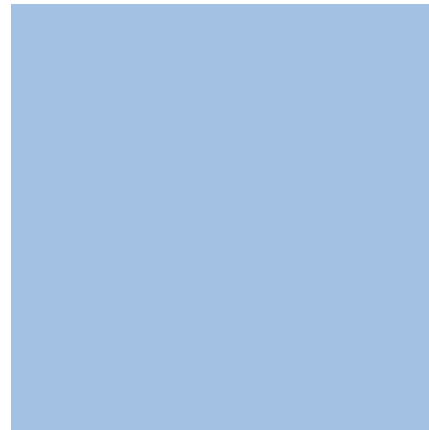
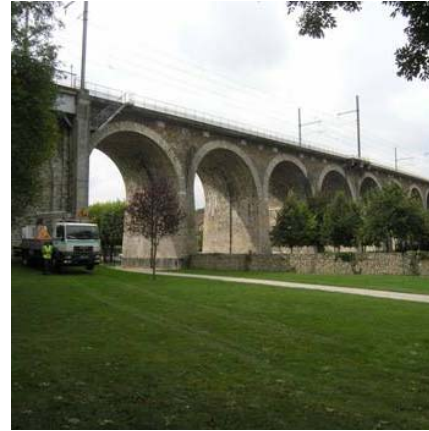
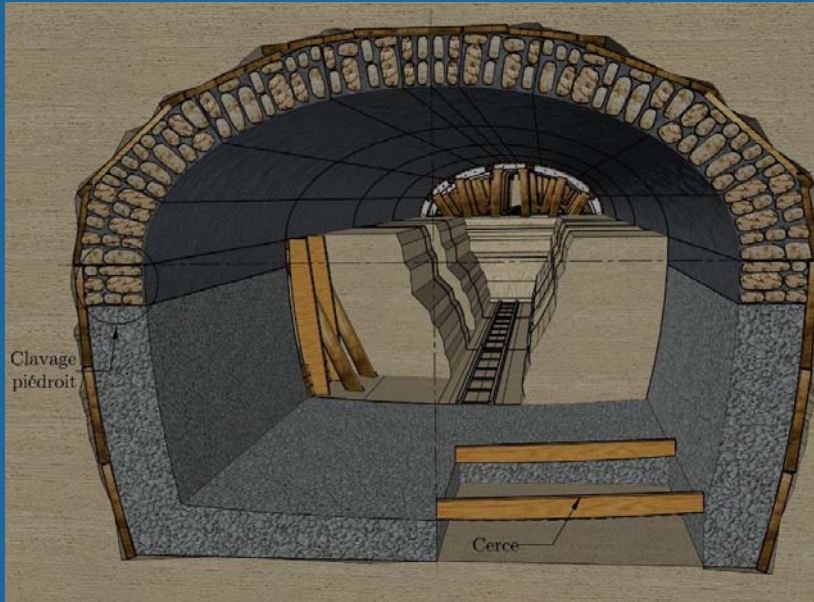




IMG C

ADAPTATION DES OUVRAGES EN MAÇONNERIE AUX NOUVELLES CONDITIONS DE SERVICE

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



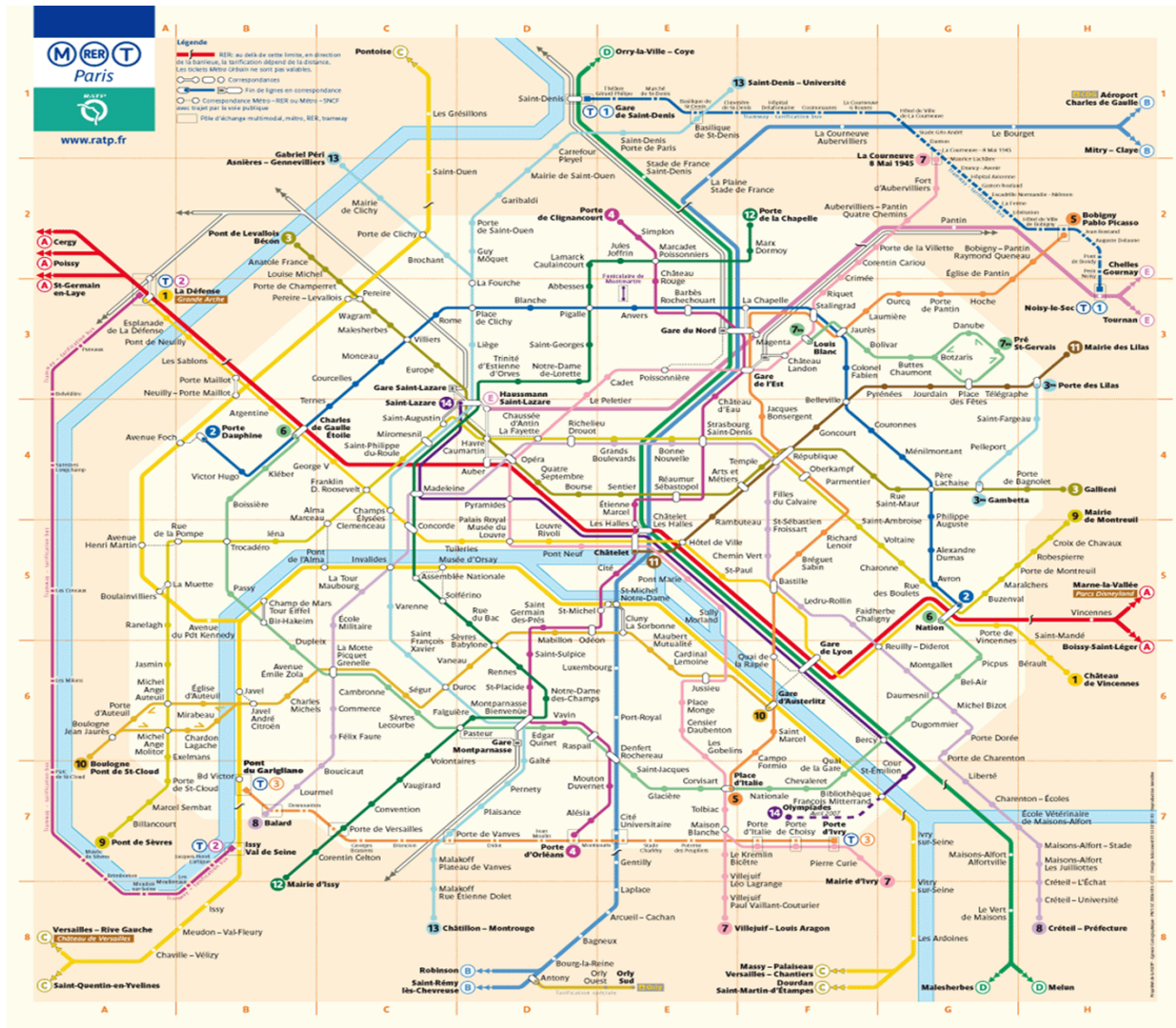
Patrimoine des ouvrages en maçonnerie RATP

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 :

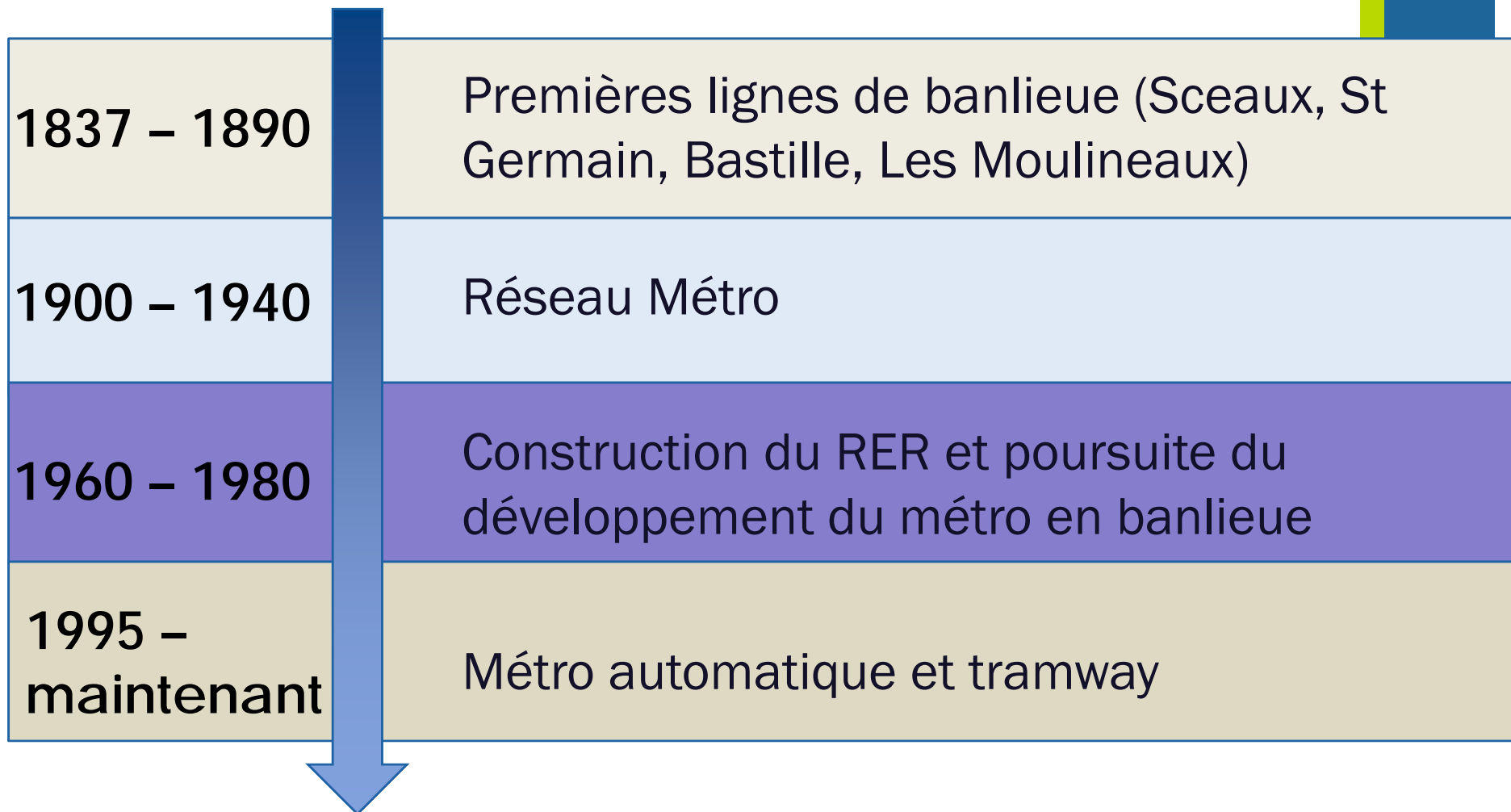
- Orlyval
- Funiculaire de Montmartre

Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

5

- **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

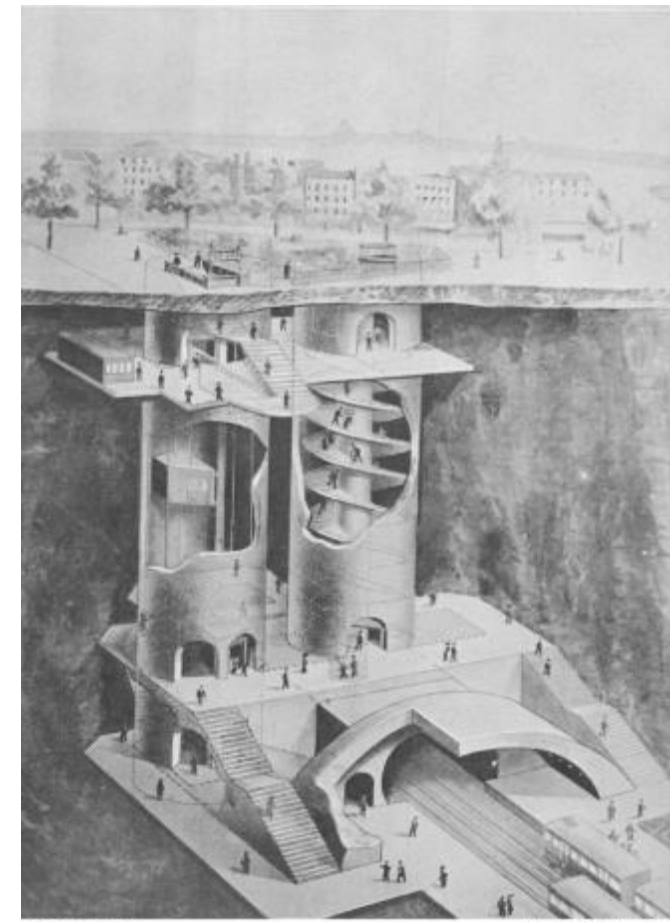
Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT



Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

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

⇒ environ 80 % en maçonnerie



© RATP - ND

14743 - 26/01/1948

Patrimoine des infrastructures ferroviaires RAPT

➤ 30 % de structures aériennes:

⇒ Ouvrages maçonnés



2

IMG C

Les tunnels en maçonnerie du
métro

Le premier risque



VENDREDI 16 JUIN

Dans la soirée :

Une partie de la voûte (16 mètres de largeur sur 8 mètres de hauteur environ) s'effondre sur les voies.

20 h 50 :

Le train 28-41 (Paris-Laon) s'engage dans le tunnel et percute plus de 700 tonnes de gravats.

LAON ←

LONGUEUR DU TUNNEL : 1,4 km

→ **PARIS**

VENDREDI 16 JUIN

20 h 52 :

770 tonnes de pierraille

L'autorail 78-44 en provenance de Laon s'engage à son tour dans le tunnel. Un face-à-face violent a lieu.

SAMEDI 17 JUIN

DIMANCHE 18 JUIN

MERCREDI 21 JUIN

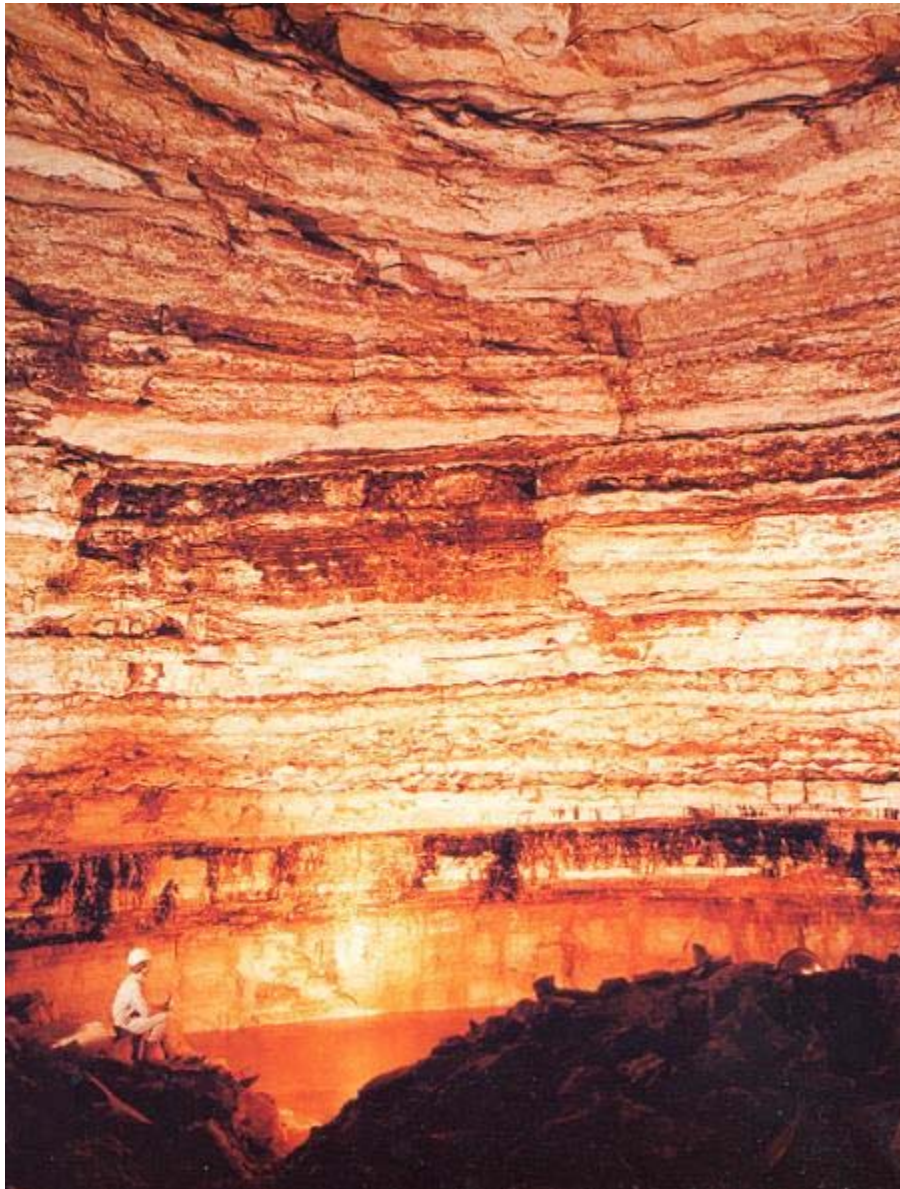
Le travail de sauvetage est très difficile en raison de la crainte de nouveaux effondrements, de l'exiguïté de l'espace et de l'impossibilité d'utiliser des chalumeaux.

13 heures : Les deux derniers survivants sont secourus. L'un est par la suite décédé de ses blessures.

Le corps de l'un des conducteurs décédé peut être enfin retiré de la carcasse.

