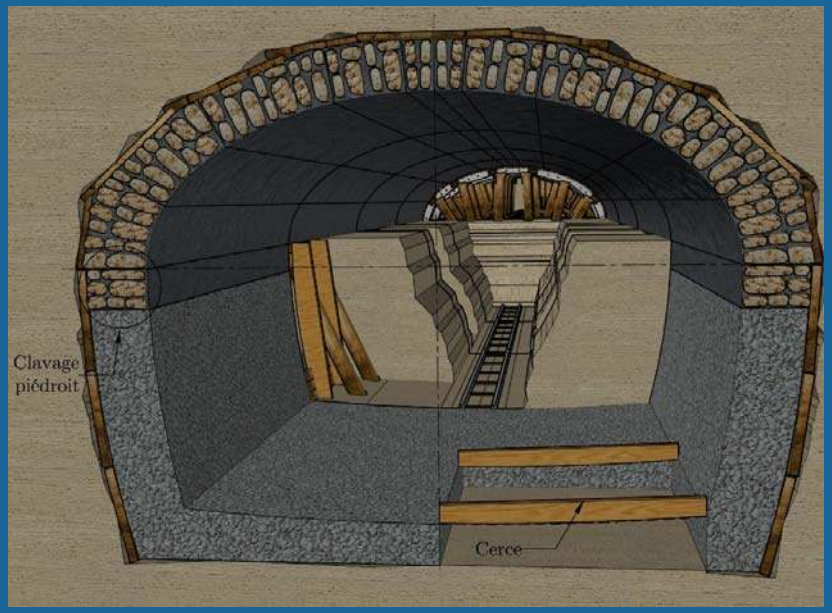
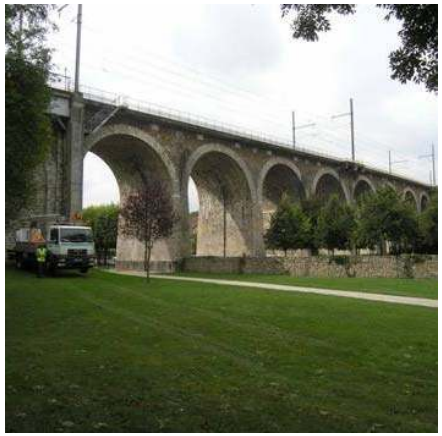


IMGC

ADAPTATION DES OUVRAGES EN MAÇONNERIE AUX NOUVELLES CONDITIONS DE SERVICE

Journée Technique
Vendredi 21 septembre 2017
à l'Amphithéâtre AUGUSTE BRULÉ







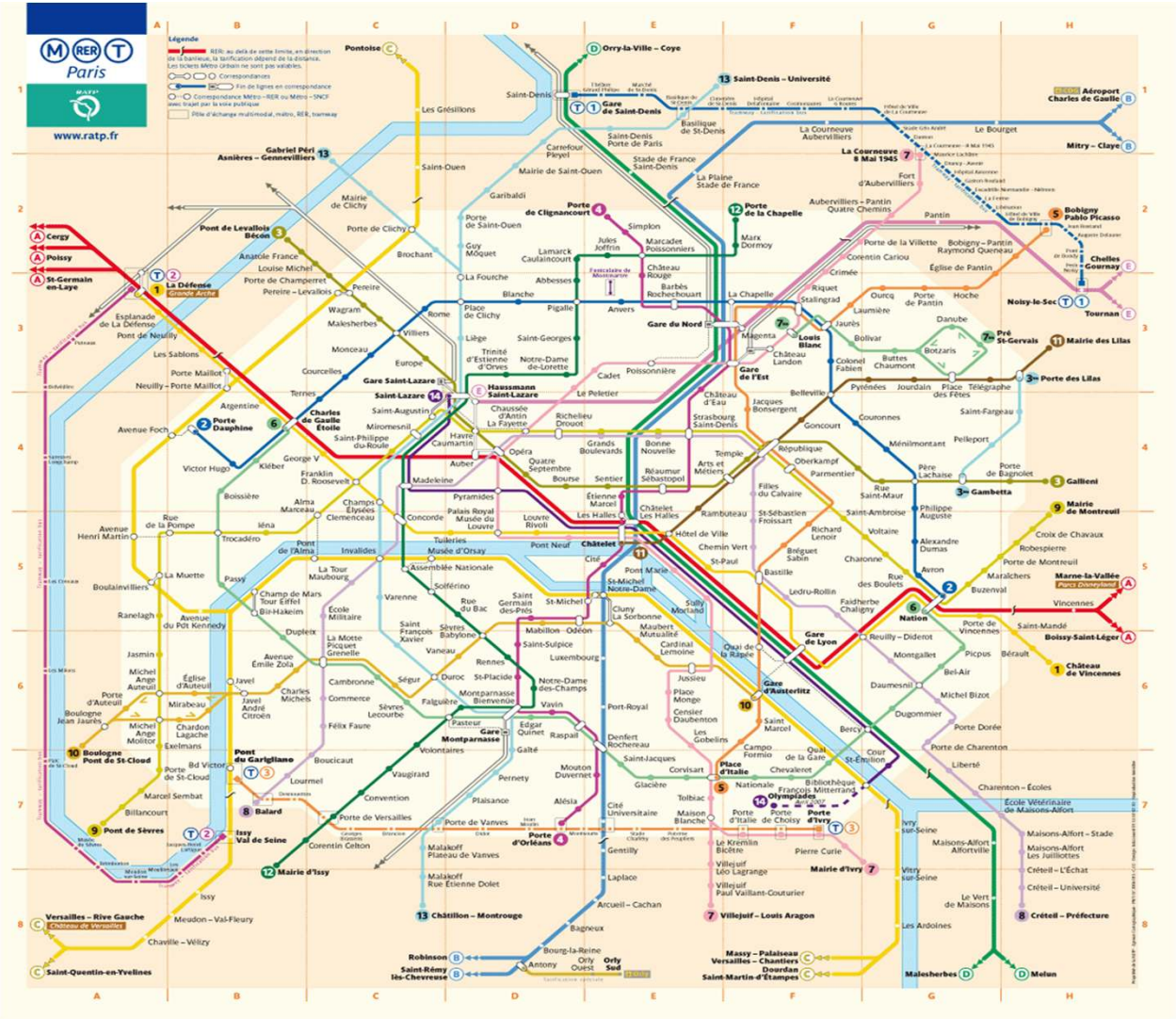
Patrimoine des ouvrages en maçonnerie RATP

Politique de gestion

Sommaire

- Patrimoine des infrastructures ferroviaires de la RATP
- Les tunnels en maçonnerie du métro
- Les travaux à proximité des tunnels
- Les piles en maçonnerie des viaducs du métro
- Les piles en maçonnerie des viaducs : cas d'un ouvrage inscrit MH
- Le cas des perrés en maçonnerie

Patrimoine des infrastructures ferroviaires RATP



Metro :

- 16 lignes,

RER (*Réseau Express Régional*)

- 2 lignes,

Tramway :

- 5 lignes

Autre :

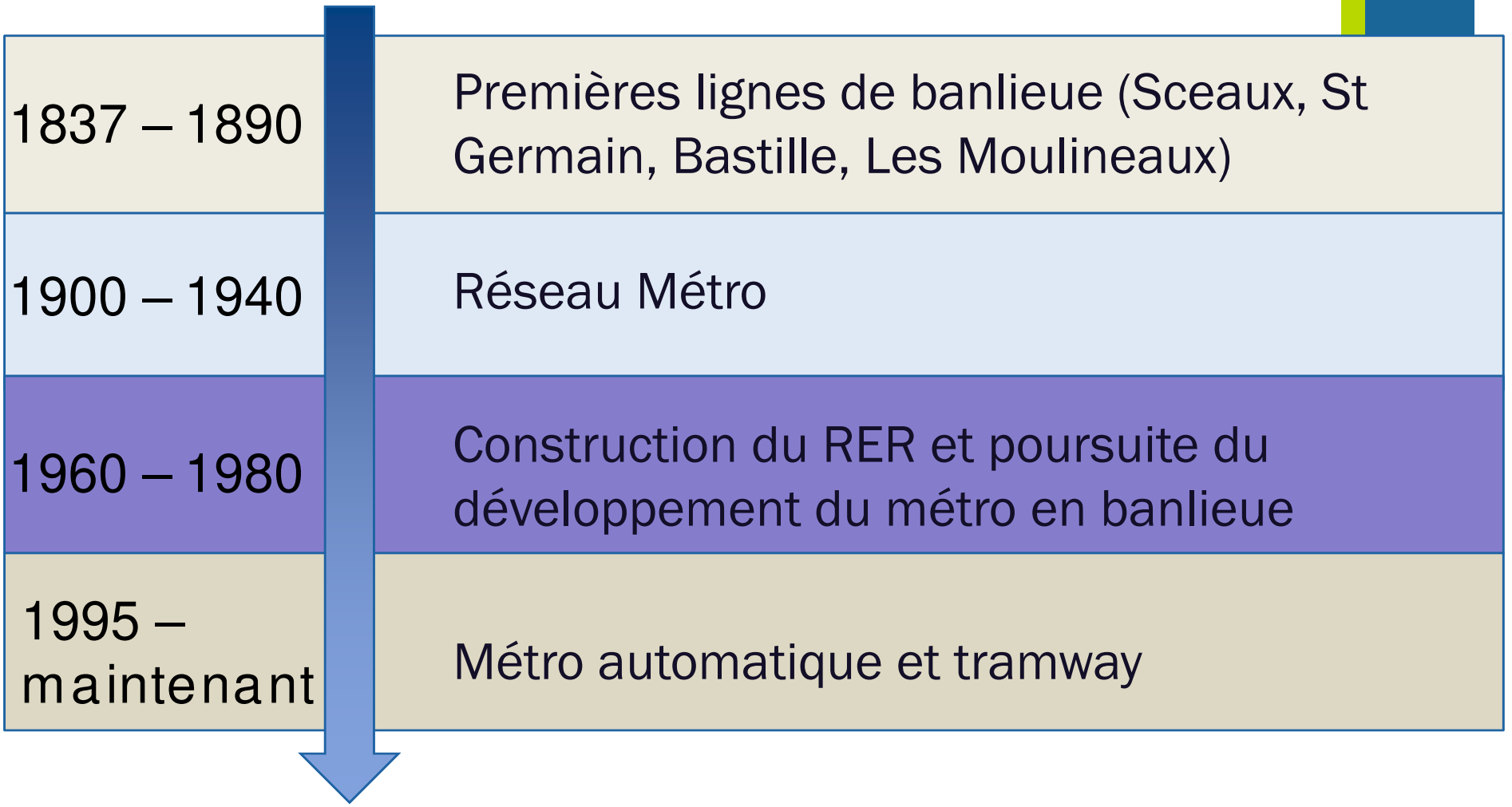
- Orlyval
- Funiculaire de Montmartre

Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

- 370 km d'infrastructures
  - 275 km d'ouvrages souterrains
  - 20 km de ponts, passerelles et viaducs
  - 75 km d'ouvrages en terre (déblai/remblai)
- 302 stations de métro et 67 gares RER

