

IMGC

L'INSTRUMENTATION AU SERVICE DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Journée Technique

MARDI 13 JUIN 2023

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS



La position du Maître d'ouvrage : quelle prestation pour quel risque ?

Jean-François DOUROUX
RATP Infrastructures

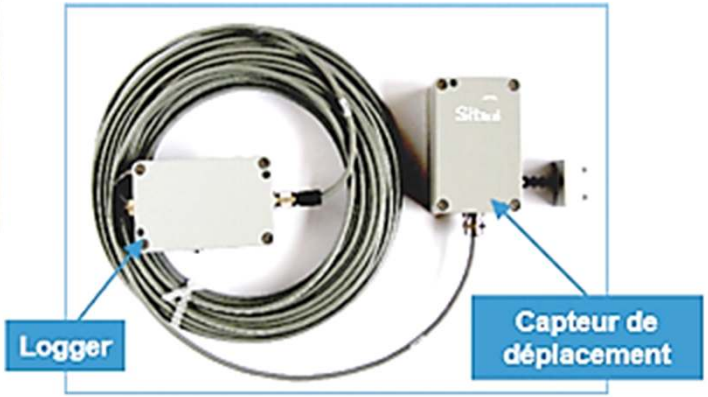
Sommaire

- Une meilleur compréhension d'un ouvrage
  - *Suivre une évolution*
  - *Déterminer le niveau réel de sollicitation d'une partie d'ouvrage*
  - *Préparer des travaux*

- La haute surveillance: pourquoi, comment ?
  - *se prémunir d'un risque identifié à survenance potentiellement rapide*

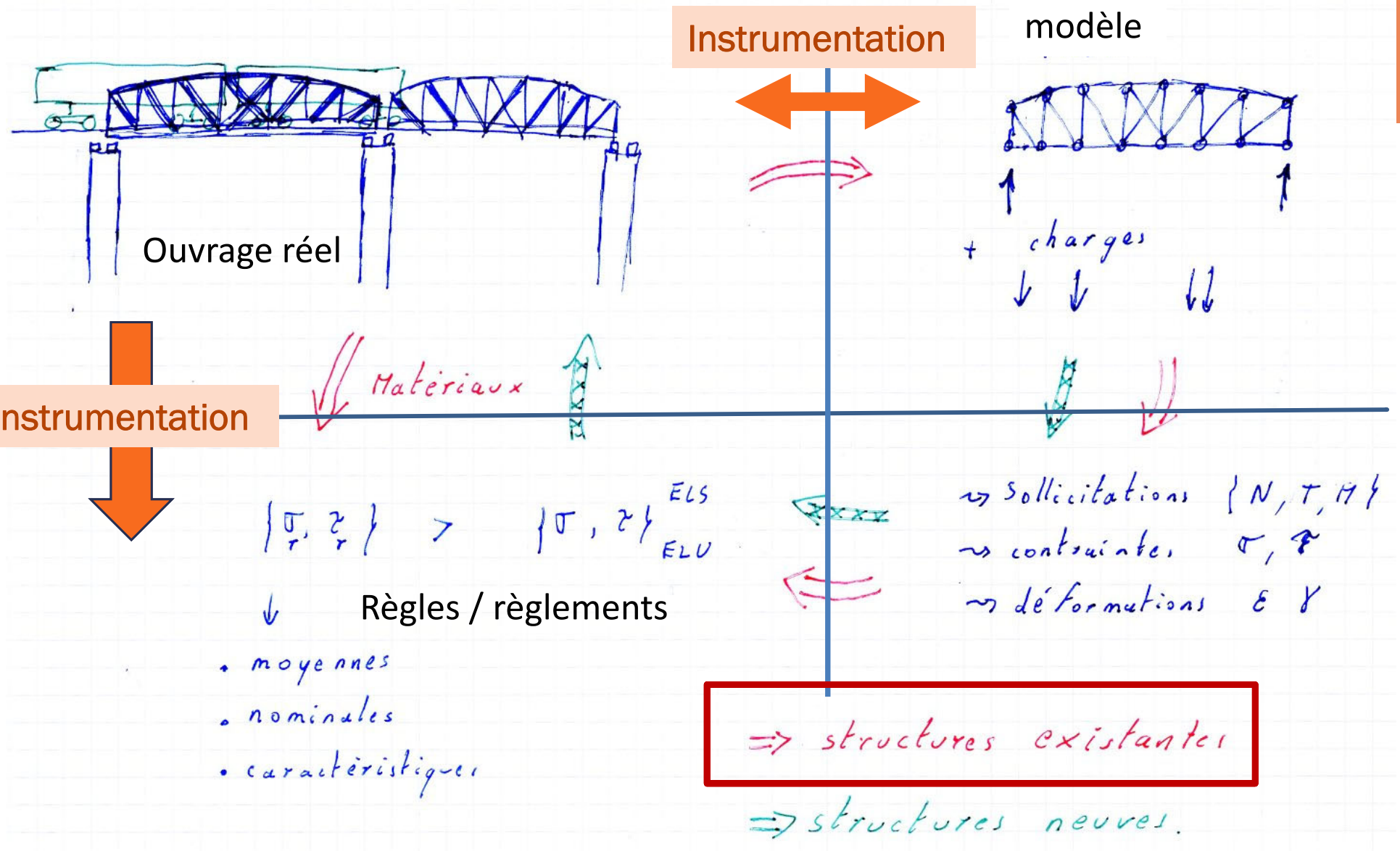
Le suivi des ouvrages : évolution ?