Le deuxième risque

11

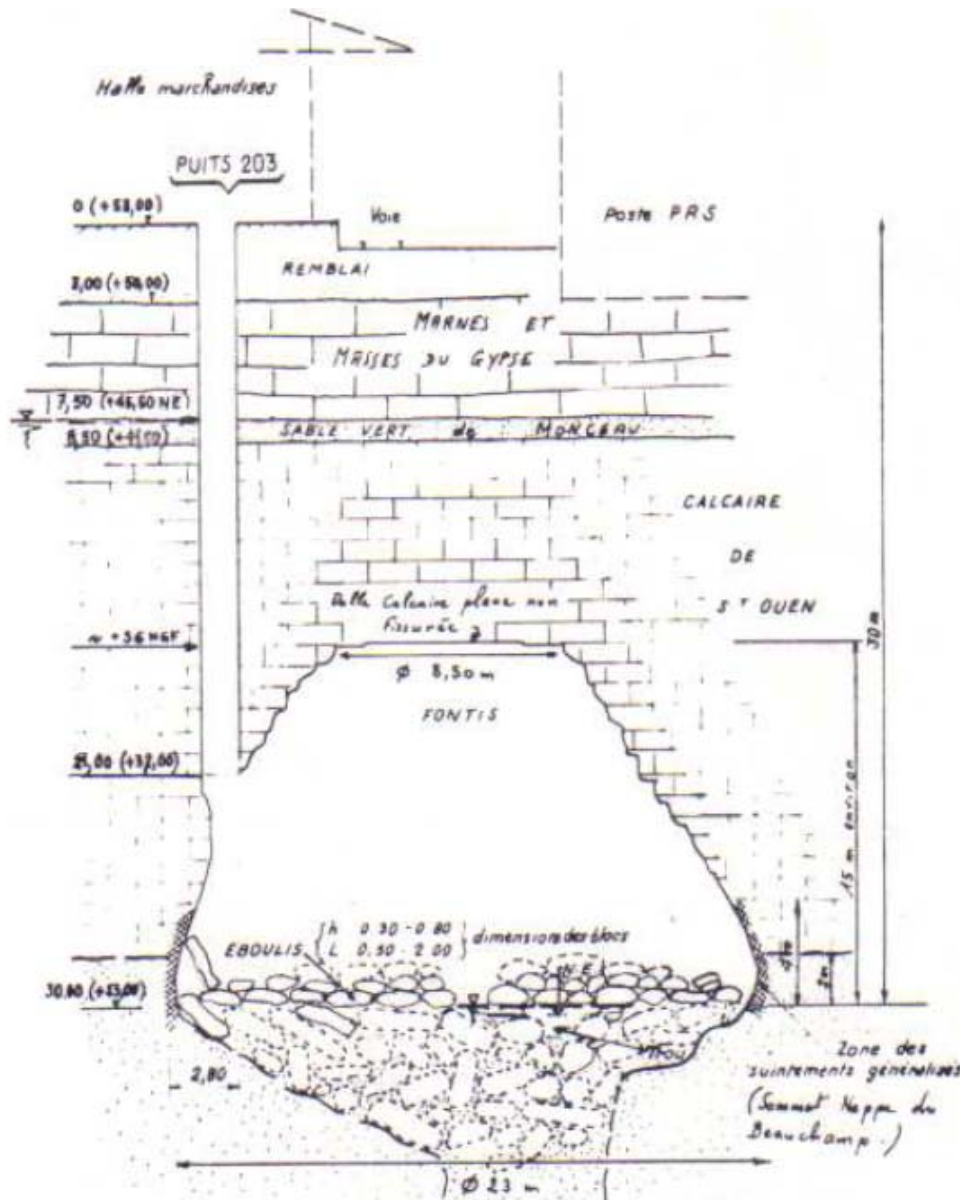


**Risque lié aux dissolutions
de gypse**

**Cavité sous la Gare du
Nord**
(découverte en 1975)

Le deuxième risque

12



Risque lié aux dissolutions de gypse

Cavité sous la Gare du Nord

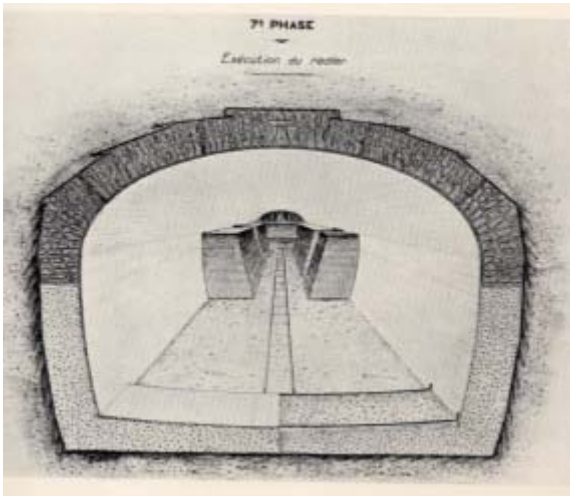
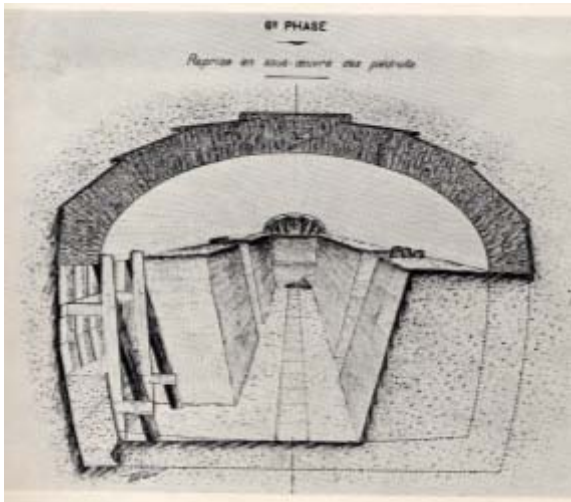
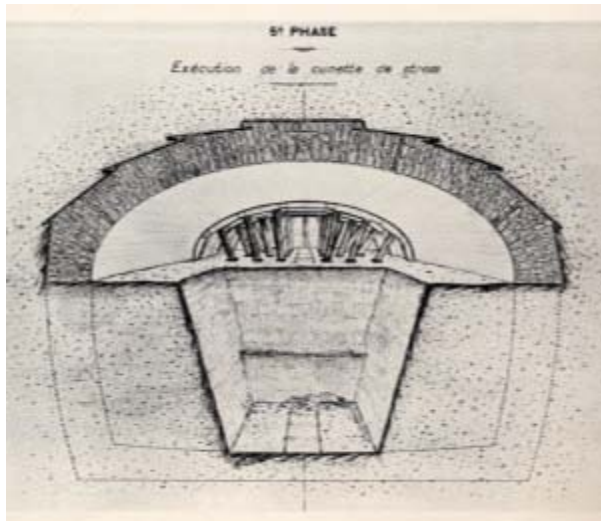
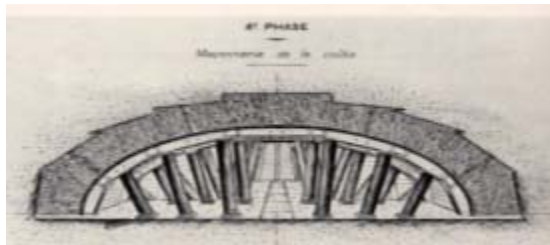
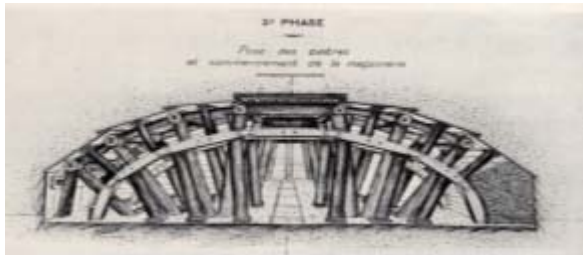
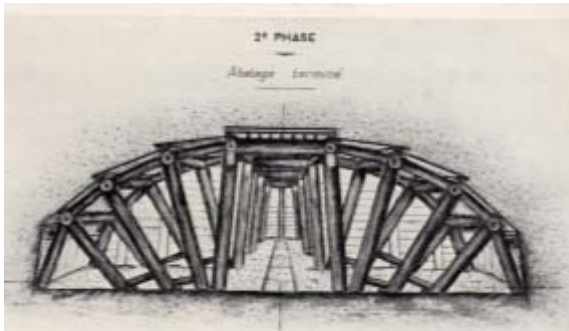
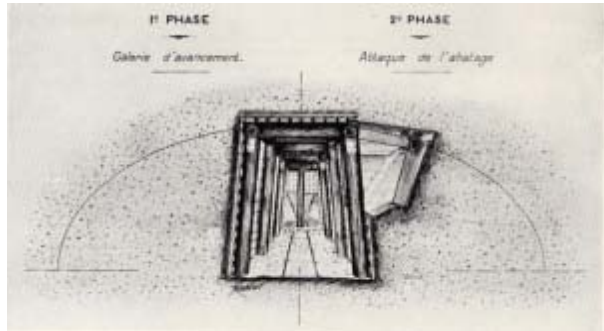
7200 m³

