



Journée scientifique et technique du CFMS du 21 mars 2019

« *Grands projets d'infrastructures en Région Parisienne* »

Prolongement de la ligne 11 : suivi des travaux de réalisation du tunnel Mairie des Lilas / Serge Gainsbourg excavée en méthode traditionnelle

Présentateur : C. DANO / JP. JANIN (SETEC / TERRASOL)



Contenu



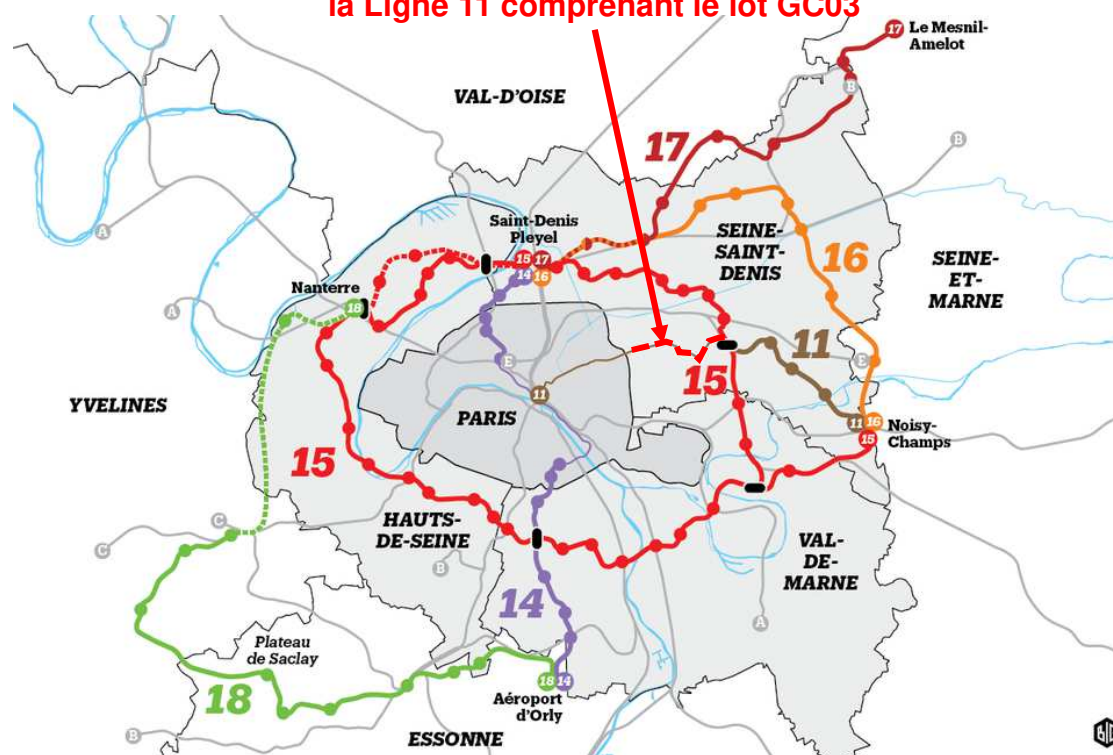
- Présentation du projet
- Etudes d'EXE
- Suivi des travaux
- Prévisions vs mesures
- Conclusions

Présentation du projet



Contexte du projet : Première phase du prolongement de la L11

Première phase du prolongement de
la Ligne 11 comprenant le lot GC03



Futur plan du métro parisien

Première phase : Mairie des
Lilas à Rosny-Bois-Perrier

Présentation du projet



Contexte du projet : Prolongement de la L11 - lot GC03



➤ Ouvrage : 250 m tunnel tradi

➤ Acteurs :

- MOA : RATP
- MOE : RATP Ing
- Groupement lot GO : Spie Batignolles GC/ Parengé / Spie Fondations / BE structure : Enser / BE et mission G3 : Setec Terrasol.

➤ Délais :

- OS de démarrage des travaux (T0) au 16/10/2017
- Travaux d'injection : mars - avril 2018
- Démarrage excavation : mi-mai 2018
- Fin excavation tunnel côté Atelier des Lilas : 28/02/19
- Mise à disposition du tunnel au lot voie : Mi-Février 2020

➤ Coûts :