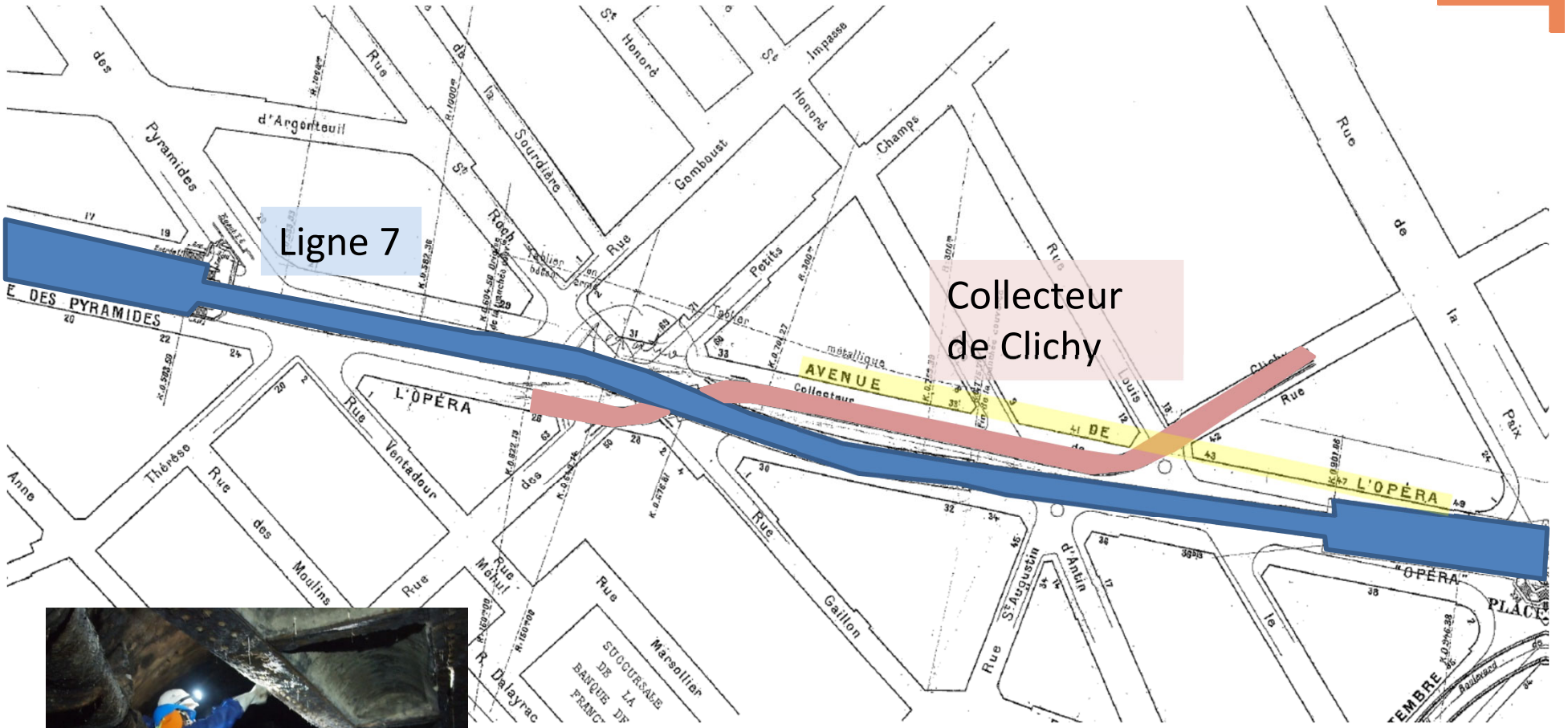


Exemple de fissurologger

Les ouvrages existants : évaluation

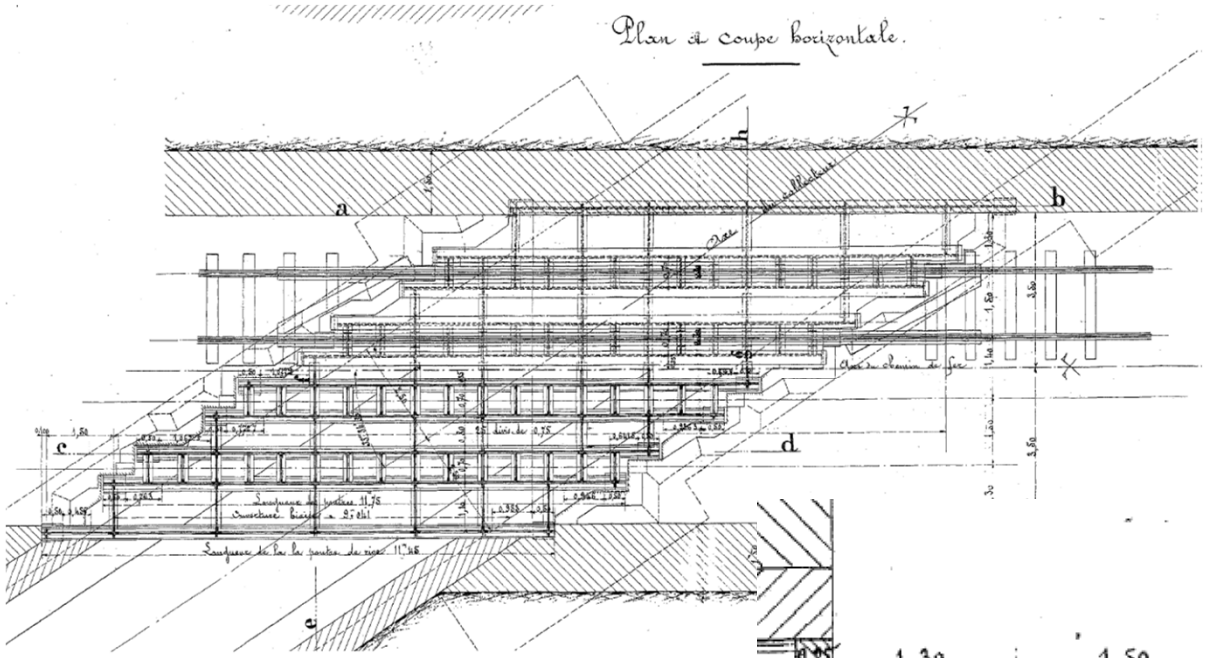


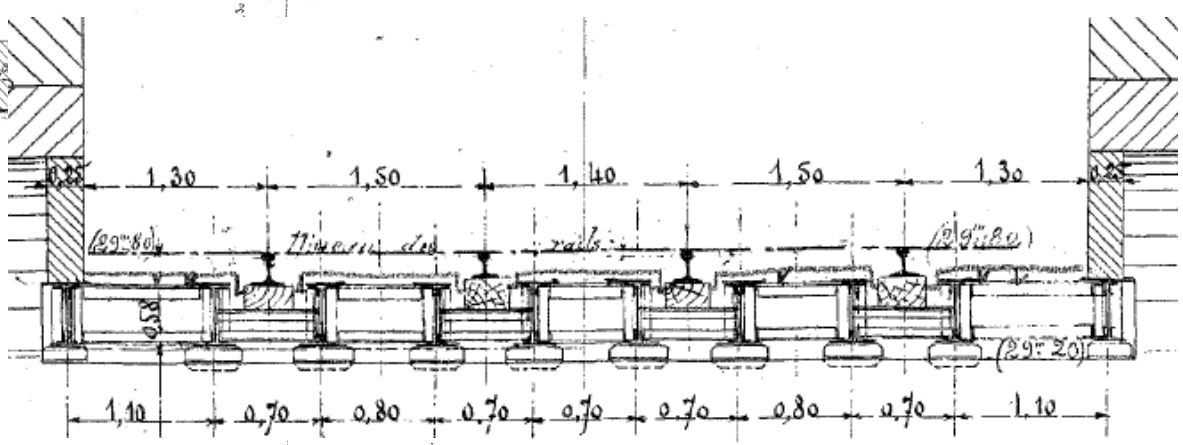
L07 – Franchissement du Collecteur de Clichy
Plan de situation

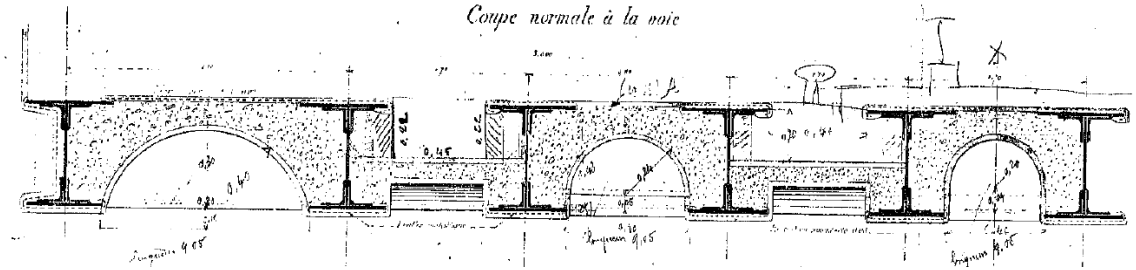


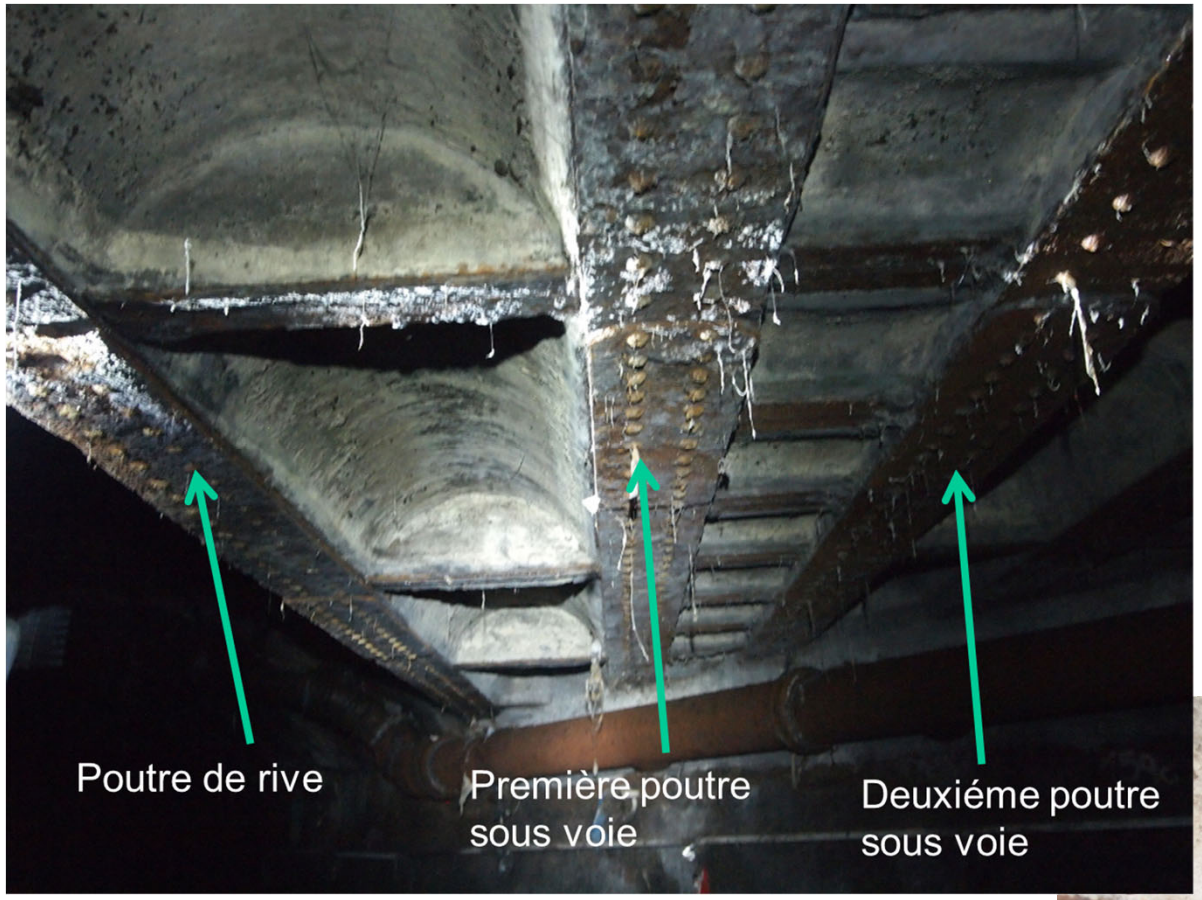


Plans de l'ouvrage - 1910








Poutre de rive
Première poutre sous voie
Deuxiéme poutre sous voie



Recalcul de l'ouvrage

Type de convoi envisagé	Charge à l'essieu (T)	Espacement entre bogies (m)	Contrainte avec section d'origine (kg/mm²)	Contrainte avec section amoindrie (kg/mm²)	Limite élastique
Convoi type 1932 (convoi règlementaire utilisé pour les vérifications des ouvrages du métro)	15	2,25	24,13	sans objet	24
Rame MF77 *avec coefficient dynamique* En exploitation sur la L7	11,3	2,20	20,23	24,10	24
Train travaux *avec coefficient dynamique*	15	1,80	**28,96**	**35,38**	24
Train travaux *sans coefficient dynamique*	15	1,80	**25,11**	**29,11**	24

Sections réduites (-4 mm pour les deux poutres de rive et -2 mm pour les deux poutres adjacentes)

Type de chargement	Contrainte- fibre supérieure- à l'ELU (MPa)	Contrainte- fibre inférieure - à l'ÉLU (MPa)-	Localisation de la contrainte extrême dans le modèle
Train type 1932 (avec coefficient dynamique	235	-237	Mi-travée de la Barre SB
Train travaux (sans coefficient dynamique)	309	-319	Mi-travée de la Barre SB
Train travaux (avec coefficient dynamique)	260	-273	Mi-travée de la Barre SB

Instrumentation de l'ouvrage

b. Implantation des jauges

Les 10 jauges de déformations sont installées sur les 10 poutres aciers (P1 à P10)

Les 3 capteurs de température sont ajoutés au niveau des poutres P1, P5 et P10.



