



GT3

## journée technique

# Tunnel T33 - Monaco Minage en site sensible très urbanisé

12 septembre 2018



une société de  SOLETANCHE BACHY

# MONACO - Exemple remarquable d'urbanisme souterrain

- **202 hectares**
- **~ 38 000 habitants la nuit, le double en journée**
- **2 manières de gagner de l'espace :**
  - Sur la mer
  - Sous terre (gare souterraine => urbanisation des délaissés SNCF => divers tunnels de désertes locales (T33), tunnel descendant, poste source, ...etc)



# Urbanisation des délaissés SNCF – Tunnel T33 – présentation

- Sur l'emprise des anciens terrains rendus disponibles par la mise en service de la nouvelle gare souterraine de la Principauté de Monaco, le Service des Travaux Publics de Monaco a lancé en 1999 les études et les travaux de réalisation d'un grand projet d'urbanisation.
- Le chantier s'étend sur 1,5 km entre le quartier Sainte Dévote et la frontière à Cap d'Ail. Les travaux comprennent un ensemble de voiries souterraines composées de tranchées couvertes et de tunnels. Réalisés en plusieurs tranches, ils précèdent la construction des bâtiments en superstructure destinés à l'habitation, l'enseignement, la culture. La première tranche des ouvrages de voirie a été réalisée en 2000, et depuis cette date, les tranches suivantes sont étudiées et les travaux correspondants exécutés au fur et à mesure, en fonction des contraintes d'exploitation et de circulation.
- Parmi ces ouvrages souterrains, le tunnel T33 de longueur 145 m relie la place canton à la voie de sortie de Monaco, au Sud, côté cap d'Ail. Il est creusé en bordure de la falaise du jardin exotique, plonge sous l'un des piédroits du tunnel montant (tête amont) et ressort sous les lacets de l'Avenue Pasteur (tête aval).
- Ce projet est le lieu d'accumulation d'un nombre important de contraintes environnementales liées à un chantier de tunnel dans un site urbain majeur :
  - Contraintes liées aux nuisances sonores ;
  - Respects des critères vibratoires sur un environnement immédiat très sensible (richesse des grottes du Jardin Exotique, tunnel montant en service, falaise raide avec rocher et blocs potentiellement instables, quartiers denses d'habitation, réseaux et notamment conduite d'alimentation d'eau)

# Situation du projet



# Géologie

- Le site de réalisation du projet intéresse essentiellement l'écaille de Monaco qui appartient à l'unité géologique de l'Arc de Nice située sur le front des chaînes subalpines orientales.
- Cette écaille, d'orientation est-ouest, se décompose en deux entités : le « Rocher » à l'Est, sur lequel sont édifiés le Palais Princier et Monaco-Ville, et le massif du Jardin Exotique qui abrite les grottes du même nom. C'est dans ce massif que le tunnel T33 est creusé. Cette écaille, constituée essentiellement par des terrains calcaires d'âge jurassique, chevauche en partie frontale entre Cap d'Ail et Fontvieille des terrains de couverture d'âge crétacé et tertiaire.
- Le rocher jurassique est représenté par des calcaires plus ou moins dolomités. Il est de bonne qualité géotechnique avec une résistance à la compression simple de l'ordre de **100 MPa** et une densité de l'ordre de **2,75**. Il est classé comme très abrasif. La valeur RQD est proche de **100 %**. Selon la classification de Bieniawski, il s'agit d'un rocher bon à très bon. Ces terrains calcaires peuvent comporter des couloirs de dissolution karstiques. Ces zones présentent des vides, remplis ou non d'argiles de décarbonatation et de concrétions calcaires.

# Contraintes du site

**\* Falaise surplombante instable**

**\* Environnement urbain**

Présence à proximité de:

- **1 galerie technique existante**
- **1 transformateur électrique**
- **1 conduite en fonte (alimentation eau principauté)**
- **Plusieurs grottes classées**
- **Le Jardin Exotique**
- **Immeubles en construction**