- 20 M€



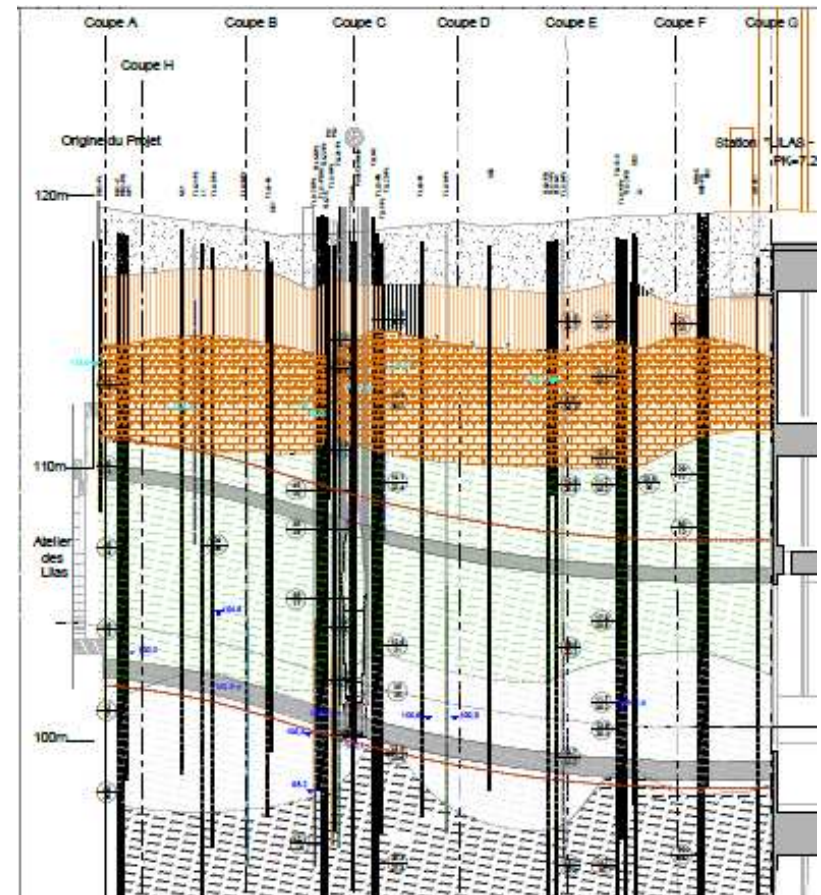
Présentation du projet



Profil en long géologique:

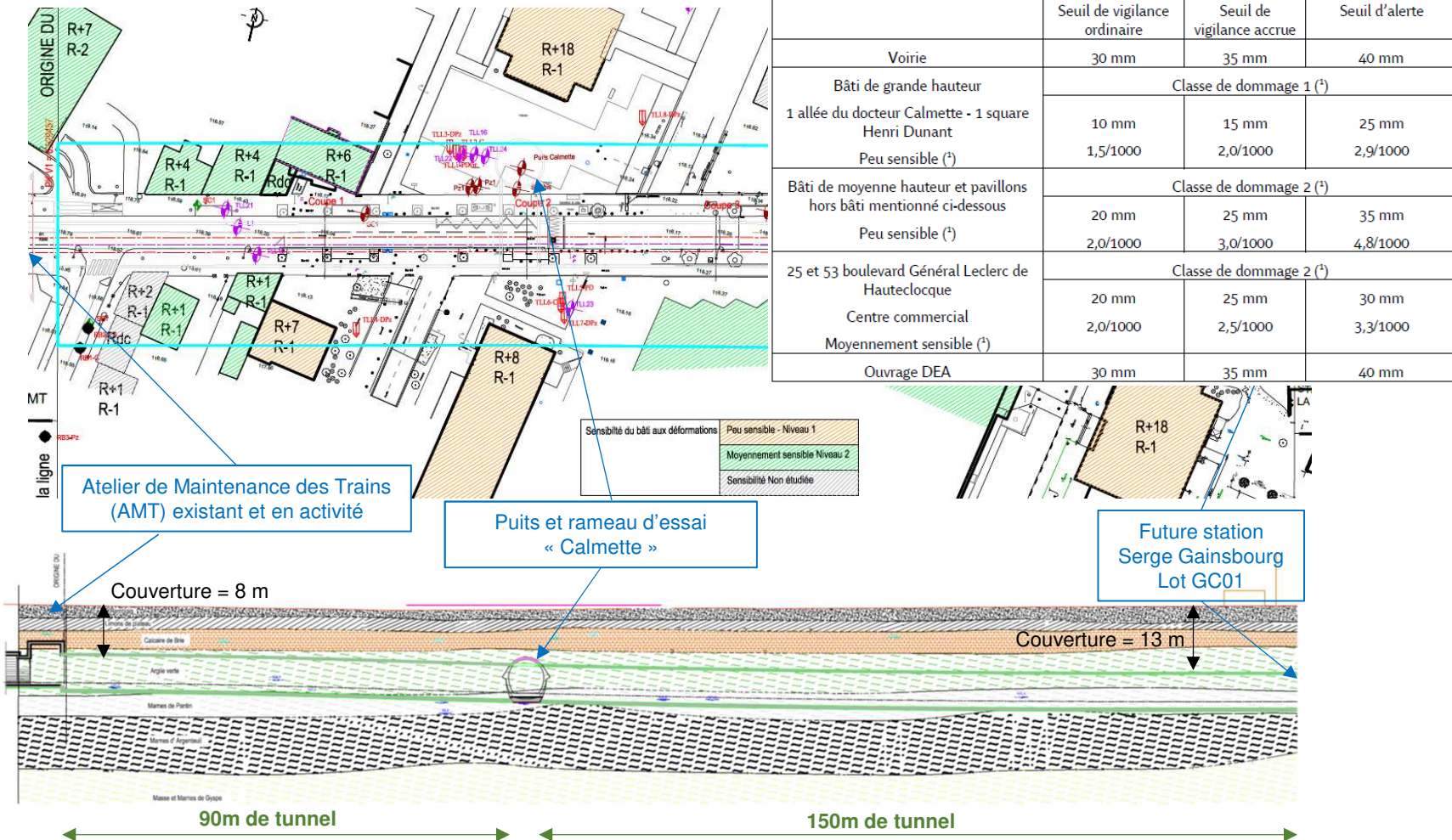
- Nombre de sondages important + Puits et galerie d'essai « Calmette »
- Stratigraphie:
 - Remblai
 - Limon du Plateau
 - Calcaire de Brie
 - Argiles Vertes
 - Marnes de Pantin
 - Marnes d'Argenteuil
- Nappes:
 - Dans Calcaire de Brie
 - Dans Marnes de Pantin

