



Chapitre

5

Techniques de mise en œuvre

5.1 - Pompage du béton

5.2 - Mise en œuvre des Bétons Autoplaçants

5.3 - Mise en œuvre des Bétons à Hautes Performances

5.1 - Pompage du béton

Lors de la conception et de la réalisation d'un projet, de nombreux paramètres doivent être maîtrisés pour obtenir un rendu final conforme aux attentes des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre et à la volonté esthétique des architectes. Parmi ces paramètres, la mise en œuvre du béton occupe une place prépondérante. Le pompage du béton est l'une des solutions qui permet d'optimiser la qualité de la mise en œuvre.

5.1.1 - Procédé de pompage

La technique de pompage du béton consiste à refouler, par l'intermédiaire d'une pompe, le béton dans une tuyauterie.

Le béton est préalablement "agité" dans la trémie de réception de la pompe, dès sa sortie du camion malaxeur.

Le cheminement du béton dans la tuyauterie se fait grâce à un cycle aspiration/poussée, à l'aide de deux pistons reliés à deux vérins hydrauliques évoluant à l'intérieur de deux cylindres appelés "chemises" (le premier vérin remonte dans sa chemise : aspiration du béton, simultanément, le second vérin descend : poussée du béton).

Le nombre de cycles par minute "aspiration/poussée" permet de définir la cadence de pompage en mètres cubes par heure.

Nota

Le débit courant des pompes varie entre 20 et 150 m³ par heure.

5.1.2 - Matériels de pompage

Deux types de pompes existent aujourd'hui sur le marché : les pompes automotrices à tuyaux ou à flèche de répartition et les pompes stationnaires. Ces dernières sont plus spécialement utilisées en poste fixe sur des chantiers de longue durée. Dans ce cas, le béton est transporté dans des tuyauteries posées au sol qui alimentent un mât de bétonnage ou simplement, assurent le remplissage d'un coffrage.



Deux systèmes de pompage complètent la gamme de l'offre en matériel :

- ▶▶ **la pompe à pistons** qui permet d'obtenir des débits de pompage importants avec des bétons de consistance S 2 ;
- ▶▶ **la pompe à rotor** qui est plus adaptée aux pompages délicats, tel que le pompage des bétons spéciaux (béton léger, béton autoplaçant, etc...).

5.1.3 - Atouts du pompage du béton

Le bétonnage par pompage offre à l'utilisateur de nombreux atouts :

▶▶ **Qualité du parement**

Compte tenu du procédé de pompage, les caractéristiques initiales du matériau béton sont préservées lors de son transport dans la tuyauterie de la pompe à béton.

Le béton, à partir de la sortie de la flèche jusqu'au point de bétonnage, est guidé par un tuyau flexible, il coule en continu jusqu'à son emplacement définitif et conserve ainsi toute son homogénéité.

Dans le cas de bétonnage dans un coffrage, le tuyau flexible est descendu au point bas du coffrage. Il est remonté simultanément avec le béton au fur et à mesure du remplissage du coffrage, ce qui permet d'éviter toute chute du béton.

Le pompage permet de mettre en œuvre, dans les coffrages, des bétons de consistance et de caractéristiques à l'état frais plus homogènes.

La mise en œuvre du béton à la pompe permet aussi d'éviter les reprises de bétonnage et d'assurer l'homogénéité des parements.

►► Rapidité de mise en œuvre

Le pompage permet d'accélérer la mise en œuvre du béton.

Lors du bétonnage dans un coffrage, le gain de temps de coulage est essentiellement dû à l'apport important et rapide de béton.

Le tuyau de la flèche reste en place à l'intérieur du coffrage jusqu'à la fin du remplissage, contrairement au bétonnage à la grue qui nécessite des rotations de remplissage/vidange de la benne à béton dont la capacité est limitée à la performance de la grue.

Le bétonnage à la pompe permet de libérer la grue de chantier qui peut ainsi être affectée à d'autres tâches.



►► Accessibilité

L'accès aux différents points de coulage d'un ouvrage est facilité par l'éventail de longueurs de flèches (20 mètres à près de 50 mètres de portée) proposées par les entreprises adhérentes au Syndicat National du Pompage du Béton (SNPB).

Dans le cas d'un tablier de pont, le pompage permet d'amener le béton avec précision au bon endroit. Il est possible d'installer une ou plusieurs pompes en fonction des caractéristiques géométriques de l'ouvrage, du plan de bétonnage et de la cadence de pompage retenue par l'entreprise et imposée par le système d'étalement afin d'assurer une bonne répartition des charges sur l'ouvrage en cours de bétonnage.

Le pompage permet également de mettre en place du béton dans des zones ou des coffrages difficilement accessibles.

5.1.4 - Utilisation des pompes à béton

Le choix du matériel de pompage à utiliser est fonction :

- de la partie d'ouvrage à bétonner (semelles, piles, culées, chevêtres, tablier...),
- des contraintes d'accessibilité du point de bétonnage (pour définir la longueur de flèche),
- et de la cadence de bétonnage souhaitée.

La longueur de flèche doit être adaptée aux caractéristiques géométriques de l'ouvrage et à l'emplacement de la ou des pompes.

Le choix du débit de la pompe est fonction de la capacité de production de la centrale BPE et du nombre de camions malaxeurs affectés à l'approvisionnement du chantier. Cette logistique doit être adaptée à la cadence théorique de bétonnage prévue par l'entreprise qui dépend du personnel et du matériel destinés à la mise en œuvre du béton sur l'ouvrage.

» Configuration du chantier

Dans le cas d'utilisation d'une seule pompe, le bétonnage débutera, en principe, à partir d'une culée, du point bas de l'ouvrage vers son point haut.