  > 100 km de couloirs

Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

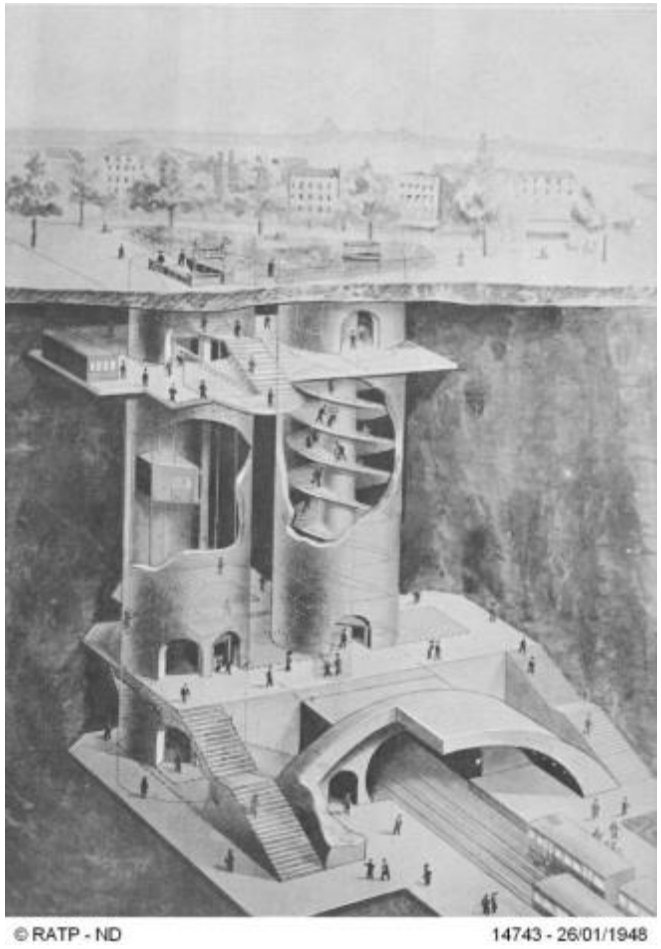


Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

➢ 70 % d'ouvrages souterrains: (tunnels, tranchées couvertes, stations, raccords et voies de garage)

⇨ environ 80 % en maçonnerie





Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

- 30 % de structures aériennes:

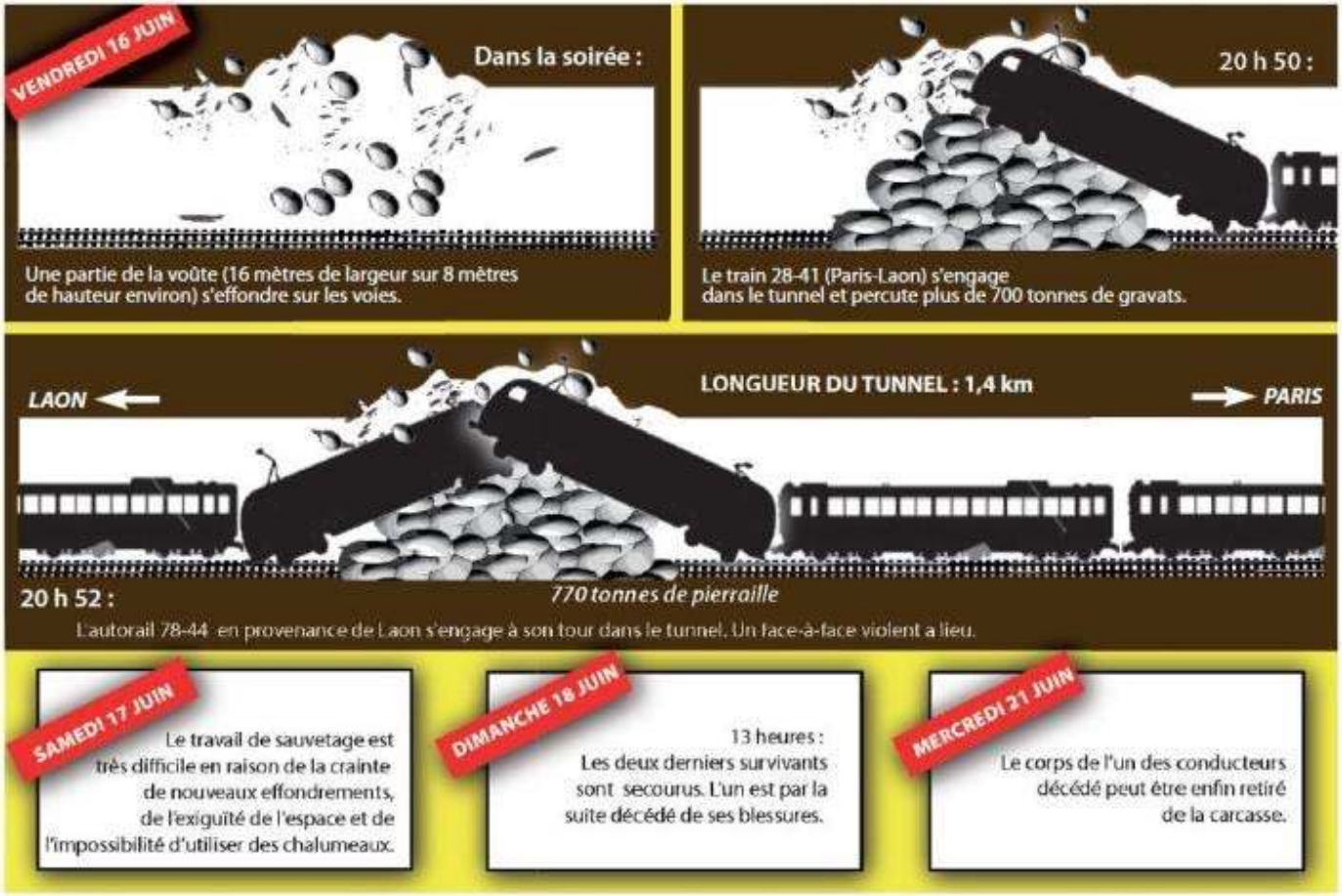
  ⇨ Ouvrages maçonnés



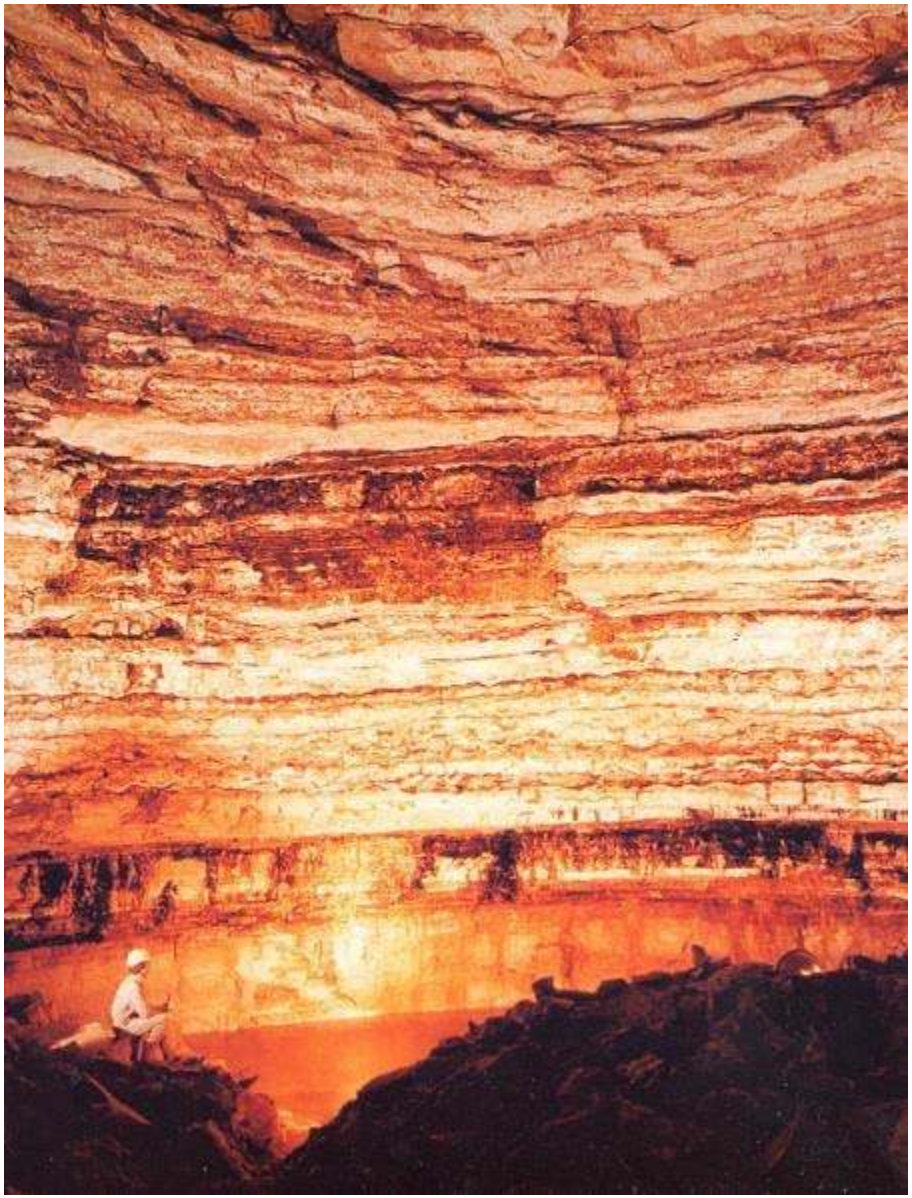

2
IMGC
Les tunnels en maçonnerie du métro

Le premier risque





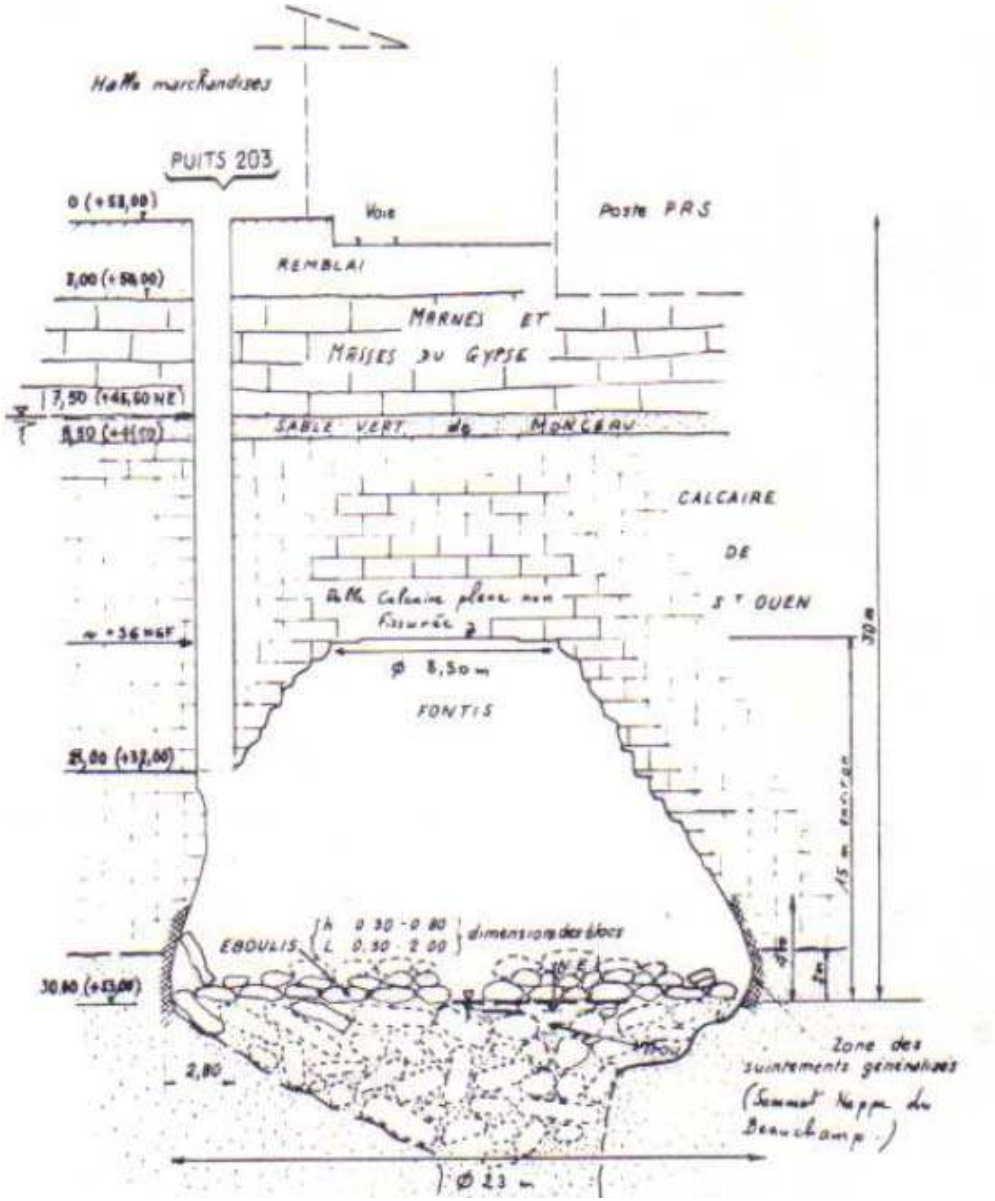
Le deuxième risque



Risque lié aux dissolutions de gypse

Cavité sous la Gare du Nord
(découverte en 1975)

