

AFTES Young Members – 17/04/2025 Projets Internationaux

Tunnel d'Ismailia (Egypte)

Sommaire

- Présentation du projet
- Tunnel, fabrication des voussoirs
- Puits d'inspection du tunnelier, puits de ventilation
- Cross-passages

Présentation du projet

Tunnel d'Ismailia – Contexte du projet

Suez Canal Corridor Area Project

- Construction du nouveau Canal de Suez (finalisée en 2015)
- Construction de tunnels routiers sous le Canal de Suez à Port Saïd (entrée Nord du Canal), à Ismailia (partie centrale du Canal) et à Suez (extrémité Sud du Canal – Mer Rouge)
- Créer un accès facile et rapide à la rive Est du Canal de Suez et à la péninsule du Sinaï pour faciliter le développement et le projet de peupler cette région



Projet du tunnel routier d'Ismailia

Construction d'un tunnel routier de deux tubes, chacun à double voie, de 5,0 km de long sous les branches de l'ancien et du nouveau Canal de Suez



Partenaires impliqués dans le projet

CLIENT: Egyptian Authority of Armed Forces (EAAF)
Armée égyptienne



Consultant/AMO: CDM SMITH/ ACE



Entreprises: Groupement PETROJET/ CONCORD



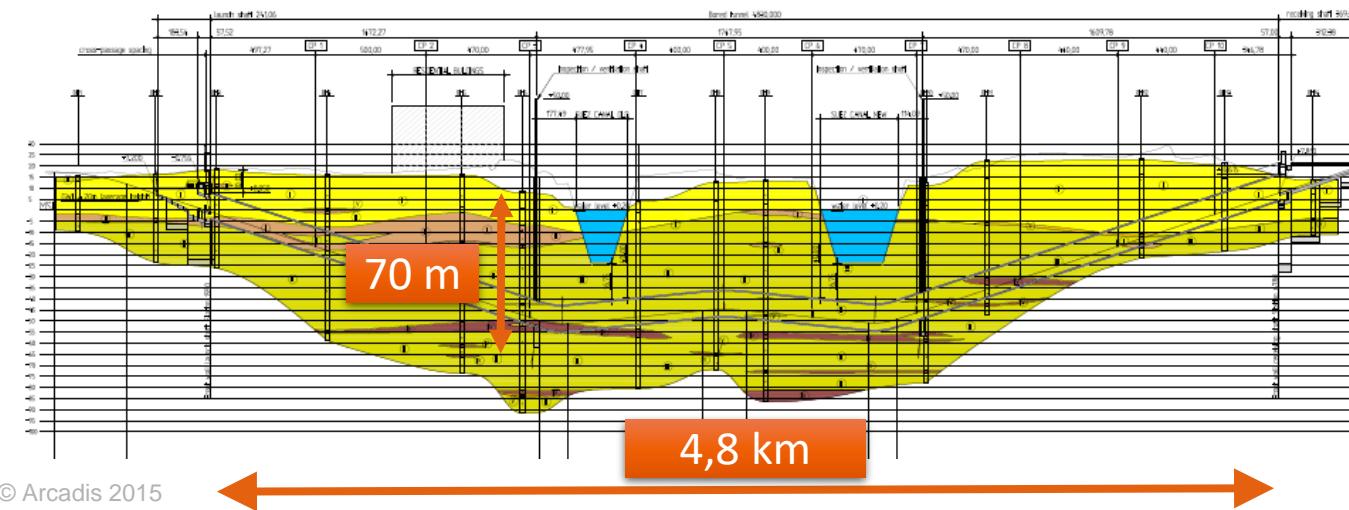
Sous-traitant: Tunnel Joint Venture



CMC Ravenna (Italie) /
Razel (jusqu'en 2017)

Conception et Etudes d'exécution (GC, équipement)

Vue globale du projet



- Couverture maximale : **env. 65 m**
 Pression d'eau maximale au niveau de la voûte:
env. 45 m
- Couverture sous le Canal de Suez: **env. 15 m**

Conditions géologiques

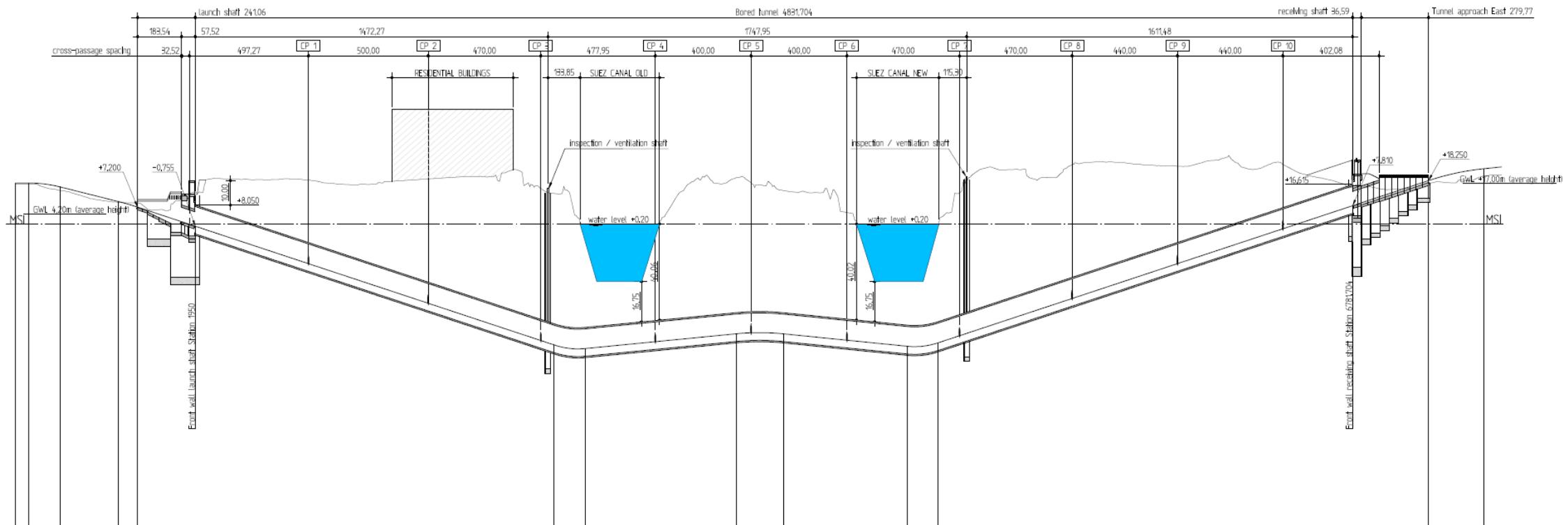
- Sable de densité moyenne à très dense avec quelques couches d'argile proche de la surface et sous le niveau du tunnel
- Taux de sel très élevé dans l'eau de la nappe (équivalent au taux de l'eau de la Méditerranée)