Hauteur : 15 m

Largeur : 23 m

13 m sous la voie

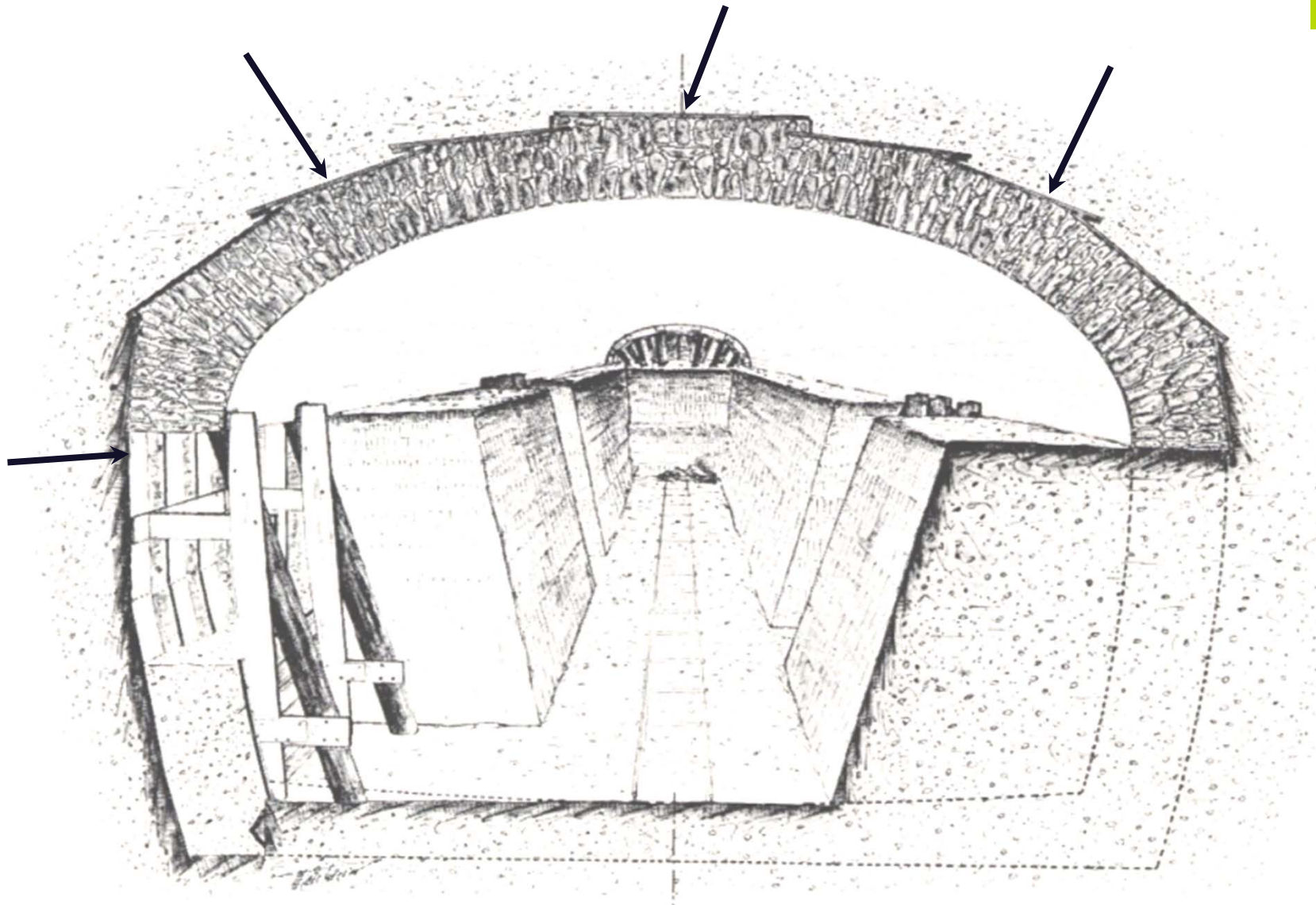
Méthode de construction



Méthode Franco-Belge

Méthode de construction

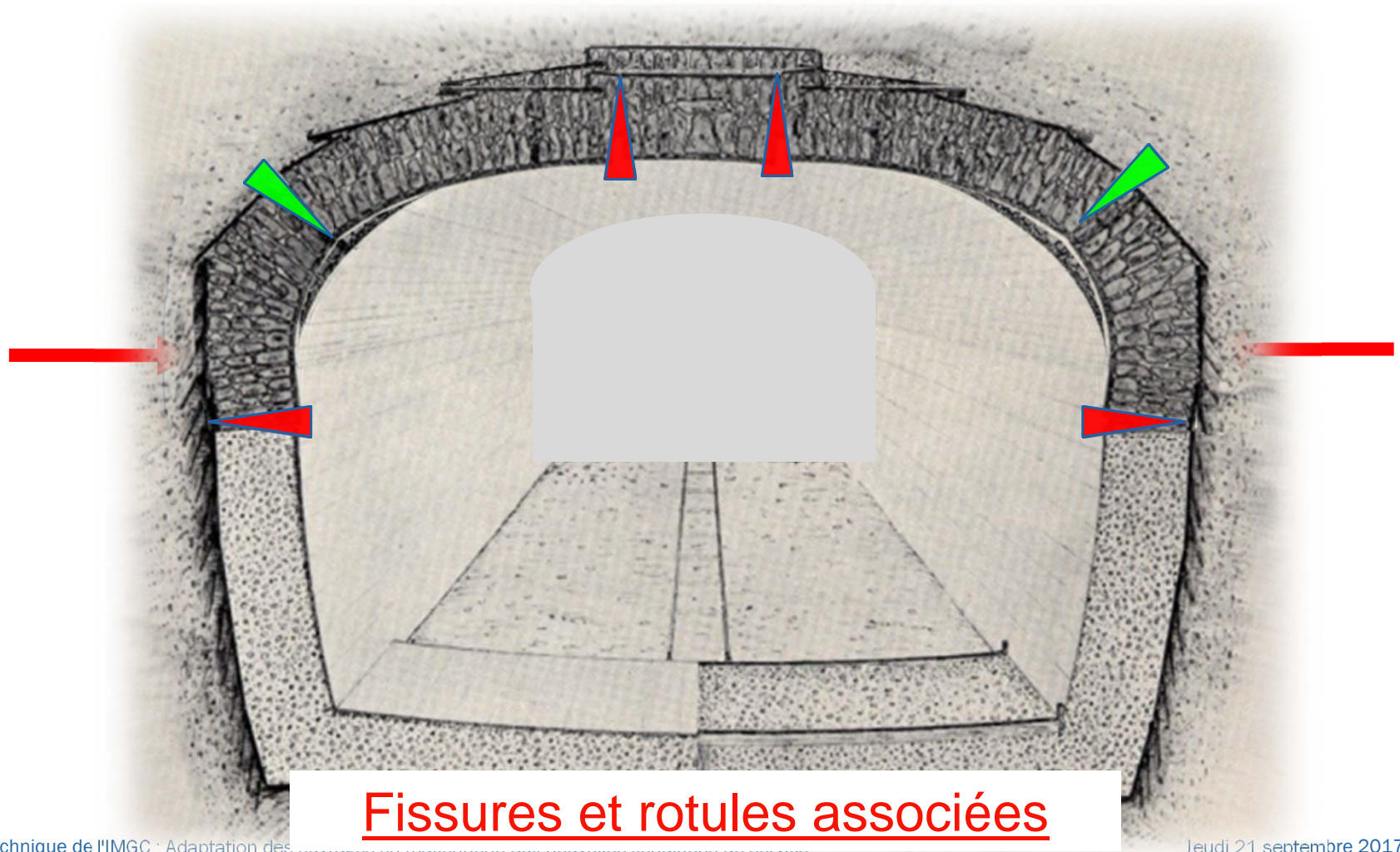
Le vieillissement du blindage bois



Déformation des tunnels maçonnés

Désordres dus à un manque de butée

Pas de stabilité sans butée

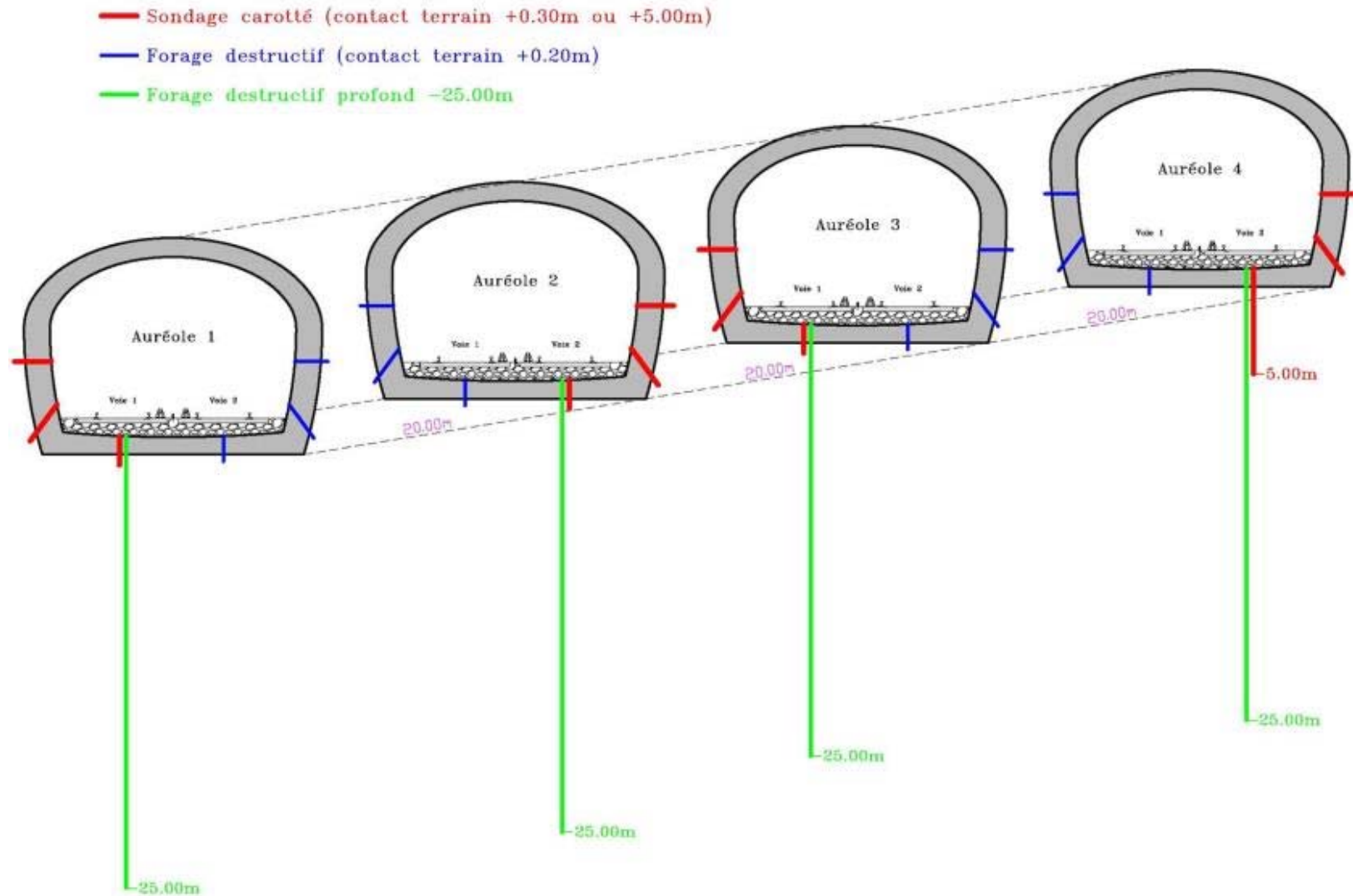


Méthode de construction



Contrôle spécifique des tunnels en maçonnerie

Reconnaissance des maçonneries – train OA 11



Contrôle spécifique des tunnels en maçonnerie

18

Reconnaissance des maçonneries - train OA 11

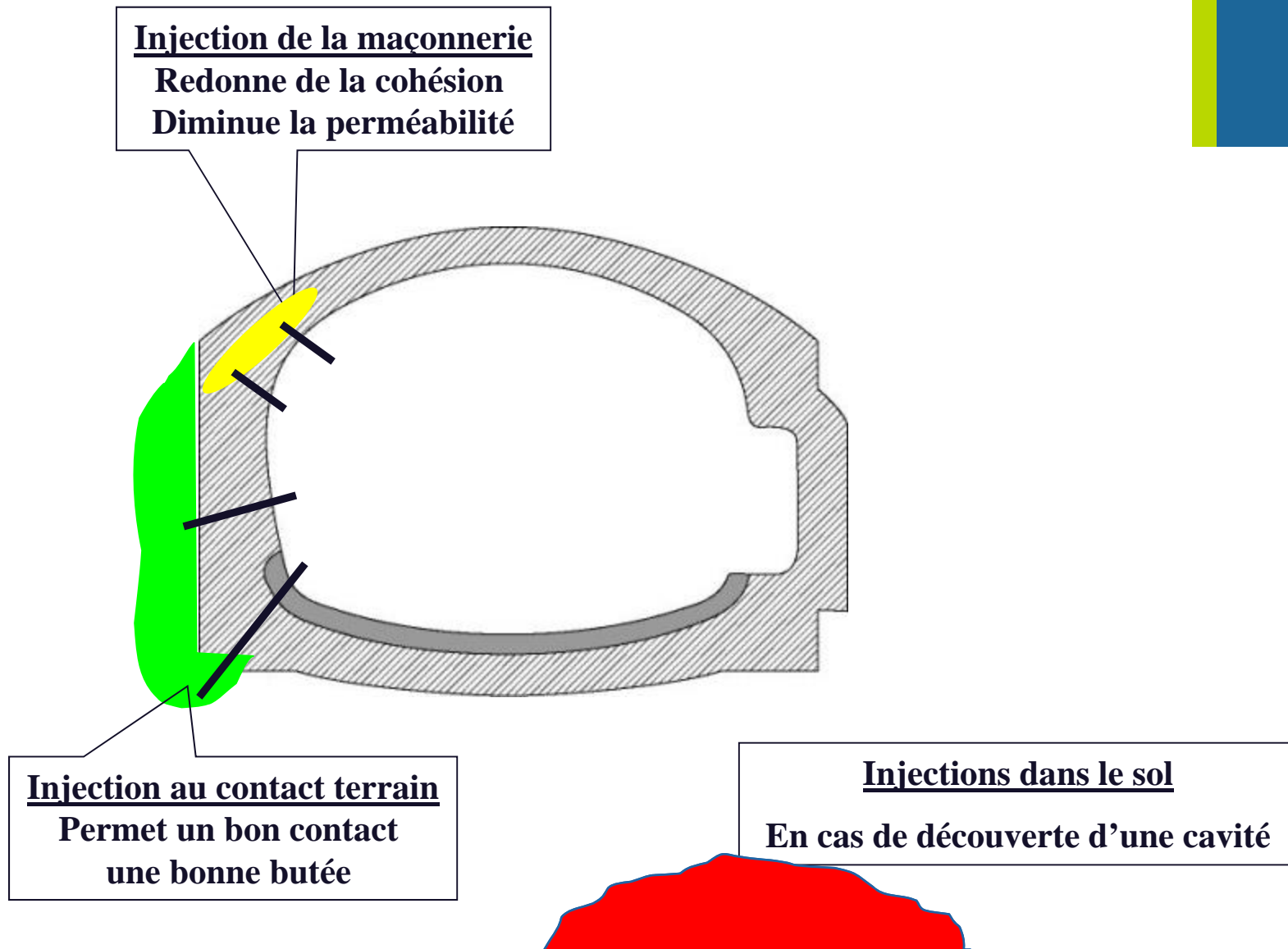


Forage dans la
maçonnerie

Carotte de
forage



Travaux d'injection des maçonneries



Travaux d'injection des maçonneries

20

Injections en station voutée



Injections dans un couloir

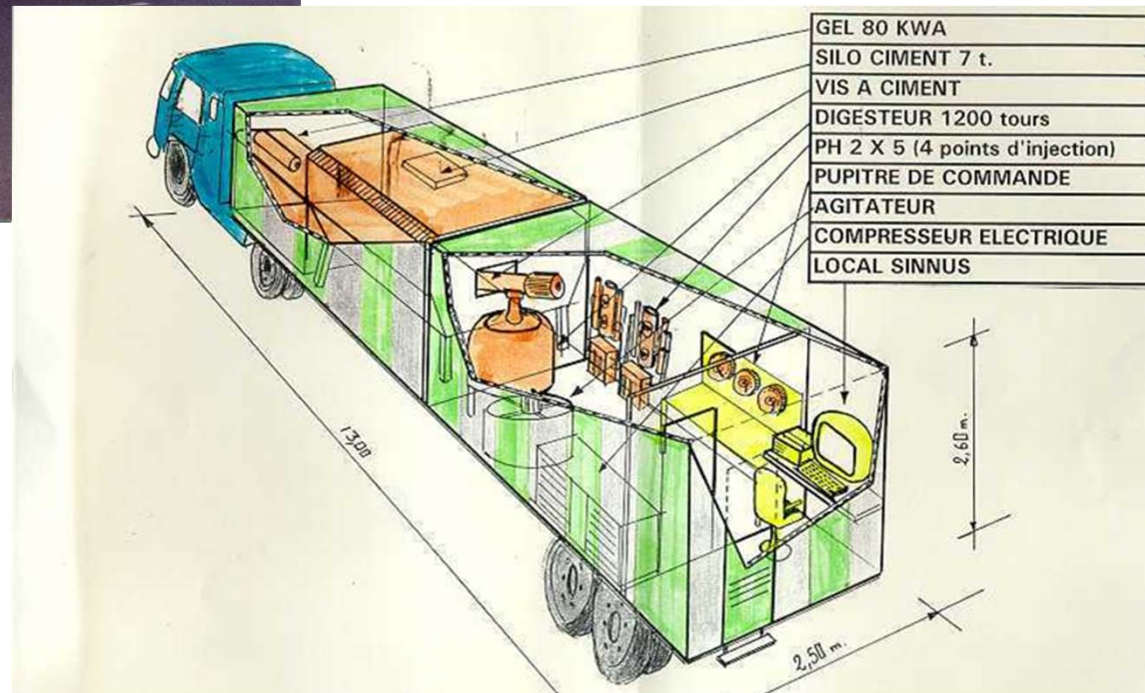
Journée technique de l'IMGC : Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service

