

La géotechnique sur le projet de la Ligne 3 du Métro du Caire

13/10/2010

Benjamin LECOMTE, Vinci Construction Grands Projets

I. Présentation du projet

II. Les intervenants études

III. Les campagnes de sol

IV. Gestion de singularités

I. Présentation du projet

II. Les intervenants études

III. Les campagnes de sol

IV. Gestion de singularités

I. Présentation du projet

Le Projet

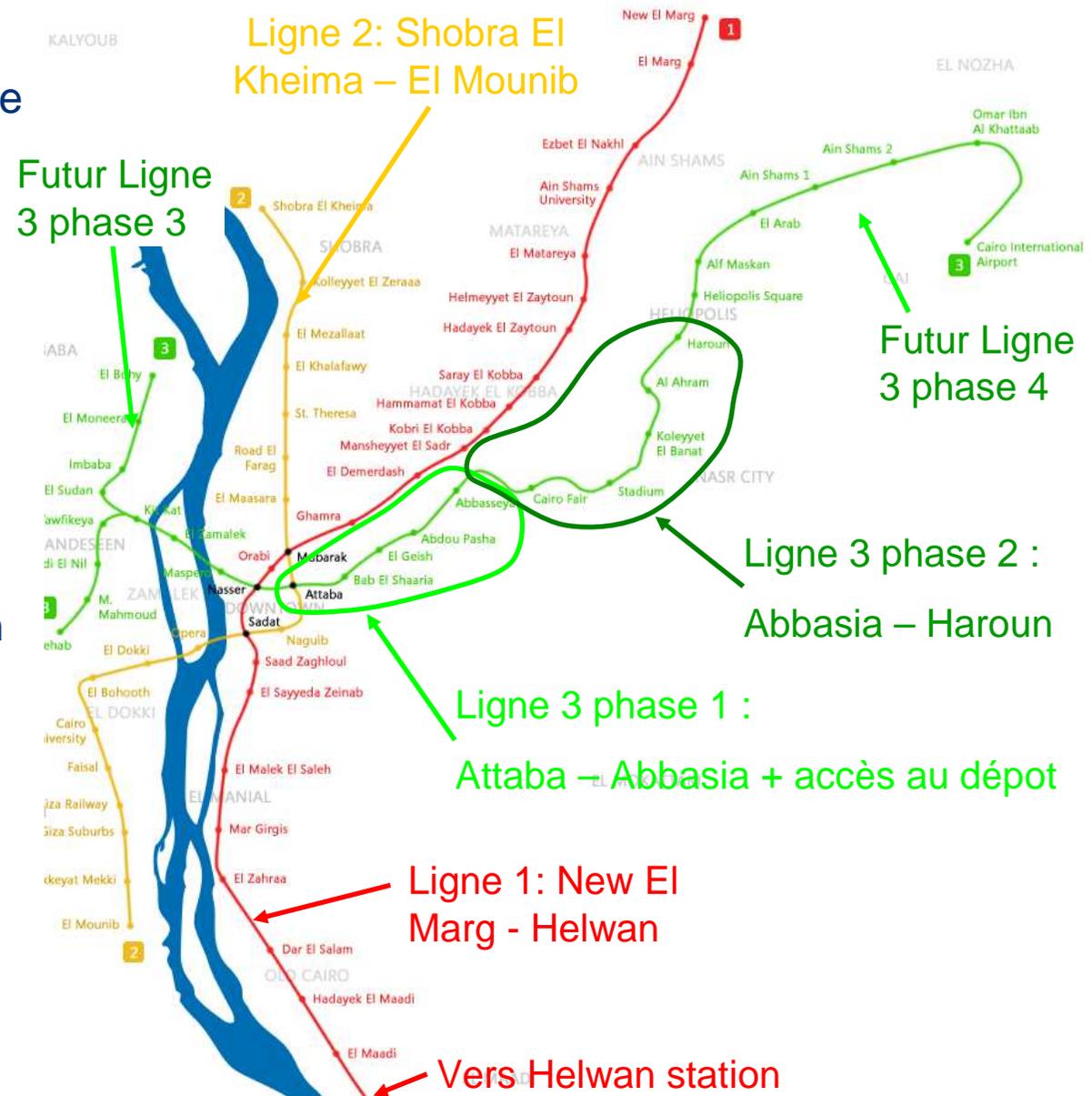
➤ Construction des phases 1 & 2 de la ligne 3 du métro du Caire

➤ Une volonté du client de continuer la construction de la ligne 3 avec des phases 3 & 4

➤ Une ligne de 33 km dont 26 km en souterrain, avec 29 stations

➤ Un projet de métro séparé en 5 lots principaux:

