

# **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

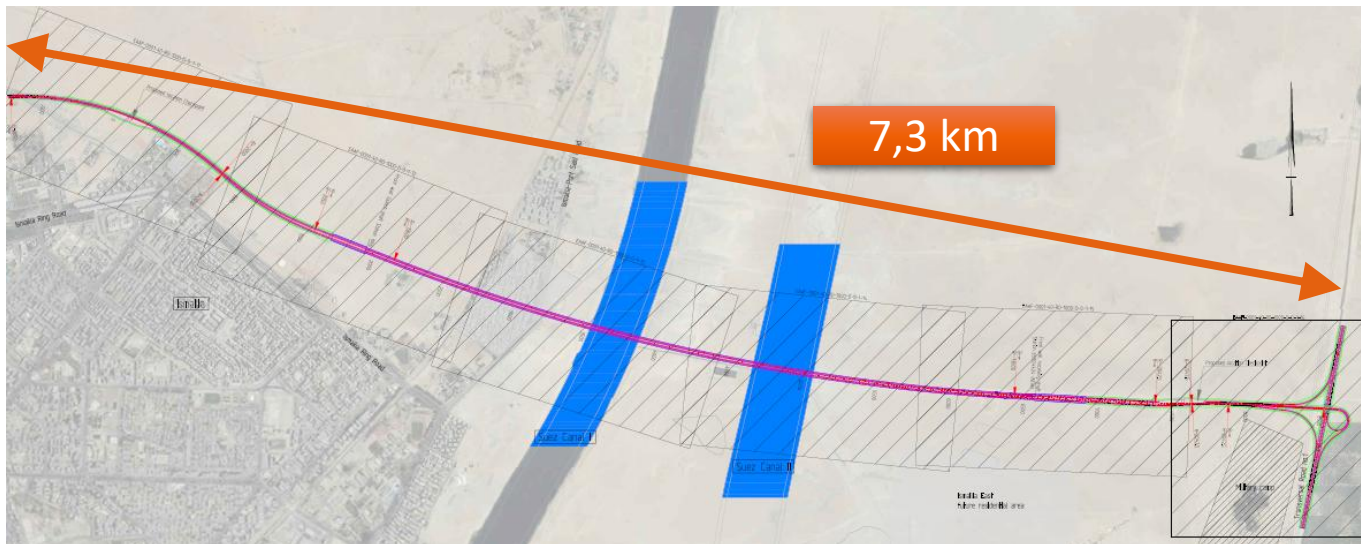


CMC Ravenna (Italie) /  
Razel (jusqu'en 2017)

Conception et Etudes d'exécution (GC, équipement)