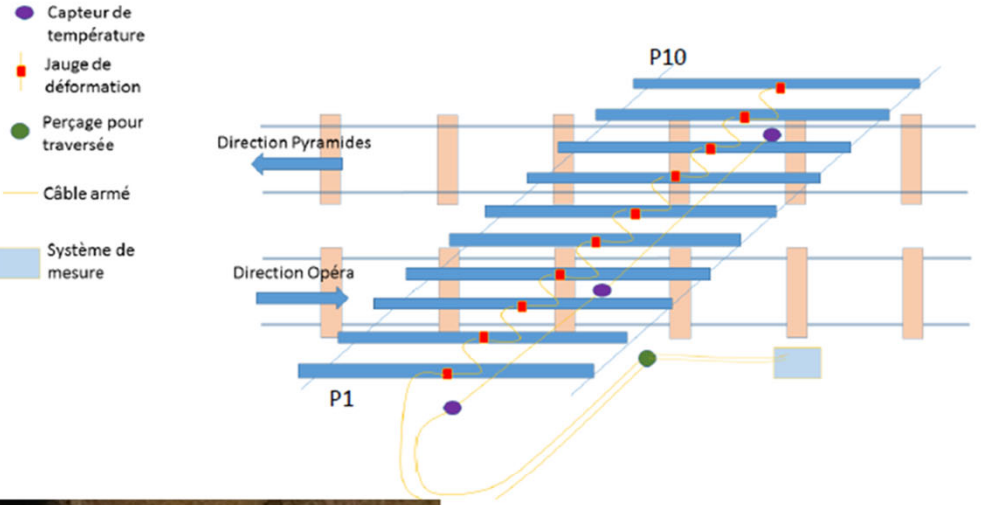
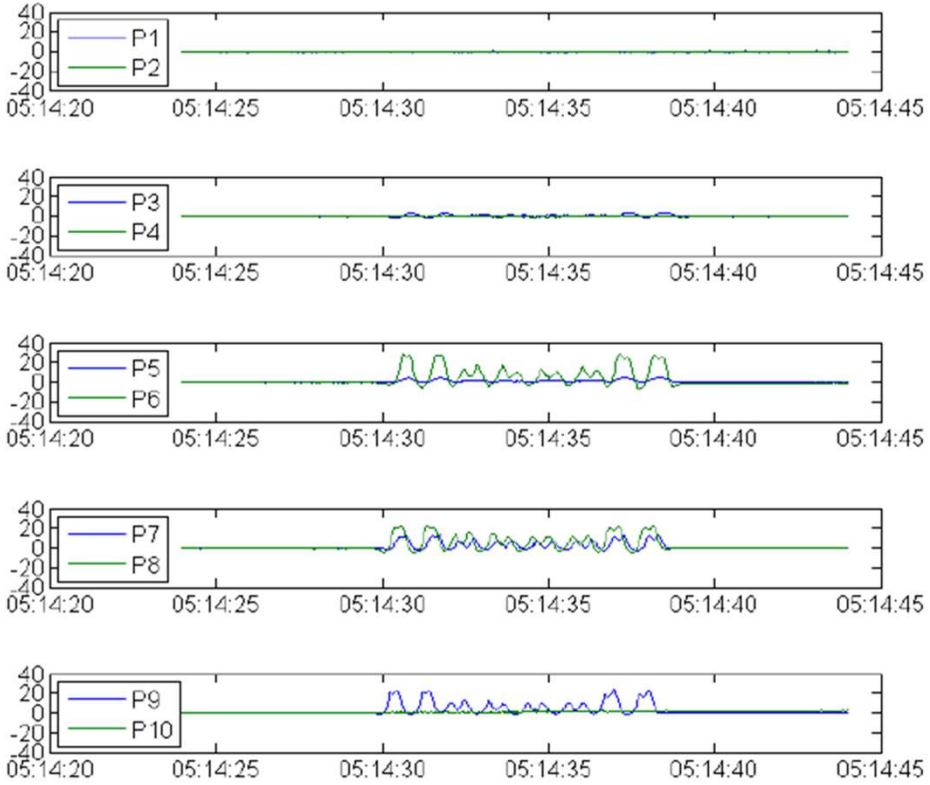




Figure 3 : Collage sur support poncé nettoyé et dégraissé

Instrumentation de l'ouvrage



D'Opéra vers Pyramide

	Déformation Max en µm/m
Jauge P1	1.5
Jauge P2	1.5
Jauge P3	3.5
Jauge P4	1.5
Jauge P5	4.5
Jauge P6	28.4
Jauge P7	14.5
Jauge P8	22
Jauge P9	24.5
Jauge P10	2.5

Mesure des déformations sous passage des trains de travaux

5,7 MPa

Figure 13 : Déformations sur les 10 poutres engendrées par un train de travaux allant d'Opéra vers Pyramides

Analyse historique

Plancher métallique sous-sols au dessus du Collecteur de Clichy.

Tableau comparatif des flèches calculées et observées.

Désignation des pièces	Flèches			Observations.
	Calculées	observées (poids mort)	observées (poids roulant)	
Poutre jumelée A				
1er Élément	16 m/m 9	0 m/m 20	0 m/m 20	
2e Élément.	16 m/m 9	0 m/m 15	0 m/m 10	

Procès verbal des épreuves
Flèches mesurées et calculées
1910

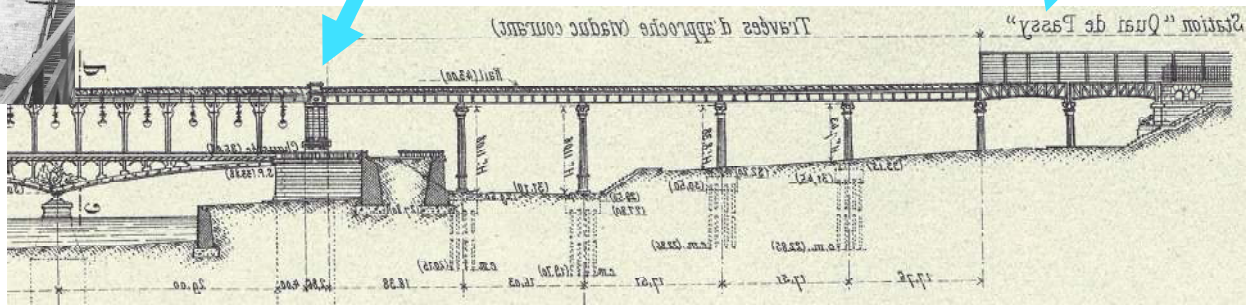
Viaduc de Passy et travées de l'Alboni, localisation