- G1 : Signalisation ferroviaire et télécommunication
- G2 : Génie Civil
- G3 : Alimentation électrique et électromécanique
- G4 : Installation des voies ferroviaire
- G5 : Equipement ferroviaire



I. Présentation du projet

Les intervenants



GRANDS PROJETS



- Client: Le Ministère des Transports égyptiens, via la National Authority for Tunnel

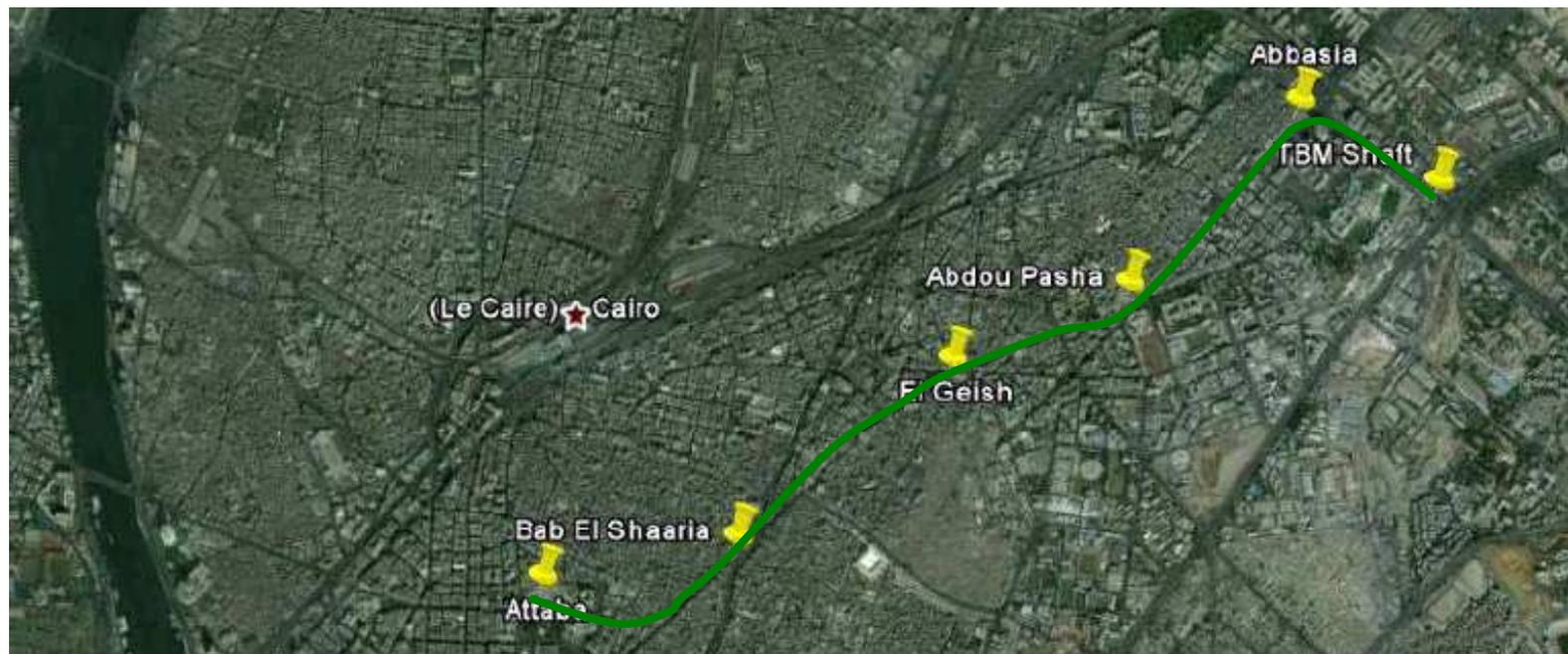
- Groupement Constructeur du Lot Génie Civil :
 - Vinci Construction Grands Projets (leader) : 28.5 %
 - Arab Contractors : 27.5 %
 - Bouygues Travaux Publics : 26 %
 - Orascom : 18 %

- Un contrat basé sur un dimensionnement partiel de Systra, visant à réaliser le dimensionnement d'exécution et la construction du lot Génie Civil

I. Présentation du projet

Chiffres clefs de la phase 1

- Caractéristiques :
 - 5.0 km à creuser au tunnelier à pression de boue, dont 0.7 km pour accéder aux ateliers d'entretiens
 - 5 stations (dont la station d'Attaba connectée à la ligne 2), un puits d'entrée pour le tunnelier et une section en tranchée couverte
 - 4 puits intermédiaire
- Un contrat de 226 M€ gagné après un appel d'offre international
- Contrat mis en vigueur en Septembre 2007 pour une durée de 48 mois