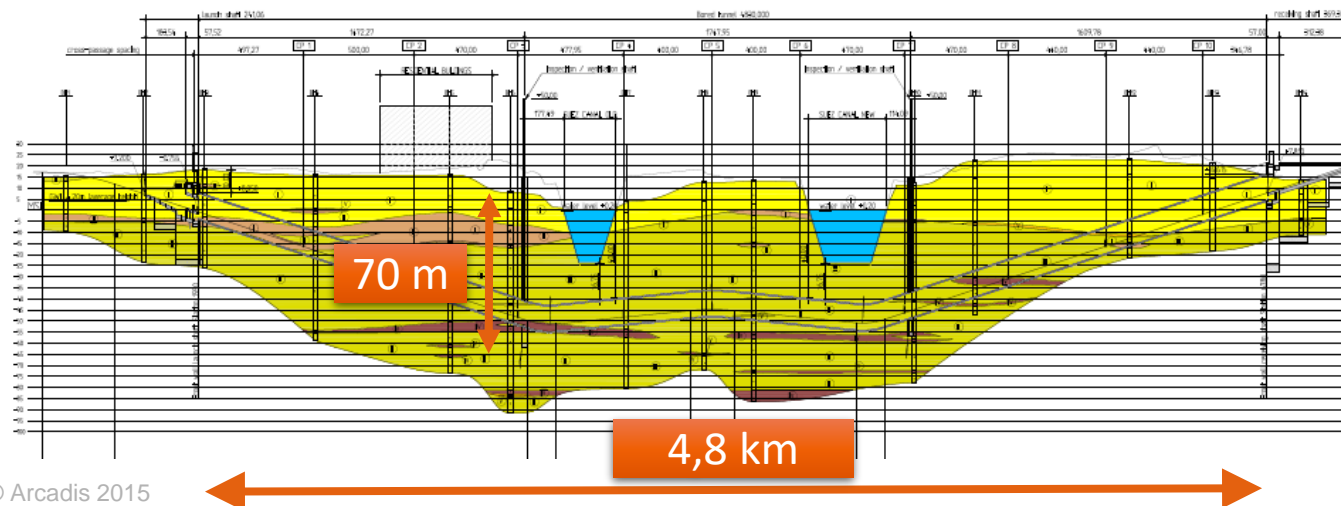
# Vue globale du projet



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

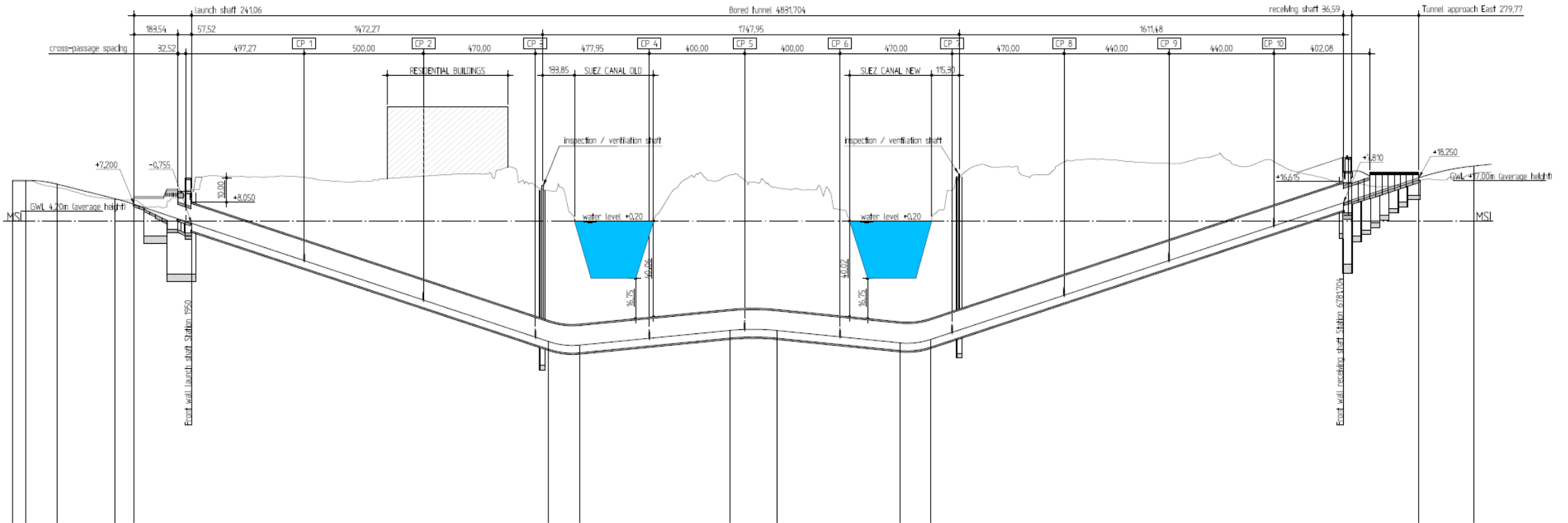
- Sable de densité moyenne à très dense avec quelques couches d'argile proche de la surface et sous le niveau du tunnel
- Taux de sel très élevé dans l'eau de la nappe (équivalent au taux de l'eau de la Méditerranée)

# Coupe longitudinale

## Puits de démarrage du tunnelier, rampe d'accès Ouest

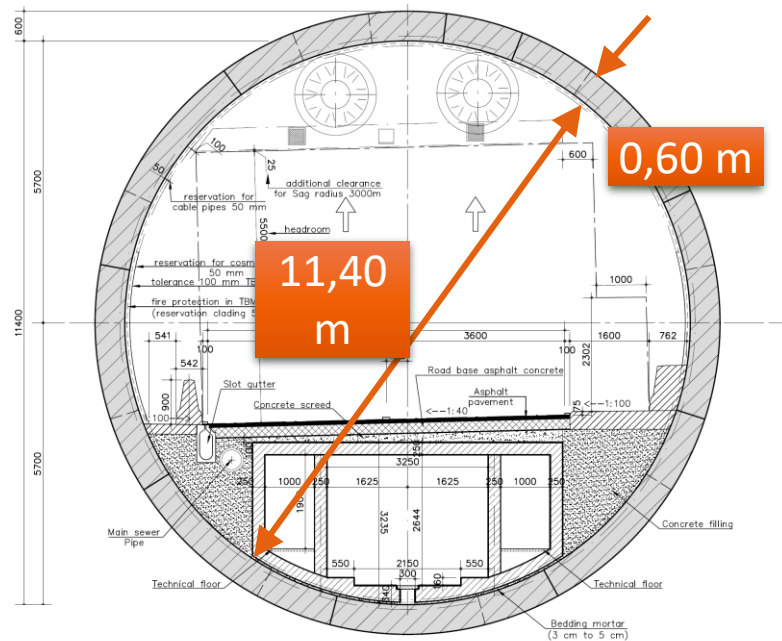
## Tunnel foré

### 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), achetés 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)



