Les innovations en matière de béton projeté

Septembre 2019

Parmi les prospections diverses dans le domaine des bétons projetés, voici cinq sujets qui représentent des innovations favorisant le développement de la technique. Ces innovations sont soit en cours de développement, soit déjà utilisées et éprouvées.

Formation des pilotes de robot sur simulateur

Malgré l'usage croissant des robots de projection et des bras manipulateurs (qui facilitent la manipulation de la lance ou prennent en charge une partie des mouvements), l'influence des opérateurs de projection (appelés aussi « pilotes de robot ») sur la qualité des bétons projetés reste primordiale. Les conséquences potentielles des mauvaises performances d'un pilote sont
multiples :

- risques de chute de béton frais ;
- non-respect des épaisseurs exigées ;
- mauvaise qualité du béton en place ;
- pertes anormalement élevées, notamment en fibres ;
- pannes de matériel ;
- diminution des cadences de projection, ce qui impacte leplanning du projet.

L'exigence de certification des opérateurs de projection, de plus en plus souvent imposée dans les marchés de travaux, va dans le sens d'une meilleure qualité. La certification permet de valider les acquis des pilotes de robot in situ. Elle s'adresse aux pilotes qui ont déjà une bonne maîtrise de la projection.

Pour les débutants, acquérir de l'expérience n'est pas simple car les enjeux des chantiers permettent difficilement de les mettre dans de bonnes conditions d'apprentissage ; de plus, les risques sont élevés en cas de mauvaise manipulation, allant de la mise en danger des personnels au bris de matériels coûteux, sans parler des taux de pertes anormalement élevés ou du non-respect des épaisseurs contractuelles (sur ou sous-épaisseurs).

Pour pallier ces difficultés, un simulateur de projection par voie mouillée est proposé depuis 2013 par une société suédoise. Il permet, quel que soit le niveau initial des opérateurs, de pratiquer en toute sécurité, de progresser sans nuire à la qualité de leurs premiers chantiers, de vérifier objectivement la qualité de la projection, même pour les pilotes les plus expérimentés, ou de se former sur un nouveau matériel.

Le simulateur restitue une image en 3D très réaliste par rapport au terrain et utilise exactement les mêmes interfaces que les véritables robots. Il analyse le mouvement, les réglages et le débit de la lance et délivre une indication très fiable sur les épaisseurs de béton mises en place et sur les taux de pertes.

Il est reconnu par la profession et est déjà utilisé, à l'étranger, en amont de nombreux chantiers pour la formation des pilotes dans les mines et les tunnels. Les coûts de formation peuvent être rapidement compensés par la diminution des pertes et des surépaisseurs. Compte tenu des volumes à projeter et des enjeux liés aux grands chantiers en cours ou en préparation, l'intérêt du simulateur de projection est particulièrement pertinent.

Projection de BFUP au cours du chantier expérimental.

Projection de BFUP au cours du chantier expérimental.

Projection de BFUP

La problématique de la réfection des buses métalliques a fait l'objet d'unconcours d'idée auprès du « Comité Innovation Routes et Rues ». Le lauréat de la campagne 2016 est le groupement Ductal®-Freyssinet qui a proposé un renforcement de ces passages inférieurs au moyen d'un BFUP (Béton Fibré à Ultra hautes Performances) projeté sur une épaisseur minimale de 3 cm au sommet des ondes.

Cette solution présente des avantages multiples :
réparation, conservation du gabarit de passage, gain de temps, protection à long terme de la buse. La justification de cette coque mince a pu être réalisée à l'aide des normes dédiées au BFUP coulé (NF P18-470 et NF P18-710) après validation d'utilisation de ces dernières.

Un essai (échelle 1) a finalisé la vérification des méthodes de calcul, du comportement du matériau et de la structure sous chargement.

Le chantier expérimental de réparation d'une buse métallique sur le réseau routier a permis les adaptations nécessaires à la mise au point de son exécution et de cibler les problématiques à investiguer en vue d'autres opérations de réparation.

La projection du BFUP offre des perspectives prometteuses pour le renfort d'ouvrages sur un plan structurel, mais également pour ceux nécessitant une couche protectrice appliquée en parement : protection contre la pénétration d'agents agressifs ou protection contre l'abrasion.