Pile - arche

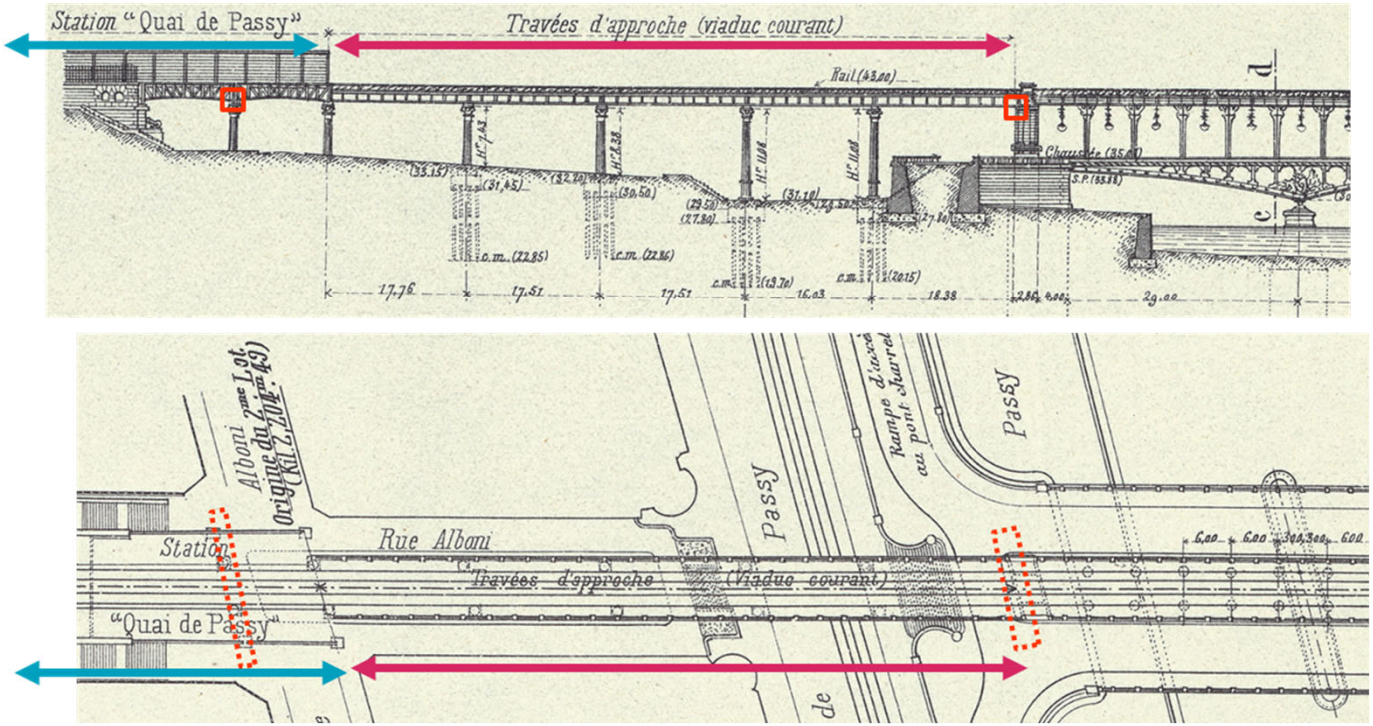
Station Passy



La première arche du viaduc de Passy

Les travées

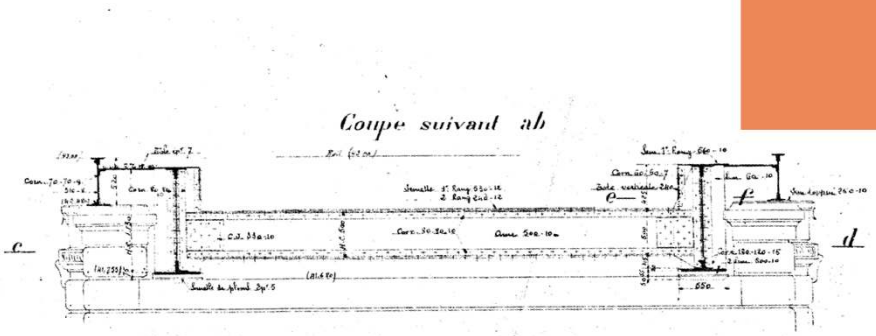
Appui fixe





La première arche du viaduc de Passy

Appui et implantation des fibres



- Face Pont de Bir-Hakeim



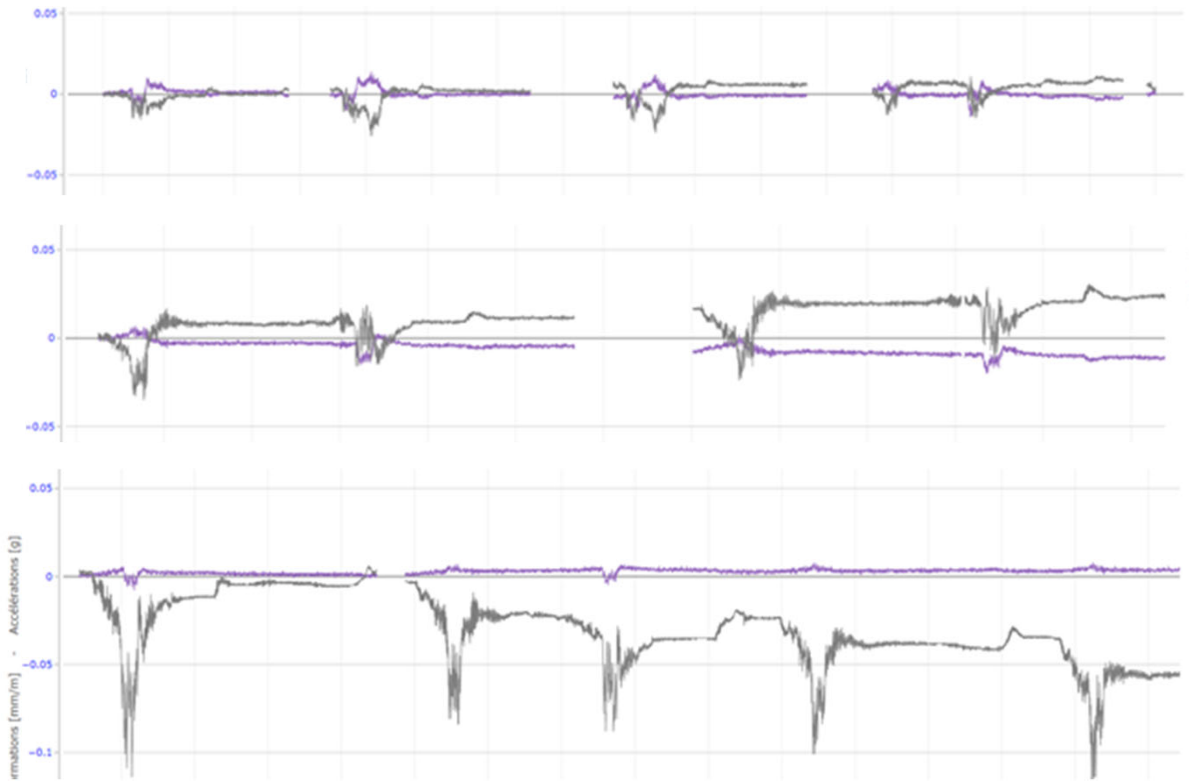
- Face Passy

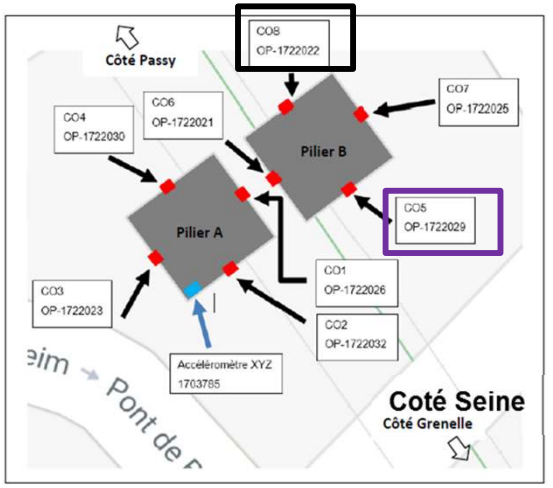


La première arche du viaduc de Passy

Déformation axiale des jauges

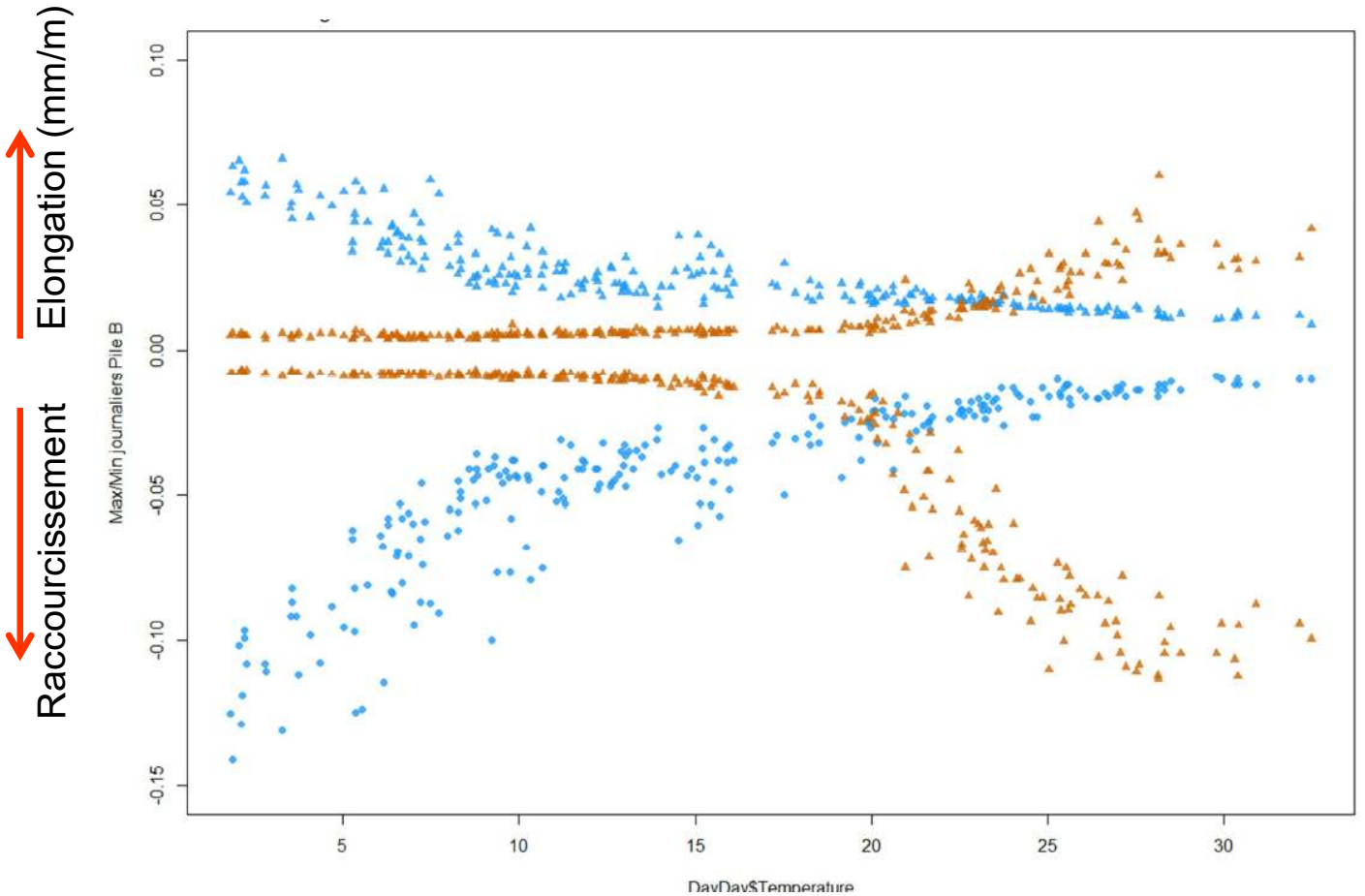
statique journalier et dynamique
Eté : 6h - 8h - 13h