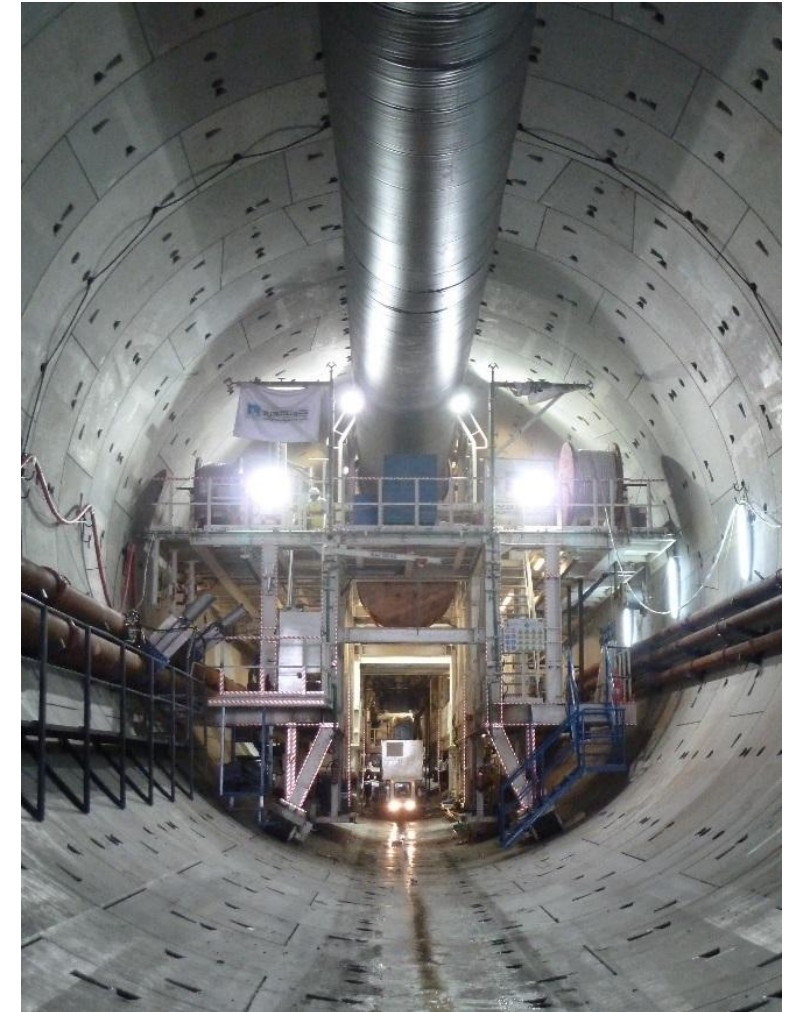
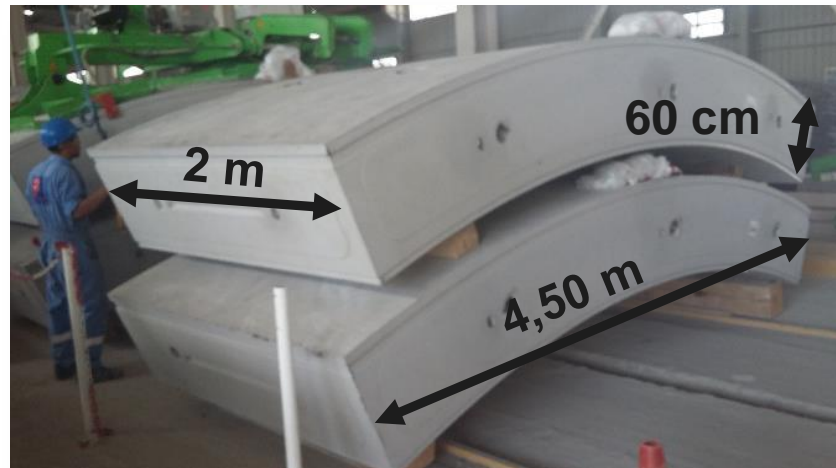
# Revêtement du tunnel

## Dimensions des voussoirs

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

## Béton armé

- C 40/50
- 2 kg/m<sup>3</sup> 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 livrés 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

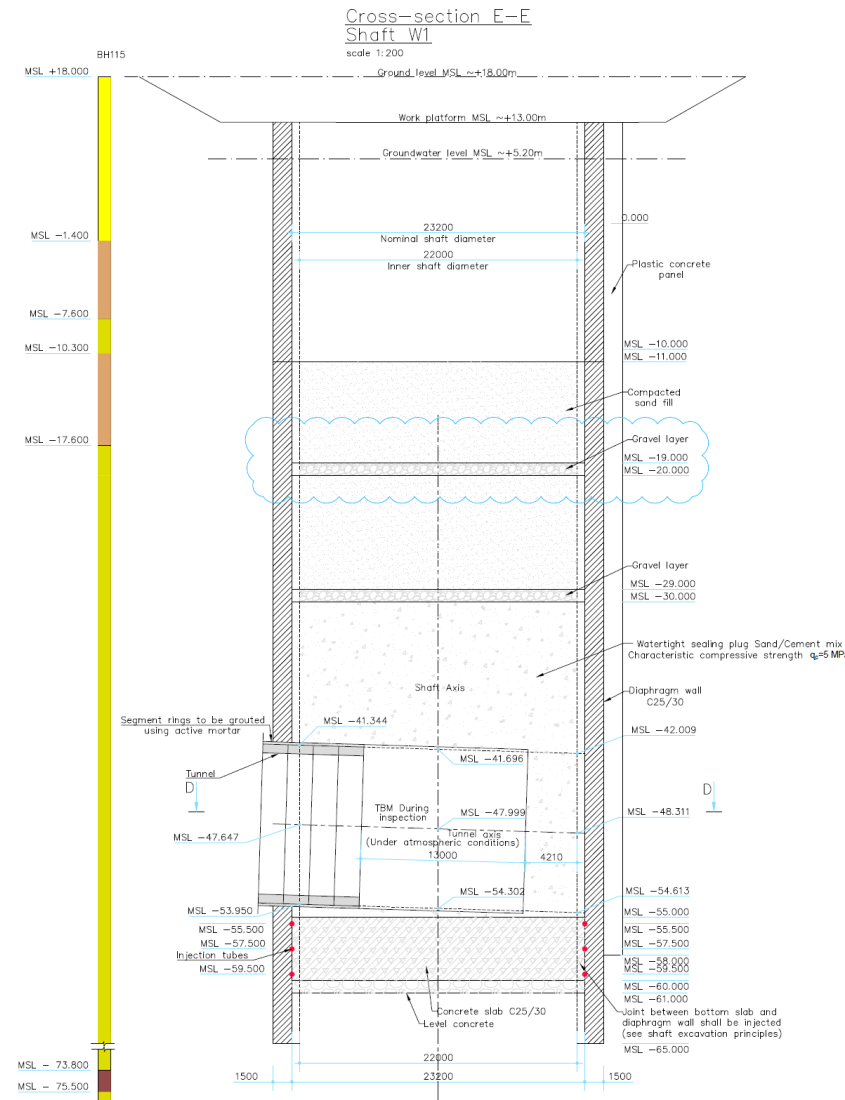
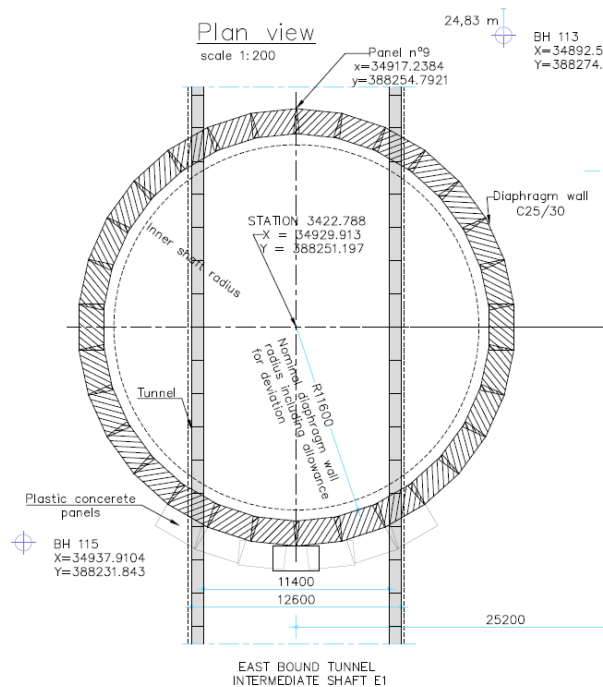