Jeudi 21 septembre 2017

Travaux d'injection des maçonneries



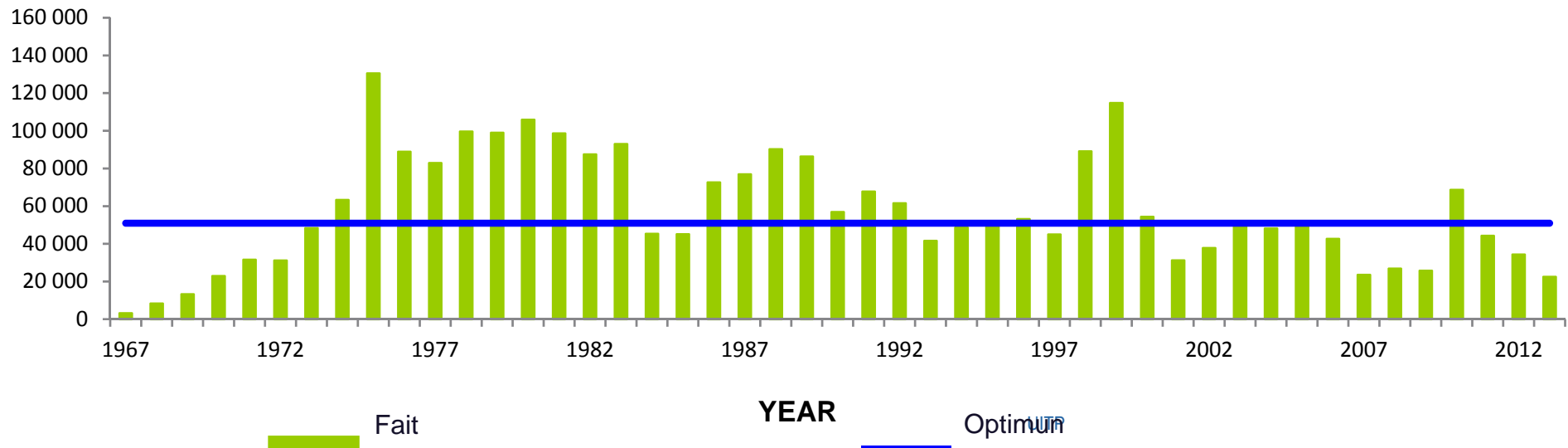
Poste d'injection mobile



Travaux d'injection des maçonneries

Historique des travaux réalisés

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



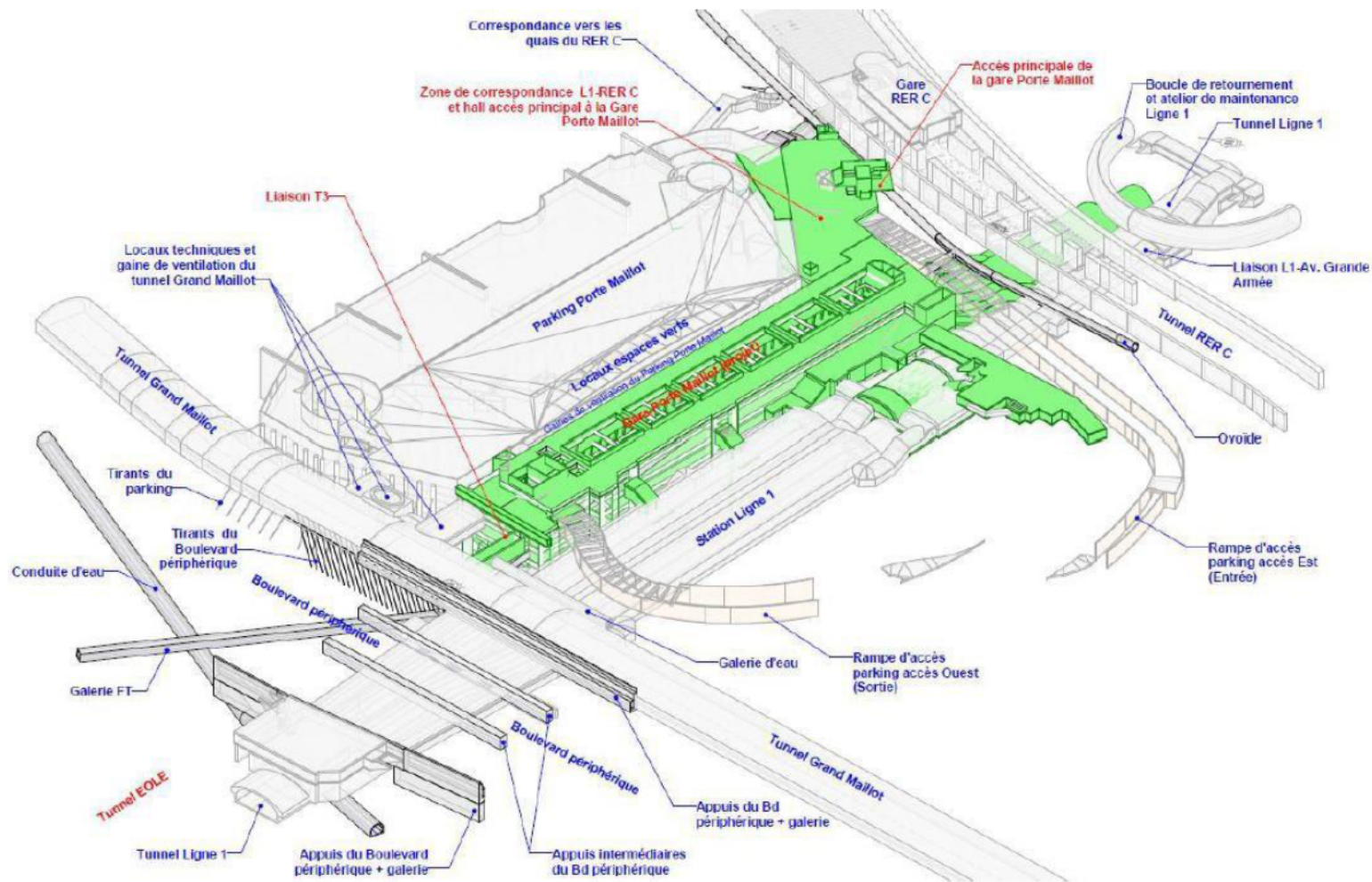
3

IMG C

Les travaux à proximité des tunnels

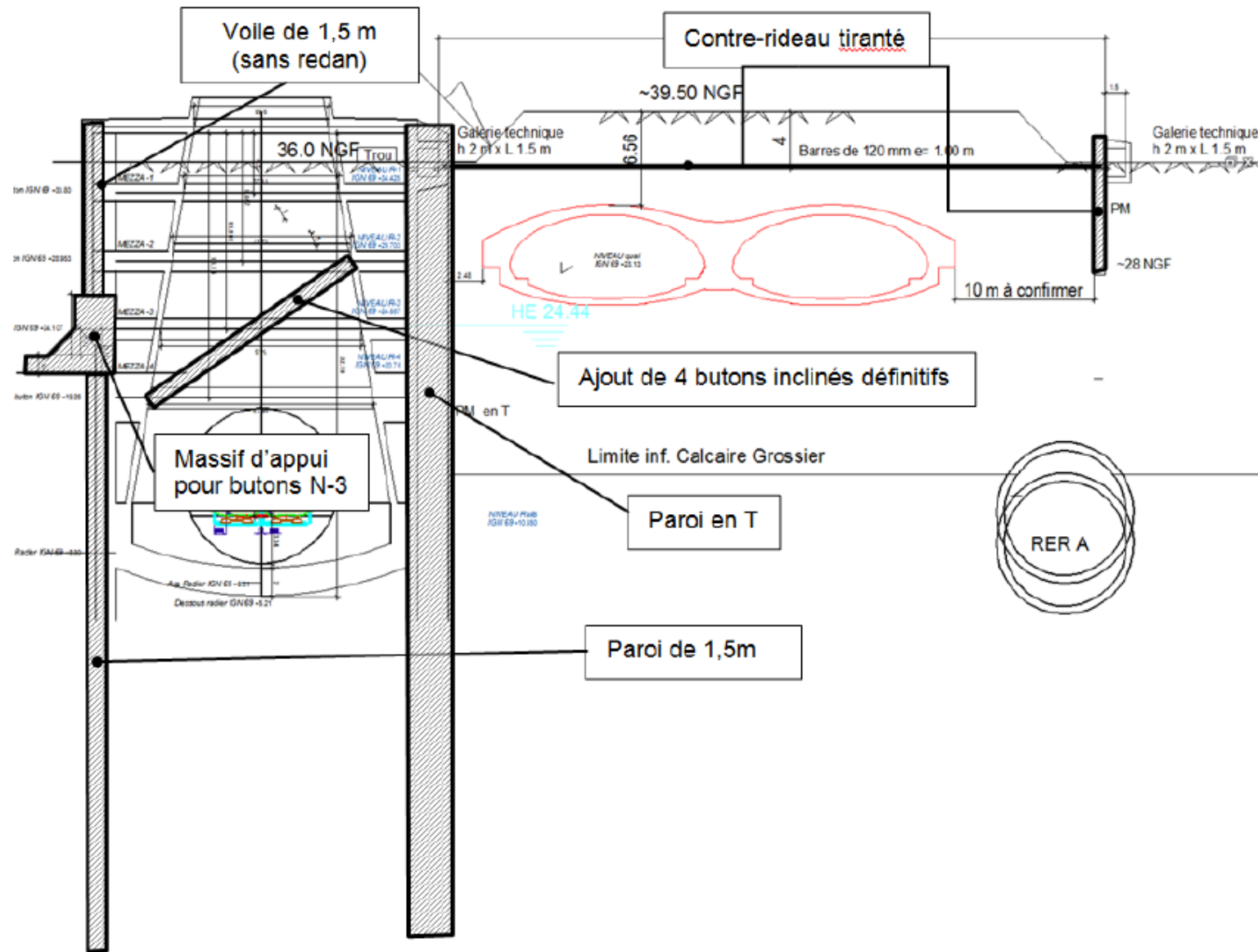
Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

Le plan de la situation de la Gare Porte Maillot :