I. Présentation du projet

Chiffres clefs de la phase 2

➤ Caractéristiques :

- 7.2 km à creuser aux tunneliers à pression de boue et de terre en fonction des conditions de sol rencontrés

- 5 stations

- 7 puits intermédiaire

➤ Un contrat de 323 M€ (sans l'extension Haroun shaft – Haroun station)

➤ Signature du contrat en Juin 2009 pour une durée de 51 mois

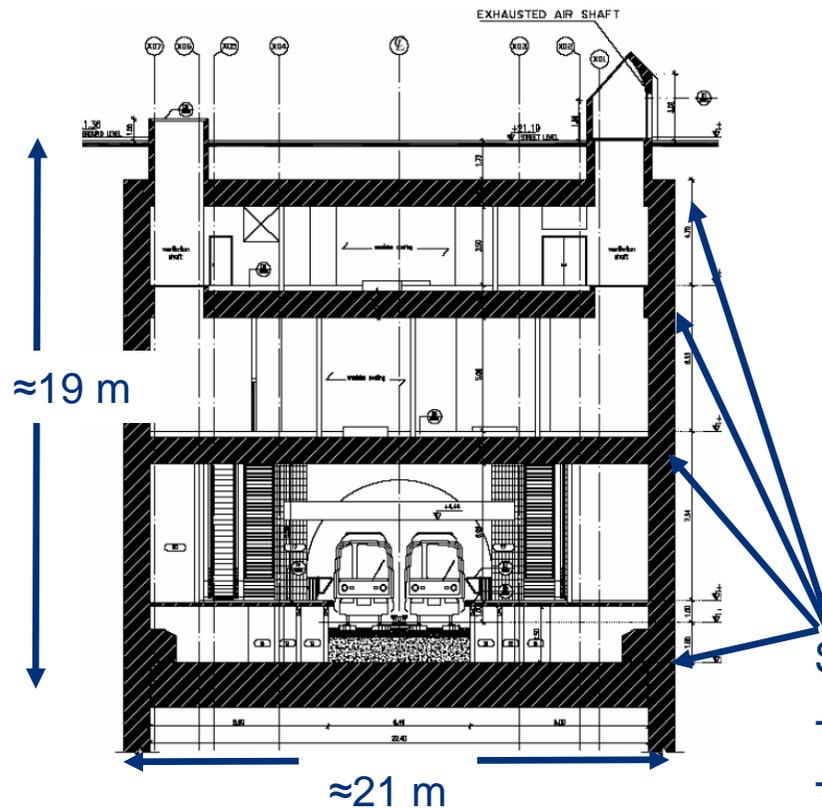


I. Présentation du projet

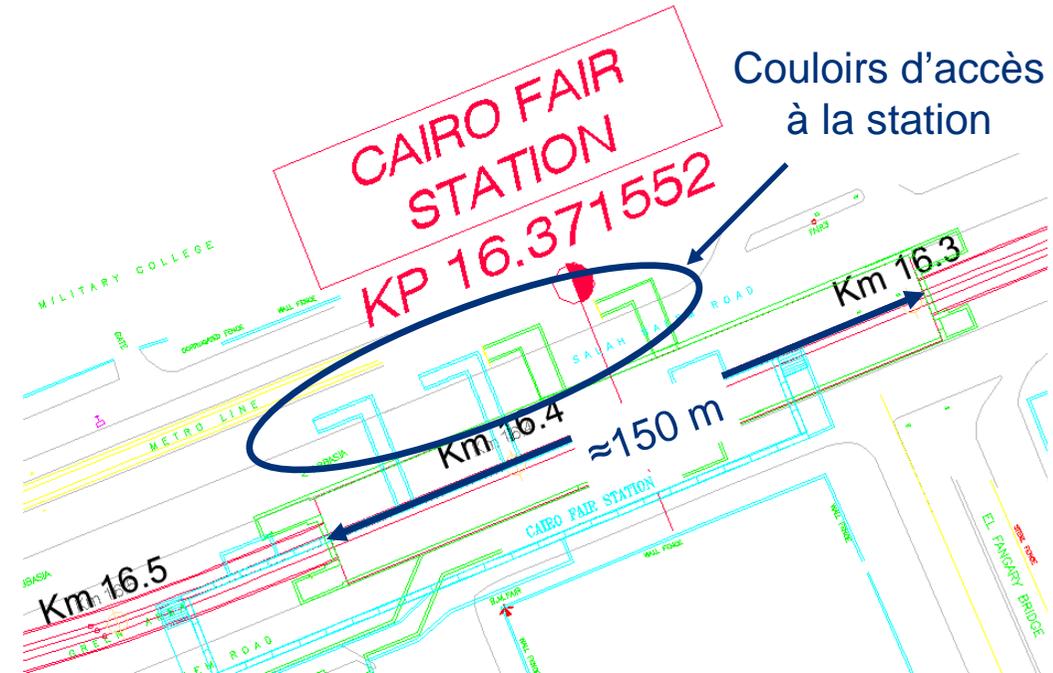
Les stations, coupe type

➤ Dimensions des stations courantes

Coupe transversale type



Vue en plan



Couloirs d'accès
à la station

Stations bâties avec :

- 1 dalle de toit
- 2 dalles intermédiaires
- 1 radier

I. Présentation du projet

Les stations, méthode de construction



GRANDS PROJETS



- Réalisation de paroi moulée
- Mise en œuvre d'un bouchon injecté
- Réalisation de la dalle de toit
- Excavation en taupe avec butonnage temporaire
- Coulage du radier
- Passage du tunnelier
- Achèvement des dalles et dépose des butons

I. Présentation du projet

Le tunnel, coupe type



GRANDS PROJETS



➤ Coupe type

I. Présentation du projet

Le tunnel, choix du tunnelier



GRANDS PROJETS



Une grande variabilité du terrain sur 12 km avec :