# Production des voussoirs



# Puits d'inspection, puits de ventilation



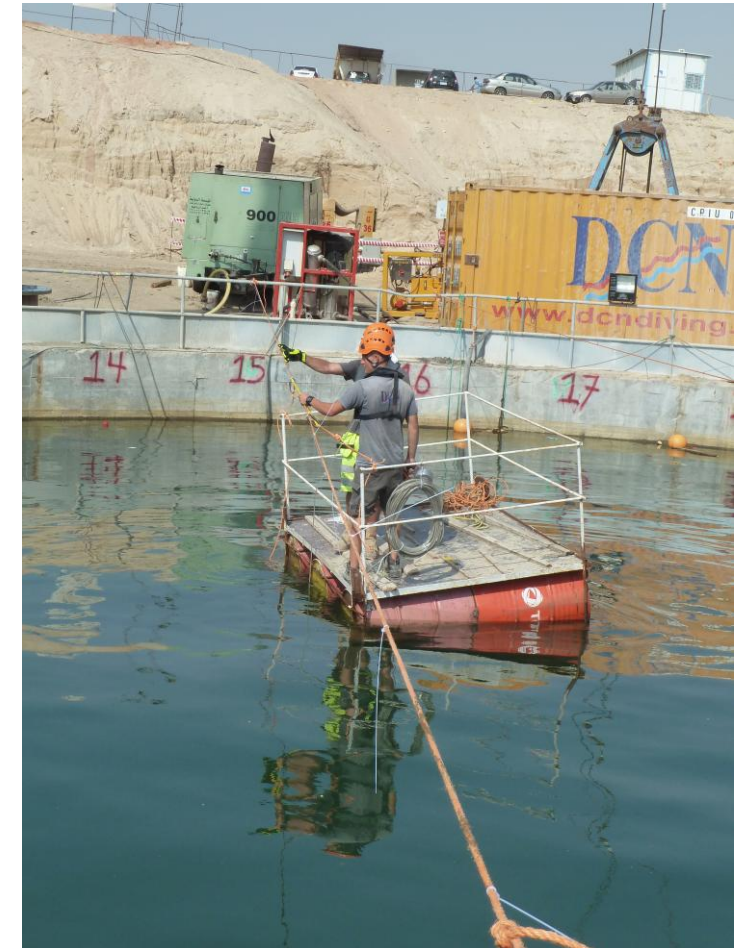
- puits imposés par le fabricant du tunnelier pour une inspection sous conditions atmosphériques avant et après le passage sous le Canal de Suez
- diamètre intérieur 22 m
- Puits en paroi moulée, de 80 m de profondeur, épaisseur 1,50 m
- paroi sans armature au niveau de l'entrée et de la sortie du tunnelier
- 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



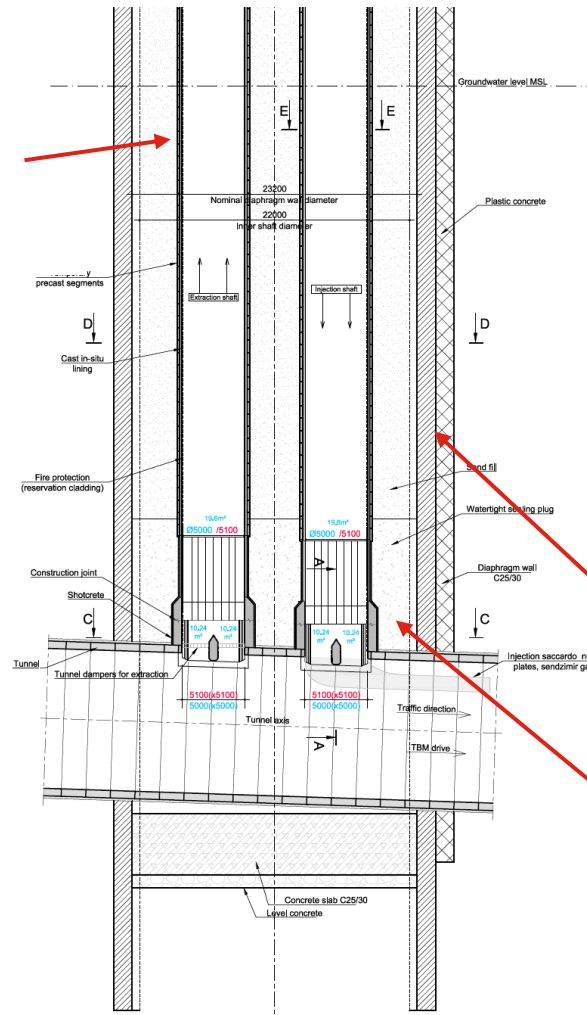
Excavation du puits, bétonnage du radier et  
bétonnage du bouchon **sous eau** à cause de  
la stabilité du fond du puits