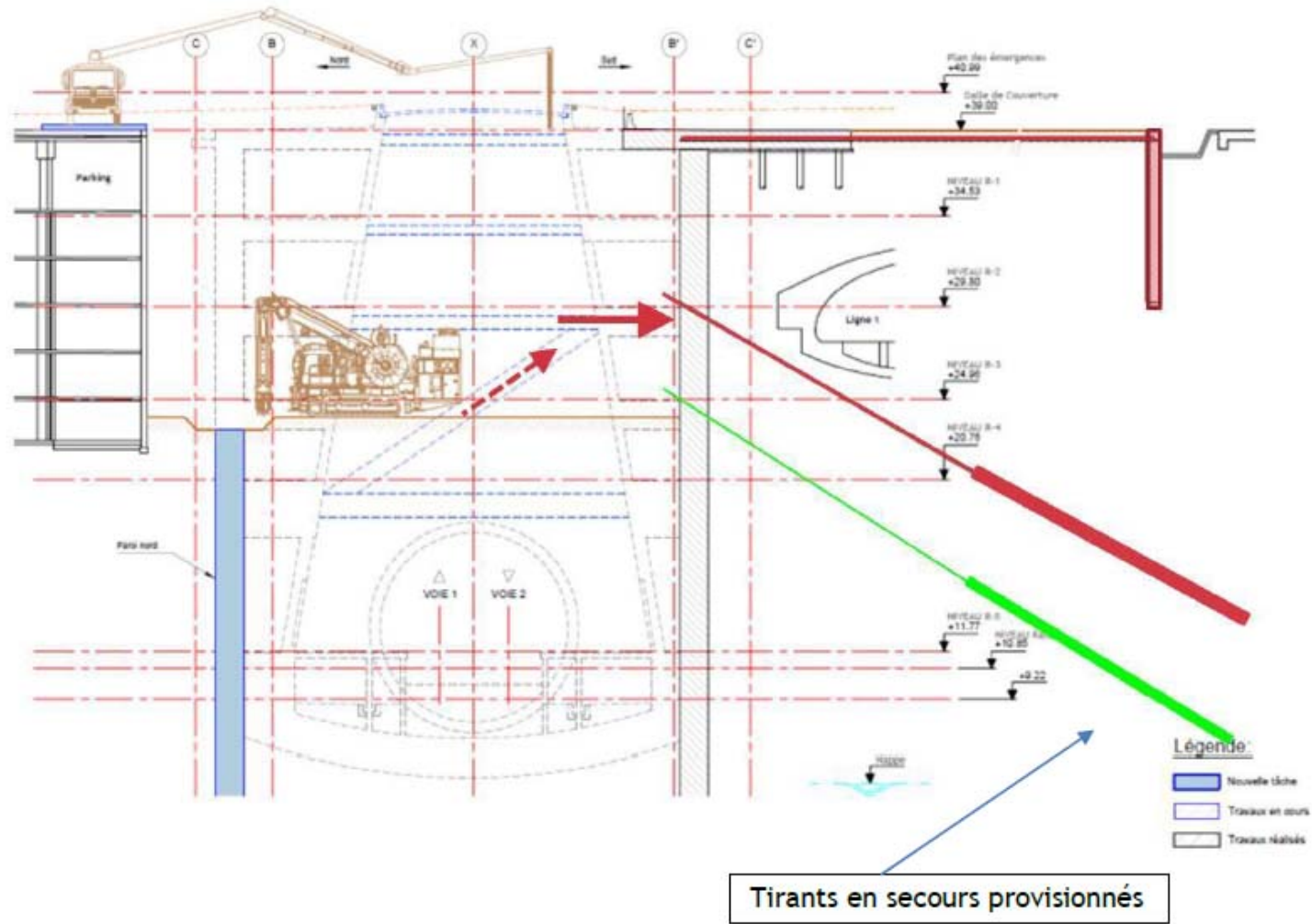


Plan de situation de la Gare Porte Maillot

Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

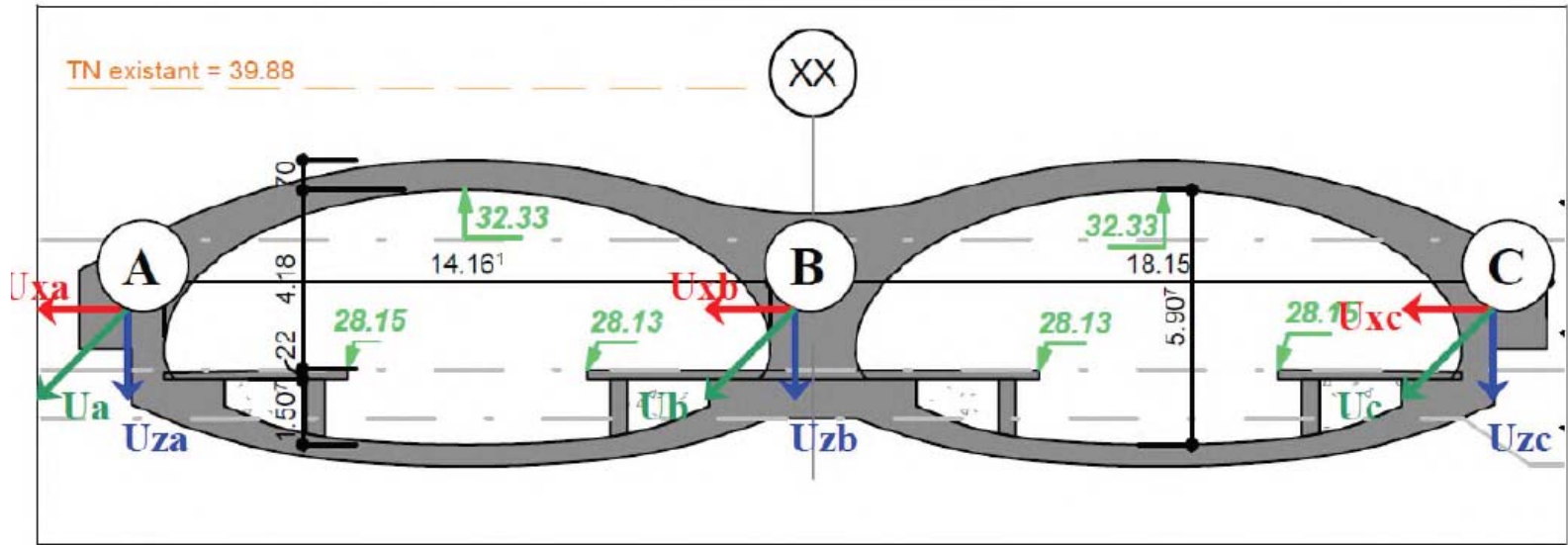
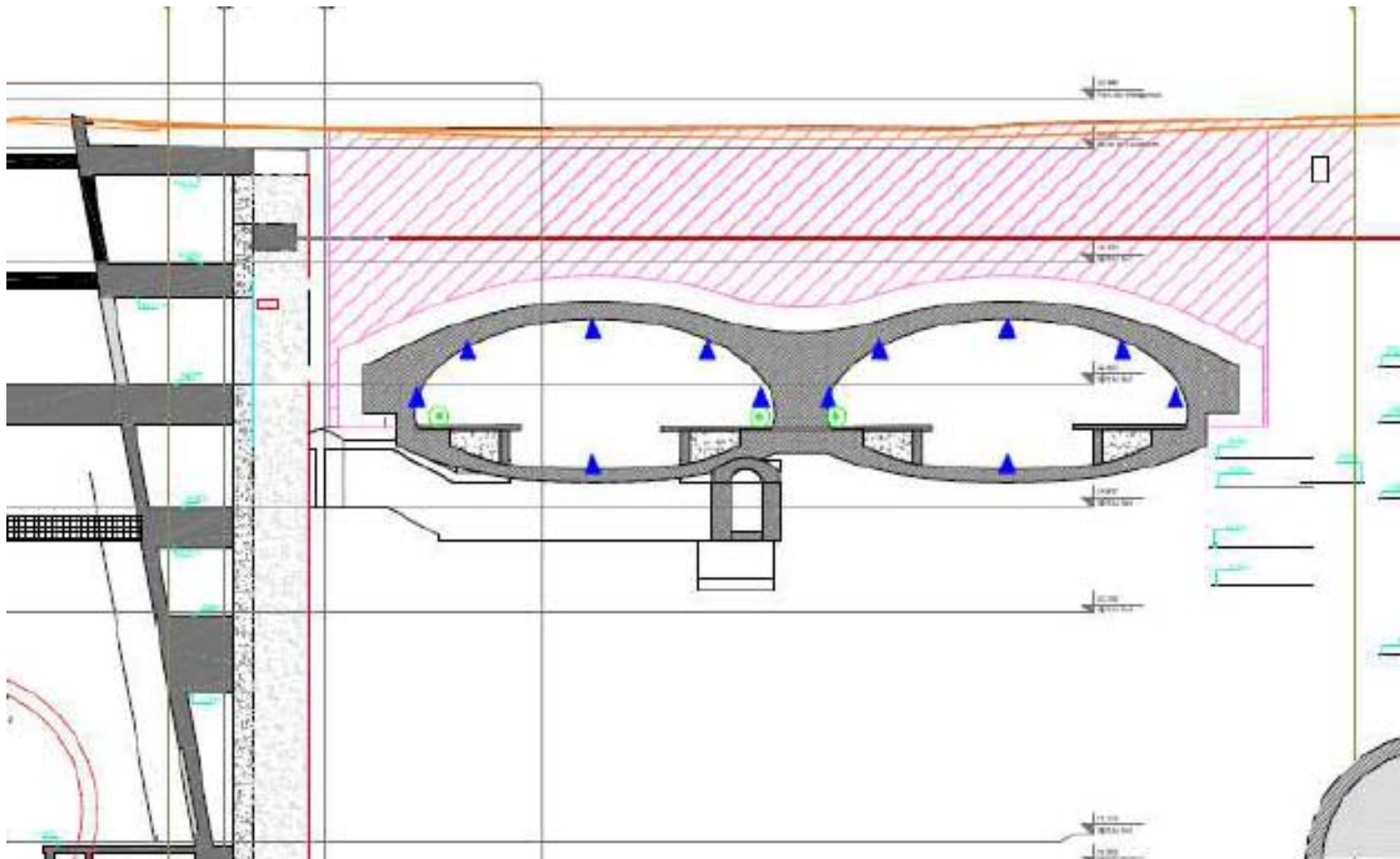


Figure 2 : Vecteurs déplacement pour une station double voûte (GPM)

Secteur GPM - station double voûte			
Déplacement	ARRÊT EXPLOITATION	ARRÊT DE CHANTIER	VIGILANCE
U_a, U_b, U_c <i>déplacement total</i>	20 mm	15 mm	12 mm
U_{za}, U_{zb}, U_{zc} <i>déplacement vertical</i>	16 mm	12 mm	10 mm
U_{xa}, U_{xb}, U_{xc} <i>déplacement horizontal</i>	16 mm	12 mm	10 mm
$ U_{za}-U_{zb} , U_{zb}-U_{zc} $ <i>différentiel vertical</i>	0,6‰	0,5‰	0,4‰
$ U_{xa}-U_{xb} , U_{xb}-U_{xc} $ <i>différentiel horizontal</i>	0,6‰	0,5‰	0,4‰

Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

28



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

4

IMG C

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 :