Coupe longitudinale

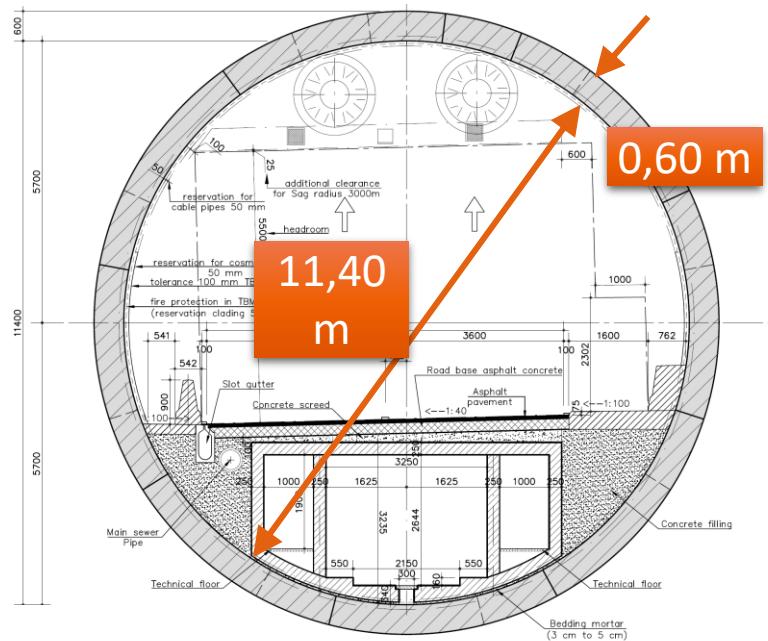
Puits de démarrage du tunnelier, rampe d'accès Ouest

Tunnel foré

Puits de réception du tunnelier, rampe d'accès Est



Section type du tunnel



- ➡ Excavation des tunnels avec deux tunneliers à pression de boue de Ø13m, qui démarrent le creusement sur la rive Ouest du Canal; 2 tunneliers identiques (Herrenknecht), achétés et mis à disposition par le client;
- Distance axiale entre tunnels de 25,60 m
- ➡ L'anneau du tunnel consiste de 9 voussoirs préfabriqués en béton armé (6 voussoirs courants, 2 voussoirs contre-clé, 1 clé)

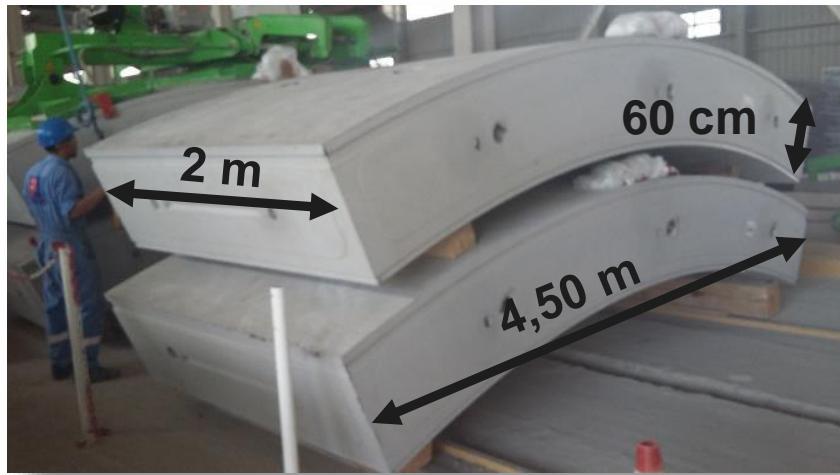
Revêtement du tunnel

Dimensions des voussoirs

- Epaisseur 0,60 m
- Largeur: approx. 4,50 m
- Longueur (direction axiale): 2 m

Béton armé

- C 40/50
- 2 kg/m³ fibres PP
- Enrobage: 60 mm (extérieur), 45 mm (intérieur)



Production des voussoirs

- Usine de production de voussoirs sur le site du chantier
- 10 jeux de moules livres avec les tunneliers par Herrenknecht et mise à disposition des entreprises par le client
- moules stationnaires, bétonnage par toupie
- fabrication des cages d'armatures sur place