# Grottes du jardin exotique



# Grottes du jardin exotique





# Grottes du jardin exotique



20.07.2006

## Tête AMONT:

**Utilisation d'explosif INTERDIT**

**Forages sécants blocs**

**Excavation mécanisée Pelle 54 tonnes + Fraise 200 kw +  
ponctuellement BRH 3,5T**

## Tête AVAL:

**1 tir par jour à heure fixe entre 9h et 9h45.**

**CCTP marché : seuil vit. part. 1 mm/s (toutes fréquences confondues...)**



# Tête amont



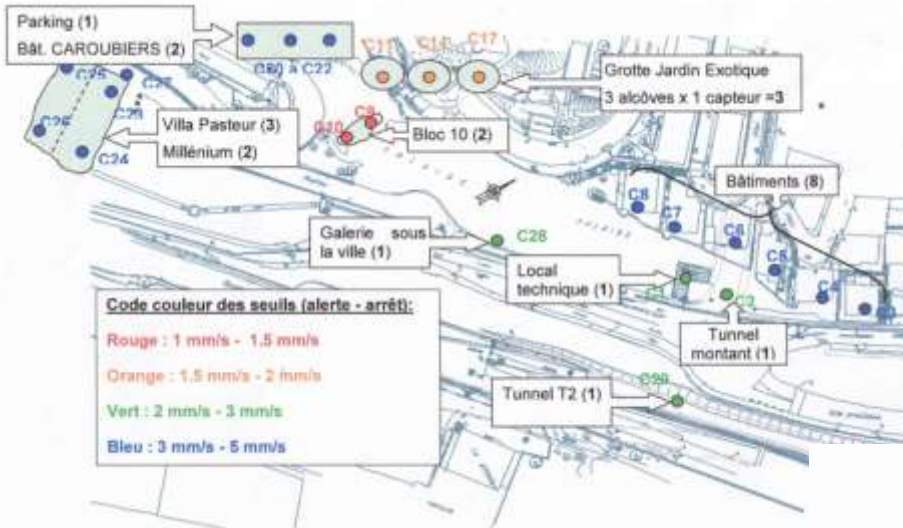
# Tête amont



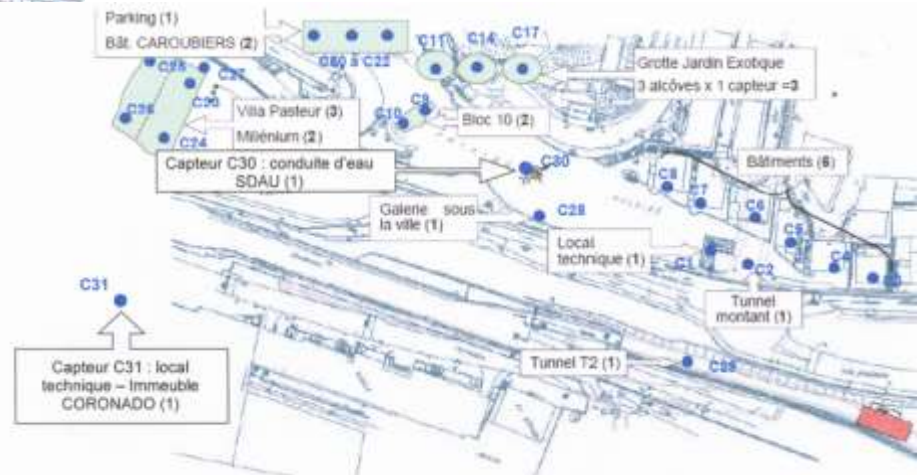
# Tête amont



# Seuils vitesses particulières



- Pédagogie / description des phénomènes physiques
- Propositions d'adaptations
- Introduction d'une analyse en déplacements pour justifier les dépassements (nombreux mais dans les hautes fréquences)



# Minage en site sensible

Pour le creusement depuis la tête aval, une **technique hybride combinant le fraisage et le minage** de la roche a été mise en place. Lors de l'utilisation du minage comme méthode de creusement, la réalisation du « bouchon », qui est la zone de dégagement primaire, est ce qui produit le plus de nuisances (vibrations, bruit, et projections de fragments de roche). Cette technique de creusement permet de produire un niveau de vibration extrêmement faible. Un plan de tir a ensuite été bâti avec comme contrainte le respect d'une charge instantanée très faible (**625 gr à 750 gr**). Cela implique un maillage serré (**70 cm**), un nombre de trous de mines important (**141 trous pour 55 m<sup>2</sup>**), et une utilisation de toute la plage des détonateurs électrique « retard » sur les 10 lignes d'un explosif séquentiel. Des adaptations du plan de tir ont été nécessaires pour l'excavation d'une zone de 30 m présentant une section plus importante, la charge instantanée très faible ne permettant pas l'abattage de la totalité du front en un tir de mine. Des adaptations ont également été nécessaires pour s'adapter à la géométrie des fractures rencontrées. Ce fut le cas en section élargie lorsque l'excavation a recoupé une faille ouverte subverticale, scindant le front en deux parties distinctes. L'élaboration du plan de tir a été d'autant plus complexe que cette faille a créé un chemin préférentiel de propagation d'ondes en direction des grottes du jardin exotique. Une dernière zone nécessite une adaptation de la méthode d'excavation. En effet une galerie contenant les conduites d'alimentation en eau de Monaco se situe 3,50 m seulement au dessus de la voûte du tunnel. Ces conduites anciennes ont fait l'objet d'une instrumentation spécifique. Ce passage à proximité d'un ouvrage sensible a été réalisé en fraisant une demi-section complète et en minant le banc rocheux restant. Cette méthode hybride permet d'adapter le niveau des vibrations transmises au massif environnant en augmentant la part de section fraisée.

# Tête aval





# Tête aval



# Tête aval – passage sous conduite alimentation eau



# Comparatif cadences et coûts