# Puits de ventilation - conception

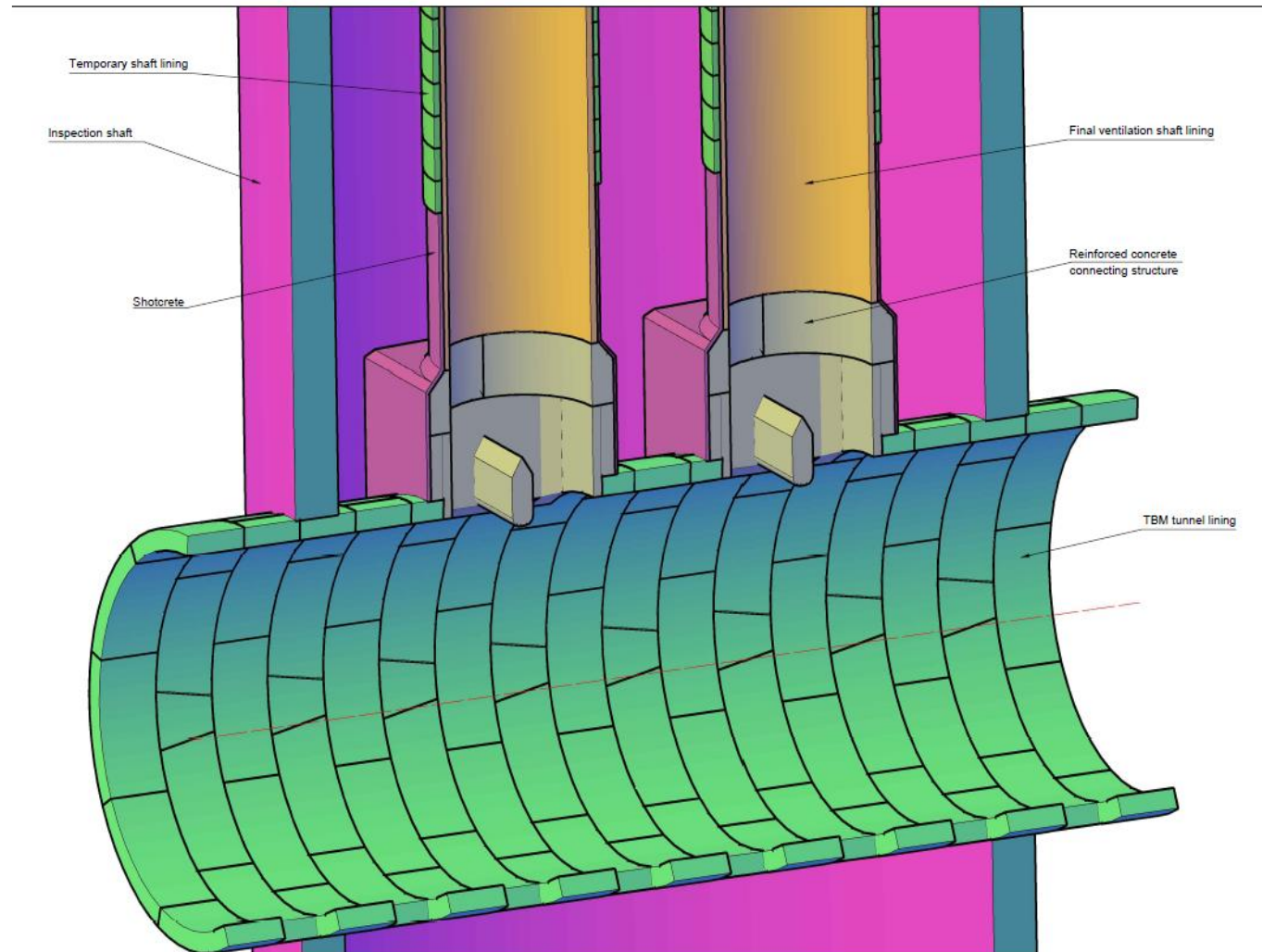
- Tunnel équipé d'un système de ventilation longitudinale
- Puits de ventilation pour le contrôle de la qualité de l'air dans le tunnel (extraction et injection)
- Ici, les puits ne sont pas nécessaires pour l'extraction de la fumée en cas d'un incendie!
- 5m diamètre intérieur
- Puits construits à l'intérieur du puits d'inspection du tunnelier (Ø22 m, paroi moulée)
- Puits de ventilation / connexion au tunnel à l'intérieur du bouchon en béton existant et utilisé pour l'inspection du tunnelier