La première arche du viaduc de Passy

Déformations dynamiques annuelles



▲ C05 coté Seine

▲ C08 coté Passy

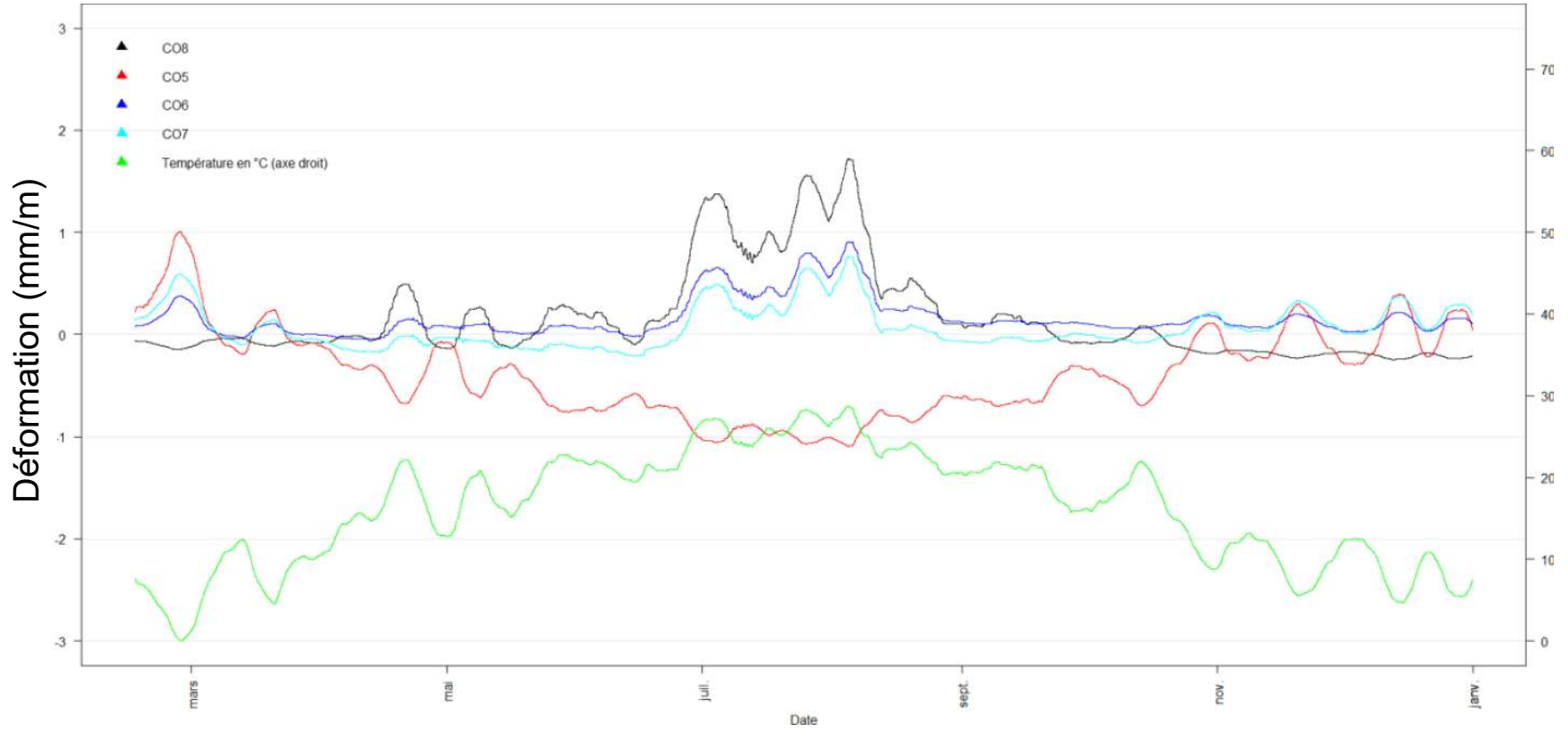
Poids propre calculé
0,2MPa
<>0,01mm/m

La première arche du viaduc de Passy

Déformations statiques annuelles

C08 coté Passy

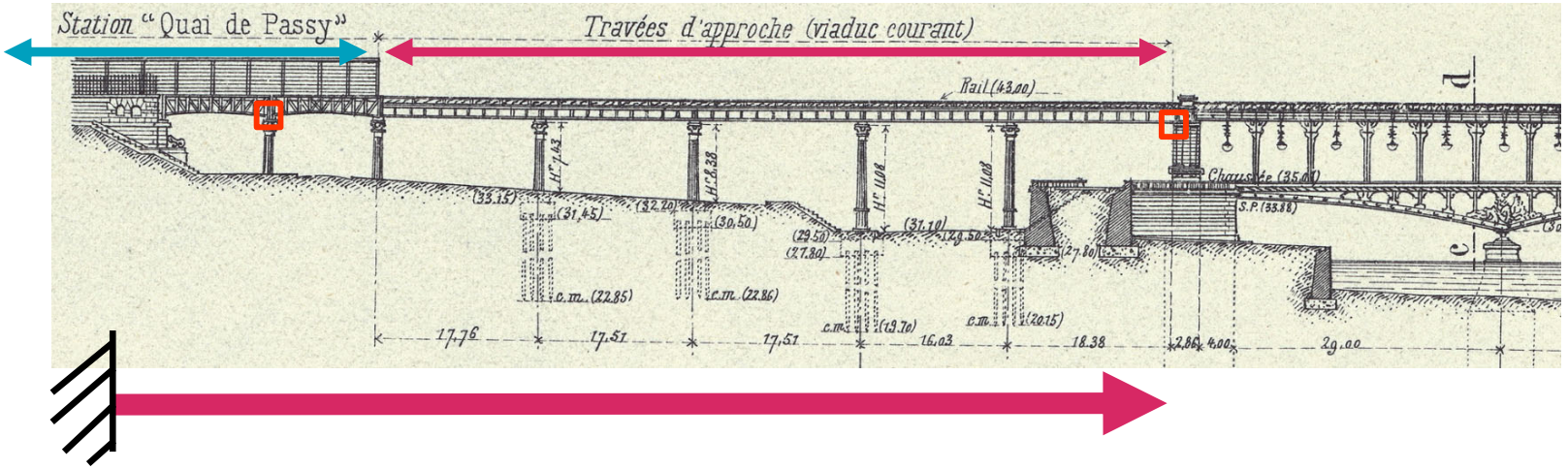
C05 coté Seine



La première arche du viaduc de Passy

Hypothèses

Appui fixe



- **Les déformations sous convois sont associées à des ouvertures/fermetures des joints ou fissures**

- **La dilatation du tablier de la travée Alboni contrôle les déformation sous convois de l'arche**

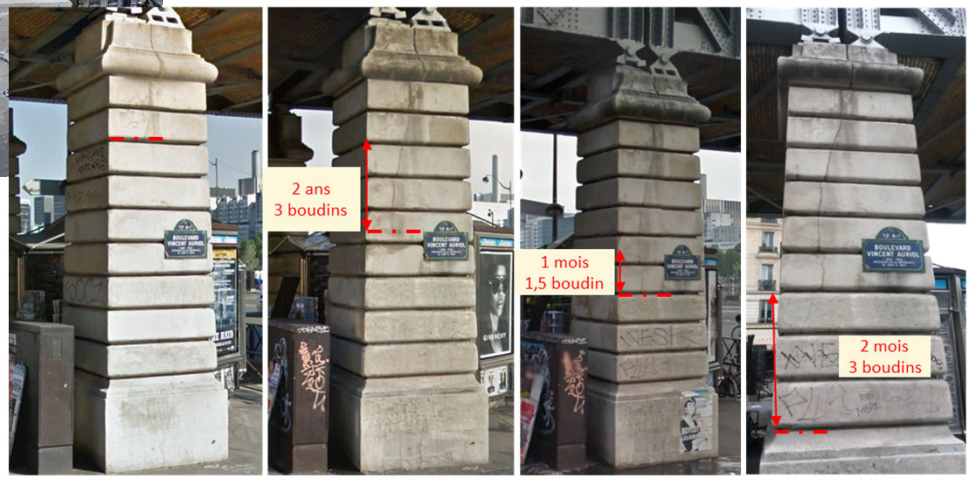
Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

Quai de la Gare – état des lieux – 22/08/2014



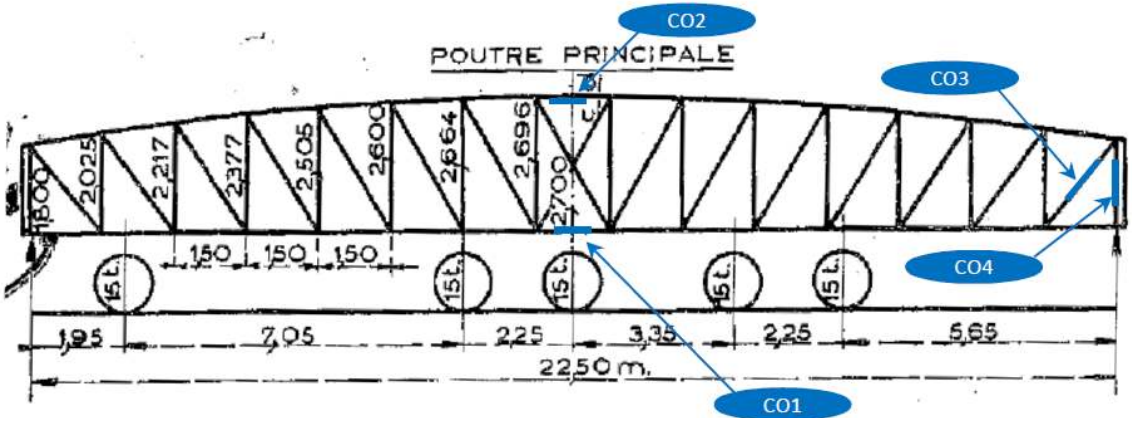




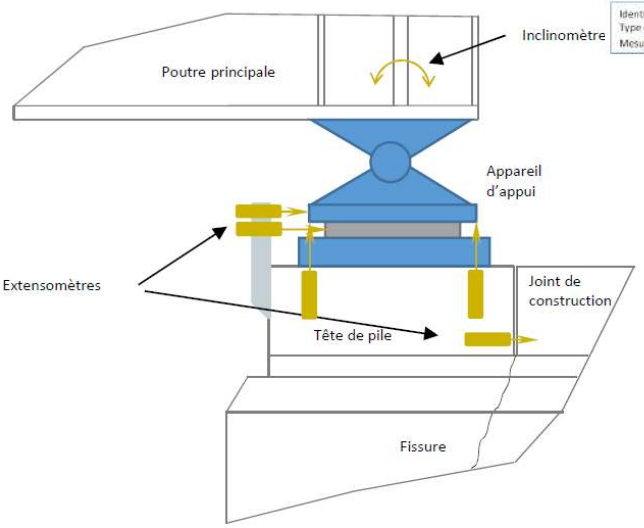


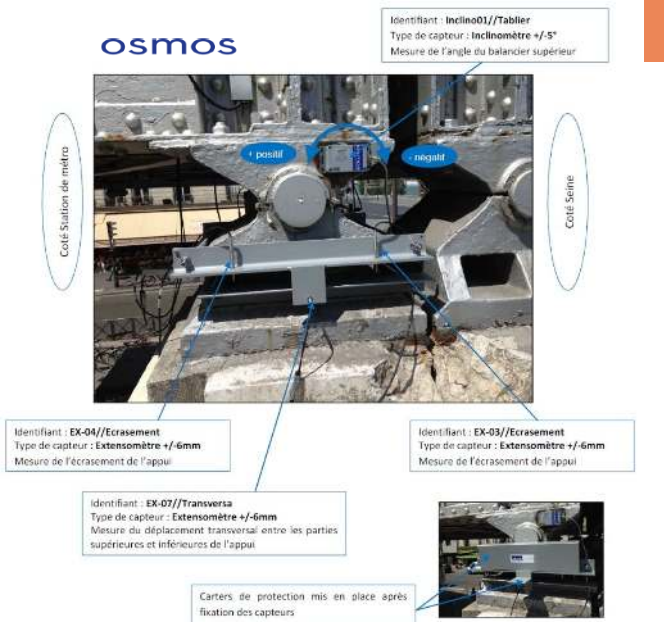
Mai 2012 | Mai 2014 | Juin 2014 | Aout 2014

Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)

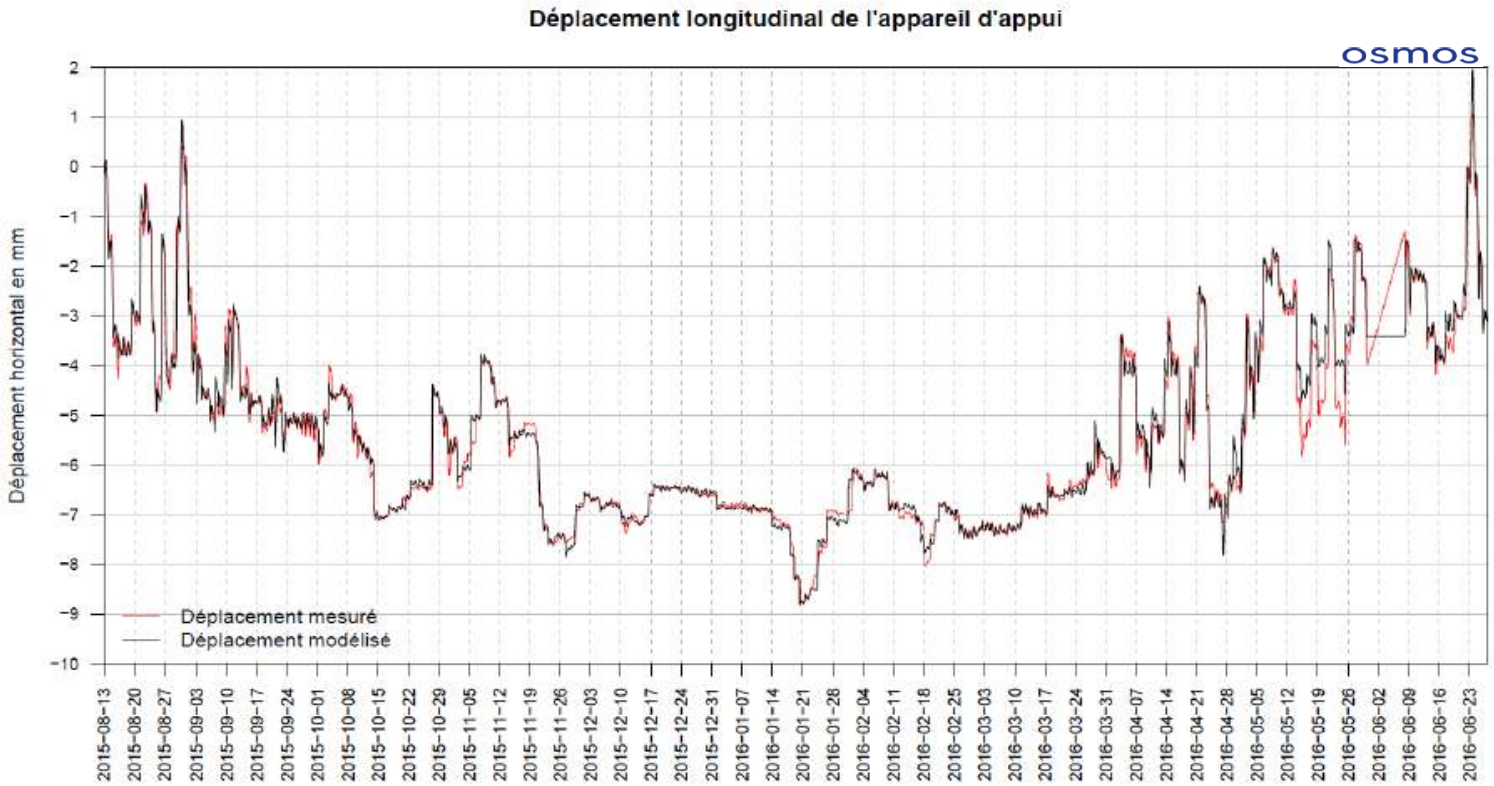






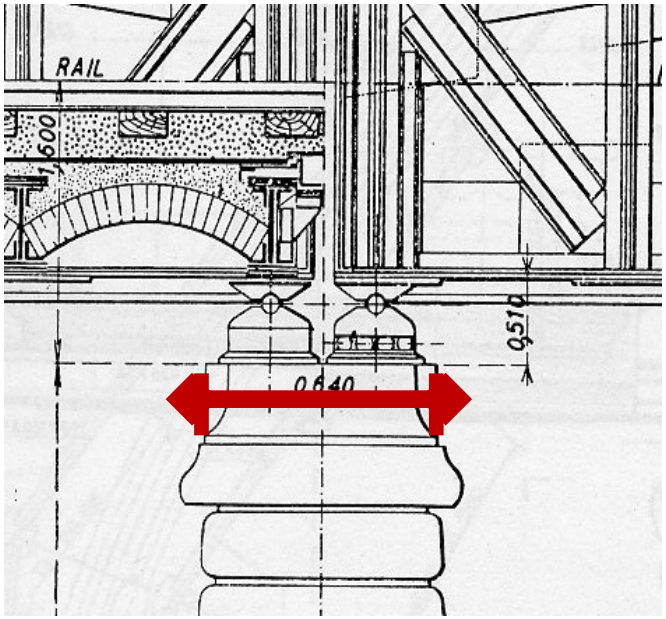


Fissuration pile en maçonnerie (Quai de la Gare)



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 : Travaux de clouage







Pour méditer :

Devant la complexité des propriétés du matériau et des sollicitations auxquelles il est soumis dans un ouvrage, la résistance des matériaux classique devient impuissante à rendre compte des faits tels qu'ils résultent de l'observation et perd ainsi une partie de l'autorité exclusive qu'elle a détenue pendant un siècle dans le domaine de la construction.

L'ingénieur n'accomplira désormais des progrès marquants que s'il sait s'écarter des raisonnements trop abstraits, des théories trop rigides et des calculs trop précis, pour s'orienter de plus en plus vers l'expérience qui, suivant les termes souvent cités de H. Poincaré, "est la source unique de vérité et peut seule nous apprendre quelque chose de nouveau".

H. Clément - Les ouvrages du Métropolitain - 1945

La Haute surveillance

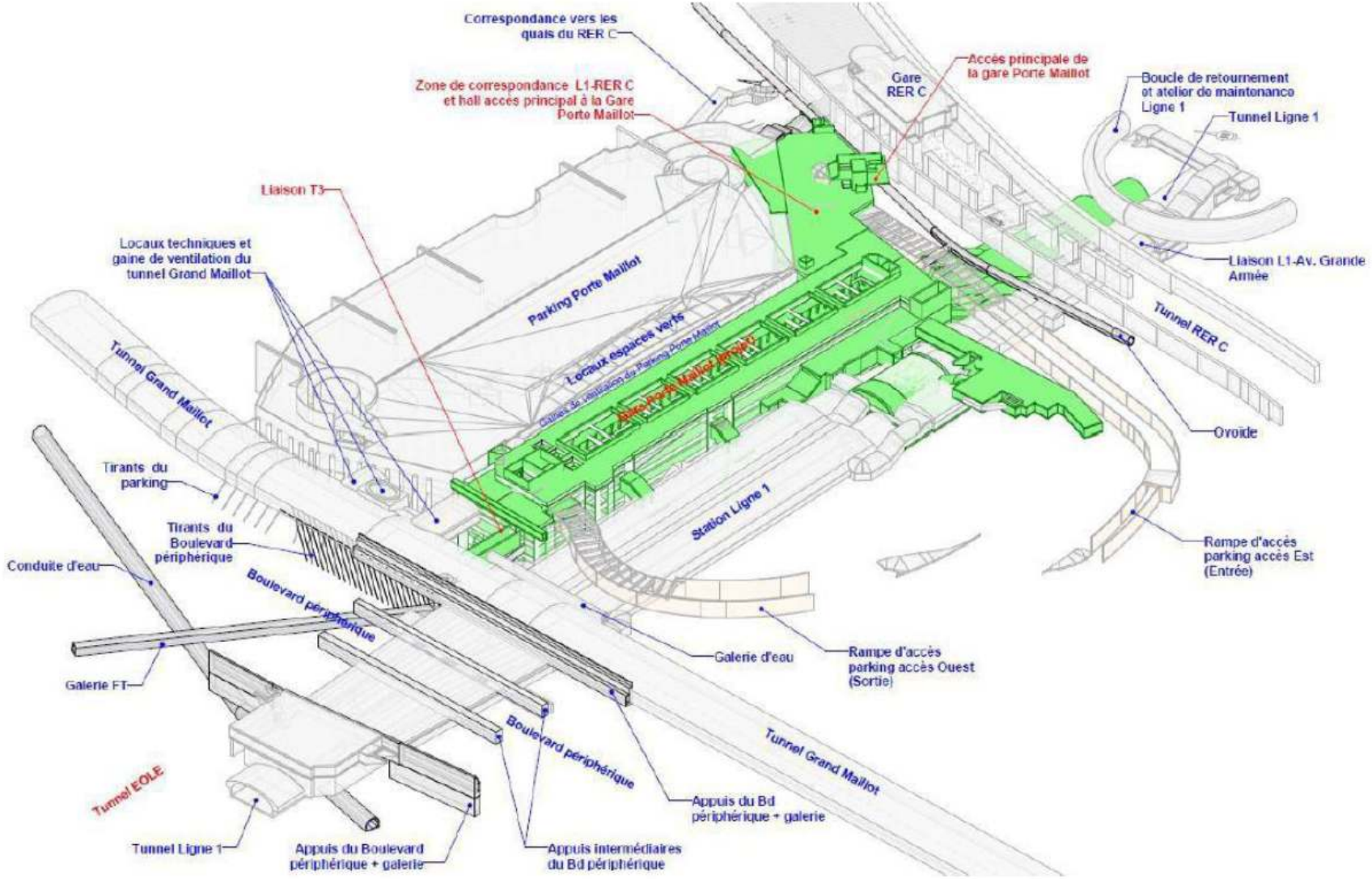
- La haute surveillance: pourquoi, comment ?

