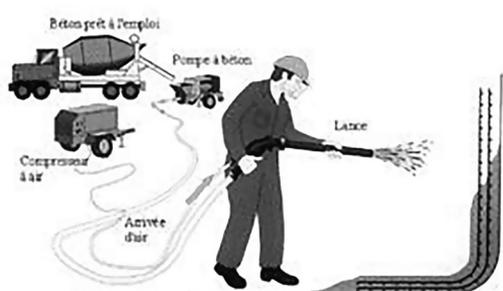


# Réparation ou renforcement d'ouvrages d'art par béton projeté par voie mouillée



## PRÉSENTATION

La projection est une technique de mise en place des matériaux de construction et principalement des mortiers et des bétons qui consiste à malaxer, homogénéiser, transporter et à projeter plus ou moins violemment les matériaux sur les supports à revêtir.

Dans la méthode dite « projection par voie mouillée » le mélange de ciment et granulats est malaxé avec l'eau de gâchage avant le transport, qui peut être en flux dense avec un dispositif ressemblant à une pompe à béton classique et propulsé au niveau de la lance par de l'air comprimé ou en flux dilué, pour lequel les bétons ou mortiers sont véhiculés dans la conduite dans un flux d'air comprimé. Cette dernière méthode, associant certaines propriétés de la voie sèche et de la voie mouillée, permet l'emploi de bétons non pompables. Intéressante essentiellement en cas de consistance irrégulière du béton fourni par la centrale à béton, elle est très peu utilisée, seule la technique en flux dense sera donc évoquée dans la suite de ce document.

Avec la participation de



# Réparation ou renforcement d'ouvrages d'art par béton projeté par voie mouillée

## RECOMMANDATIONS

### Modes opératoires

#### Domaine d'emploi

- Soutènement en tunnel nécessitant des cadences importantes
- Travaux en espaces confinés difficiles à ventiler efficacement (collecteur d'assainissement visitable ...)
- Réalisation d'ouvrages de formes libres (piscines, bâtiments...)
- Renforcement d'ouvrages en maçonnerie (contre-voute, chemisage) ; renforcement talus ou falaises

#### Choix de la méthode

En comparaison avec la voie sèche cette méthode présente les avantages et inconvénients suivants :

#### Avantages :

- Possibilité de débits importants (plus de 12m<sup>3</sup>/h)
- Peu ou pas d'émission de poussières
- Peu de pertes par rebonds (économie de matériaux)
- Peu de modification de la composition durant la projection
- Possibilité de projeter sur support fragile ou de faible cohésion

#### Inconvénients :

- Compactage limité
- Résistances mécaniques plus faibles que la voie sèche
- Faible adhérence au support
- Frottement important dans la conduite : transfert sur de grandes distances difficile (100 m à 300 m maximum avec une composition bien adaptée et une machine de forte puissance)
- Nécessité d'une formulation rigoureuse (plasticité, fluidité)
- Enrobage délicat à l'arrière des armatures par effet d'ombre de l'acier empatté dans un flux d'air trop faible
- Conduite et lance de projection pleines de béton très lourdes à manipuler par le projeteur ; utilisation de robots de projection
- L'emploi quasi indispensable de raidisseur ou accélérateurs influe négativement sur la résistance finale

#### Formulation (ASQUAPRO Fascicule 4 Chapitre 2)

Le mélange est formulé pour être pompable, en machine et jusqu'à l'extrémité de la conduite de transfert. Une autre contrainte de formulation est que le béton frais ne doit pas s'affaisser une fois en place. Pour cela, l'utilisation d'un adjuvant raidisseur en sortie de lance est quasi-obligatoire. Toutefois cet adjuvant ne doit pas perturber la bonne mise en place du béton, en particulier le bon enrobage des armatures, ni affaiblir les caractéristiques mécaniques du béton.

# Réparation ou renforcement d'ouvrages d'art par béton projeté par voie mouillée

## RECOMMANDATIONS

### Mise en œuvre [Asquapro Fascicule 3 chapitre 2.3]

Le support ou la paroi doit faire l'objet d'une préparation avant la projection. L'objectif est d'obtenir une surface de réception stable, sans poussière et sans arrivée d'eau importante qui pourrait empêcher la tenue du béton projeté. Les supports susceptibles d'absorber l'eau du béton frais doivent au préalable être humidifiés en profondeur par un arrosage préalable.

Le mélange provient généralement d'une centrale B.P.E.

Pour la projection, le béton malaxé est déversé dans la machine ; il contient déjà la quantité d'eau nécessaire à sa mise en œuvre ainsi qu'un adjuvant assurant sa fluidité (superplastifiant) ; il est véhiculé, à faible vitesse, jusqu'à la lance par pompage par un système à pistons (le plus couramment utilisé), système à vis ou système péristaltique. L'air comprimé est introduit à la lance, ainsi que le raidisseur ; il éclate le mélange en petites masselottes qui sont projetées contre le support et assure la mise en place du béton et son compactage. La vitesse en sortie de lance est de l'ordre de 30 m/s. À l'arrivée sur le support, la masse de béton se reconstitue par réunion des masselottes sous l'effet conjugué du jet d'air comprimé et de l'effet «raidisseur» quasi-instantané de l'adjuvant.

L'énergie de projection, plus faible qu'en voie sèche, contribue à réduire fortement les rebonds. La composition du béton en place reste homogène dans toute l'épaisseur projetée. Toutefois la superposition de couches peut présenter un risque de feuilletage. Le mélange tient sur le support par collage, grâce à l'adjuvant.