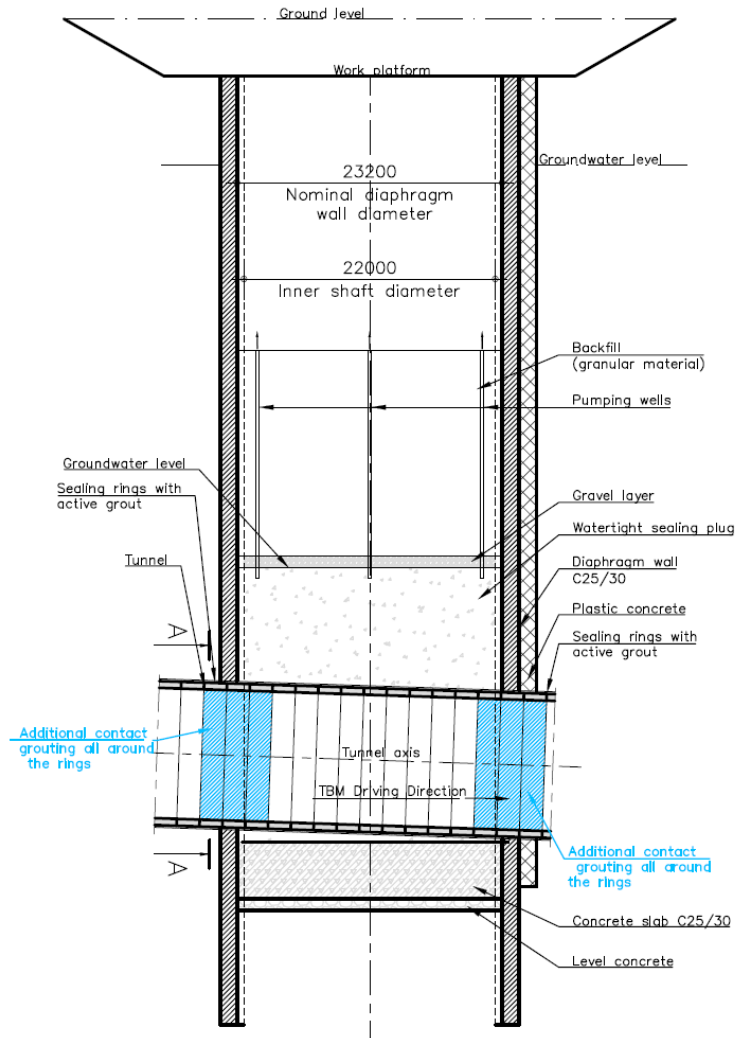
Puits d'inspection du tunnelier

Bouchon en béton

# Puits de ventilation - conception

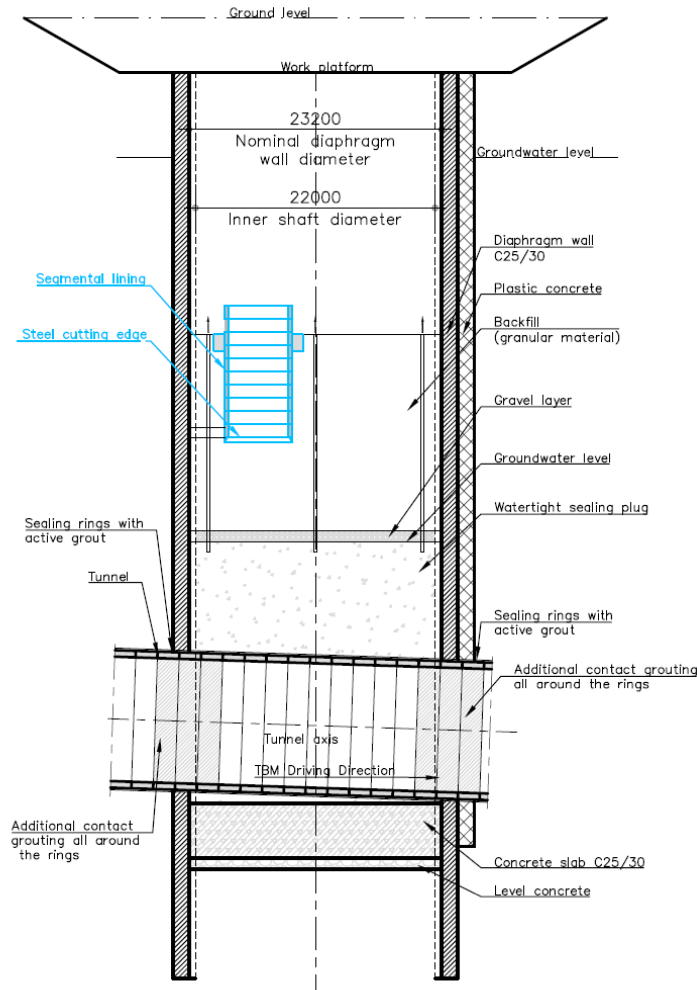


# Puits de ventilation – méthode de construction



- 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

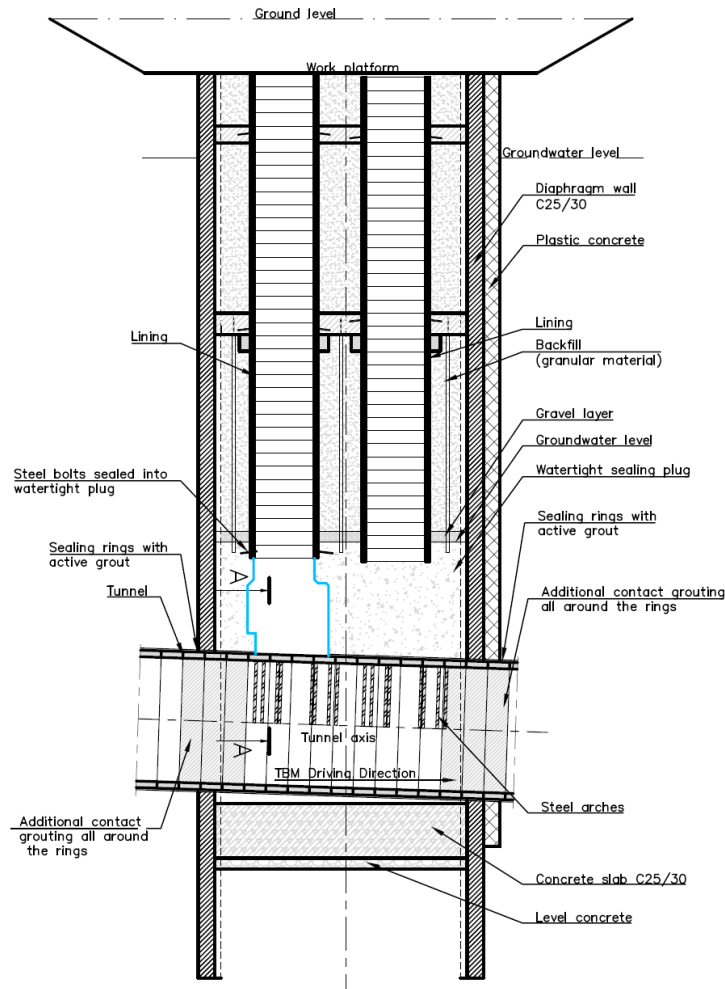


- Construction de la partie supérieure des puits de ventilation par fonçage vertical à partir d'une plateforme intermédiaire
- Soutènement provisoire du puits en voussoirs en béton armé



