



Afin de résoudre le problème des embouteillages autour d'Anvers, la *Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel* (BAM) a pour projet de boucler le ring de la métropole grâce à la construction de la liaison Oosterweel. Pour évaluer la faisabilité technique des plans mis sur la table, la BAM, en collaboration avec le bureau d'étude RoTS, a récemment réalisé deux campagnes d'essai à grande échelle. Les informations ainsi récoltées permettront de concevoir et de mettre en œuvre la liaison Oosterweel selon une approche plus ciblée et donc plus économique.

## Etude de cas géotechnique : monitoring du puits d'essai Oosterweel

### Conception

Le projet initial de tunnel destiné à la liaison Oosterweel sur la rive droite de l'Escaut consistait à réaliser un double tunnel immergé sous les docks et le canal Albert. Cette option faisant gonfler le budget prévu, la BAM confia au bureau d'étude RoTS la mission de chercher une solution visant à optimiser le projet : l'excavation d'un tunnel à double étage jusque dans l'argile de Boom présente à partir d'une profondeur de 20 à 30 m. Ce projet permettrait de réaliser une économie de plus de 450 millions d'euros par rapport à sa version initiale.

Concrètement, des rideaux de palplanches de 25 à 30 m de long

Les essais préalables visent à optimiser la conception et à réduire les coûts.

seront tout d'abord installés dans les docks et le canal Albert au départ d'un ponton (étape 1, voir figure 2). L'espace compris entre ces palplanches et le quai sera ensuite rempli de sable, afin de réaliser une plateforme à partir de laquelle les parois moulées du tunnel pourront être mises en œuvre (partiellement dans le sable, étape 2). Enfin, le plafond (étape 3) et les planchers (intermédiaires) (étapes 4 et 5) seront coulés (principe du *cut and cover*).

monitoring avancé destiné au contrôle de différents paramètres.

### Instrumentation et monitoring

Les divisions Géotechnique du gouvernement flamand et du CSTC étaient responsables de l'instrumentation et du monitoring du puits d'essai. Nos collaborateurs ont utilisé, en plus des jauges de contrainte et des thermocouples, des capteurs de déformation de type fibres optiques développés dans les laboratoires du CSTC. Durant plus de 15 mois, une centaine de ces capteurs ont été monitorés en continu :

- une cinquantaine de capteurs de déformation verticaux ont été fixés sur toute la hauteur des palplanches afin de déterminer les moments et les contraintes
- plus de 25 capteurs de déformation ont été placés sur deux extensomètres verticaux jusqu'à une profondeur de 25 m dans l'argile de Boom, afin de suivre le gonflement de celle-ci
- 40 capteurs de déformation ont été installés pour mesurer les déformations des étauçons (à convertir en forces d'étauçonnement).

### Deux campagnes d'essai

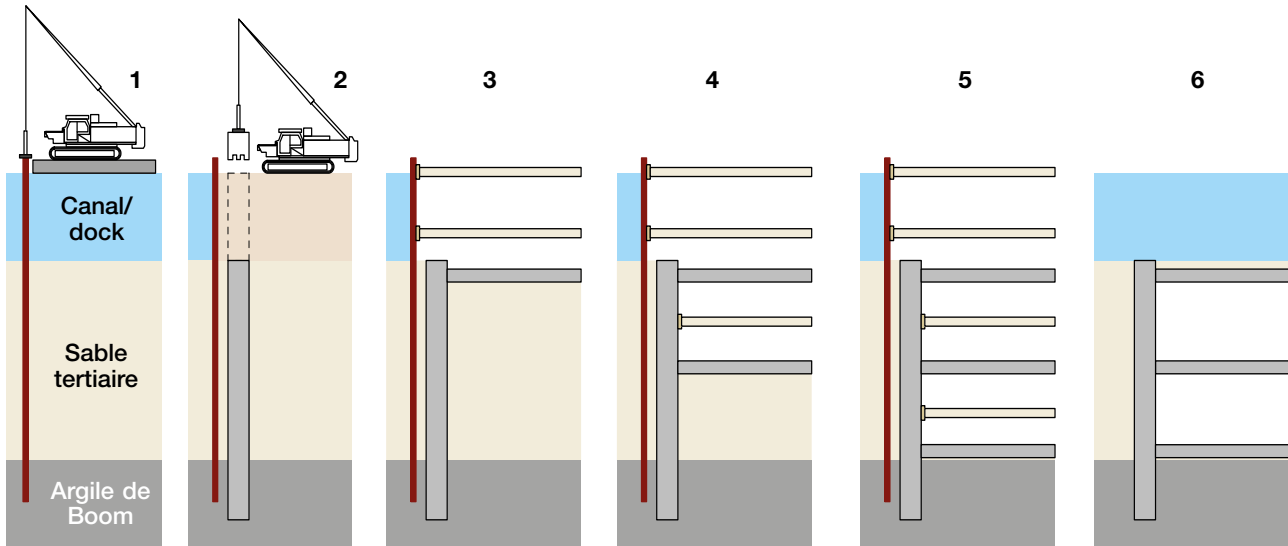
Afin d'évaluer la faisabilité de ce tunnel à double étage et d'optimiser les paramètres de conception, deux campagnes d'essai ont été entamées. L'objectif de la première campagne consistait à étudier l'aptitude au fonçage des palplanches et des pieux tubulaires dans les couches de sable glauconifère présentes au-dessus de la couche d'argile de Boom. Pour la deuxième campagne, menée à plus grande échelle, un puits d'essai de 25 m de profondeur et d'une surface de 20 x 20 m<sup>2</sup> a été réalisé à proximité du Noordkasteel d'Anvers (voir figure 1). Cette campagne avait pour objectif, d'une part, d'évaluer l'applicabilité de toute une série de techniques d'exécution dans le même sol que celui du futur tracé et, d'autre part, de mettre en place un système de