Le deuxième risque



Risque lié aux dissolutions de gypse

Cavité sous la Gare du Nord

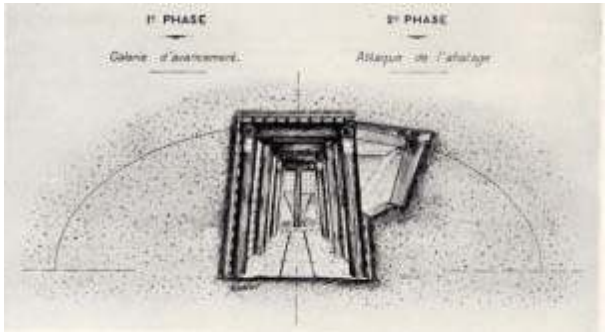
7200 m^3

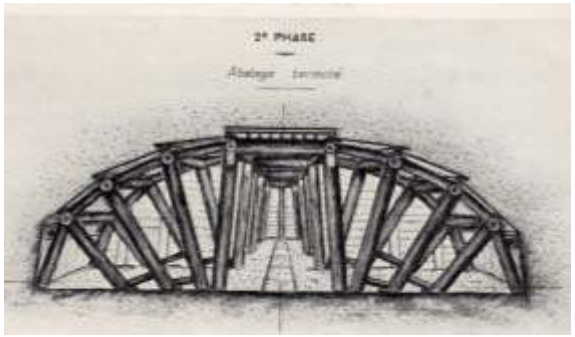
Hauteur : 15 m

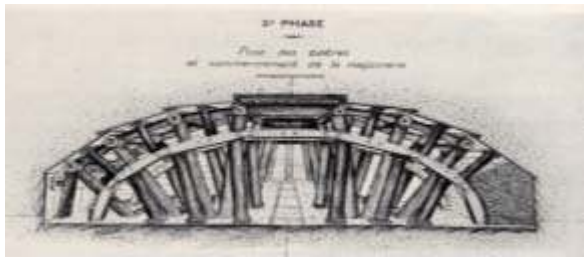
Largeur : 23 m

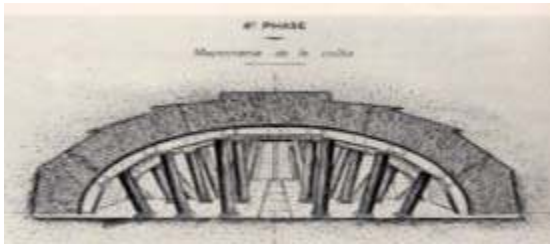
13 m sous la voie

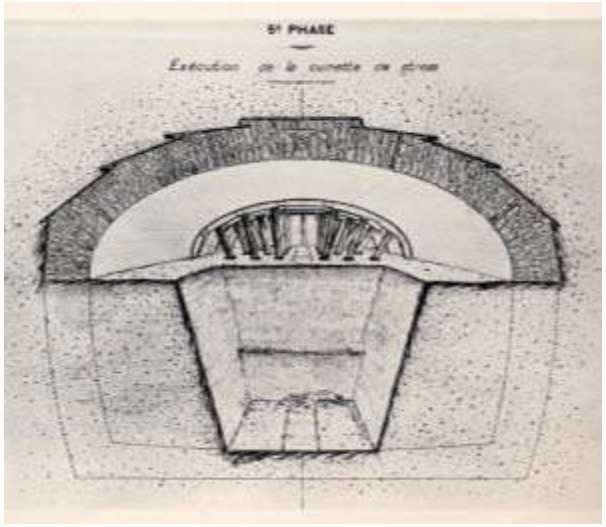
Méthode de construction

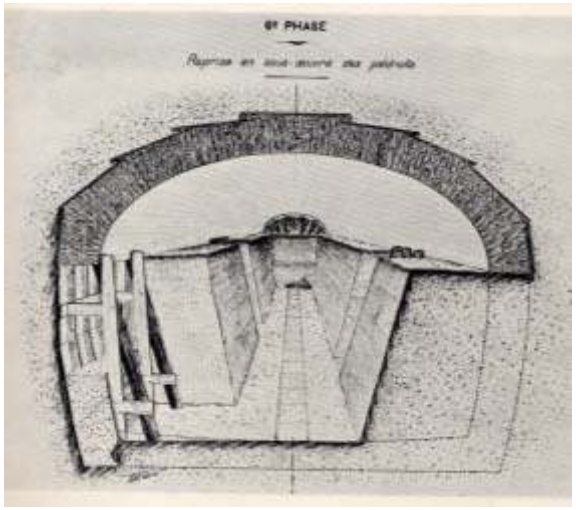


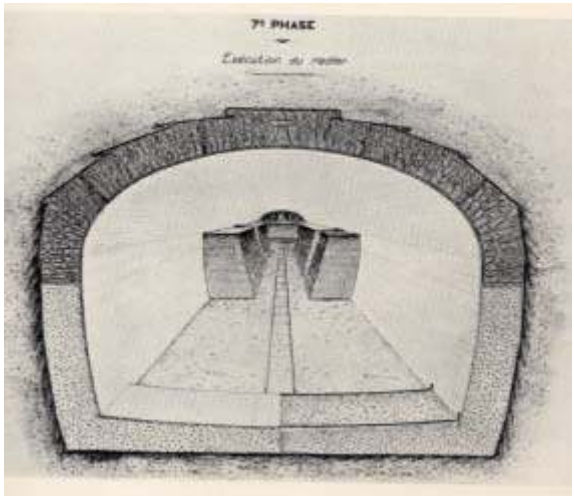










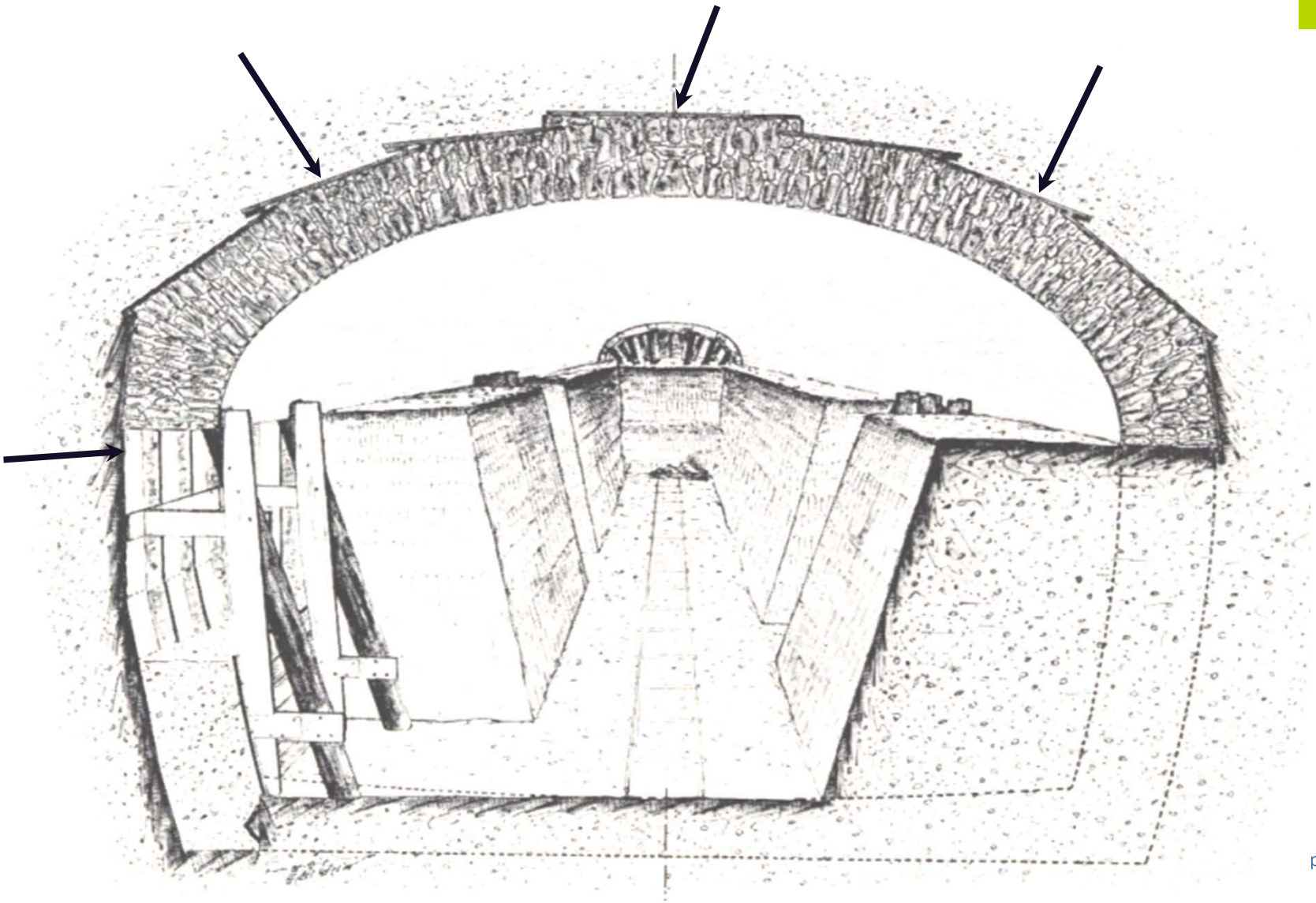


Méthode

Franco-Belge

Méthode de construction

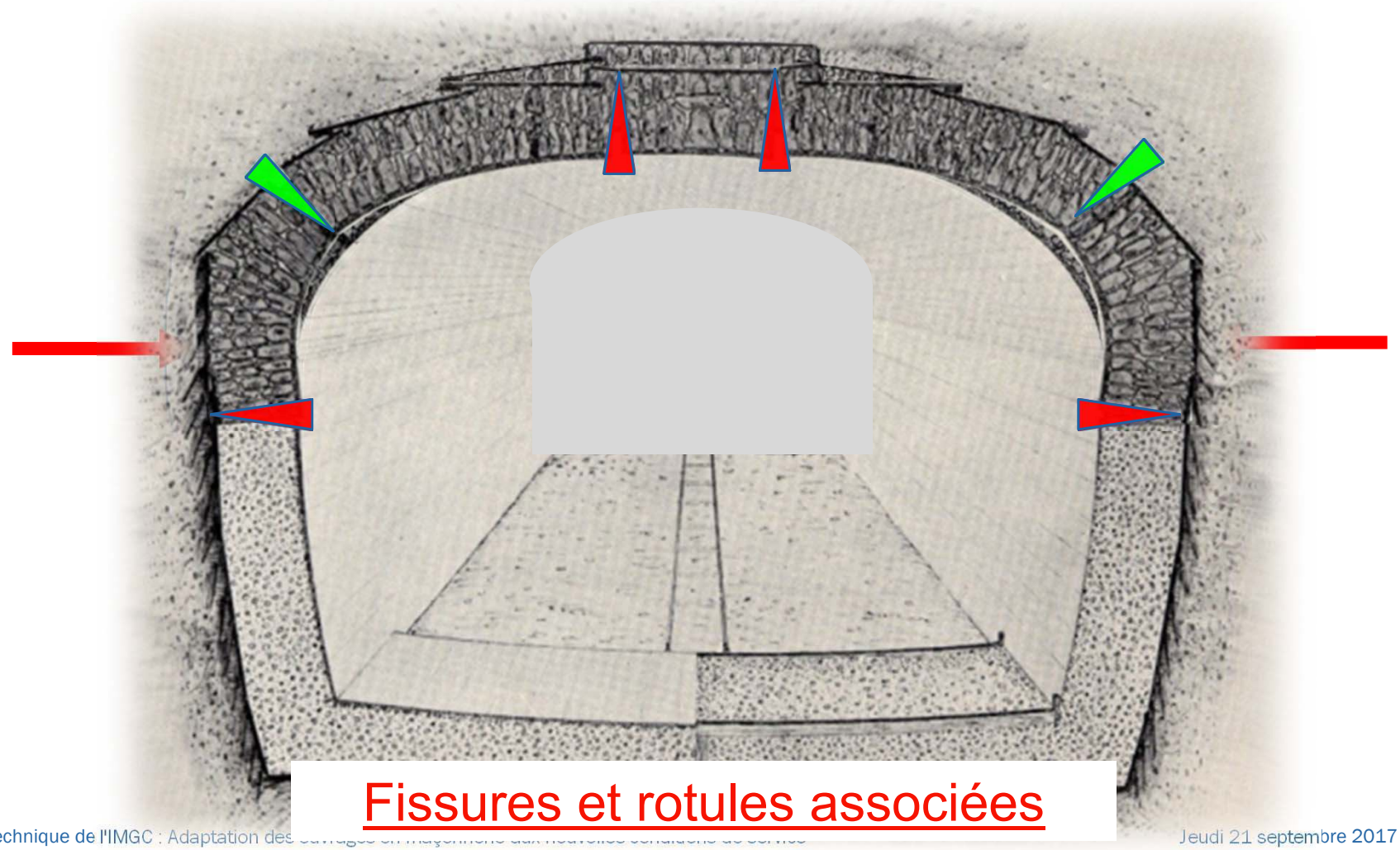
Le vieillissement du blindage bois



