui peuvent s'additionner :

- Il a un rôle protecteur, et forme une coque mince épousant la géométrie du terrain. Ainsi, il empêche les blocs de roche ou le sol de se détacher de la paroi ;
- Il a un véritable rôle structurant, et reprend les charges issues du terrain. Son épaisseur est variable en fonction du terrain comprise entre 10 et 25 cm. Il est le plus souvent mis en place en plusieurs passes et armé de treillis soudés généralement fixés à la paroi par des épingles ou par l'intermédiaire des boulons.

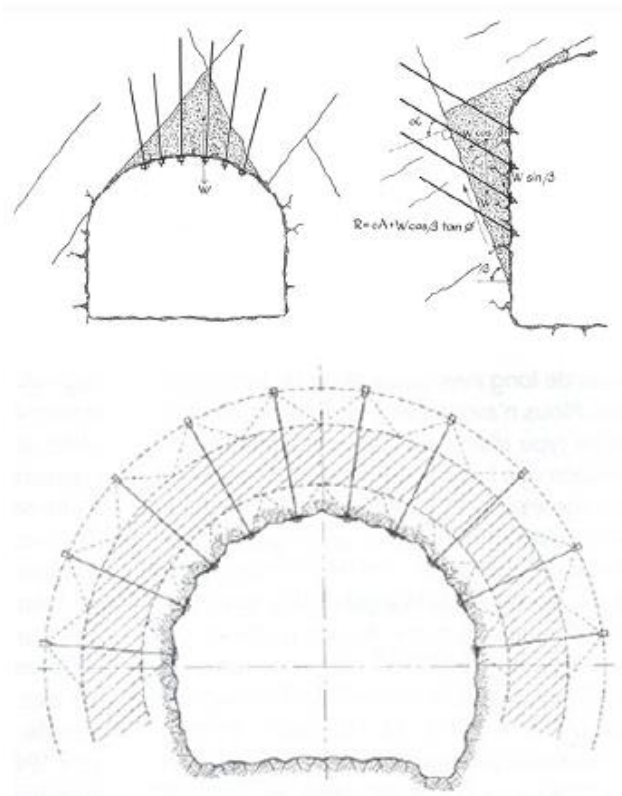
Les conditions pour permettre l'emploi du béton projeté sont :

- le découpage du rocher doit être assez précis pour que la coque de béton projeté présente une surface à peu près régulière ;
- le terrain doit présenter une cohésion minimale telle que la cavité demeure stable pendant la durée nécessaire à la projection du béton ;
- le terrain doit être exempt de venues d'eau importantes qui compromettent la qualité de l'exécution et risquent de créer des sous-pressions locales incompatibles avec la résistance de la coque en béton ;



Figure 9. Béton projeté sur les parois latérales

Alors que le boulonnage latérale participe au renforcement du terrain encaissant au moyen de barres généralement métalliques et de longueur comprise entre 1,50 et 5 m, placées à l'intérieur du terrain à partir de la surface libre. A titre d'exemple, la figure 10 schématise les boulons à effet local ou réparti.



L'action du boulonnage

Stabilisation locale :

Confinement et renforcement :

Figure 10. Schématisation des boulons à effet local ou réparti

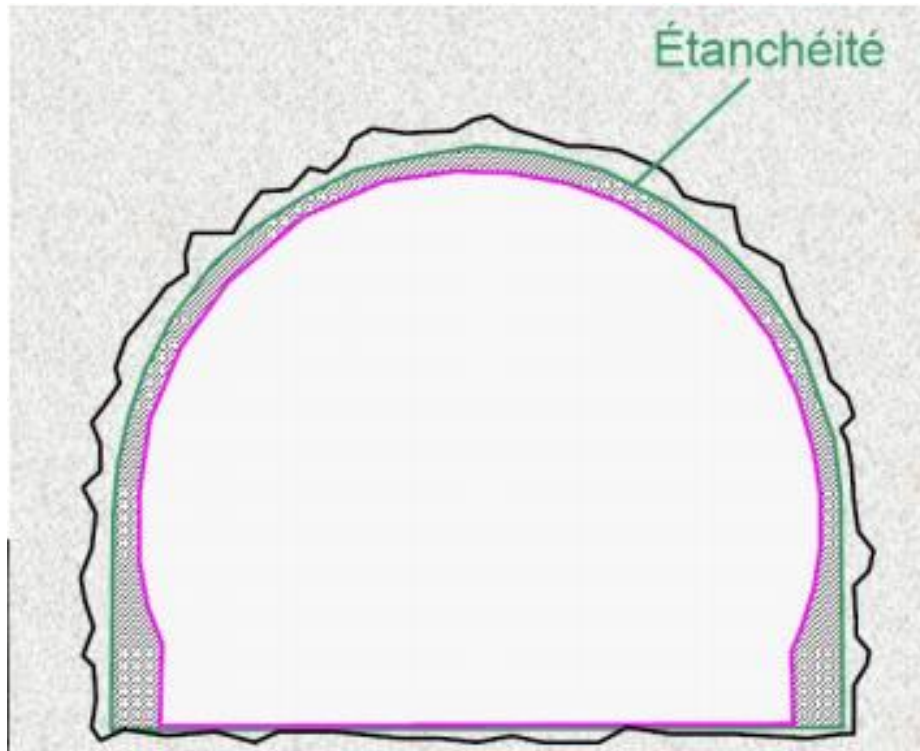
4 Revêtement

Dans tous les tunnels creusés de façon traditionnelle, un deuxième chantier suit généralement celui de l'excavation et de la pose du soutènement : c'est le coffrage du revêtement (Figure 11). Il s'agit d'un coffrage "grimpant" à l'horizontale, sur roues et pliable pour le faire avancer, qui est élaboré spécialement pour le tunnel en construction. On réalise le bétonnage par plots successifs, chaque "levée" de bétonnage pouvant atteindre une dizaine de mètres. Cette longueur est pilotée par des choix économiques et par la fissuration due au retrait. Le revêtement ne travaille pratiquement pas en tension, essentiellement en flexion composée. L'épaisseur d'un revêtement de tunnel est de l'ordre d'une trentaine de centimètres minimum. Il est largement surdimensionné au vu des faibles sollicitations qu'il devra subir à terme, mais pas au moment du décoffrage. La tenue au feu est également un critère très important pour sa conception.

Le revêtement joue principalement les fonctions suivantes :

□

- Mécanique (reprise des charges)
- Imperméabilisation
- Esthétique
- Fonctionnelle : pour accroître l'efficacité de la ventilation et de l'illumination (tunnels routiers), ou de la capacité hydraulique (tunnels pour circulation de fluides)





Coffrage métallique glissant



Figure 11. Revêtement avec coffrage glissant