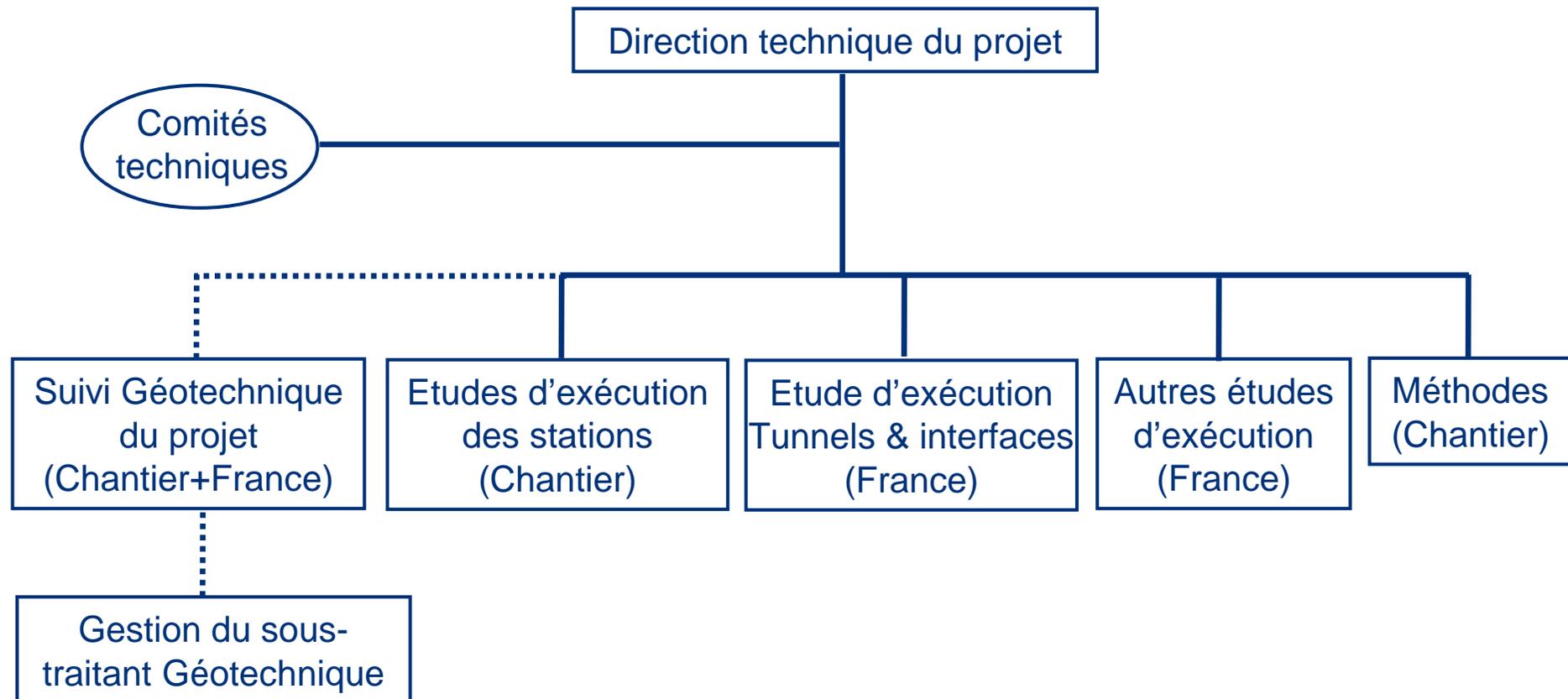
I. Présentation du projet

II. Les intervenants études

III. Les campagnes de sol

IV. Gestion de singularités

II. Les intervenants études Présentation



II. Les intervenants études

Suivi géotechnique



GRANDS PROJETS



Phase Etude

- Définition de la campagne de sol additionnelle
- Sélection du sous-traitant chargé de la campagne de sol
- Suivi de la campagne de sol
- Revue et validation des rapports factuels et interprétés

Phase Exécution

- Suivi des travaux et des stratigraphies observés dans les stations et dans le tunnel
- Suivi du rabattement de nappe
- Suivi du monitoring
- Gestion des imprévus chantier

II. Les intervenants études

Etude d'exécution stations



GRANDS PROJETS



- Une équipe basée au Caire avec ingénieurs expatriés & locaux + projeteurs pour :
 - Définir le fonctionnement structurel des stations
 - Dimensionner pour exécutions les parois moulées & dalles/radier
 - Dimensionner les travaux de second œuvre de chaque stations
 - Se coordonner avec les autres lots

II. Les intervenants études

Etude d'exécution tunnels & interfaces



GRANDS PROJETS



- Un dimensionnement réalisé depuis la France dans les bureaux de Vinci & Bouygues

Coordination de la
Direction Technique

Etudes Vinci

Dimensionnement des puits
Dimensionnement des voussoirs

Etudes Bouygues

Calcul des tassements générés par le
tunnel
Définition des pressions de confinement

II. Les intervenants études Comités techniques, rôles

- Non pas un comité, mais Des comités pour répondre aux différentes problématiques
- Des comités gérés et appelés par la Direction technique
- Intervenants : Définis en fonction des sujets à traiter

Experts
Vinci

Experts
Bouygues

Experts extérieurs :
consultants, Terrasol,
MC-Consulting, ...

- Missions associées :
 - suivi avec un regard externe de l'évolution et du déroulement du chantier.
 - Assistance sur les grandes options prises en termes de méthodes et de conception
 - Donne un avis détaché d'ingénieurs confrontés à de multiples projets, bénéficiant de nombreux retours d'expériences

II. Les intervenants études Comités techniques, exemples