  se prémunir d'un risque identifié à survenance potentiellement rapide

  - *Quel risque ?*
  - *Que mesurer ?*
  - *Quel seuil ?*
  - *Quelle marche à blanc ?*
  - *Quelle organisation ?*
  - *Quelle levée de doute ?*
  - *Quelles actions ?*

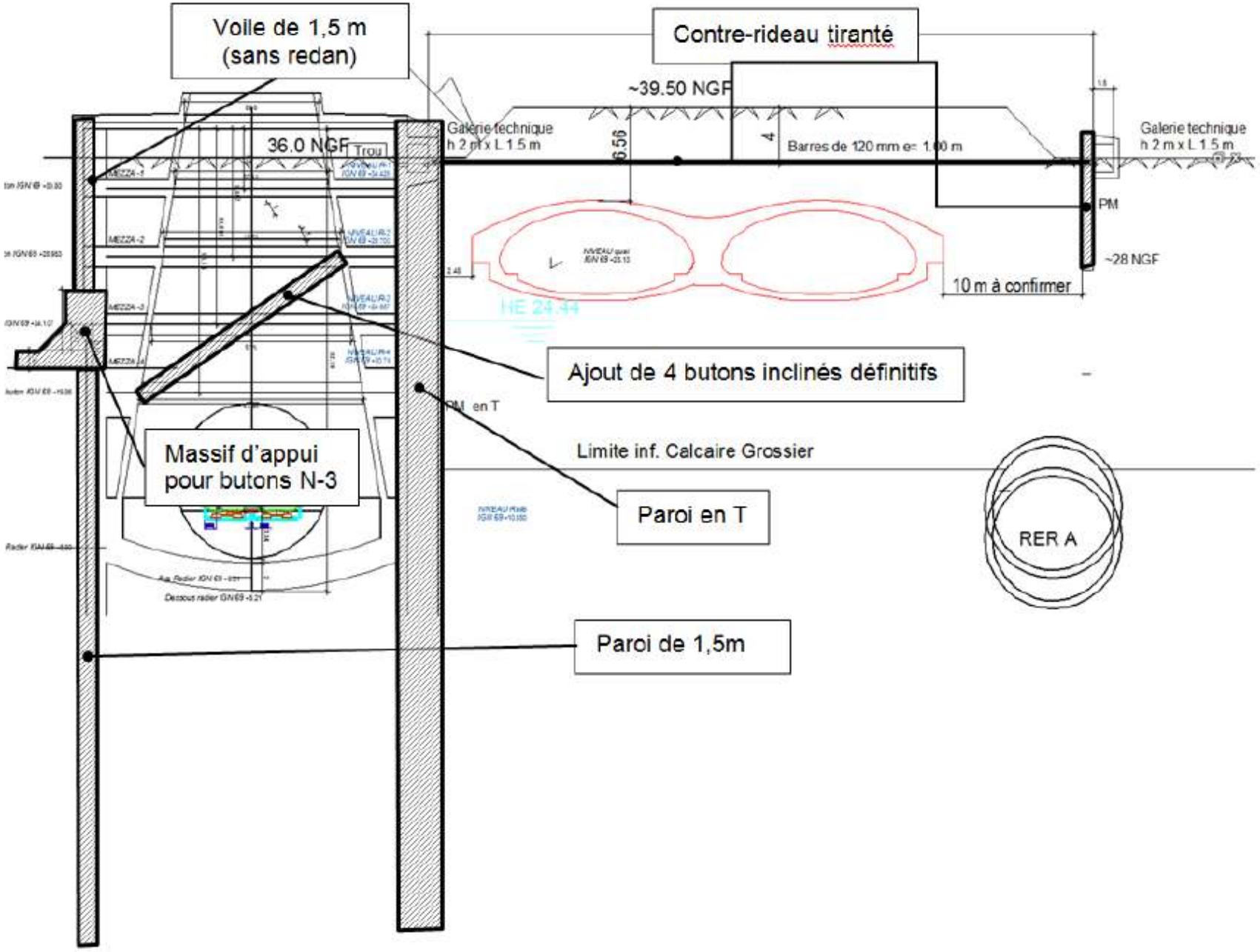
Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

Le plan de la situation de la Gare Porte Maillot :