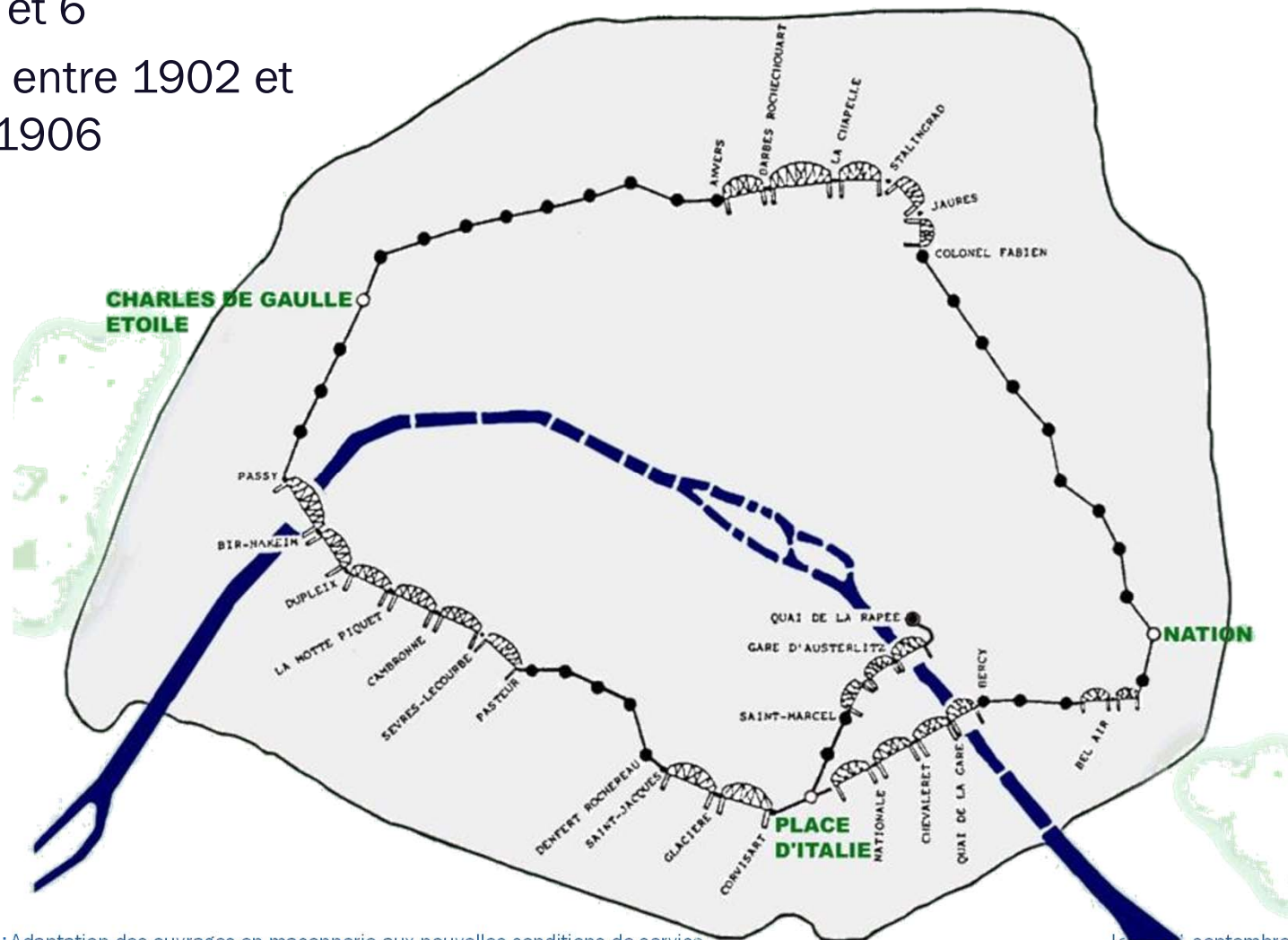


Renfort mis en place le 23/08
matin :



Description des viaducs du métro

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



Description des viaducs du métro

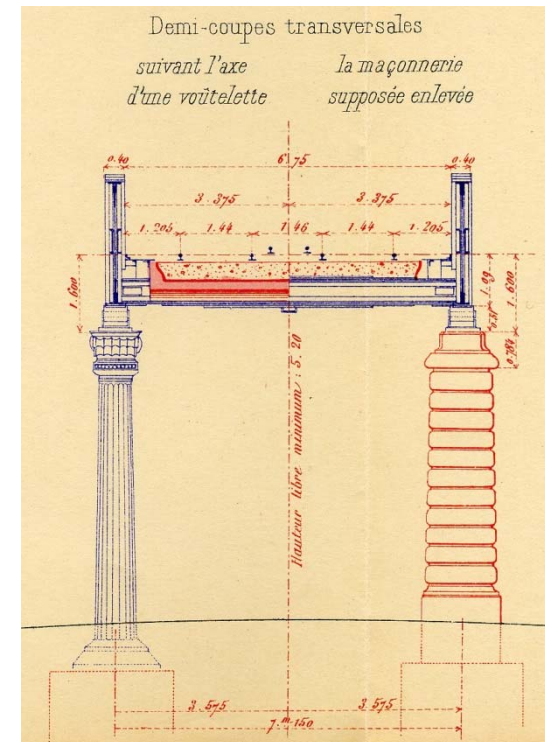
Longueur des viaducs métalliques :

- 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 :

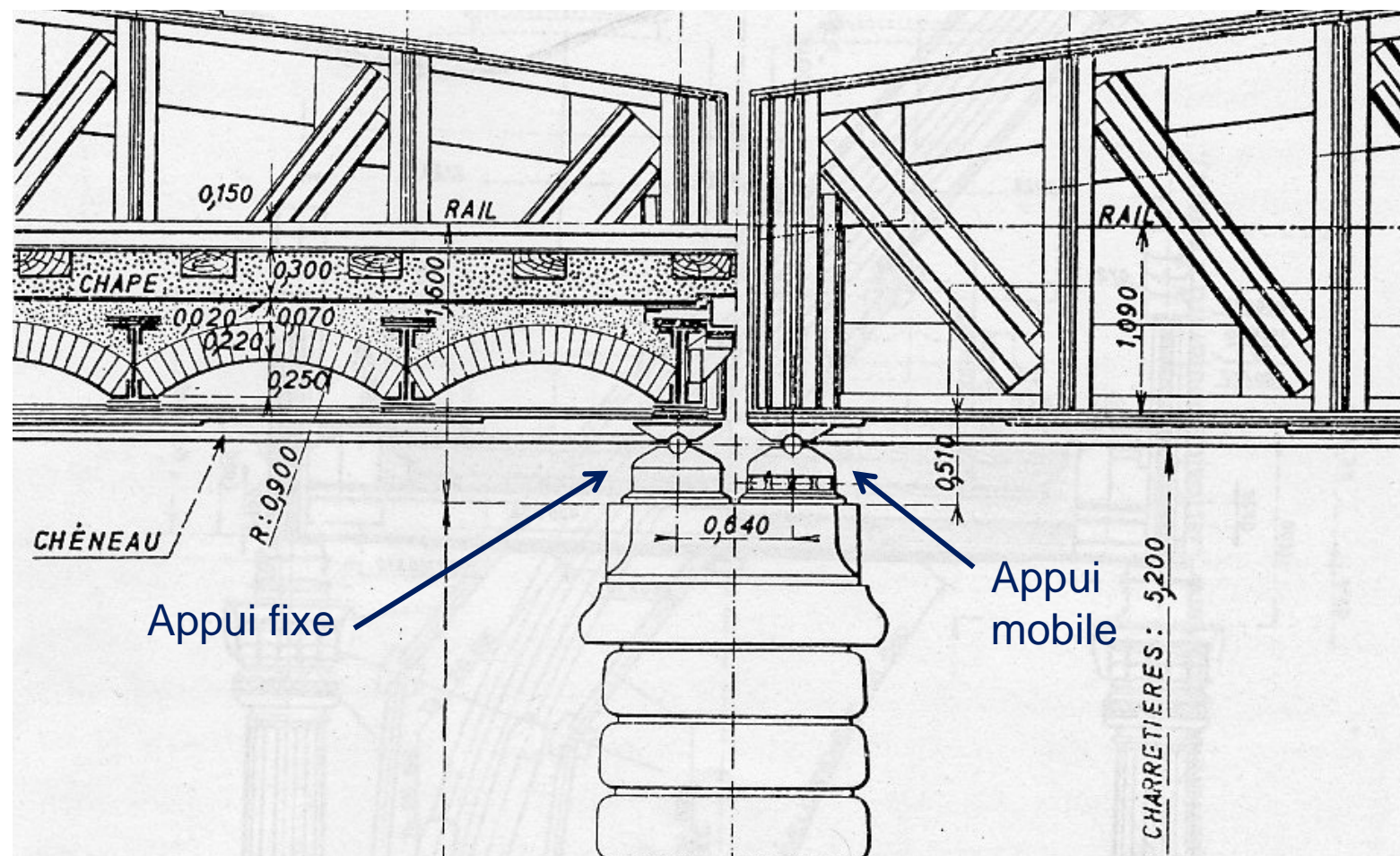


Journée technique de l'IMGC : Adaptation des ouvrages en maçonnerie aux nouvelles conditions de service



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)

34

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)

35



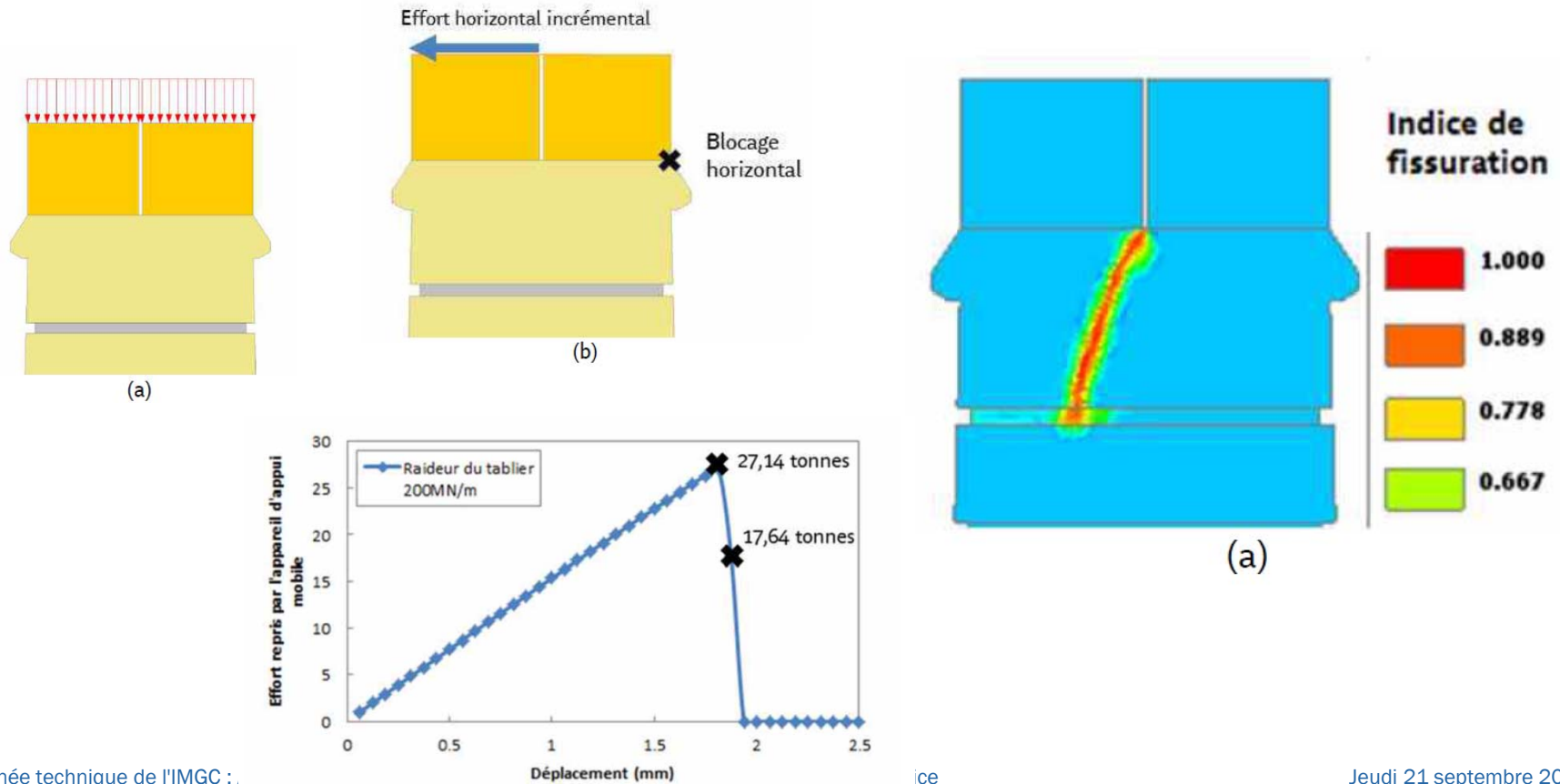
Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)



Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

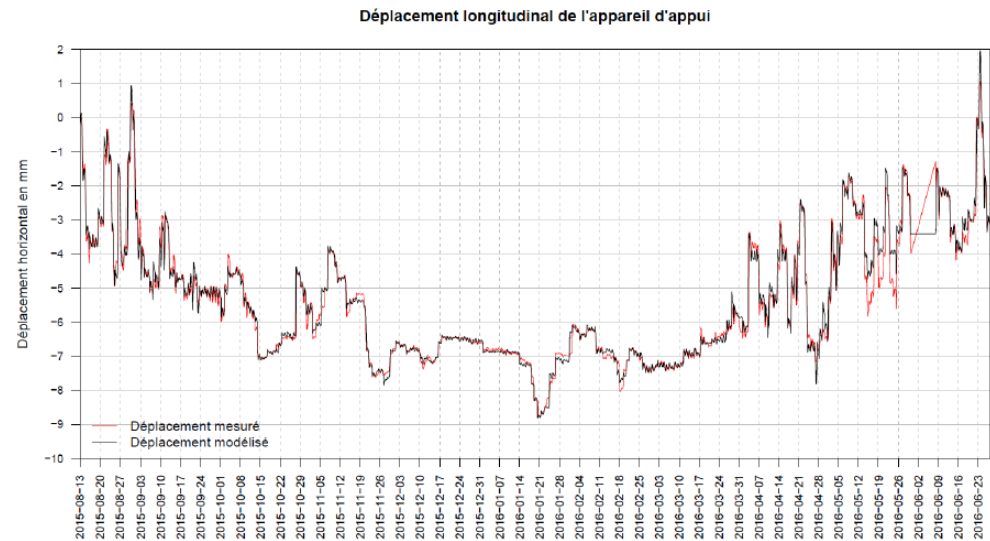
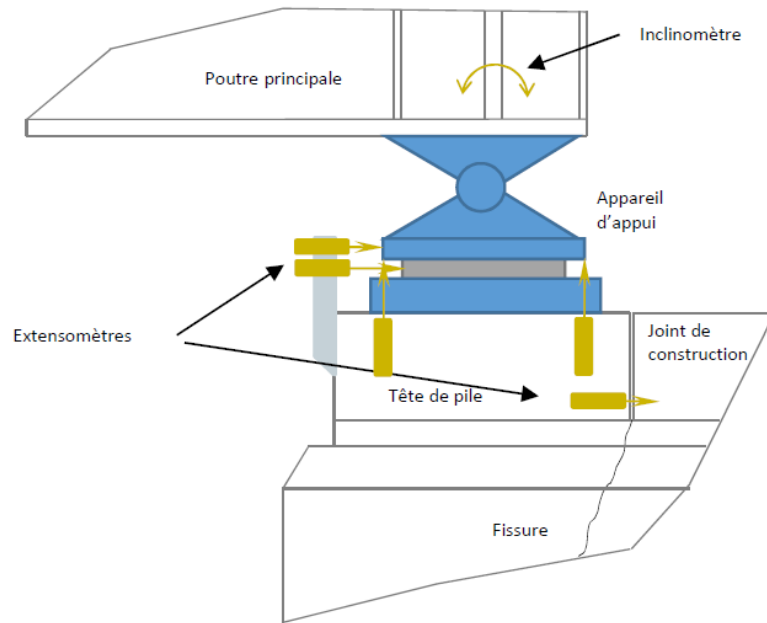
Analyse de la fissuration par calcul aux éléments finis :

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



Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Instrumentation et analyse simplifiée:



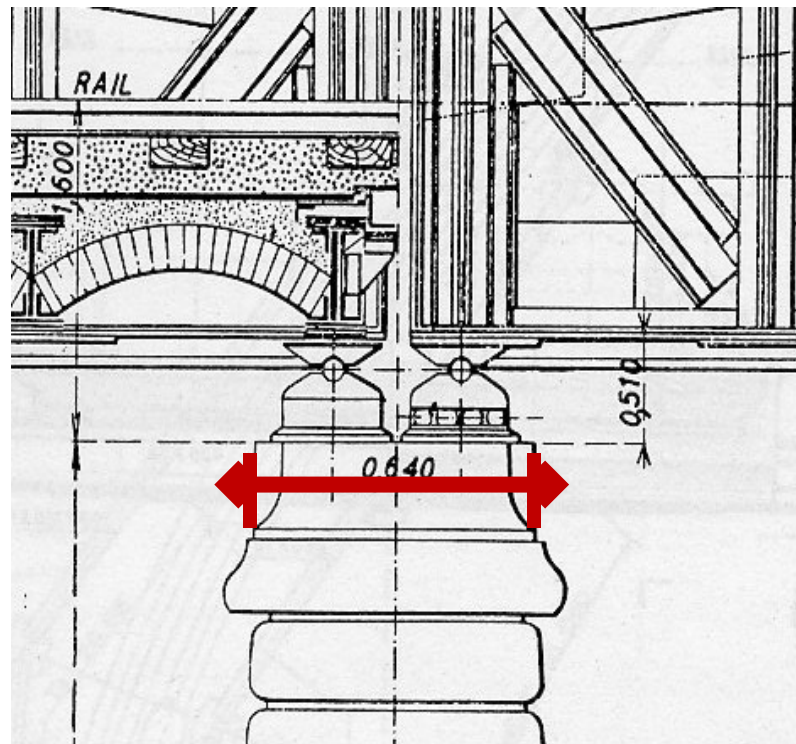
À partir du modèle de calcul développé par la RATP, certains paramètres ont pu être déterminés plus précisément. Ainsi a-t-on évalué le coefficient de frottement statique de l'appareil d'appui à **0,47** et le coefficient dynamique à 0,41, ce qui induit un effort horizontal de l'ordre de 32 tonnes dans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

Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

39

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

IMG C

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

Arche ornementale – Viaduc de Passy

42

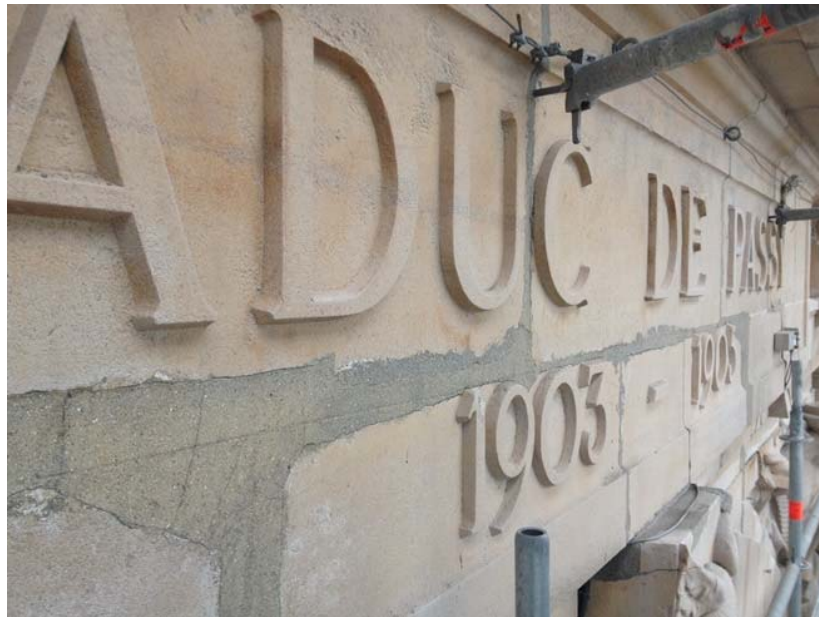


Arche ornementale – Viaduc de Passy

43



Arche ornamentale – Viaduc de Passy



Arche ornamentale – Viaduc de Passy



7

IMG C

Le cas des perrés en
maçonnerie



Perré St Cloud– ligne Tramway T2

47

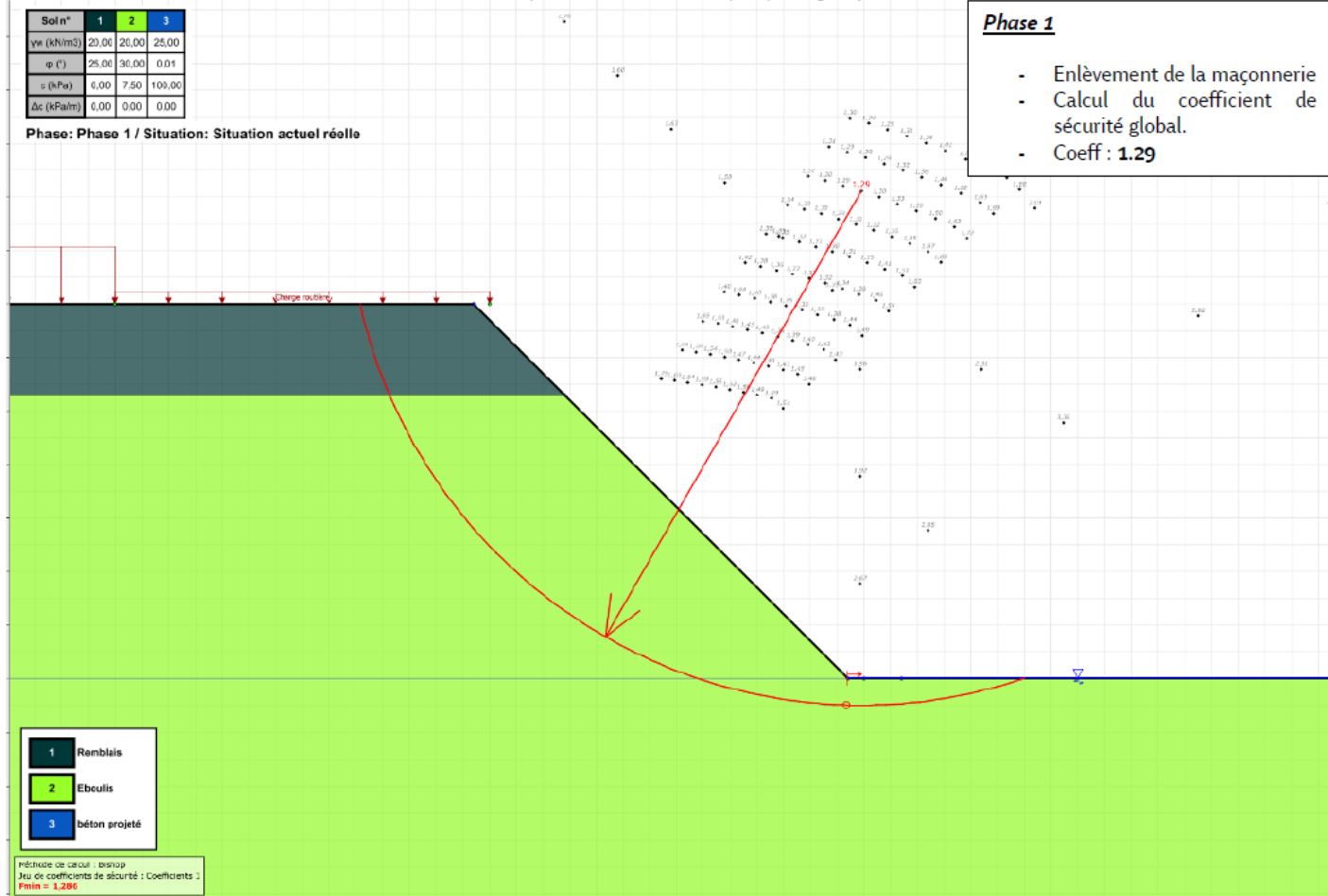


Perré St Cloud– ligne Tramway T2



Perré St Cloud – ligne Tramway T2

Station Parc de Saint Cloud – Tram T2 – Confortement du Perré – Etude de stabilité de pente – G2-DCE - • Version (01-A) • 21/03/2017





IMG C

Merci