Déformation des tunnels maçonnés

Désordres dus à un manque de butée

Pas de stabilité sans butée



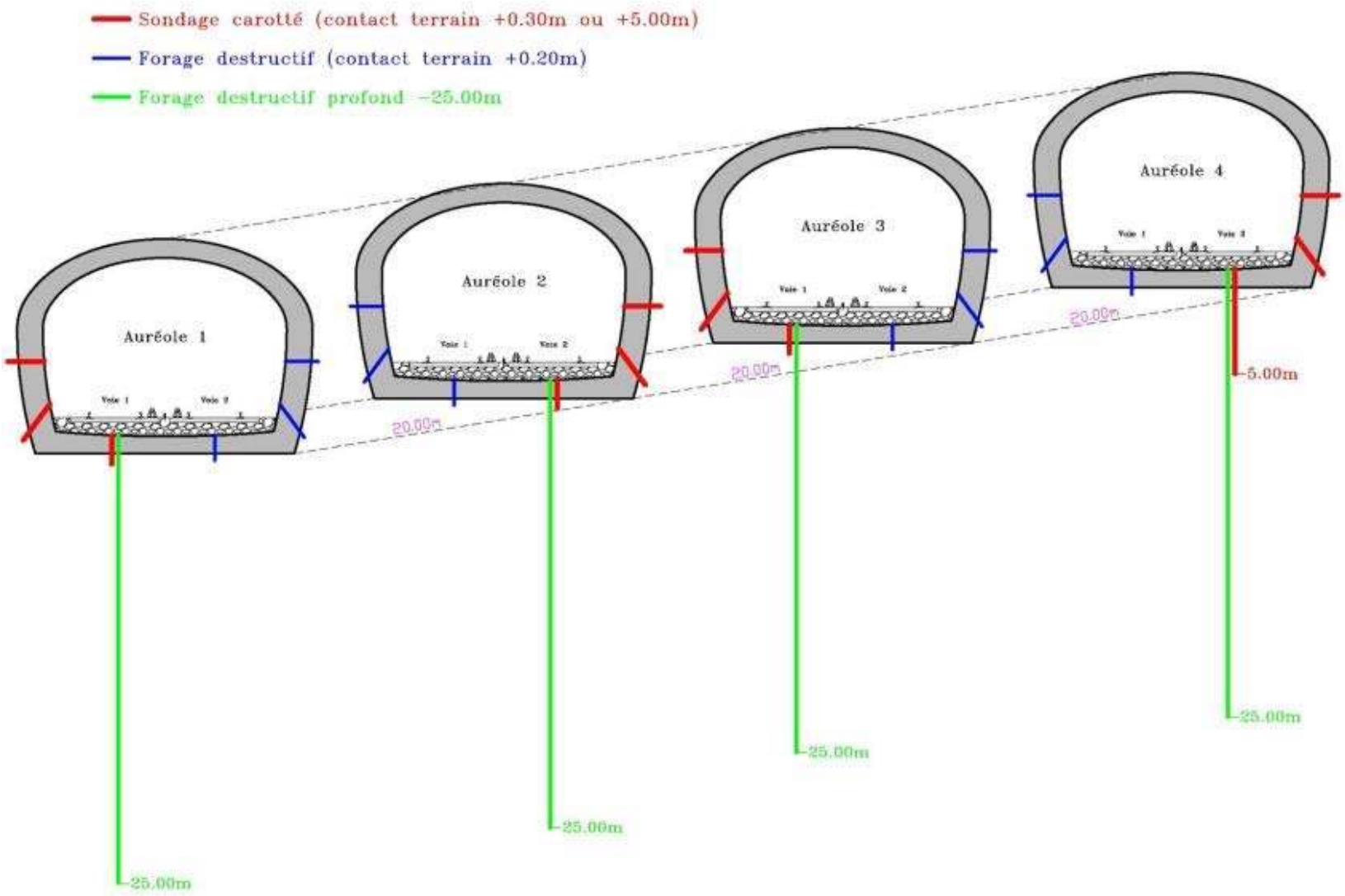
Fissures et rotules associées

Méthode de construction



Contrôle spécifique des tunnels en maçonnerie

Reconnaissance des maçonneries – train OA 11



Contrôle spécifique des tunnels en maçonnerie

Reconnaissance des maçonneries - train OA 11



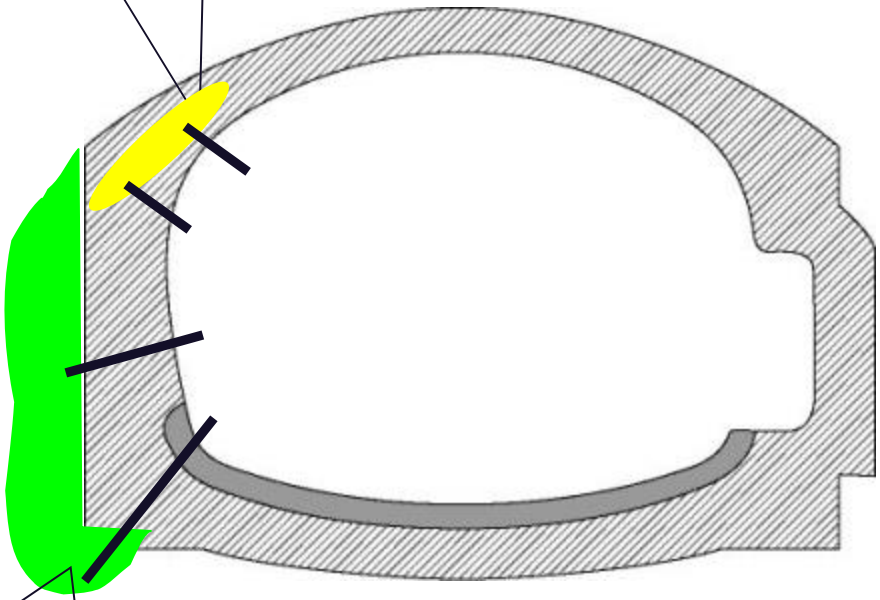
Forage dans la maçonnerie

Carotte de forage



Travaux d'injection des maçonneries

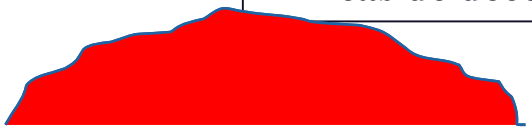
Injection de la maçonnerie
Redonne de la cohésion
Diminue la perméabilité