- Comité technique “Tunnels”
 - Optimisations des méthodes d’entrées et sorties des tunneliers en station
 - Revue de la conception des tunneliers

- Comité technique “Attaba station”
 - Définition des risques liés à la réalisation d’un bouchon injecté à 70 m de profondeur
 - Proposition de variantes

- Comité technique “Bab El sharia shaft”
 - Définition de la conception du puits
 - Revue et validation de l’usage de la congélation
 - Optimisation du séquençage des travaux

II. Les intervenants études

Autres études d'exécution



GRANDS PROJETS



- Des notes de calculs spécifiques réalisés à la demande des comités techniques ou du chantier :
 - Dimensionnement du rabattement de nappe et de la stabilité du fond de fouille à Attaba stations
 - Effets des argiles gonflante sur le comportement du tunnel et sur la station Cairo Fair
 - Soutènements temporaires au droit de Bab El sharia shaft
 - ...

I. Présentation du projet

II. Les intervenants études

III. Les campagnes de sol

IV. Gestion de singularités

III. Les campagnes de sol

Données Appel d'offre

- Des données basés sur:
 - Des sondages avec essais SPT : 2 par stations, et 1 tous les 300 m
 - Des essais laboratoires à base d'essais d'identifications

- Des données mettant en évidence:
 - Quelques zones singulières devant être vérifiées et précisées
 - Des doutes locaux quant à la définition de la stratigraphie, liés à l'imprécision des sondages.
 - Une difficulté à caractériser précisément les couches de sables très denses (refus au SPT)
 - Une perméabilité des zones graveleuses mal définie
 - Un besoin de caractériser mieux la caractère gonflant des argiles

III. Les campagnes de sol

Campagnes de sol additionnelles



GRANDS PROJETS



Réalisation d'une campagne de sol après la signature du contrat permettant de répondre aux besoins observés lors de l'appel d'offre

I. Présentation du projet

II. Les intervenants études

III. Les campagnes de sol

IV. Gestion de singularités

IV Gestion de singularités

Exemple : les argiles gonflantes



GRANDS PROJETS



➤ Du constat au dimensionnement

Conclusions



GRANDS PROJETS