En cas d'utilisation de plusieurs pompes et selon le type d'ouvrage, elles peuvent être disposées au niveau et de chaque côté des culées. Le bétonnage se fait du centre de l'ouvrage vers les culées ou, plus rarement, des culées vers le centre. Elles peuvent aussi être installées à un niveau inférieur à celui du tablier à couler.



» Essais de convenance

Dans la majorité des chantiers d'ouvrages d'art, un essai de convenance est nécessaire pour valider la pompabilité de la formule de béton dans le contexte du chantier.

Ces essais permettent d'optimiser à la fois la composition du béton (ouvrabilité, consistance), la capacité et le débit de la pompe, la configuration des installations ainsi que le mode opératoire du pompage.

Nota

Pour éviter la formation d'un bouchon au démarrage de l'opération de pompage, il convient de pomper préalablement de la "barbotine" (mélange de ciment et d'eau ou produit équivalent) dont la quantité à utiliser est à adapter en fonction de la longueur de la flèche de la pompe. Cette barbotine ne doit pas être déversée sur le tablier ou dans le coffrage.

5.1.5 - Positionnement de la pompe, respect des consignes de sécurité

Le positionnement de la pompe doit prendre en compte son environnement au sol, le gabarit aérien disponible, ainsi que les contraintes de coulage.

» Risques électriques

En cas de présence d'une ligne électrique au-dessus de la zone d'implantation de la pompe, il convient d'identifier la tension de la ligne et de contacter les responsables d'EDF pour demander la coupure ou l'isolation temporaire de l'alimentation de cette ligne. En cas d'impossibilité de coupure, l'opérateur de la pompe devra respecter les distances d'approche conseillées de la ligne :

- minimum 3 mètres de distance pour 20000 volts,
- minimum 5 mètres pour 400000 volts.

Nota

En cas de pluie ou de brouillard, ces distances doivent être augmentées de 2 mètres au minimum.

Il est recommandé d'utiliser des pompes équipées de moyens de détection de champs électriques qui permettent d'alerter en permanence le conducteur de la pompe de la proximité d'une ligne électrique. Ces dispositifs ne constituent néanmoins qu'une aide à la conduite et non une sécurité absolue.

» Sécurité au sol dans l'environnement immédiat de la pompe

L'accès à l'aire de bétonnage (emplacement de la pompe et aire de manœuvre des toupies) doit être dégagé de tout obstacle pouvant :

- gêner l'approche des camions malaxeurs ;
- gêner les manœuvres de la flèche de la pompe ;
- provoquer un accident corporel au personnel évoluant dans cette zone (par exemple, le personnel de laboratoire chargé d'effectuer les prélèvements pour la confection des éprouvettes de contrôle du béton ou le personnel chargé de guider la toupie).

Si la surface de l'aire de bétonnage le permet, il est intéressant de positionner deux toupies à l'arrière de la pompe pour améliorer la cadence de coulage en optimisant le temps de manœuvre des toupies.

5.2 - Mise en œuvre des Bétons Autoplaçants

D'une manière générale les contraintes de mise en œuvre des BAP sont nettement plus faibles que celles des bétons mis en œuvre par vibration, grâce à sa facilité de coulage sur de longues distances et de grandes hauteurs.

Les propriétés d'écoulement des BAP donnent lieu à la mise en place de nouvelles procédures de remplissage des coffrages. Les caractéristiques du BAP autorisent des cheminements horizontaux importants.

Le pompage permet une mise en œuvre plus rapide du béton. L'extrême fluidité des BAP nécessite de soigner particulièrement l'étanchéité des coffrages. Il est important de vérifier que la poussée lors du coulage du béton ne dépasse pas les limites de résistance des coffrages et de les dimensionner pour résister à la pression quasi hydrostatique.

Dans certains cas (voile de très grande hauteur avec de très nombreuses ouvertures), le coffrage doit être spécifiquement étudié.

Une cure efficace doit être mise en œuvre le plus tôt possible après la fin du bétonnage, particulièrement pour les surfaces horizontales afin d'éviter toute évaporation précoce d'eau.

Les BAP ne nécessitent pas d'opération de surfaçage pour les applications horizontales.

Ils peuvent être mis en œuvre, soit de façon traditionnelle à la benne à manchette, soit par pompage (en tête ou en pied de coffrage).

▶ **Mise en œuvre à la benne à manchette traditionnelle**

Le béton est mis en œuvre par le haut du coffrage au moyen d'une goulotte. La hauteur de chute dans les coffrages doit être limitée afin d'éviter toute ségrégation en amenant le bas de la manchette en limite de la zone de bétonnage.

Il est nécessaire d'adapter les diamètres de la manche sous la benne par rapport au béton traditionnel (\varnothing 60 à 80 mm au lieu de \varnothing 150 à 200 mm) pour qu'elle puisse être introduite entre les armatures.

Pour maîtriser l'esthétique des parements, il convient de limiter au maximum la hauteur de chute.

▶ **Mise en œuvre par pompage en pied de coffrage : pompage "source"**

Cette méthode est adaptée en particulier pour les éléments verticaux de grande hauteur. Elle supprime toute intervention en partie haute des coffrages. Le béton est injecté en pied de coffrage.

▶ **Mise en œuvre par pompage en tête de coffrage avec tube plongeur**

Le tube plongeur doit être suffisamment introduit dans le coffrage pour limiter au maximum la hauteur de chute. Cette méthode est adaptée au bétonnage d'éléments verticaux.

Comme pour tous les bétons, il convient lors des phases de bétonnage de prendre en compte les conditions climatiques et de mettre en œuvre des dispositions particulières en dehors de la plage de température (+5°C à 30 °C).