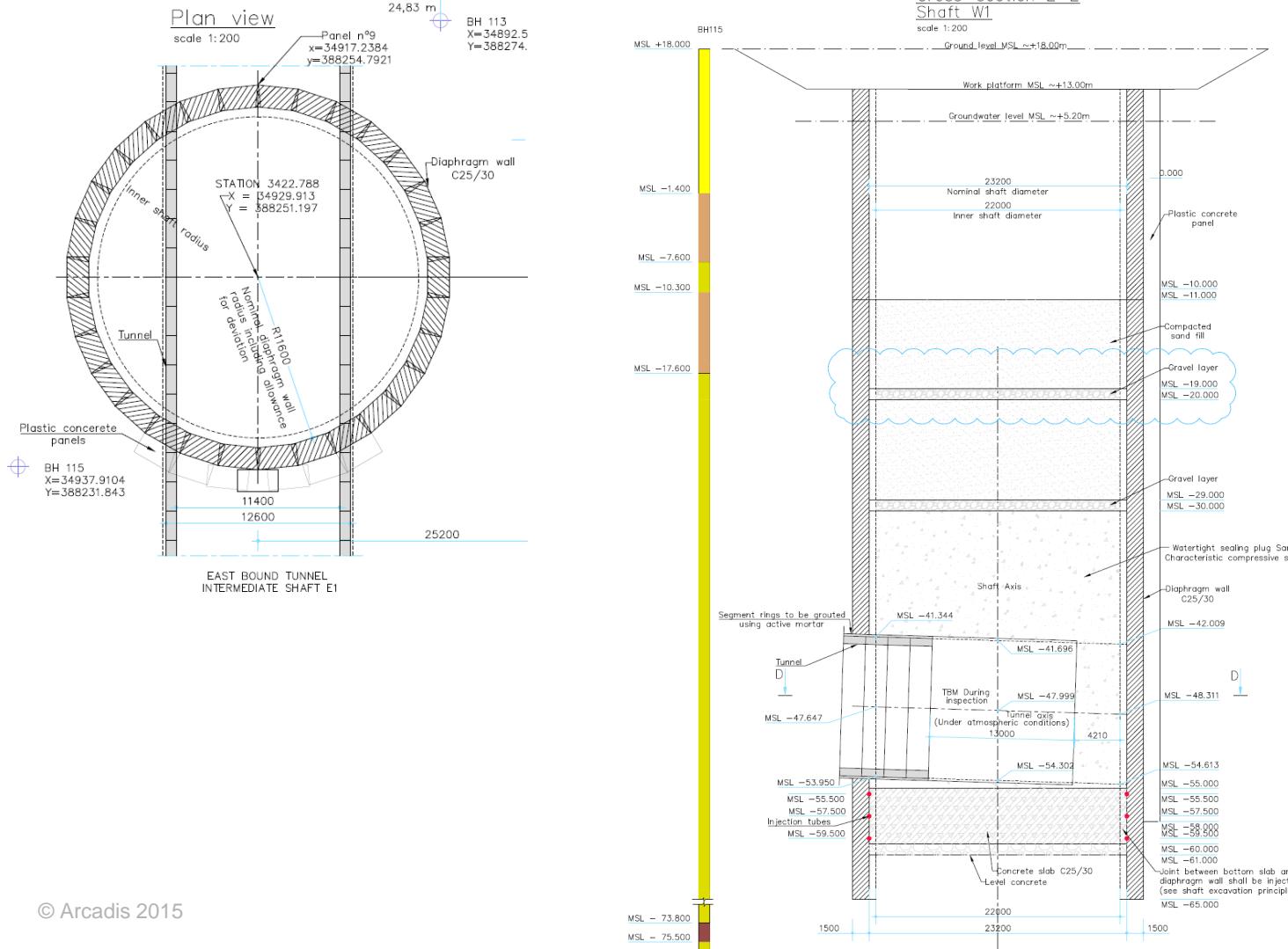


Production des voussoirs



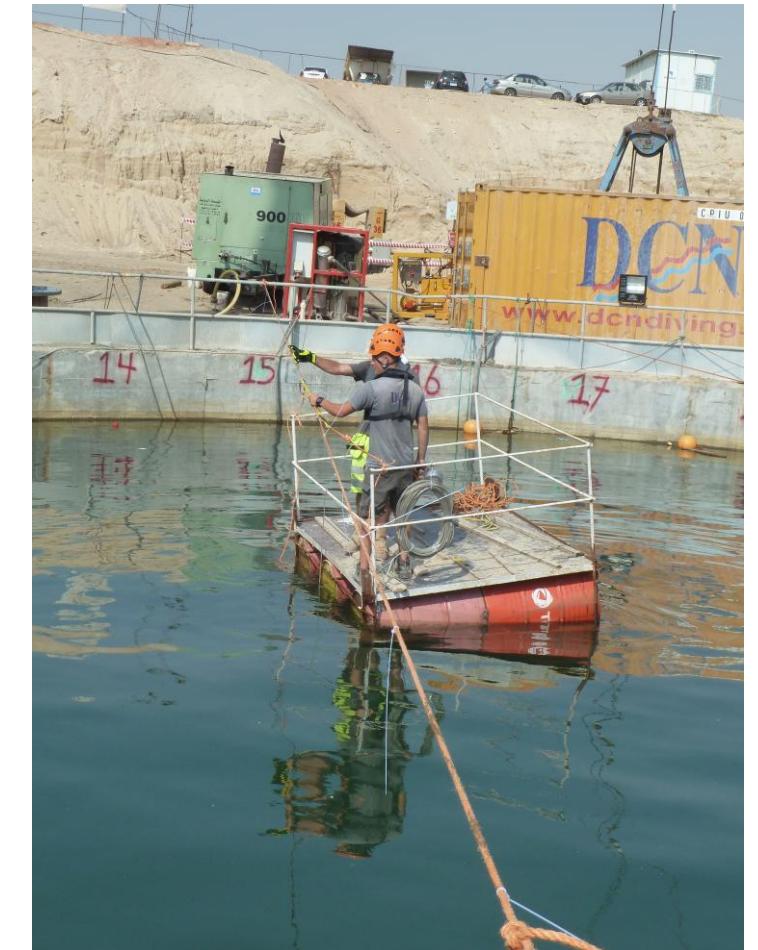
Puits d'inspection, puits de ventilation