L'opérateur de projection porte rarement la lance (très lourde). On a très souvent recours à l'emploi de robot ou bras manipulateur.

L'opérateur n'intervient pas sur la composition du béton en place. Il doit avoir une parfaite maîtrise de la conduite du bras à l'extrémité duquel est fixée la lance dont il commande à distance la position et l'orientation par rapport au support. Il est nécessaire d'utiliser le boîtier de commande à distance en se positionnant de façon à avoir une vue directe sur le point d'impact du jet de projection.

### Ferraillage [Fascicule 3 ASQUAPRO Chapitre 4]

Les armatures structurelles dans le béton projeté ont le même rôle que dans le béton armé coulé. L'enrobage et le recouvrement des armatures doivent être conformes aux règlements techniques en vigueur.

Pour éviter les effets d'ombre (vide à l'arrière de l'armature) et les défauts d'enrobage, il est nécessaire de prendre en compte, pour la pose des armatures, la spécificité de la projection du béton. Dans certaines applications, les aciers classiques peuvent avantageusement être remplacés par des fibres synthétiques ou métalliques (Fascicule 4 ASQUAPRO Chapitre 3.3).

### Matériel [Fascicule 3 ASQUAPRO Chapitre 5]

Les machines peuvent être de type **pompe à béton** à vis à pistons ou péristaltique. Le tuyau est rempli d'une masse compacte de béton qui progresse à faible vitesse. On introduit l'air comprimé à l'extrémité de la conduite de projection en flux dense ou, plus rarement, à la sortie de la machine en flux dilué.

Le choix de la **conduite de transfert** dépend de la méthode de projection employée, du type de travaux à réaliser, de la granulométrie du mélange et de la distance de transfert. Le tuyau est soumis à de fortes pressions, pouvant dépasser 5 MPa. La conduite doit résister à la fois aux frottements et à la pression.

# Réparation ou renforcement d'ouvrages d'art par béton projeté par voie mouillée

## RECOMMANDATIONS

La **lance de projection** se compose d'un corps de lance (de 8 à 15 cm environ) où se trouve l'introduction d'air et d'adjuvants et d'une buse ou tuyère (de 30 et 60 cm de longueur).

Selon les débits, on peut associer à ces matériels un bras de manipulation de la lance piloté à distance (robot) ; compte-tenu du poids du béton véhiculé et donc de la lourdeur de la lance, des matériels d'aide à la manipulation sont généralement utilisés.

Les ajouts d'adjuvants liquides se font à l'aide de pompes doseuses à débit variable asservies à la pompe principale en fonction sa cadence.

### Points importants

Formation des opérateurs : la formation des porte-lance est capitale pour la qualité de l'enrobage des aciers, la régularité des épaisseurs, ainsi que l'aspect final de la paroi.

Lorsque la projection s'effectue en plusieurs couches, il est indispensable d'effectuer une préparation de la surface de reprise pour éviter le phénomène de délaminage entre couches (Fascicule 3 ASQUAPRO Chapitre 3.4.3).

L'augmentation de la vitesse de raidissement empêche de travailler la couche de béton après projection. Dans le cas d'une demande de finition talochée, il est conseillé de projeter une couche de faible épaisseur (centimétrique), sans adjuvant, qui sera travaillée lorsque le béton est encore souple.

Le point le plus problématique reste la pompabilité du mélange. La moindre difficulté de pompage peut générer des troubles importants dans la cadence des travaux et peut entraîner des conséquences sur la qualité en place. De ce fait, la composition doit être soigneusement étudiée et sa reproductibilité parfaitement assurée.

Comme pour les bétons coulés et afin de réduire les effets du retrait, il est nécessaire d'effectuer une cure du parement.

### Normes

**NF EN 14487-1 Béton projeté** : définitions, spécifications et conformité.

**NF EN 14487-2 Béton projeté** : Exécution.

**NF.P 95 102 Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Béton projeté** (en cours de révision).

# Réparation ou renforcement d'ouvrages d'art par béton projeté par voie mouillée

## PROPOSITION DE PLAN DE CONTROLE

Phases	Points de Contrôle	Moyens de contrôle
Préparation	Formulation de la composition béton	Béton d'étude - Courbe granulométrique - Essai d'affaissement - Essai de pompabilité - Essais de résistance à la compression
Convenance	Composition du béton livré	Analyse granulométrique sur échantillon
Convenance	Résistance à la compression des bétons	Caisses normalisées - Carottage et écrasements éprouvettes
Convenance	Adhérence au support	Carottage et essai de traction directe en laboratoire - Sondage sonique au marteau
Travaux	Réception des supports - Propreté absence d'élément non adhérent - Humidification du support saturé mais non ruisselant	Examen visuel
Travaux	Consistance pompabilité	Essai Cône d'Abrams
Travaux	Contrôle épaisseur projeté	Carottage béton durci - Contrôle visuel de l'enrobage de cales ou piges d'épaisseur
Travaux	Enrobage armatures	Contrôle visuel pendant projection - Sondage destructif ponctuel sur béton durci - Enrobage piges d'épaisseur
Travaux	Quantité de fibres en place	Essai sur béton frais - Prélèvement - Pesée des fibres après séparation par lavage
Travaux	Adhérence sur support	Carottage et essai de traction directe en laboratoire - Sondage sonique au marteau
Travaux	Résistance à la compression des bétons	Projection de béton dans des caisses normalisées - Carottage et écrasements d'éprouvettes
Travaux	Planéité - Respect des tolérances du marché	Contrôle sur site à la règle