} Front de taille



Présentation du projet

Avoisinants : maîtrise des tassements



Etudes d'EXE



Objectifs: justification géotechnique du tunnel, dimensionnement des présoutènements, du soutènement et estimation des tassements

Hypothèses géotechniques: essais pressiométriques, essais en laboratoire, REX sur « Calmette »

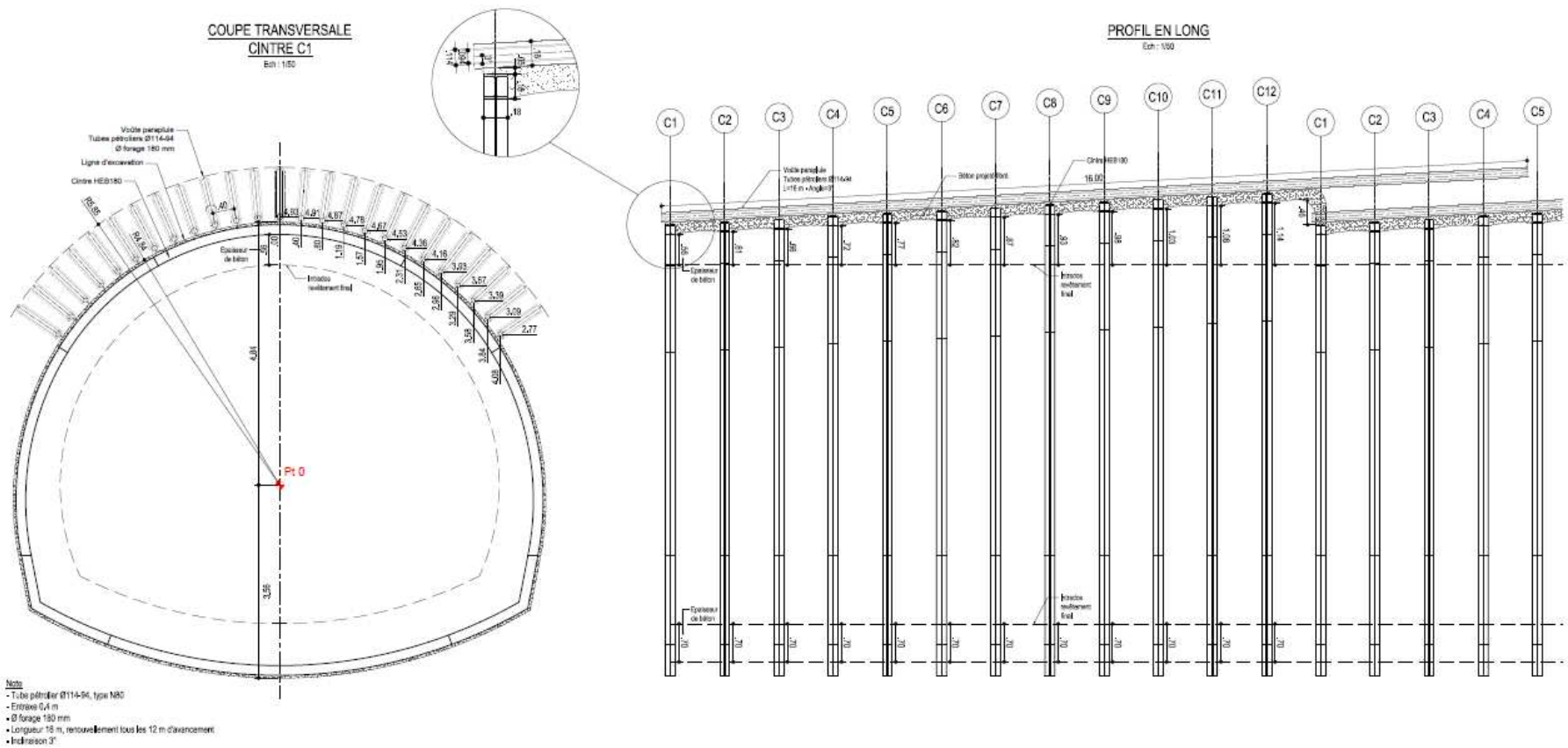
Formation	γ (kN/m ³)	PI* (MPa)	Em (MPa)	E (MPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	K0 (-)
Remblais	19	0.3	2	5	0	25	-	0.5
LP	20	0.6	4	20	15	28	-	0.5
CB sup	18	1.2	10	15	10	30	-	0.5
CB inf	18	2.5	28	30	10	30	-	0.5
AV	18	1.3	20	20	-	-	70	0.6
MP	118	3.6	80	150	14	25		0.6
MA	18	3.2	37	65	-	-	90	0.7