Puits d'inspection- conception



- puits imposés par le fabricant du tunnelier pour une inspection sous conditions atmosphériques avant et après le passage sous le Canal de Suez
- diamètre intérieur 22 m
- Puits en paroi moulée, de 80 m de profondeur, épaisseur 1,50 m
- paroi sans armature au niveau de l'entrée et de la sortie du tunnelier
- radier en béton de 5 m d'épaisseur
- bouchon de 25 m de hauteur en béton de faible résistance (5 MPa) pour rendre possible l'inspection du tunnelier
- le tunnelier entre dans le bouchon à l'intérieur du puits pour l'inspection
- Remblai de sable jusqu'au niveau nécessaire pour la stabilité hydraulique
- 4 puits: 2 pour chaque tunnel et sur chaque rive du canal

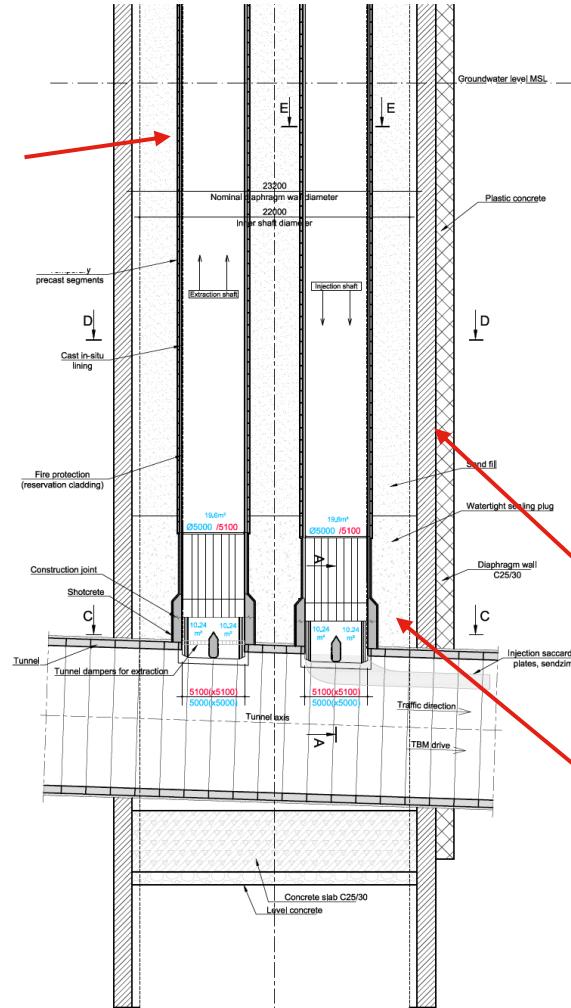
Puits d'inspection- construction



Excavation du puits, bétonnage du radier et bétonnage du bouchon **sous eau** à cause de la stabilité du fond du puits

Puits de ventilation - conception

Puits de ventilation



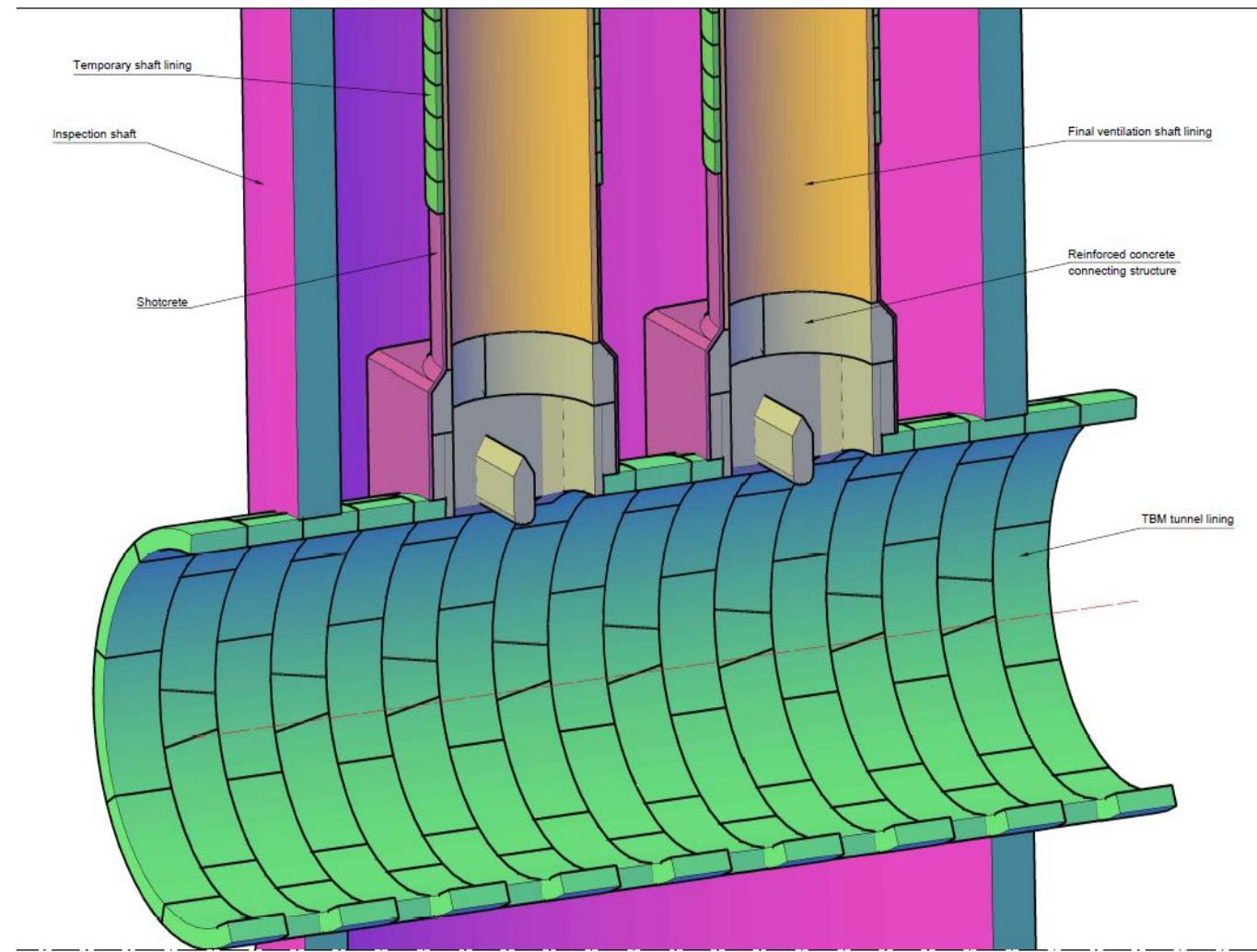
- Tunnel équipé d'un système de ventilation longitudinale
- Puits de ventilation pour le contrôle de la qualité de l'air dans le tunnel (extraction et injection)
- Ici, les puits ne sont pas nécessaires pour l'extraction de la fumée en cas d'un incendie!