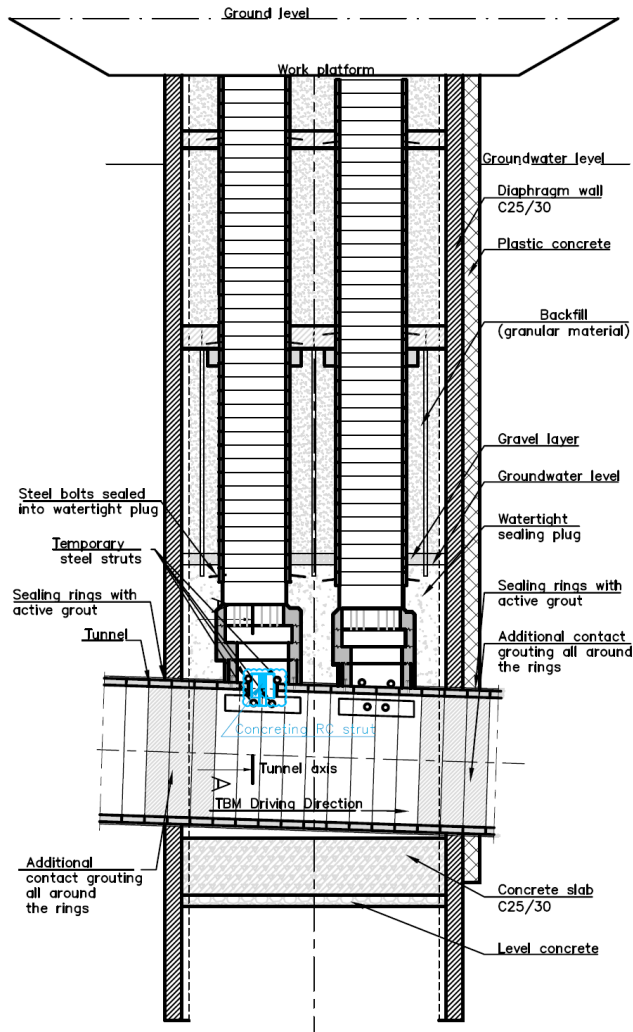


# Puits de ventilation – méthode de construction



- 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

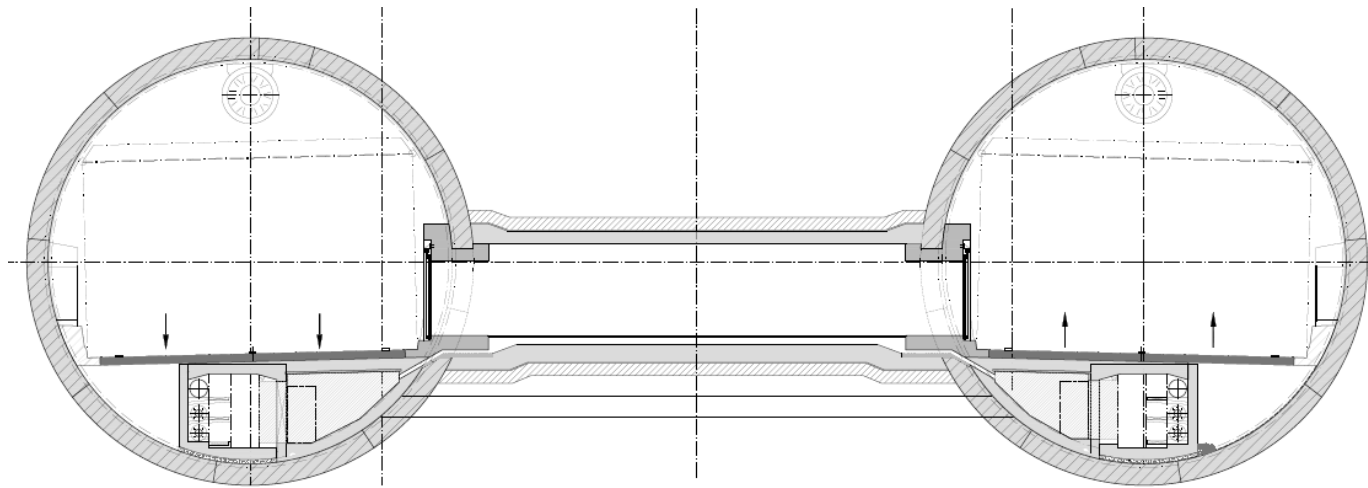


- Installation de l'étanchéité et bétonnage de la structure de connexion avec le tunnel
- Ouverture des voussoirs et finalisation de la structure (boutons permanents)
- Installation de l'étanchéité et du revêtement final dans la partie supérieur du puits

