

Tunnelier

1. INTRODUCTION

Les infrastructures souterraines constituent un domaine important et en plein développement de la géotechnique. En effet, l'extension des voies de communication (routes, autoroutes et voies ferrées) impose souvent des franchissements difficiles, qui conduisent généralement à la construction de tunnels. De même, l'encombrement de la surface du sol des villes rend nécessaire la construction en souterrain des nouvelles voies de circulation (voirie, métros) et de nouveaux équipements urbains (parkings, réseaux d'assainissement, etc...). Ces derniers ouvrages sont généralement construits à faible profondeur. L'utilisation des tunneliers est devenue très favorable dans ces conditions. Ce chapitre présente une vue générale sur les différents types de tunneliers ainsi que le principe de fonctionnement et les fonctions d'un bouclier.

2. Tunnelier (Creusement mécanisé à attaque globale)

2.1 Introduction

Actuellement, pour le creusement en terrains meubles et aquifères des tunnels de diamètre supérieur à 2 m, le procédé le plus utilisé est la méthode du tunnelier. Grâce à ce procédé, il n'est pratiquement plus nécessaire d'avoir recours à des techniques de renforcement préalable des sols (injection, congélation, rabattement de nappe, etc.).

Un tunnelier est constitué de deux parties, la partie avant qui est le bouclier, et la partie arrière qu'on appelle le train suiveur. Cette partie assure tout l'asservissement du bouclier. La figure 1 visualise les deux parties d'un tunnelier.



Figure 1. Tunnelier: Bouclier + train suiveur

Cette technique est déjà ancienne, Marc Brunel, ingénieur français, construit à l'aide d'un bouclier manuel une galerie piétonne à Londres sous la Tamise (1825-1843). Le bouclier avait 11.4 m de

largeur, 6.8 m de hauteur et 2.7 m de longueur et était formé de 12 éléments juxtaposés. L'excavation était faite manuellement et le front de taille était soutenu localement par une succession de planches horizontales. L'avancement de chacun des douze éléments se faisait grâce à des vérins à vis prenant appui sur le revêtement en briques (figure 2).

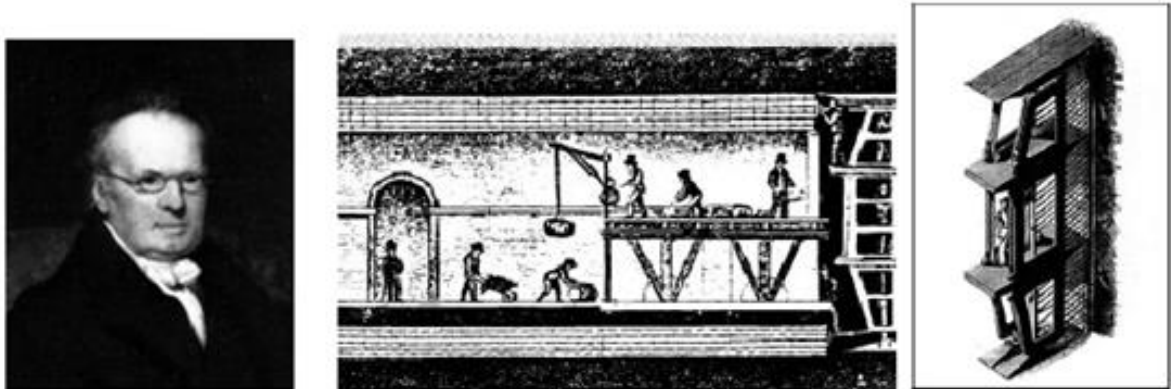


Figure 2. Tunnel sous la Tamise à Londres en 1825

Depuis Brunel, de grands progrès ont été réalisés dans le domaine du creusement souterrain en terrain meuble et aquifère.

2.2 Principe et fonction d'un bouclier

2.2.1 Principe d'un bouclier

Le principe des boucliers actuels ressemble beaucoup au principe du bouclier de Brunel. Le bouclier (Figure 3) est constitué de trois parties essentielles :

- (A) la partie qui assure le soutènement latéral (jupe métallique);
- (B) la partie qui assure le soutènement du front et l'abattage (chambre d'abattage et de confinement pour un bouclier fermé);
- (C) la partie qui assure l'avancement (propulsion par vérins).