- 5m diamètre intérieur
- Puits construits à l'intérieur du puits d'inspection du tunnelier ($\varnothing 22$ m, paroi moulée)
- Puits de ventilation / connexion au tunnel à l'intérieur du bouchon en béton existant et utilisé pour l'inspection du tunnelier

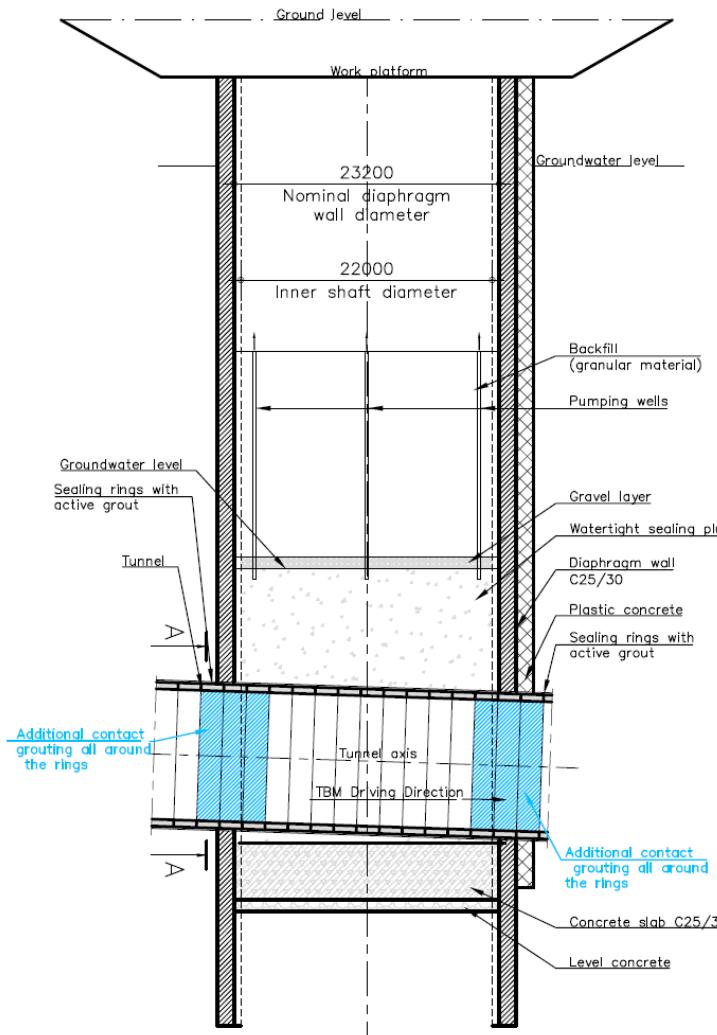
Puits d'inspection du tunnelier

Bouchon en béton

Puits de ventilation - conception



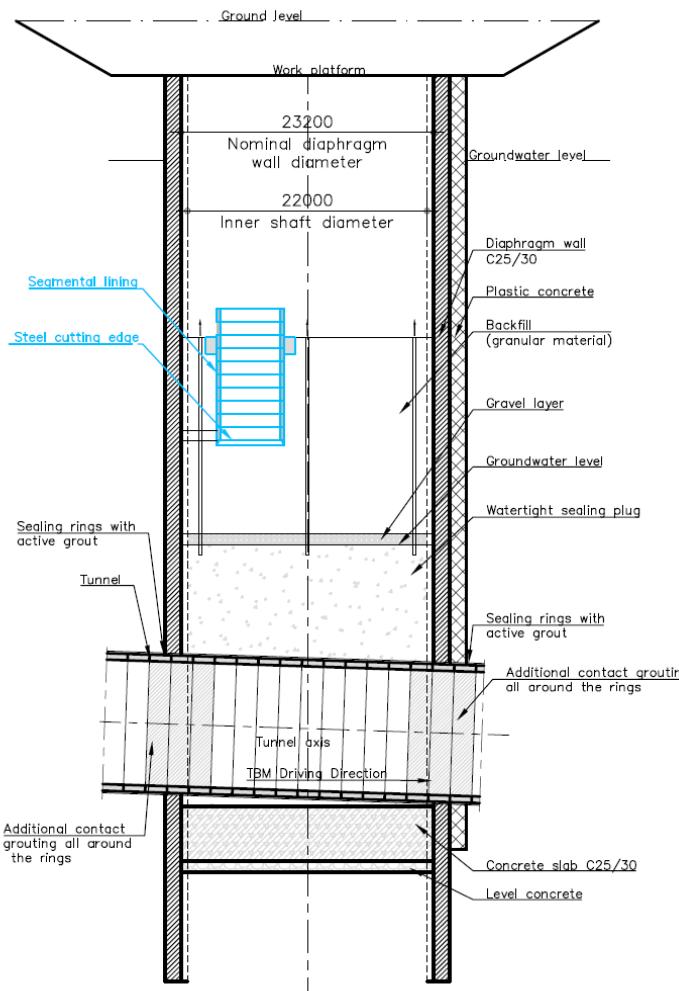
Puits de ventilation – méthode de construction