Système d'Étanchéité Projetée Confinée (SEPC)

La projection de béton est incompatible avec les revêtements d'étanchéité traditionnels de type DEG (Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane) mis en œuvre pour étancher les ouvrages souterrains. Une solution intéressante pour remédier à cette problématique est proposée par les Systèmes d'Étanchéité Projetée Confinée (SEPC) notamment dans le cas des tunnels revêtus en béton projeté définitif quelle que soit la technique de projection retenue.

Ces systèmes, à base d'EVA ou d'acrylate, sont couverts par un avis d'expert AFTES pour les ouvrages annexes à géométrie complexe ainsi que la rénovation-réparation d'ouvrages existants.

Le SEPC peut être projeté sur le béton projeté de soutènement, qu'il soit fibré ou non, ou directement sur le support qui doit offrir une adhérence suffisante. Un traitement des venues d'eau au préalable est nécessaire (drainage, injection, imperméabilisation) ainsi qu'une préparation de surface du support.

Ce produit n'est plus à proprement parler une innovation puisque la RATP, la SNCF, le Grand Paris Express (GPE) ainsi que d'autres donneurs d'ordres l'ont déjà utilisé pour réaliser l'étanchéité de leurs ouvrages.

Projection de mortier renforcé de fibres métalliques amorphes pour le renforcement de réseaux hydrauliques.

Renforcement des réseaux hydrauliques visitables par coques minces en mortier projeté renforcé de fibres métalliques amorphes par voie mouillée

Les réseaux hydrauliques souterrains visitables sont usuellement renforcés par projection par voie mouillée d'une épaisseur de 6 à 8 cm de mortier en plusieurs couches, associée à une armature en treillis soudé galvanisé.

Une étude, réalisée entre 2013 et 2017, a permis de valider une méthode de dimensionnement et une loi de comportement représentative d'un mortier renforcé de fibres métalliques amorphes projeté par voie mouillée avec des épaisseurs inférieures.

La section (conduit et chemisage) peut ainsi être vérifiée aux états limites (ELS et ELU), en tenant compte de la contribution des fibres métalliques amorphes à la résistance de la section après fissuration. Cette technique permet, selon une note de calcul à établir par un bureau d'études compétent pour chaque chantier, de réaliser des opérations de « chemisage structurant » avec des gains en épaisseur (épaisseur de 3 cm au lieu de 6 à 8 cm), en délais de réalisation et en pénibilité (suppression de la pose du treillis soudé).

On obtient ainsi une optimisation du coût global du chantier et une restitution plus rapide de
l'ouvrage à l'exploitation. La très grande résistance à la corrosion des fibres métalliques amorphes ainsi que leurs retours d'expérience d'utilisation permettent, en outre, de présupposer une meilleure durabilité des réhabilitations ainsi réalisées.

Utilisation des laitiers de Haut-Fourneau pour la projection par voie mouillée

La projection de béton par voie mouillée nécessite dans la majorité des cas l'ajout d'un activateur (ou raidisseur ou accélérateur de prise) à la lance afin de garantir la tenue du béton sur le support. Cesadjuvants liquides relèvent de lanorme NF EN 934-5.

Actuellement, la composition de ces produits est telle que leur combinaison avec des laitiers de haut-fourneau (ciments au

laitier ou additions au laitier) génère un dégagement de sulfure d'hydrogène, un gaz très toxique. A ce jour, les prescriptions interdisent donc l'emploi de laitier dans les bétons projetés par voie mouillée.

Cependant, les « ciments au laitier » offrent de multiples avantages techniques en termes de durabilité et de performances mécaniques notamment dans des environnements agressifs.

Le fournisseur de laitier (Ecocem) a donc trouvé une combinaison laitier moulu/activateur ne présentant pas cette incompatibilité. La solution se présente sous forme d'un accélérateur en poudre de nouvelle génération ajouté à la lance de projection. Les premiers essais de projection d'un béton substitué semblent encourageants notamment en termes de montée en résistance au jeune âge.

Lorsque l'activateur sera conforme à la norme NF EN 934-5, il offrira la possibilité de réaliser des travaux dans des environnements agressifs avec des liants appropriés.

Éprouvette de béton intégrant la membrane SEPC.

Éprouvette de béton intégrant la membrane SEPC.

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 27/11/2026 © infociments.fr