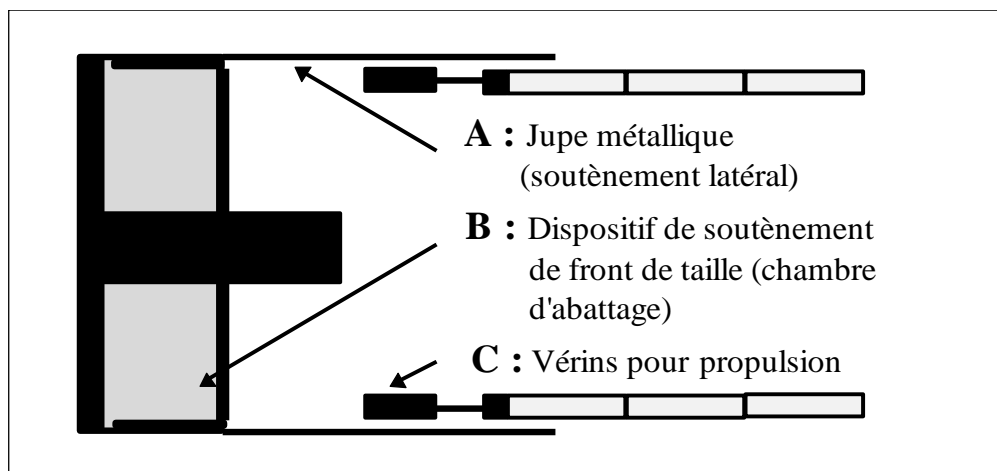


Figure 3. Principe d'un bouclier

2.2.2 Fonctions d'un bouclier

Le bouclier est une machine foreuse, conçue pour réaliser une cavité dans le terrain encaissant, en perturbant le moins possible son état d'équilibre initial. Le bouclier assure en même temps et d'une manière continue les fonctions suivantes (figure 4):

1. Le soutènement des parois latérales, assuré par la jupe (virole métallique articulée ou monolithique);
2. Le revêtement définitif, mis en place immédiatement derrière la jupe avec des érecteurs ou par injection du béton;
3. Le remplissage du vide annulaire dégagé derrière la jupe entre le revêtement et le sol;
4. L'abattage du front, c'est la destruction du terrain en place et la préparation des déblais en vue de leur évacuation;