- Drainage du remblai de sable
- Injection autour du tunnel à l'interface entre tunnel et puits d'inspection avec du mortier actif

→ point sensible avec un risque d'entrée d'eau sous forte pression (50 m de nappe) dans le bouchon lors de l'excavation des puits de ventilation

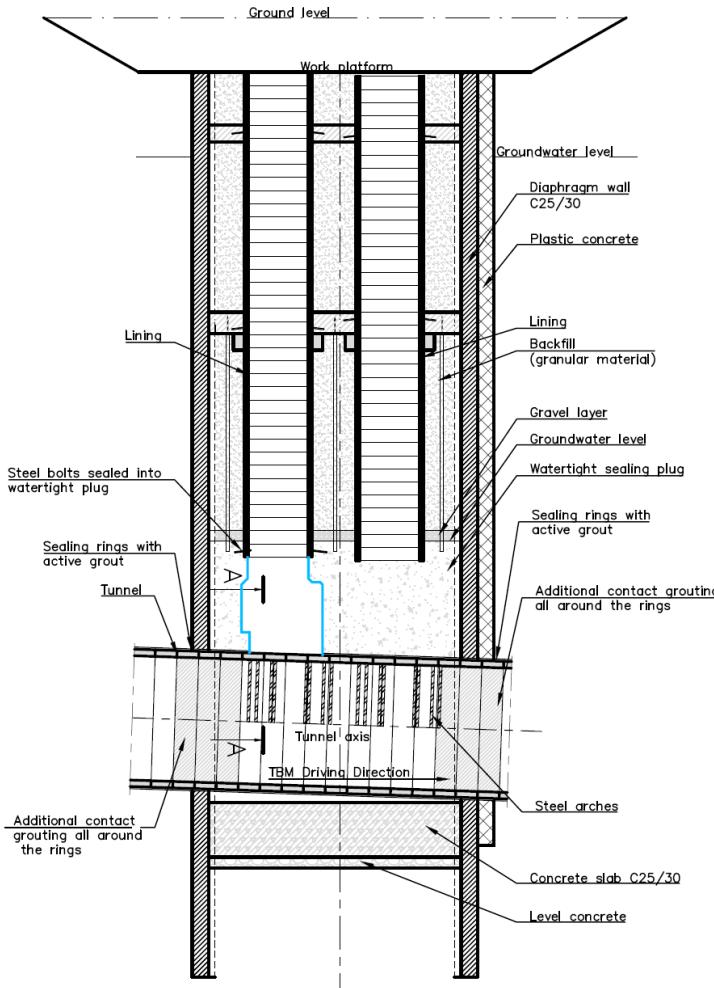
Puits de ventilation – méthode de construction



- Construction de la partie supérieure des puits de ventilation par fonçage vertical à partir d'une plateforme intermédiaire
- Soutènement provisoire du puits en voussoirs en béton armé

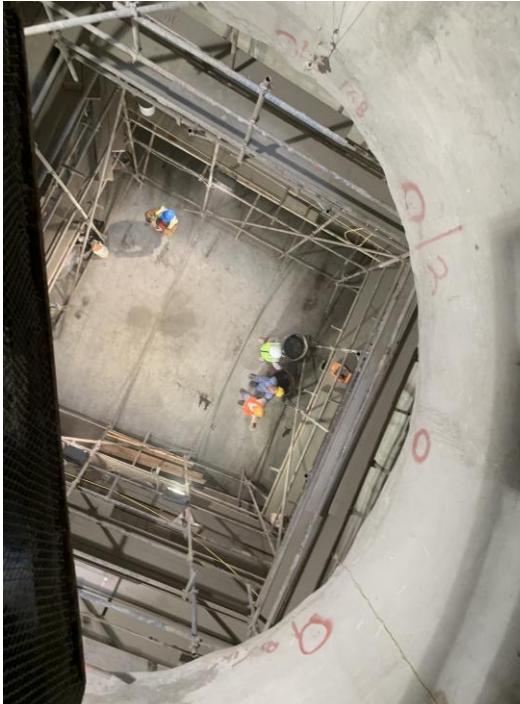
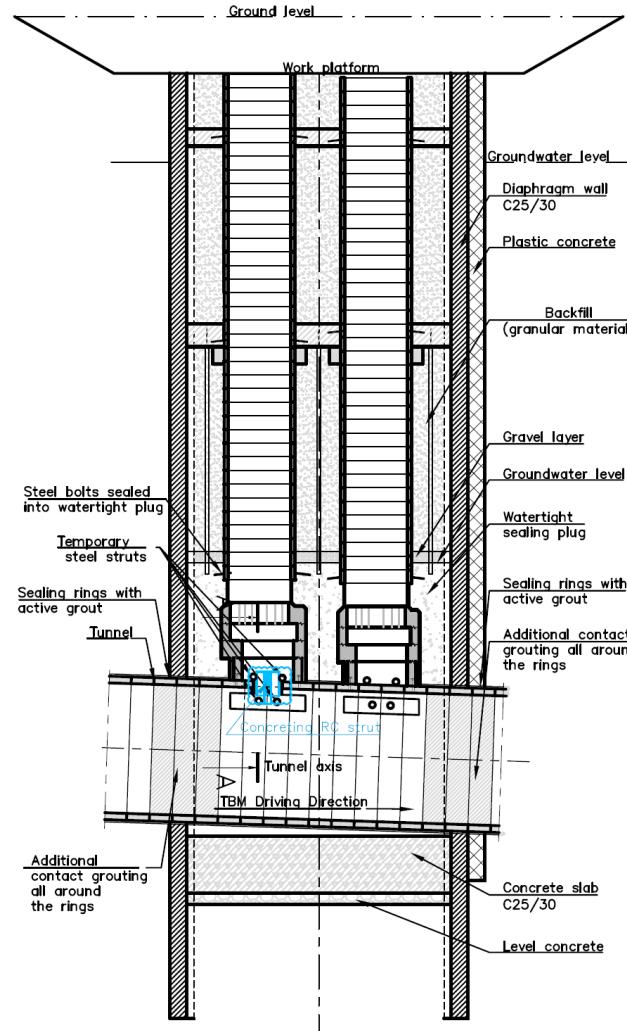