### Premières économies

Parallèlement à l'excavation du puits

#### 1 | Mise en œuvre du puits d'essai





- Installation des palplanches depuis le ponton
- Remplissage de l'espace entre les palplanches et le quai
- Mise en œuvre des parois moulées
- Excavation jusqu'au niveau du plafond
- Installation des étaçons
- Mise en œuvre de la dalle du plafond
- Excavation sous la dalle du plafond
- Installation des étaçons
- Mise en œuvre du niveau intermédiaire
- Excavation jusqu'à la dalle de sol
- Installation des étaçons
- Mise en œuvre de la dalle de sol
- Enlèvement des étaçons
- Enlèvement des palplanches
- Réouverture du canal ou des docks

## 2 | Représentation schématique de la mise en œuvre du tunnel à double étage sous le canal Albert et les docks

d'essai, un certain nombre d'analyses ont été réalisées en collaboration avec l'entreprise Denys au moyen de logiciels géotechniques spécialisés. Une bonne correspondance entre les forces internes et d'étaçonnement mesurées et calculées conduit en effet à atténuer les incertitudes concernant les paramètres du sol. Ainsi, il s'est avéré que la mise en œuvre du quatrième et avant-dernier cadre d'étaçonnement renforcé permettrait d'effectuer la dernière étape d'excavation et l'installation du cinquième cadre d'étaçonnement en conditions sèches, ce qui est bien moins coûteux et complexe qu'une mise en œuvre sous eau.

### Vers des méthodes de dimensionnement et de mise en œuvre optimisées

Les mesures prises à l'aide des capteurs de déformation de type fibres optiques précitées, développés au cours de ces dernières années par la division Géotechnique du CSTC afin d'améliorer la détermination des performances des fondations profondes et des structures géotechniques, constituent une étape importante dans le cadre d'un projet basé sur des essais préalables ou sur une méthode observationnelle. Ces deux méthodes de conception relèvent de l'Eu-

rocode 7 et entraînent une optimisation de la conception et de la mise en œuvre et, par conséquent, une diminution du coût total. Les mesures effectuées ont été rapportées de manière complète et peuvent être consultées dans les cahiers des charges de la BAM.

*N. Huybrechts, ir., chef de division,  
et G. Van Lysebetten, ir., chef de projet,  
division Géotechnique, CSTC*

*Nous tenons à remercier la BAM, la division  
Géotechnique du gouvernement flamand,  
l'entreprise Denys et le bureau d'étude RoTS.*

## Le gonflement de l'argile de Boom

En raison de son passé géologique, l'argile de Boom est une argile très rigide et surconsolidée qui est caractérisée par un gonflement lorsqu'elle est déchargée. Cette argile étant peu perméable à l'eau, ce processus de gonflement est très lent. Le fait que les entrées du tunnel Kennedy à Anvers continuent de se soulever de 1 à 1,5 mm, et ce 45 ans après la construction, constitue la preuve irréfutable de ce gonflement.

Afin de mieux déterminer les forces de soulèvement auxquelles la dalle de sol du tunnel devra résister, il est essentiel de connaître précisément la vitesse et l'ampleur du gonflement. Pour ce faire, divers extensomètres verticaux ont été mis en place, avant le début des travaux, dans des trous forés au milieu de l'excavation (jusqu'à une profondeur d'environ 50 m sous la surface du sol).