Injection au contact terrain
Permet un bon contact
une bonne butée

Injections dans le sol

En cas de découverte d'une cavité



Travaux d'injection des maçonneries

Injections en station voutée



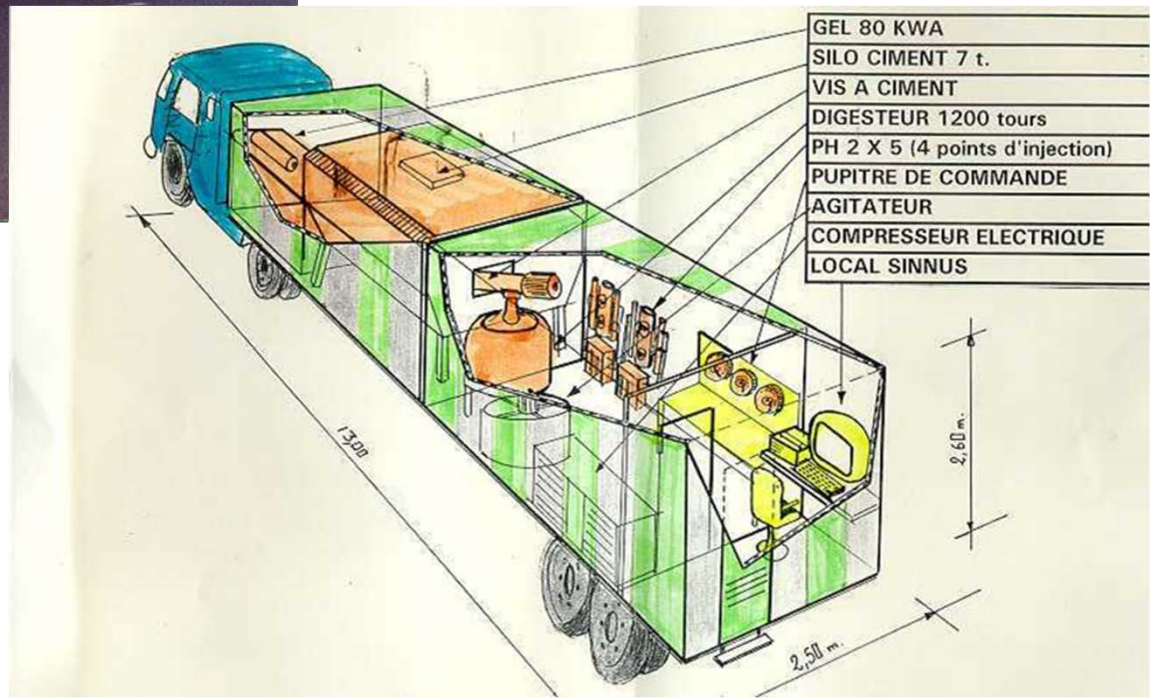


Injections dans un couloir

Travaux d’injection des maçonneries



Poste d’injection mobile

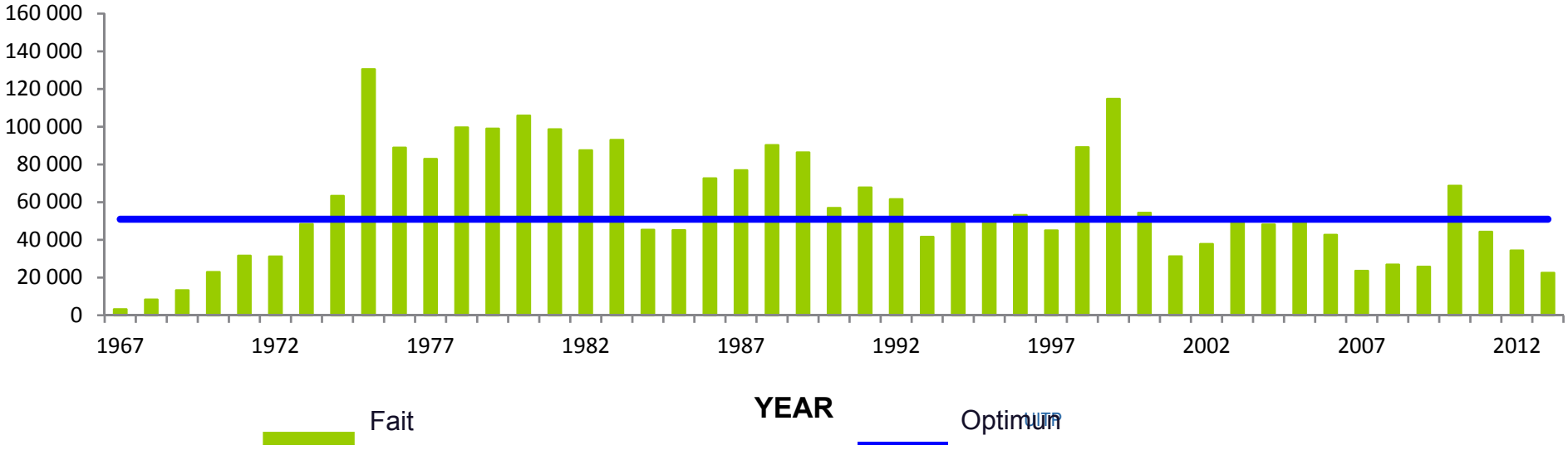


Travaux d'injection des maçonneries

Historique des travaux réalisés

Longueur	330 km
Coût par km	1,5 m€/km
Coût total	500 m€







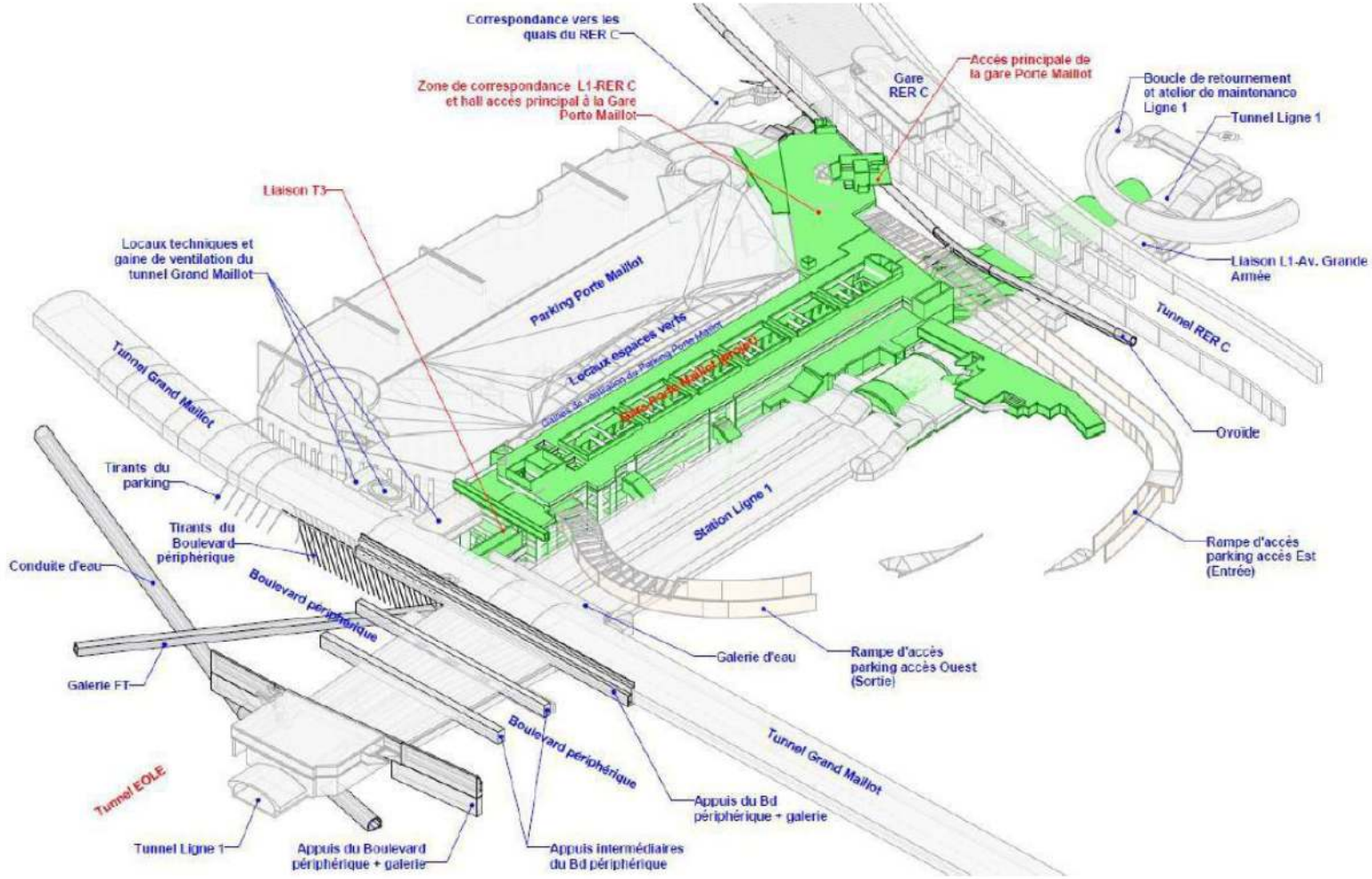
3

IMGC

Les travaux à proximité des tunnels

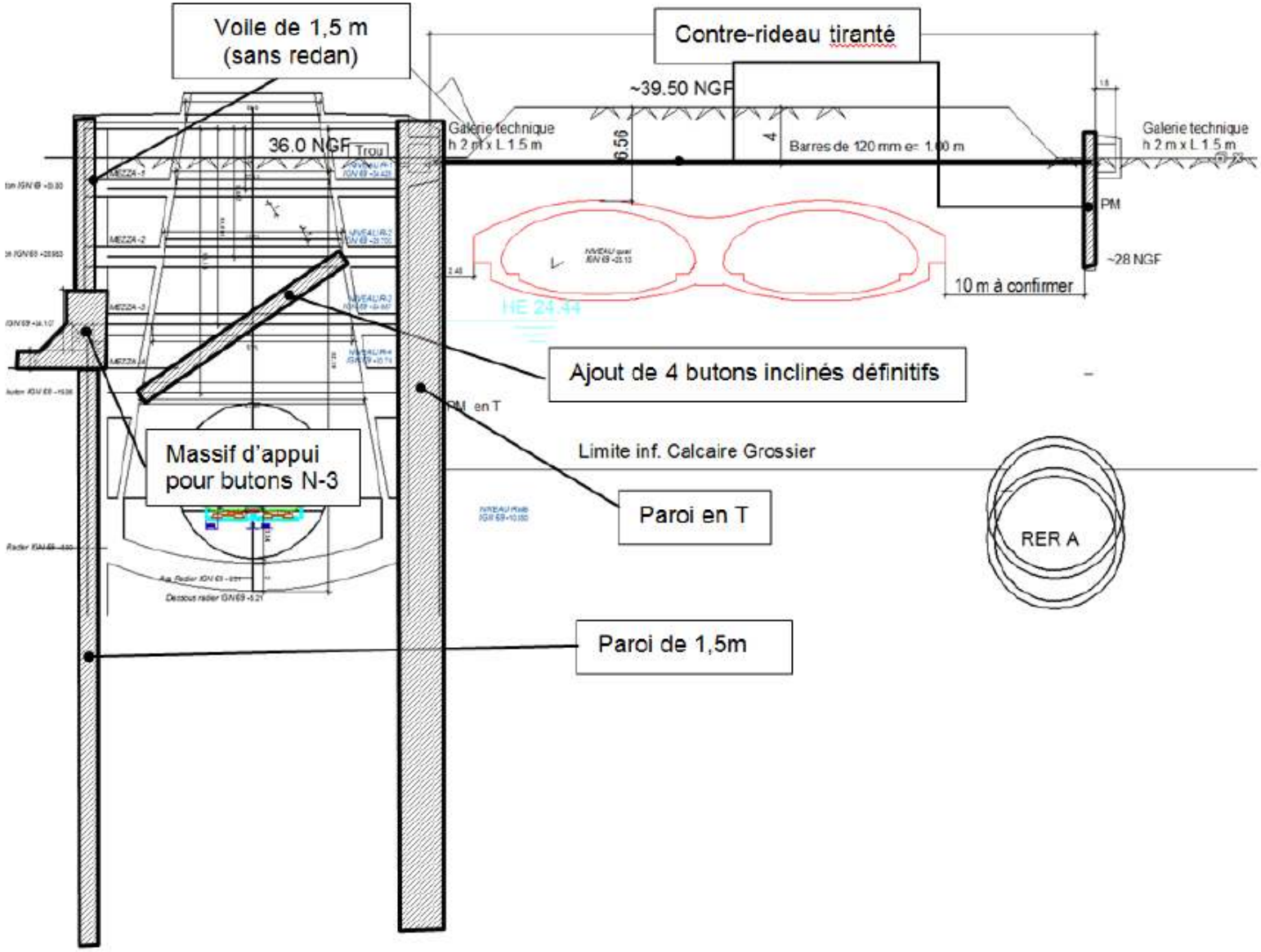
Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

Le plan de la situation de la Gare Porte Maillot :