Puits de ventilation – méthode de construction



- Fonçage jusqu'à l'ancrage d'un anneau dans le bouchon en béton
- Stabilisation du puits installé par fonçage par un boulonnage radial
- Prolongation du puits jusqu'à la surface en alternant l'installation des anneaux et le remblayage
- Installation d'un soutènement provisoire dans le tunnel
- Excavation manuelle dans le bouchon jusqu'à l'extrados du tunnel
- Adaptation de la géométrie à cause de la déviation du puits

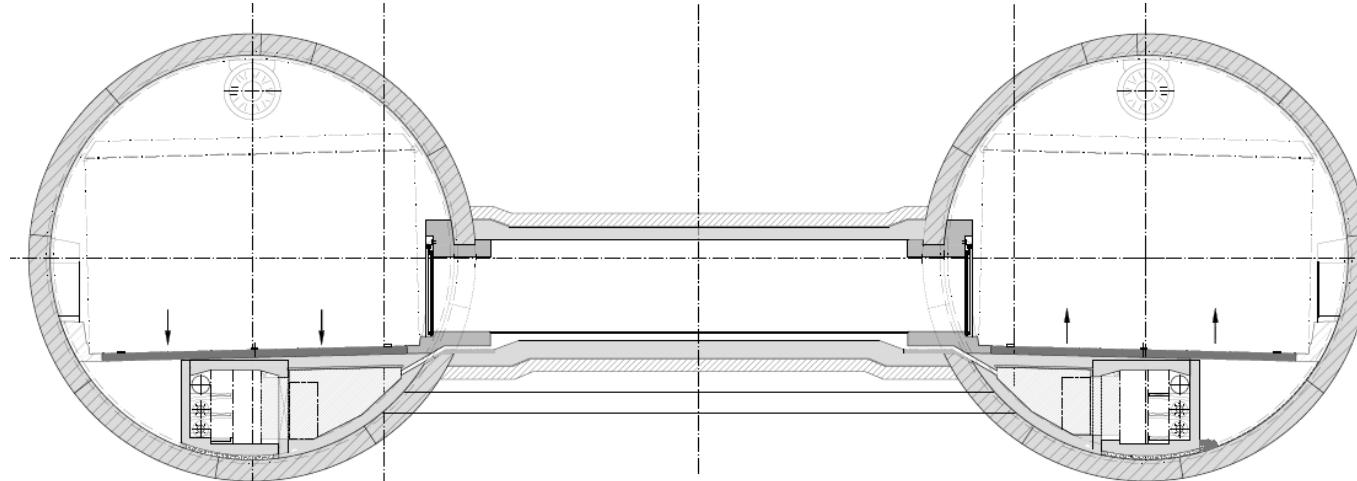
Puits de ventilation – méthode de construction



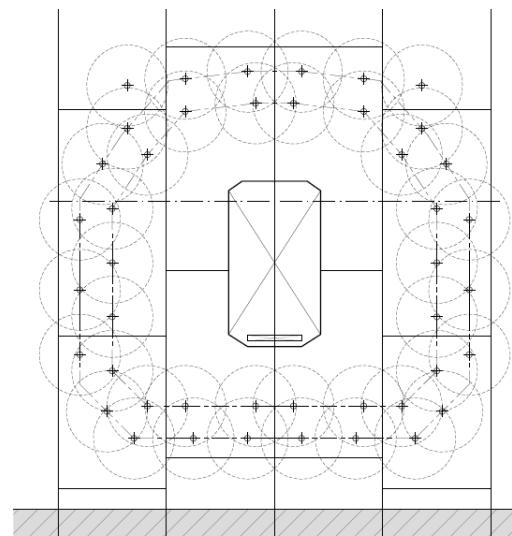
- Installation de l'étanchéité et bétonnage de la structure de connexion avec le tunnel
- Ouverture des voussoirs et finalisation de la structure (butons permanents)
- Installation de l'étanchéité et du revêtement final dans la partie supérieure du puits

Cross-passages

Rameaux entre les deux tunnels - conception



- ➡ Evacuation en cas d'un accident ou d'un autre incident dans un des tunnels
- ➡ Accès pour les secours