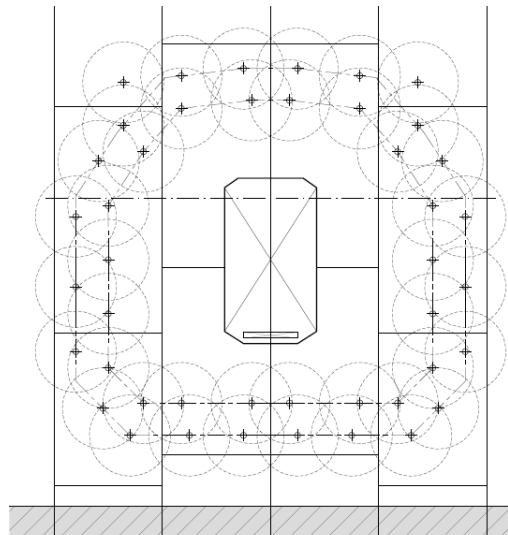


# Cross-passages

# 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



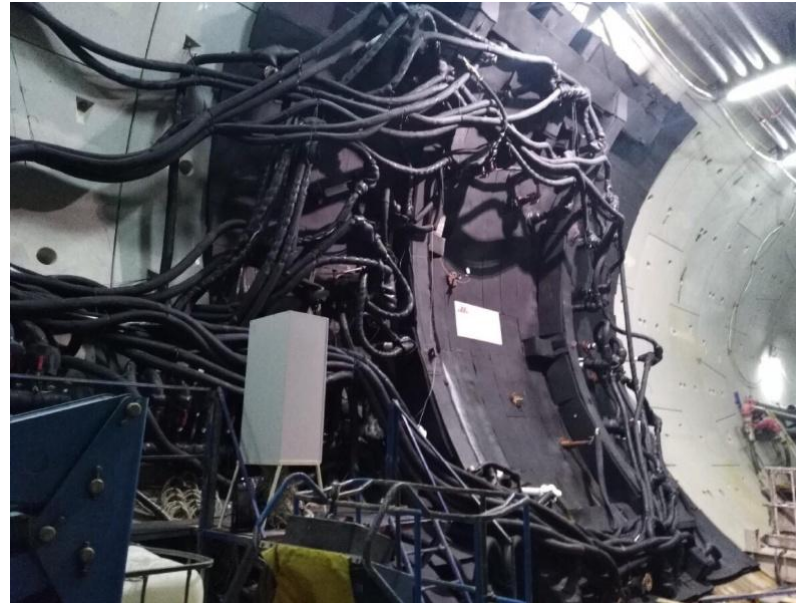
- ➔ Construction avec la méthode de congélation du sol pour une excavation en conditions sèches
- ➔ Congélation du sol par circulation d'un liquide réfrigérant (saumure) dans des tubes installés dans le sol

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

© Arcadis 2015



Etanchéité et armatures pour  
le revêtement final



Cross-passage opérationnel

15 février 2023

24

# 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



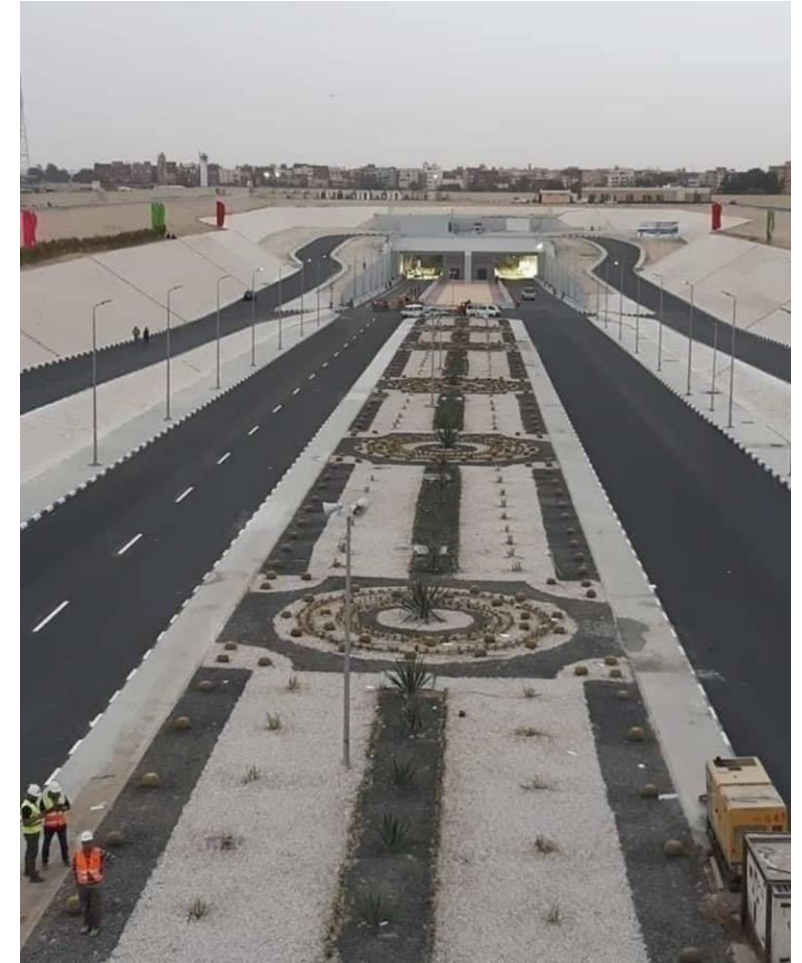
Entrée d'un cross-passage



# 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