# Les solutions constructives à base de coulis, mortiers et bétons

Mars 2017

**Les techniques à base de coulis, de mortiers ou de bétons contribuent à la réalisation d'un grand nombre d'ouvrages souterrains.Elles sont utilisées soit pour permettre ou faciliter la réalisation des ouvrages (injection, soutènement en béton projeté, prévoûte en béton, calage de voussoirs en béton, etc.), soit pour constituer le revêtement définitif des tunnels, des galeries et des espaces souterrains.**

## Espaces Souterrains : solutions constructive à base de coulis, mortiers et bétons

Les solutions constructives pour travaux souterrains sont multiples et adaptables aux caractéristiques des différents projets à réaliser.

Les progrès de ces dernières années dans les techniques de creusement, de soutènement et de revêtement et l'évolution des performances des matériaux permettent de réaliser des ouvrages dans tous types de terrains avec des cadences d'excavation de plus en plus élevées, une plus grande fiabilité et une sécurité accrue pour les ouvriers.

Nota : On distingue les ouvrages réalisés « sous terre » et les ouvrages réalisés « à ciel ouvert » qui font appel à des techniques différentes.

## Les tranchées couvertes

La technique des tranchées couvertes consiste à réaliser une tranchée dans le sol, à exécuter l'ouvrage à ciel ouvert, puis à le recouvrir en général par un remblai. Elle s'applique pour tous types d'ouvrages routiers, autoroutiers et ferroviaires.

Les différentes techniques de réalisation sont fonction du mode de maintien en place des versants de la fouille et de la présence éventuelle de la nappe phréatique.

La couverture de la tranchée permet de rétablir, si nécessaire, la circulation en surface ou d'aménager des parkings, des espaces verts, de construire des structures diverses ou de restaurer des continuités écologiques.

La tranchée est en général réalisée au sein d'une fouille talutée qui est remblayée après réalisation de l'ouvrage.

Une autre technique consiste à réaliser l'ouvrage en sous-œuvre (terrassement sous dalle ou en « taupe »). Après avoir réalisé les piédroits (en parois moulées) et la dalle de couverture, les sols situés à l'intérieur des parois sont excavés à l'abri de cette dalle. Elle permet de limiter l'impact du chantier en surface (mis à part la fenêtre d'accès, par laquelle sont évacués les déblais). Le radier en béton est coulé en fond de fouille, une fois le terrassement terminé.

La dalle de couverture peut être en béton armé ou précontraint coulé en place ou constituée de poutres préfabriquées par prétension (de type PRAD ou en forme de T inversé mises en place de manière jointive).

## Les parois moulées

Les parois moulées sont des ouvrages de fondations en béton armé, utilisées en général comme structure définitive pour la réalisation de nombreux ouvrages. Ancrées dans une couche résistante étanche, elles permettent d'excaver en toute sécurité sous la nappe phréatique.

Elles assurent simultanément trois fonctions : soutènement, portance etétanchéité.

La technique se prête à la réalisation d'une grande diversité d'ouvrages dans des sites et des conditions géotechniques très variés.

Elle permet de réaliser des ouvrages de formes et de dimensions diverses jusqu'à des profondeurs très importantes :

- parois de soutènement pour murs latéraux de tranchées couvertes, de parkings souterrains et de gares souterraines ;
- parois circulaires pour la réalisation de bassins d'orage, de puits de ventilation de tunnels ;
- grandes fouilles en site urbain ;
- puits et enceintes cylindriques de grand diamètre à forte profondeur ;
- tranchées en site urbain à l'air libre ou enterrées : voies autoroutières ou routières, voies ferrées.

## Le béton projeté

Le béton projeté est un béton transporté par refoulement dans une conduite et projeté sur une paroi par un jet d'air comprimé.

Cette technique permet de réaliser des couches de béton de faible épaisseur et d'épouser parfaitement le profil de l'excavation.

Il existe deux techniques de projection :

- par voie sèche ;
- par voie humide.

La différence entre les deux techniques est liée à la manière dont l'eau degâchage du béton est introduite (soit lors de la fabrication du béton, soit lors de l'application du béton).

La technique du béton projeté est utilisée comme :

- soutènement de parois de galeries ou de puits : ce soutènement est mis en œuvre immédiatement après excavation du front de taille, ou ultérieurement si le terrain est stable ;
- soutènement provisoire de front de taille d'ouvrages en cours de creusement.

## Les revêtements et les voussoirs

Le revêtement d'un tunnel ou d'un ouvrage souterrain est la structure résistante placée au contact de l'excavation. Il permet d'assurer la stabilité mécanique à long terme de l'ouvrage et de contribuer à son étanchéité (protection contre les venues d'eau dans le cas d'ouvrage réalisé dans des terrains aquifères). Il peut être visible de l'intérieur de l'ouvrage ou protégé par un habillage.

On distingue deux principales techniques de réalisation des revêtements selon le procédé d'excavation utilisé :

- Revêtement en béton coffré non armé.
- Revêtement en voussoirs préfabriqués en béton armé.

Le profil en travers type d'un revêtement est, en général, de forme circulaire (ce qui permet de résister le mieux possible en compression aux efforts exercés par le terrain).

Dans le cas d'un terrain présentant de bonnes caractéristiques mécaniques, d'autres types de sections sont possibles (section constituée d'une voûte, de piédroits et d'un radier).