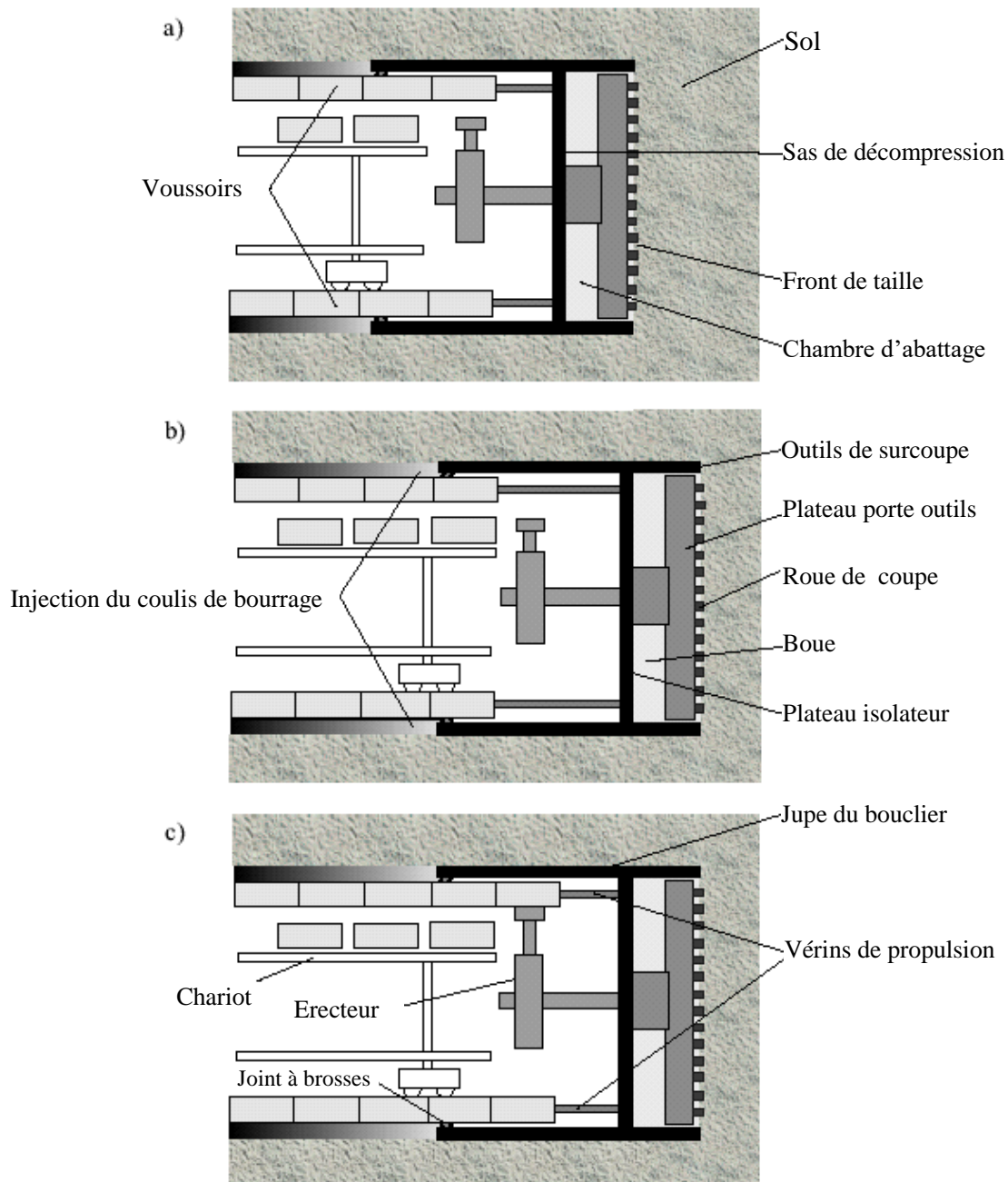


Figure 4: Différentes phases de progression d'un bouclier

- (a) Phase n-1 : poussée des vérins, creusement, soutènement du front et injection à l'arrière.
- (b) Phase n : échappement d'un voussoir, soutènement du front et injection à l'arrière.
- (c) Phase n+1 : assemblage d'un anneau, poussée des vérins, creusement, soutènement du front et injection à l'arrière.

5. Le soutènement du front de taille, dont la stabilité est assurée pour éviter le tassement et les fontis. La manière d'assurer cette fonction est la base de classement des boucliers;
6. L'étanchéité du tunnel;
7. Le marinage, c'est l'évacuation des déblais de la chambre d'abattage vers l'extérieur du tunnel;
8. La propulsion du bouclier par des vérins hydrauliques en s'appuyant sur le revêtement ou sur le coffrage;
9. Le guidage, c'est le maintien du bouclier sur l'axe théorique.

2.2.3 Classification des boucliers

La classification des boucliers proposée ici est celle couramment admise par les praticiens. Nous retiendrons (figure 5) celle fournie par Mestat (1999). Les boucliers peuvent être divisés en deux classes suivant le mode de creusement:

A) Boucliers ouverts

Ce sont les plus anciens types de boucliers constitués d'un tube à front ouvert. Ce dernier étant accessible, l'abattage peut être manuel, semi-mécanisé ou mécanisé. L'abattage peut se faire par section (roue garnie de pics et des molettes) ou de façon ponctuelle. La palette des outils d'abattage pour l'attaque ponctuelle est très large. Ils vont des outils manuels (pelle, pioche, pic, marteau perforateur...) aux robots excavateurs.

Ce genre de bouclier est adapté aux terrains qui, d'une part ont une cohésion suffisante pour assurer la stabilité du front, et d'autre part sont hors nappe ou à très faible gradient hydraulique. L'utilisation de cette technique en présence d'eau nécessite des travaux annexes coûteux et encombrants (rabattement, injection, congélation...). La tendance actuelle dans de telles conditions est d'abandonner ce genre de procédé.