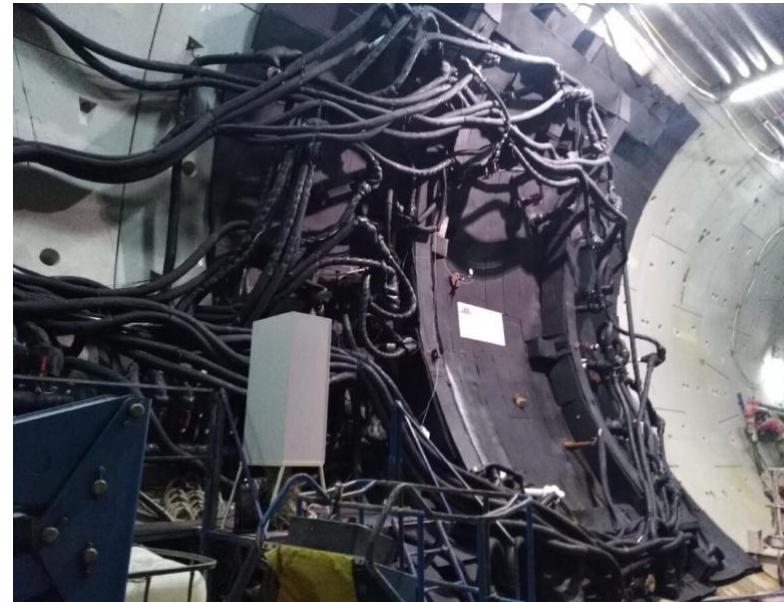
- ➡ Construction avec la méthode de congélation du sol pour une excavation en conditions sèches
- ➡ Congélation du sol par circulation d'un liquide réfrigérant (saumure) dans des tubes installés dans le sol

Forages de congélation autour du profil d'excavation du rameau

Rameaux entre les deux tunnels - construction

Congélation du sol

- Difficultés locales:
 - température ambiante élevée
 - l'eau de la nappe très salée



Préparation de la congélation du sol: forages, tuyaux pour la circulation de la saumure, isolation

Rameaux entre les deux tunnels - construction



Ouverture dans les voussoirs



Etanchéité et armatures pour
le revêtement final



Cross-passage opérationnel

Construction

- Début des travaux au printemps 2015
- Début des excavations en juin et août 2016 par les deux tunneliers
- Percement du premier tunnelier: Décembre 2017
- Percement du deuxième tunnelier: Janvier 2018
- Travaux de finition des rampes d'accès, de la section en tranchée couverte, du génie civil intérieur du tunnel, de l'équipement, de la chaussée et des bâtiments abritant les locaux techniques et la ventilation: 2017 – 2019
- Inauguration provisoire: 5 mai 2019
- Finalisation dernier puits de ventilation: fin 2020

Photos du chantier



Percement du premier tunnelier



Photos du chantier



Tunnel avec galerie technique



Entrée du tunnel (rampe / tranchée couverte)

Photos du chantier



Ouverture voussoirs au droit du puits de ventilation

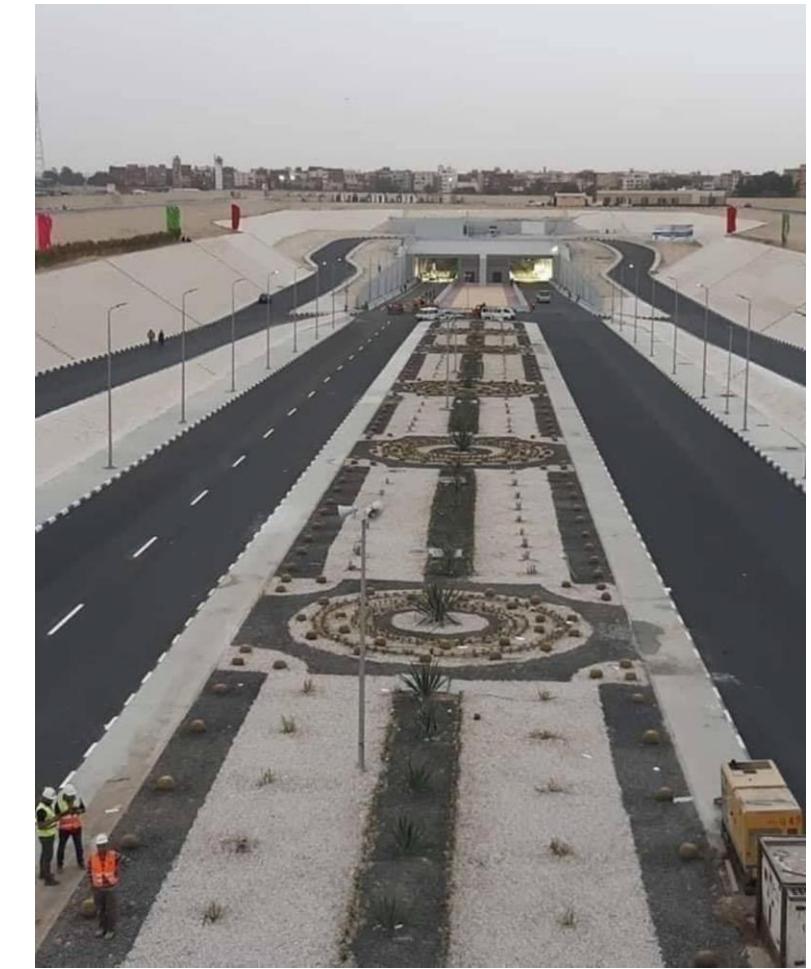


Entrée d'un cross-passage

Photos du chantier



Tunnel ouvert à la circulation



Entrée tunnel rive Ouest

Questions/Discussion



Merci!

MARTIN DOLL

Directeur de Projets

c +33 6 82 83 35 36

e martin.doll@arcadis.com