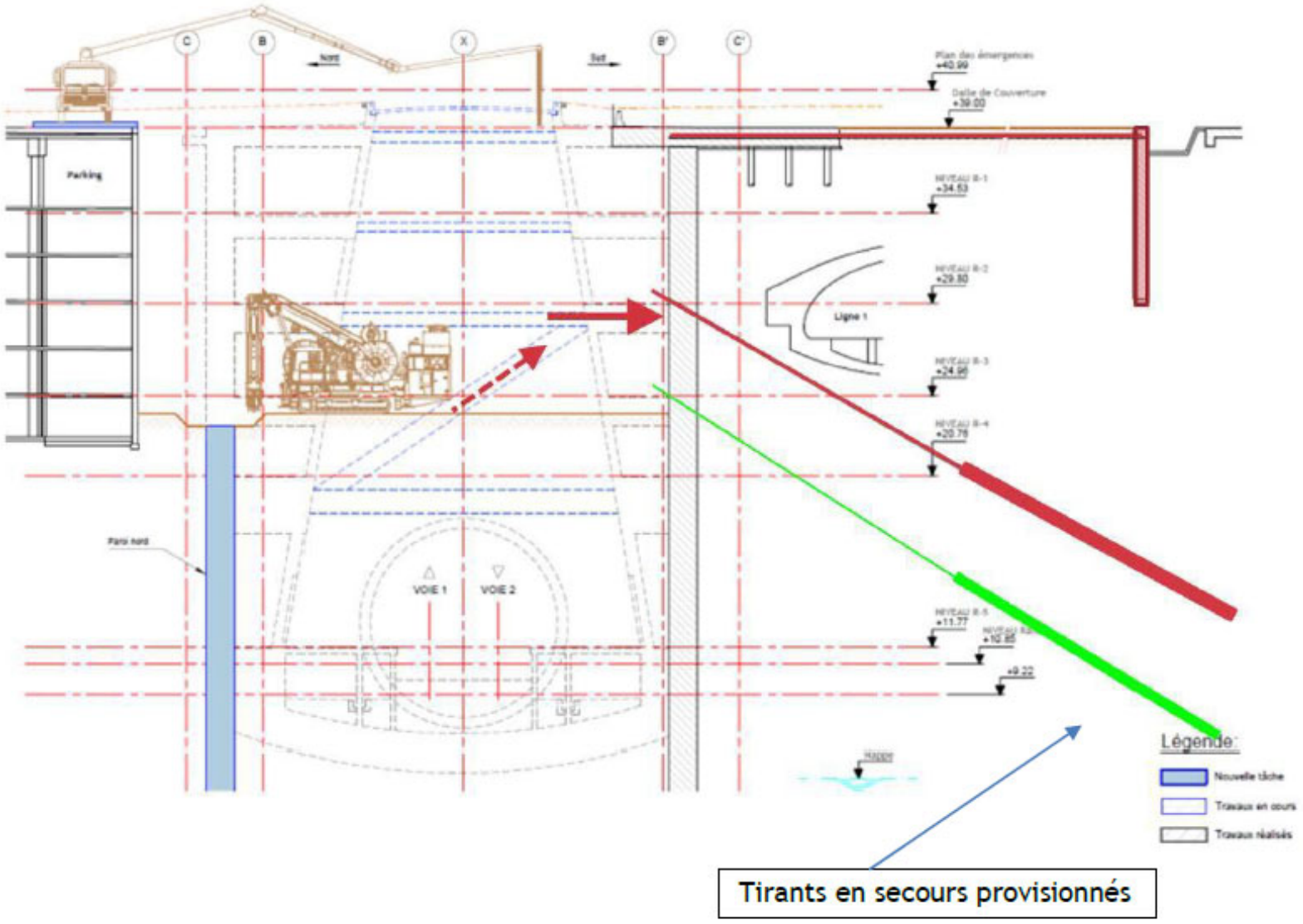


Plan de situation de la Gare Porte Maillot

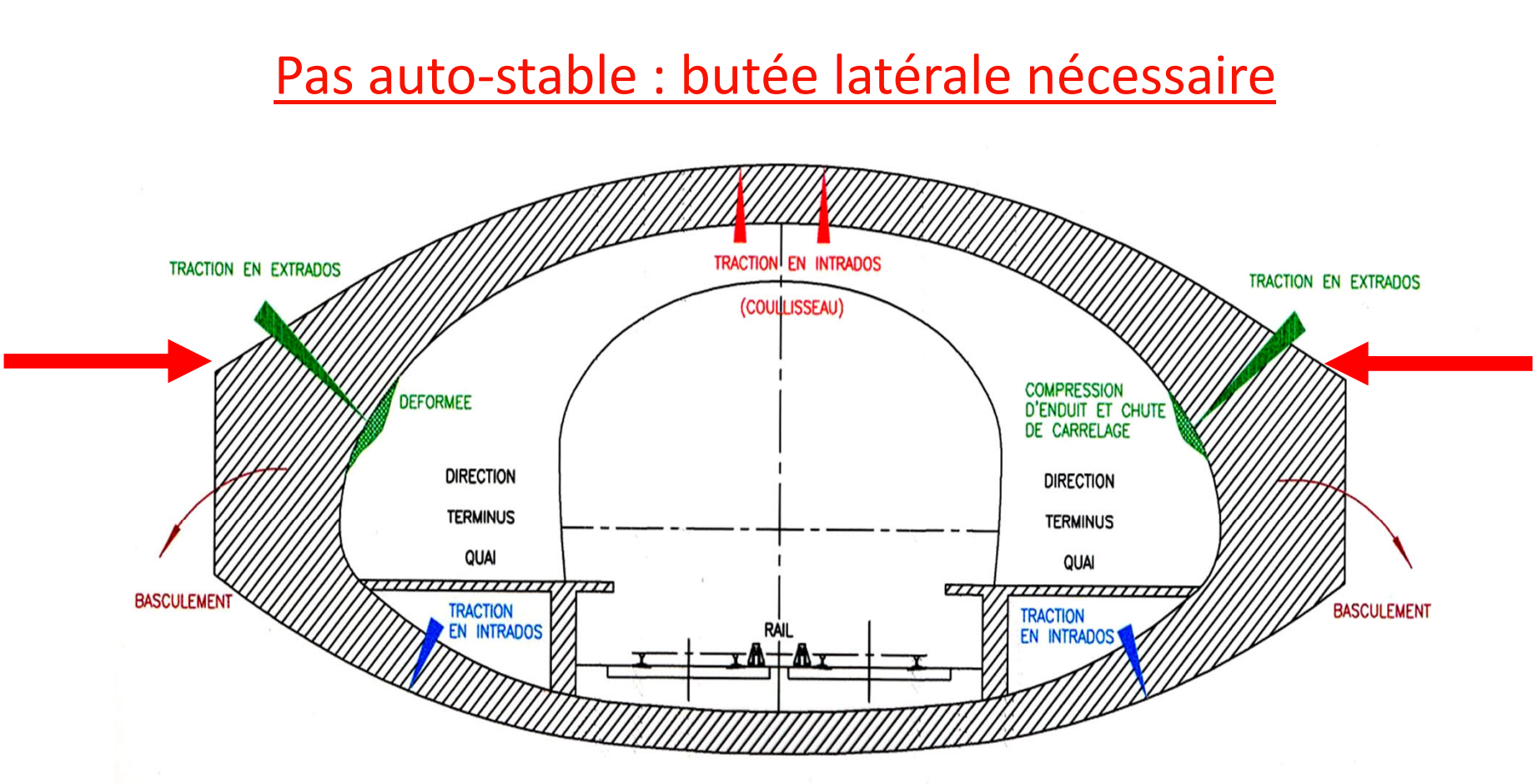
Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot



Mode de déformation des ouvrages en maçonneries



Pas auto-stable : butée latérale nécessaire

Apparition de rotules et de fissurations associées

Prolongement RER E : Gare de Porte Maillot

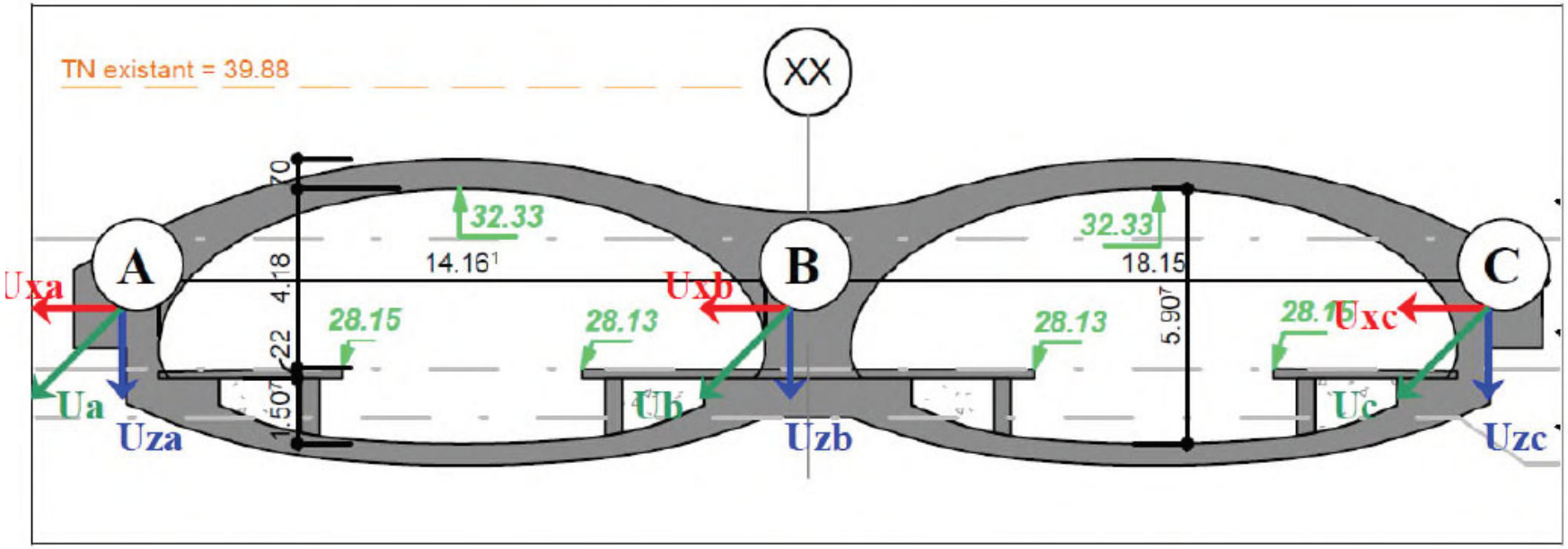
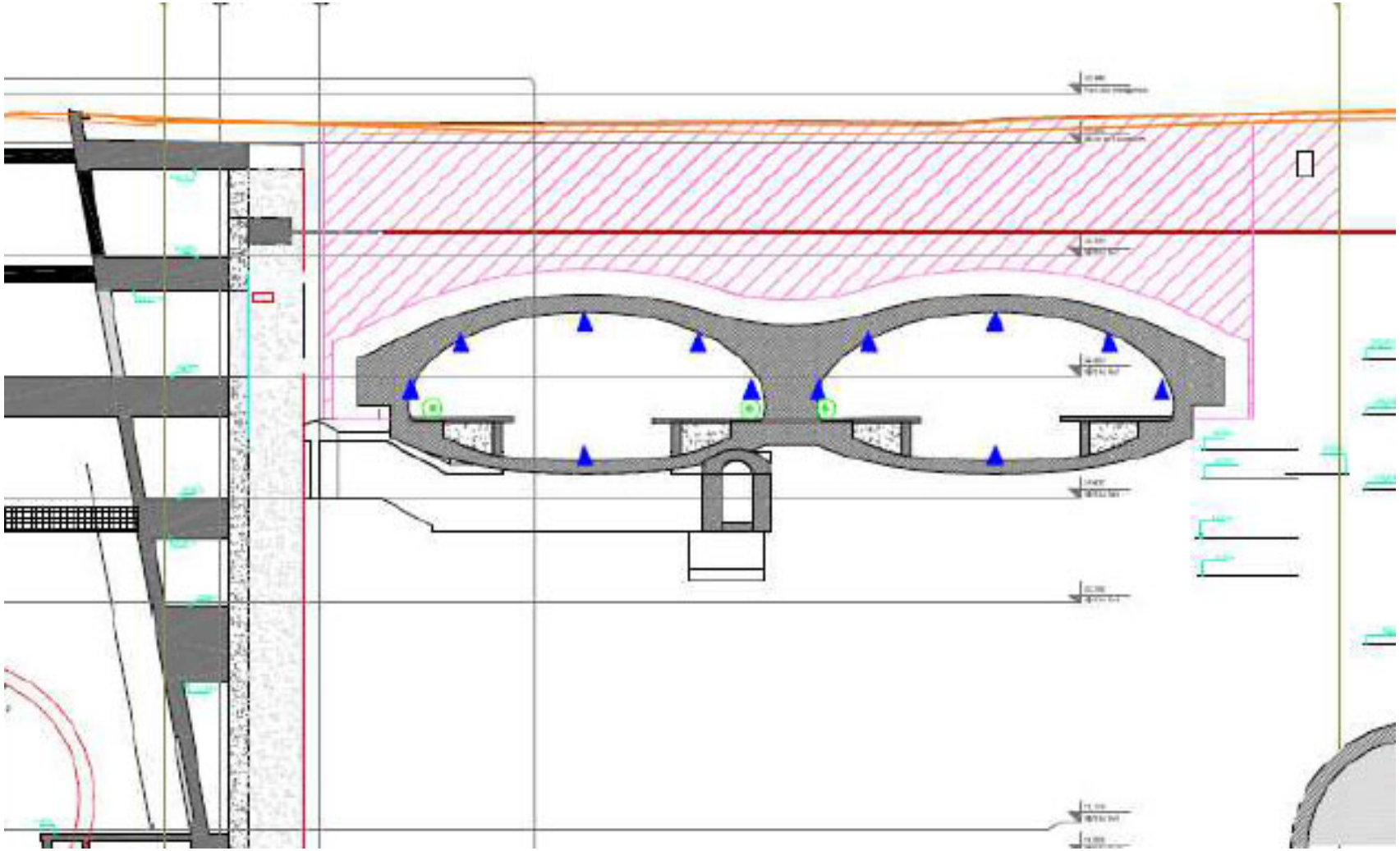


Figure 2 : Vecteurs déplacement pour une station double voûte (GPM)

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

Réflexions

La surveillance : quel risque pour le maitre d’ouvrage ?