B) Boucliers fermés

Les boucliers fermés se divisent en quatre catégories principales, selon l'agent qui assure le soutènement du front :

- bouclier à pression mécanique ou aveugle (soutènement mécanique);
- bouclier à pression d'air (soutènement avec de l'air comprimé);
- bouclier à pression de boue (soutènement avec de la boue);
- bouclier à pression de terre (soutènement avec la terre excavée).

De ces quatre catégories principales découlent d'autres variétés qui utilisent une combinaison de deux agents pour soutenir le front. Cette technique permet d'utiliser les avantages de deux variétés, tout en diminuant leurs inconvénients.

La figure 6 montre les voussoirs couramment utilisés en tant que revêtement définitif d'un tunnel.

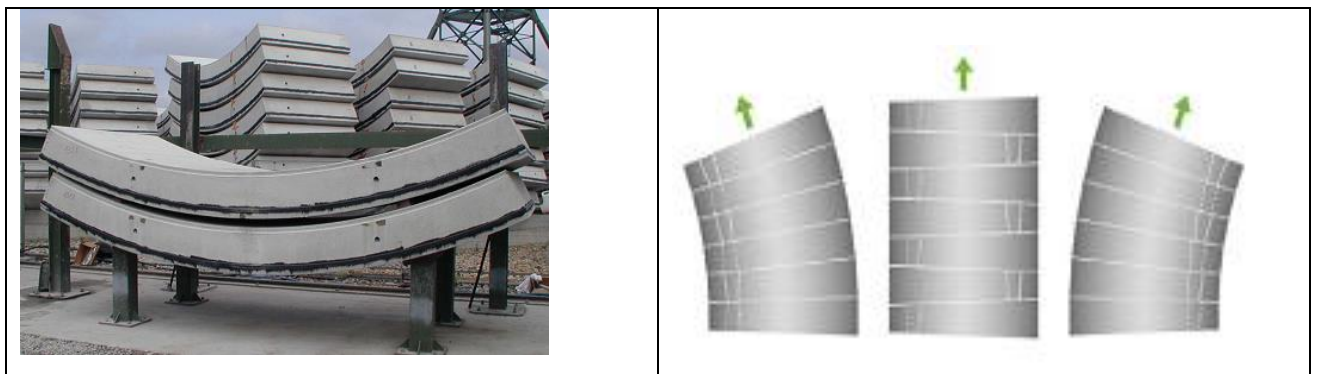
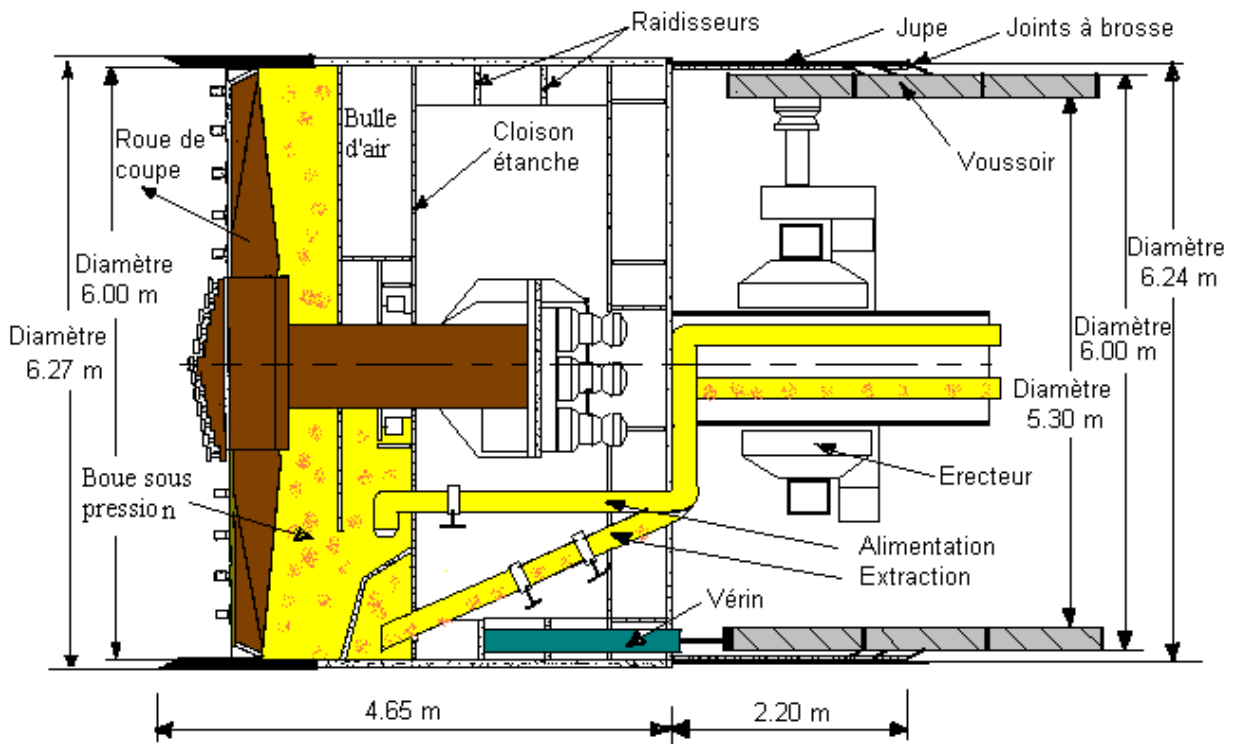
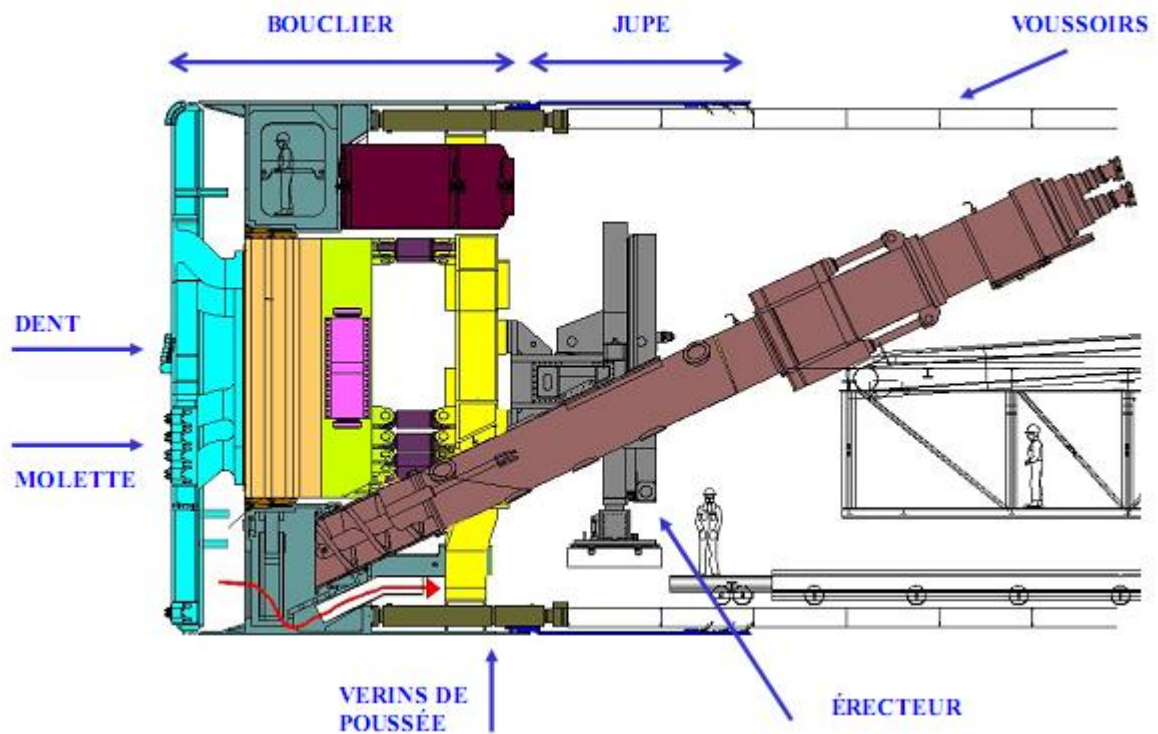


Figure 6. Voussoirs

La figure 7 montre à titre d'exemple le schéma d'un bouclier à pression de boue et à pression de terre.



(a)



(b)

Figure 7. Shémas de bouclier : a) à pression de boue ; b) à pression de terre