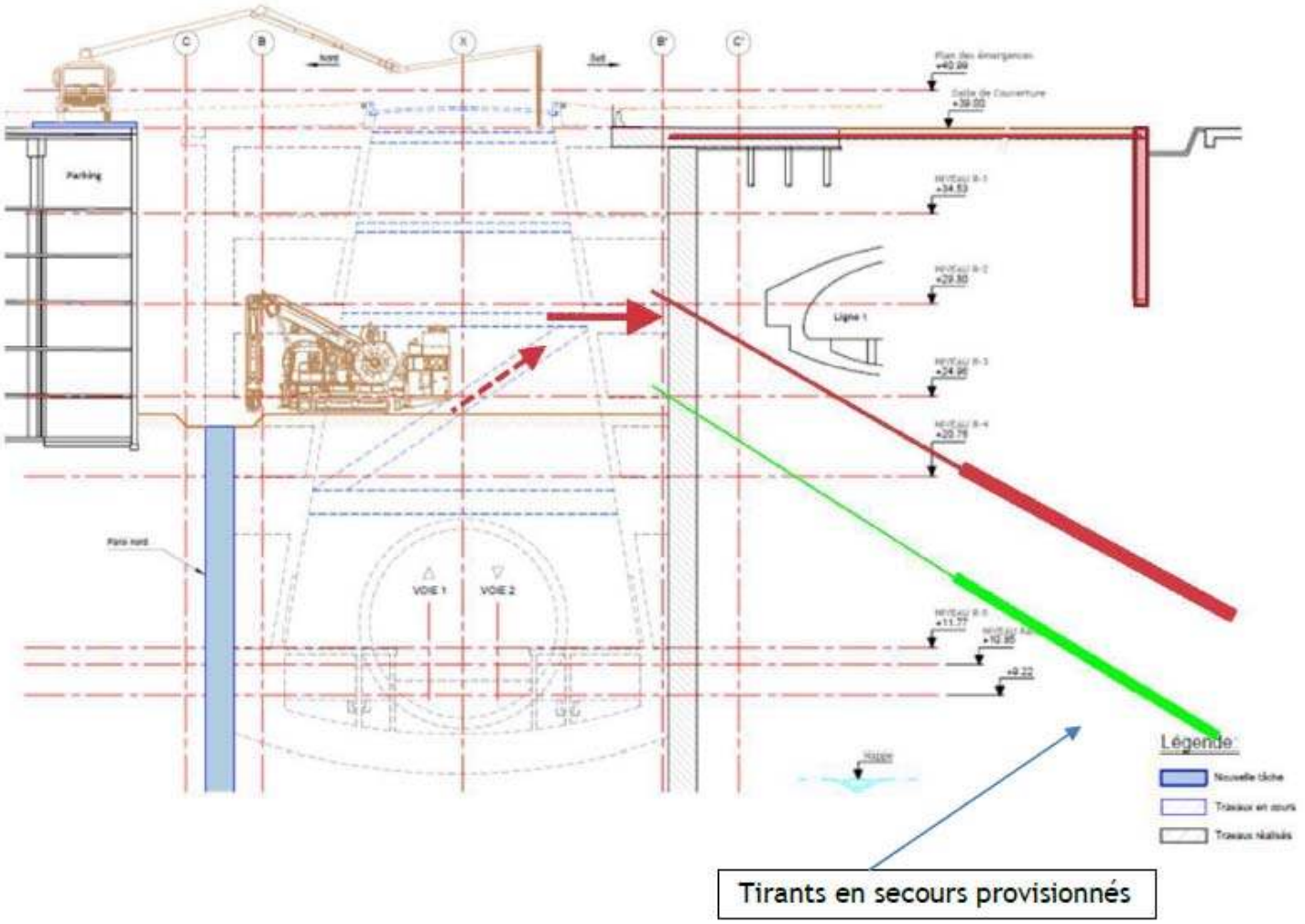


Plan de situation de la Gare Porte Maillot

Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

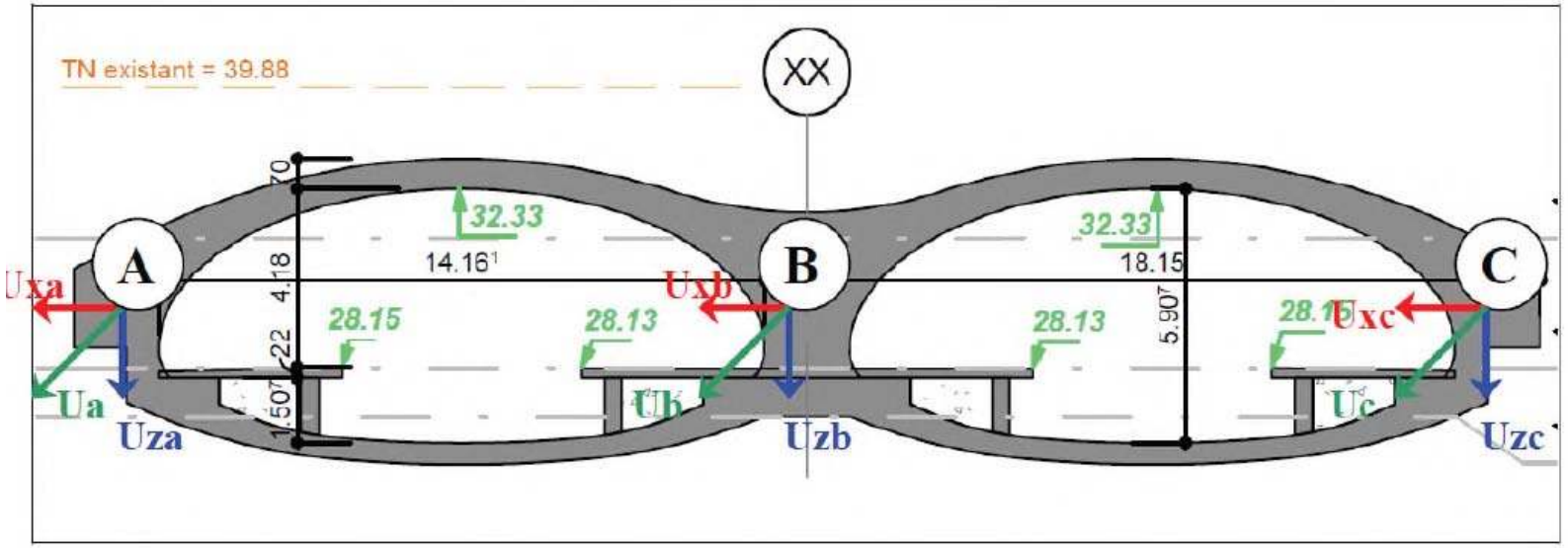
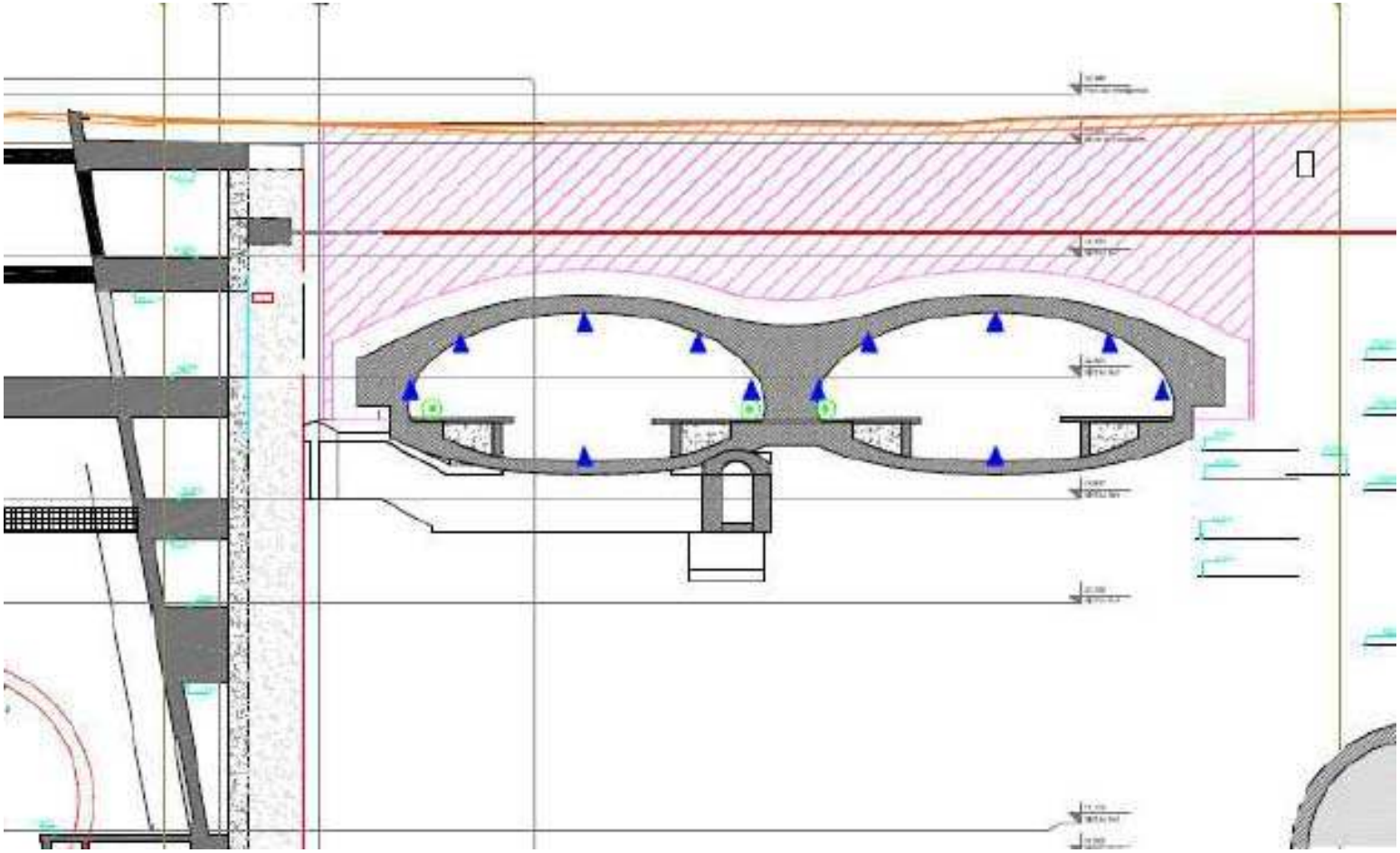


Figure 2 : Vecteurs déplacement pour une station double voûte (GPM)

Secteur GPM - station double voûte			
Déplacement	**ARRÊT EXPLOITATION**	**ARRÊT DE CHANTIER**	**VIGILANCE**
Ua, Ub, Uc *déplacement total*	20 mm	15 mm	12 mm
Uza, Uzb, Uzc *déplacement vertical*	16 mm	12 mm	10 mm
Uxa, Uxb, Uxc *déplacement horizontal*	16 mm	12 mm	10 mm
|Uza-Uzb|, |Uzb-Uzc| *différentiel vertical*	0,6‰	0,5‰	0,4‰
|Uxa-Uxb|, |Uxb-Uxc| *différentiel horizontal*	0,6‰	0,5‰	0,4‰

Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Vue en coupes de la zone d'auscultation de la station


4
IMGC
Les piles en maçonnerie des viaducs du métro

Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Fissure détectée le 22/08 après midi – pile sous voie :