## Revêtement en béton coffré non arme

Après excavation du terrain par la méthode traditionnelle à l'explosif, par attaque ponctuelle ou par prédécoupage mécanique, le revêtement est, en général, constitué d'une voûte en béton coulée en place.

Ce revêtement est généralement non armé (sauf éventuellement dans les zones particulièrement sollicitées : jonction radier piédroit). L'épaisseur du revêtement, fonction du type du terrain excavé, varie entre 30 et 45 cm.

Le béton a, en général, une résistance en compression de l'ordre de 30 MPa. Le bétonnage est réalisé par plots d'une dizaine de mètres de longueur, après mise en place, au contact de l'excavation, d'un complexe d'étanchéité.

Les principales spécifications du béton portent sur la maniabilité à l'état frais, afin de garantir un parfait remplissage ducoffrage et sur la compacité afin de résister à l'agressivité du milieu ambiant. Ces performances mécaniques doivent permettre la réalisation d'un plot par jour (ordre de grandeur de résistances requises : 10 MPa à 24 heures).

La réalisation d'ouvrages à gabarit limité, d'accès difficile ou de géométries complexes, nécessite la mise en œuvre du béton

par **pompage**. Dans ce cas, les critères de**formulation** du béton doivent prendre en compte sa pompabilité, son homogénéité et l'absence de **ségrégation** en extrémité de conduite ainsi que la durée pratique d'utilisation en fonction de la distance de pompage.

On utilise désormais, de plus en plus, des bétons autoplaçants qui facilitent la mise en œuvre du béton et permettent d'obtenir, sans **vibration**, un parfait remplissage des coffrages.

## Revêtement en voussoirs préfabriqués en béton armé

Le revêtement de tunnel, foré à l'aide d'un tunnelier est composé d'une succession d'anneaux juxtaposés mis en place à l'arrière du bouclier pour assurer immédiatement la **stabilisation** des terres. Chaque anneau est constitué d'un assemblage d'éléments appelés **voussoirs préfabriqués en béton armé**, d'épaisseur courante de 20 à 30 cm.

Les anneaux, d'une longueur de 0,60 à 2 m ont des faces transversales parallèles (anneaux droits) ou non parallèles (anneaux universels). Les anneaux universels permettent par rotation de la position d'un anneau par rapport au précédent, de suivre toutes les variations de tracé de l'excavation.

Les anneaux sont constitués de 5 à 10 voussoirs courants, de 2 voussoirs de contre-clé et d'un voussoir de clé (de forme trapézoïdale). L'étanchéité entre voussoir est, en général, assurée par des profilés compressibles ou hydro gonflants.

Les voussoirs sont équipés de réservations qui permettent leur assemblage entre eux et aux anneaux adjacents par des boulons ou par des tire-fonds.

Les voussoirs préfabriqués peuvent être réalisés en bétons renforcés de fibres métalliques. Ce type de béton permet, en particulier, d'améliorer la résistance au choc des voussoirs et de simplifier le processus de fabrication industrielle des voussoirs (simplification voire suppression des ateliers de façonnage et d'assemblage des **armatures**).

Les voussoirs de grande taille et soumis à des sollicitations élevées, peuvent être armés par une solution mixte (association de fibres métalliques et d'armatures traditionnelles).

Des essais réalisés sur des bétons armés avec des fibres polypropylènes (à des dosages de 1,5 à 2 kg/m3) ont démontré l'efficacité de ces fibres vis-à-vis des risques d'éclatement du béton lorsqu'il est soumis à des températures élevées.

Les ciments utilisés pour la confection des bétons des voussoirs sont, en général, de type CEM I.

Dans le cas de tunnels réalisés dans des milieux agressifs, des ciments de caractéristiques complémentaires PM et ES sont conseillés.

Le vide annulaire, situé entre l'extrados de l'anneau du revêtement et l'excavation, doit être soigneusement rempli par un produit de bourrage. Ce produit est destiné, à court terme, à caler le revêtement et à éviter les déplacements des voussoirs et le mouvement éventuel du terrain excavé. A long terme, il permet de répartir uniformément les efforts engendrés sur le revêtement par le terrain.

Cette opération s'effectue par injection d'un coulis de cimentsimultanément à l'avancement du bouclier et à la mise en place des voussoirs. Le coulis de bourrage est injecté au travers d'orifices localisés dans les voussoirs. Il doit être suffisamment fluide lors de sa mise en œuvre pour remplir parfaitement le vide et sa cinétique de **prise** doit être adaptée aux conditions de chantier.

## Habillages des tunnels à l'aide de coque mince en béton

Les "habillages" des tunnels sont des structures légères destinées :

- **dans le cas des tunnels non revêtus :** à assurer la sécurité des usagers contre les chutes éventuelles de blocs du terrain ;
- **dans le cas de tunnels revêtus :**à améliorer l'esthétique de l'ouvrage et le confort des usagers et à faciliter le nettoyage des parois.

Cet habillage peut être réalisé en travaux neufs ou en travaux de réfection, à l'aide d'une coque mince en béton ( à base de **BFUP**) qui est, soit accrochée à la voûte, soit autostable et reposant sur des piédroits en béton.

Les traitements architectoniques du béton de la coque permettent d'améliorer l'ambiance intérieure de l'ouvrage.

Auteur

**Patrick Guiraud**

**Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr**

**Consultez** les derniers projets publiés
**Accédez** à toutes nos archives
**Abonnez-vous** et gérez vos préférences
**Soumettez** votre projet

Article imprimé le 29/11/2026 © infociments.fr