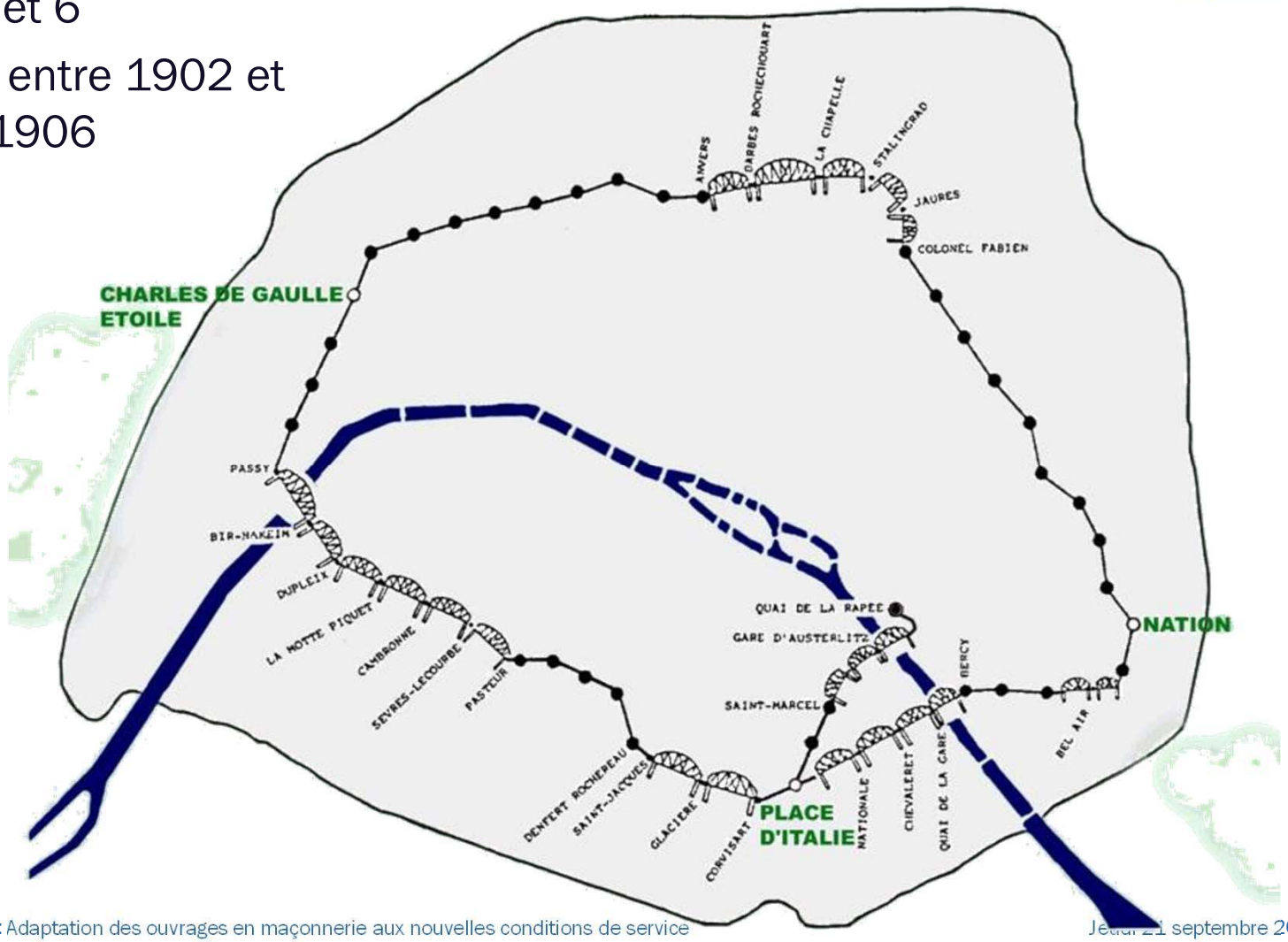


Renfort mis en place le 23/08 matin :



Description des viaducs du métro

Viaducs sur les lignes 2, 5 et 6 construits entre 1902 et 1906



Description des viaducs du métro

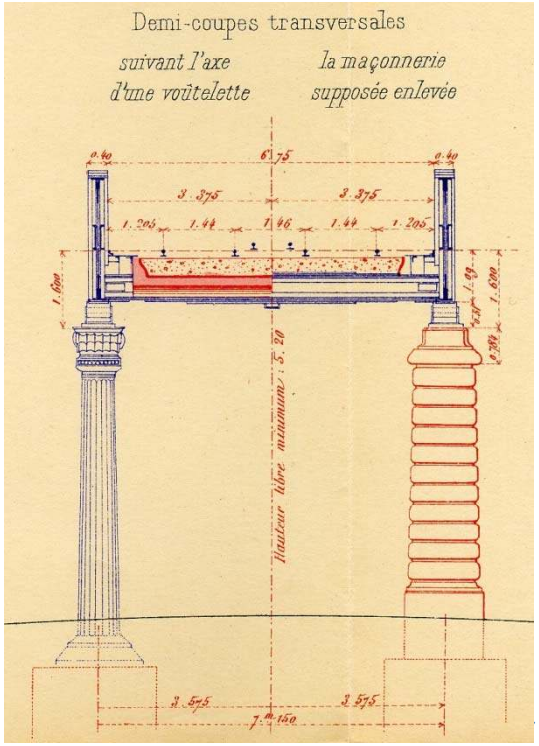
Longueur des viaducs métalliques :

- viaduc standard (205 travées) ..... 5.1 km
- 15 stations (70 travées) ..... 1.1 km
- 8 viaducs spéciaux ..... 1 km

Total..... 7.2 km

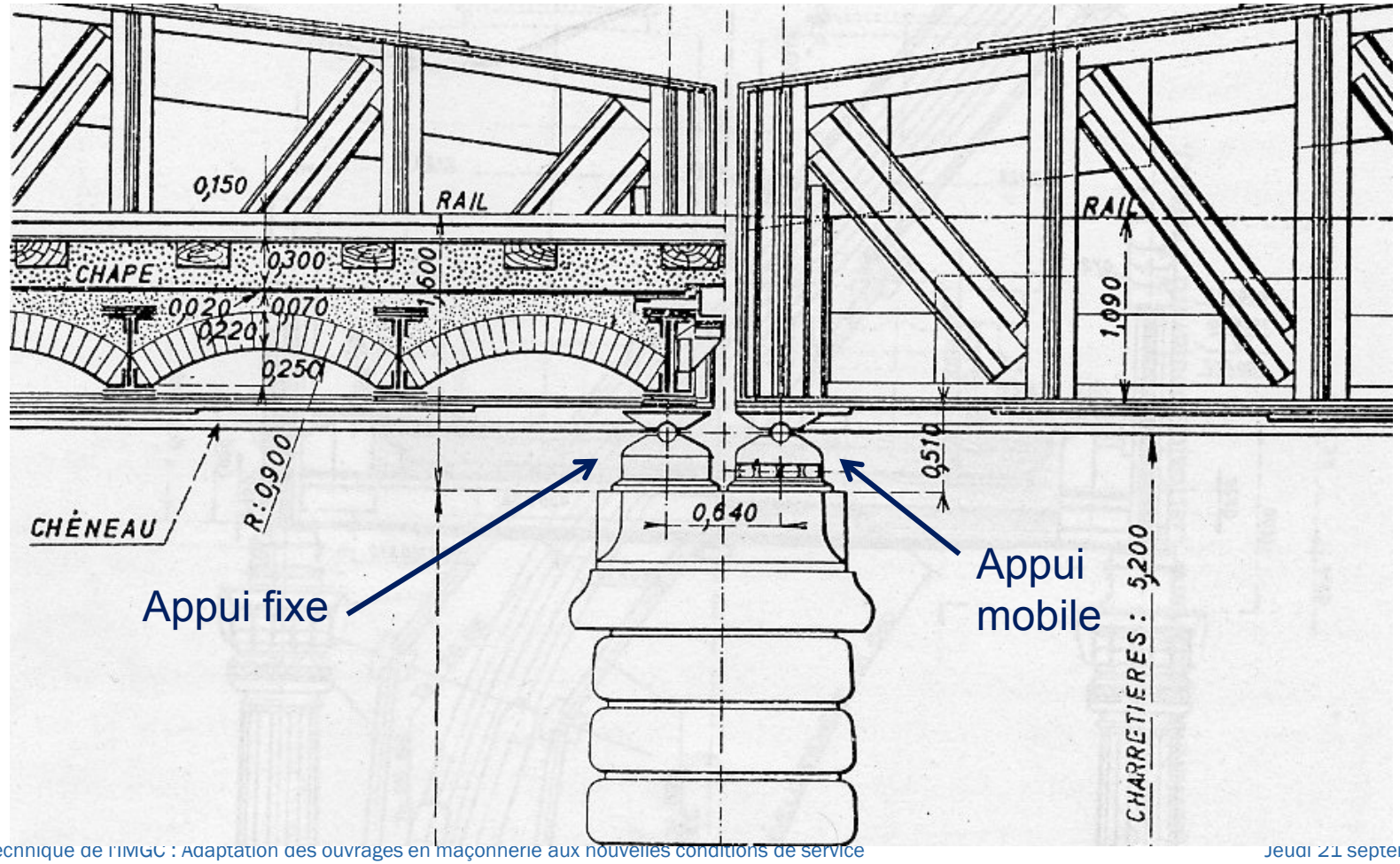
Appuis sur piles en maçonnerie et colonnes en fonte :





Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

- Des travées indépendantes
- Un appui fixe et un appui mobile pour permettre la dilatation du tablier



Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Causes :

- *Effort horizontal de frottement de l'appareil d'appui trop important,*
- *Sommier constitué de deux pierres indépendantes,*
- *Effet cumulatif d'ouverture de la fissure causé par la désagrégation du joint au mortier entre les deux pierres de sommier.*



Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)



Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

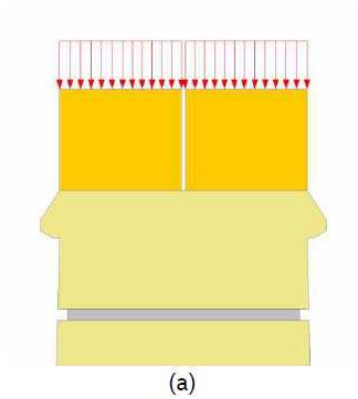




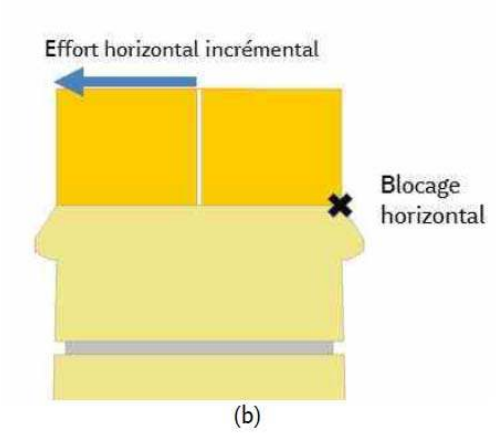
Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Analyse de la fissuration par calcul aux éléments finis :

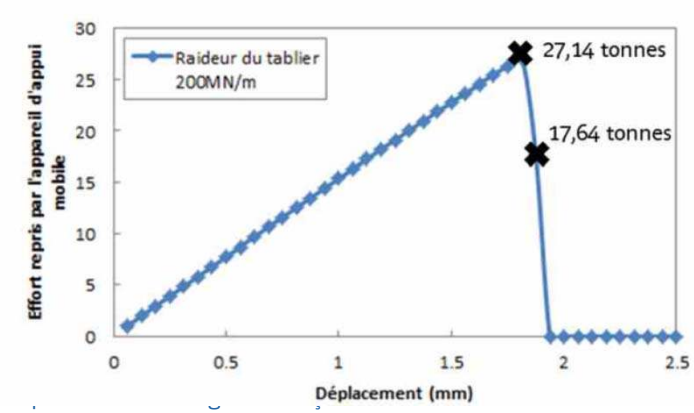
- *Loi d'endommagement pour la maçonnerie,*
- *Charge horizontale incrémentale.*

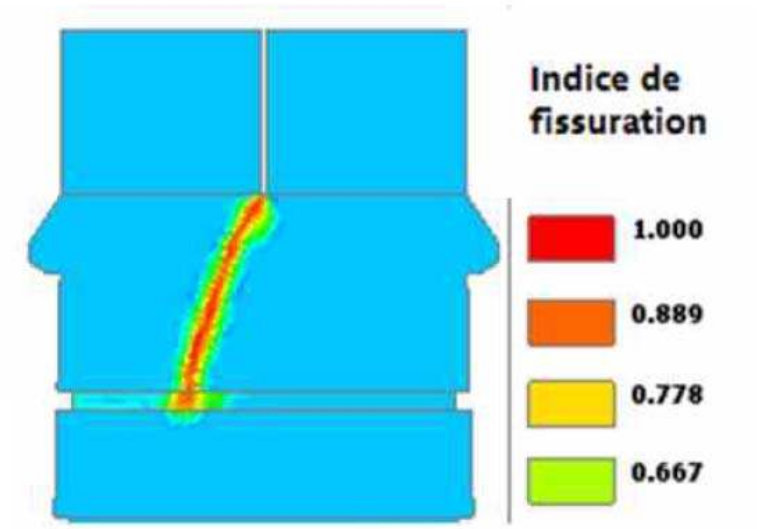


(a)



(b)

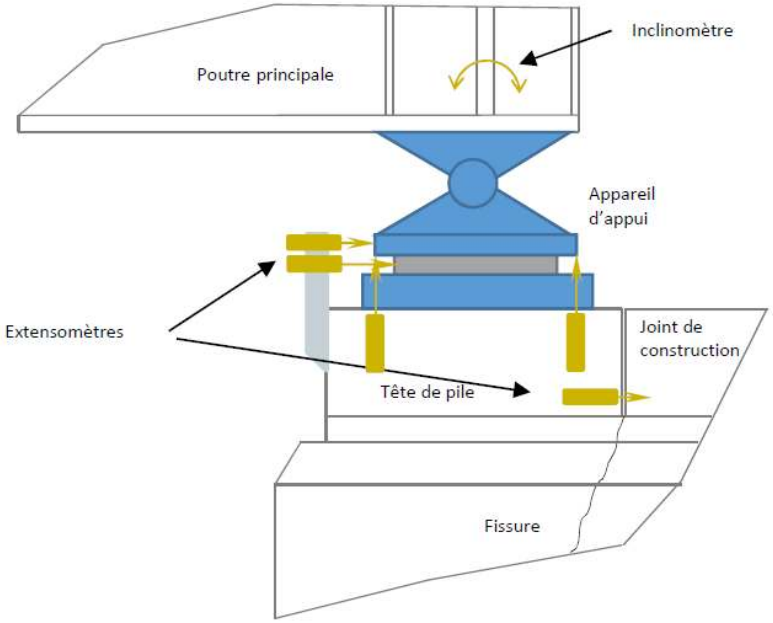


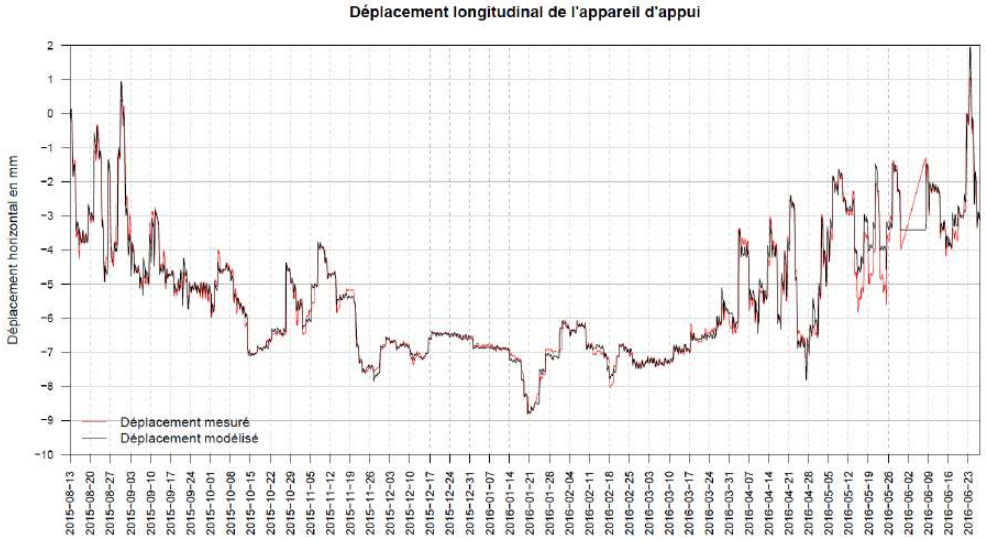


(a)

Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Instrumentation et analyse simplifiée:



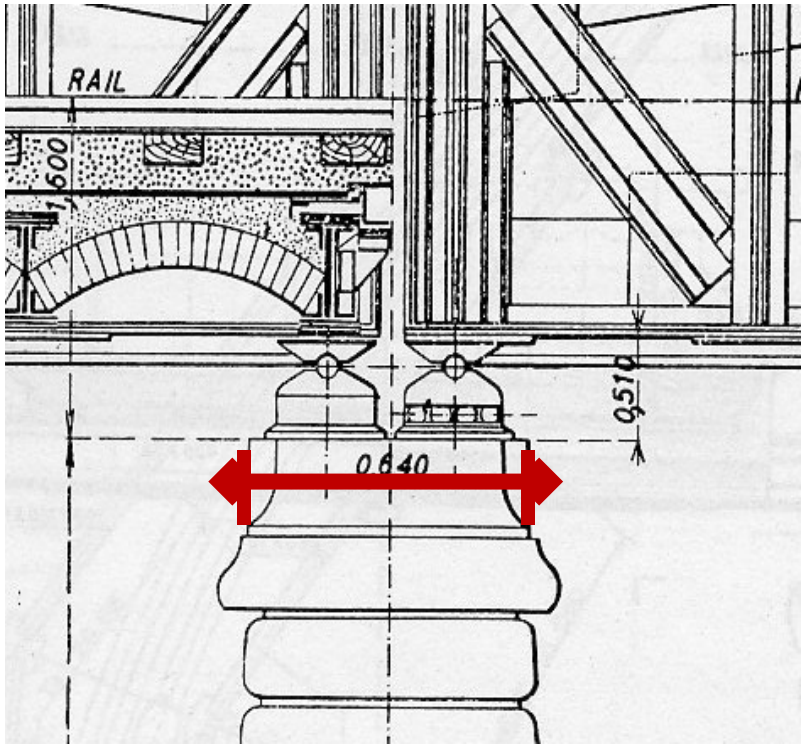


À partir du modèle de calcul développé par la RATP, certains paramètres ont pu être déterminés plus précisément. Ainsi a-t-on évalué le coefficient de frottement statique de l'appareil d'appui à **0,47** et le coefficient dynamique à 0,41, ce qui induit un effort horizontal de l'ordre de 32 tonnes dans la pile.

Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Principe de confortement par clouage :

- *Plaques métalliques épaisses serrées par des barres métalliques,*
- *Les barres métalliques sont mises en place dans des forages réalisés dans la pierre, puis scellés au coulis.*





Exemple de confortement existant

Fissuration pile en maçonnerie : Travaux de clouage







5

IMGC

Les piles en maçonnerie des viaducs : cas d'un ouvrage inscrit MH

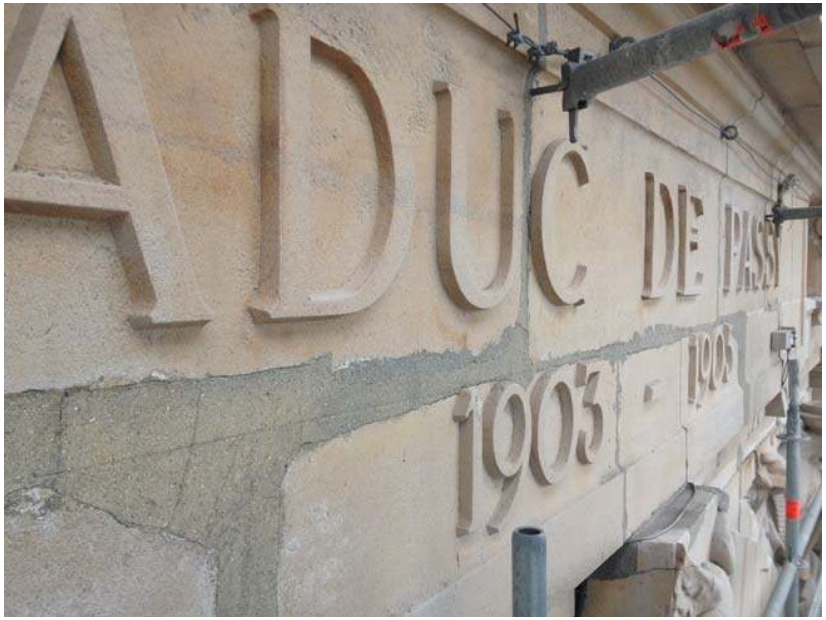
Arche ornementale – Viaduc de Passy



Arche ornementale – Viaduc de Passy



Arche ornementale – Viaduc de Passy







Arche ornementale – Viaduc de Passy







7



IMGC

Le cas des perrés en maçonnerie

Perré St Cloud– ligne Tramway T2



Perré St Cloud– ligne Tramway T2



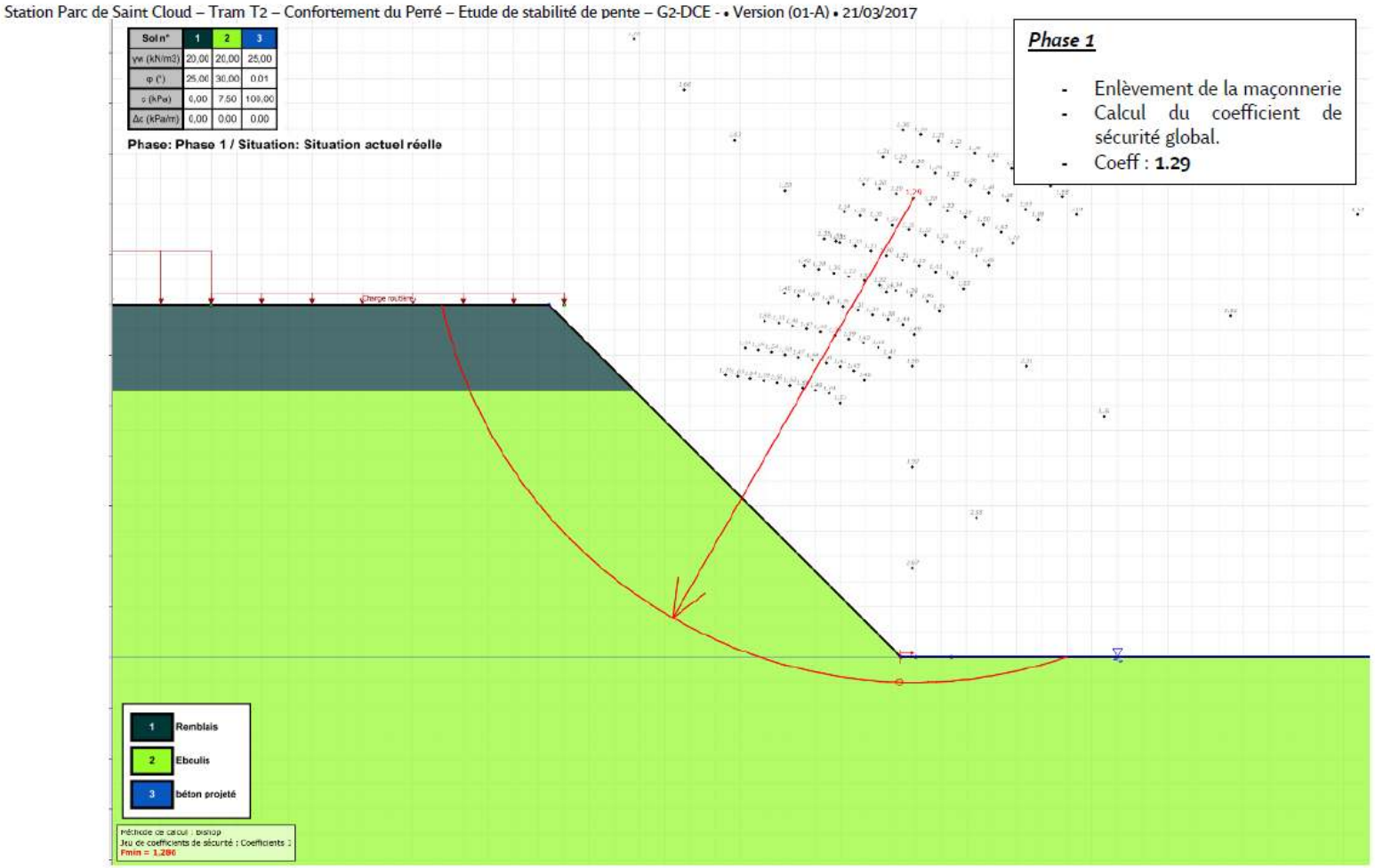








Perré St Cloud– ligne Tramway T2




IMGC
Merci