Etudes d'EXE

Dimensionnement des présoutènements



- Voûte parapluie: calcul analytique

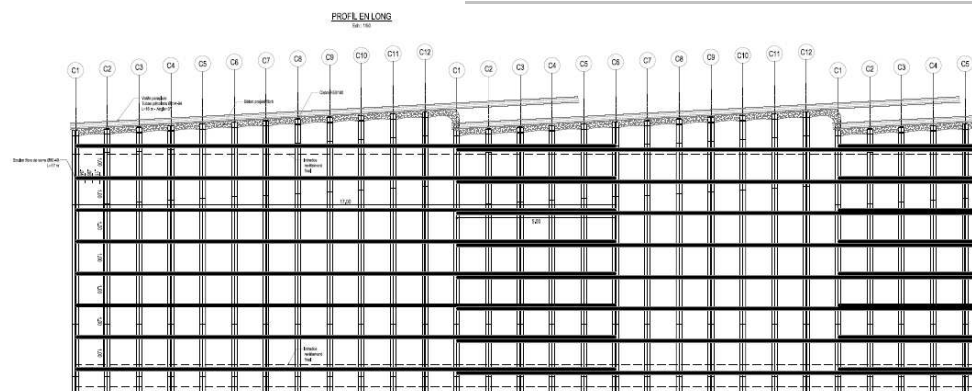
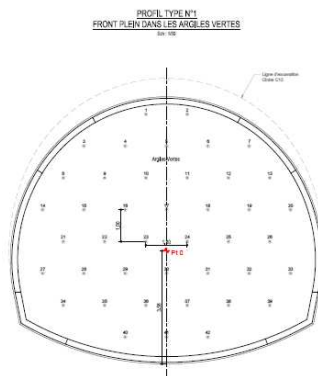
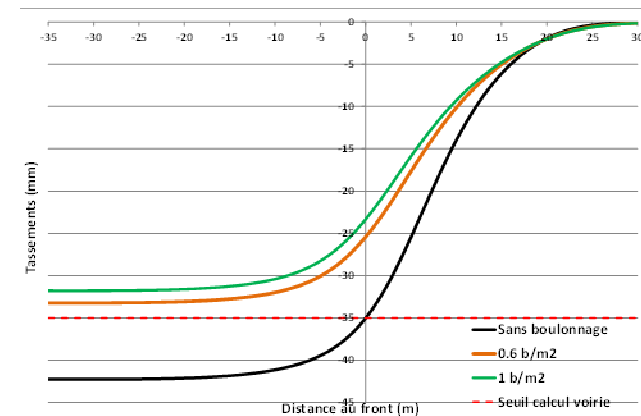
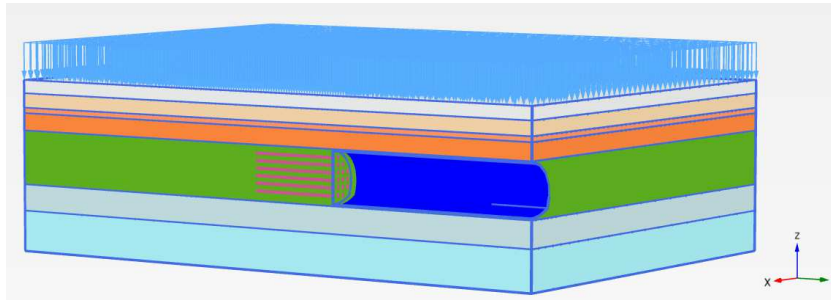


Etudes d'EXE



Dimensionnement des présoutènements

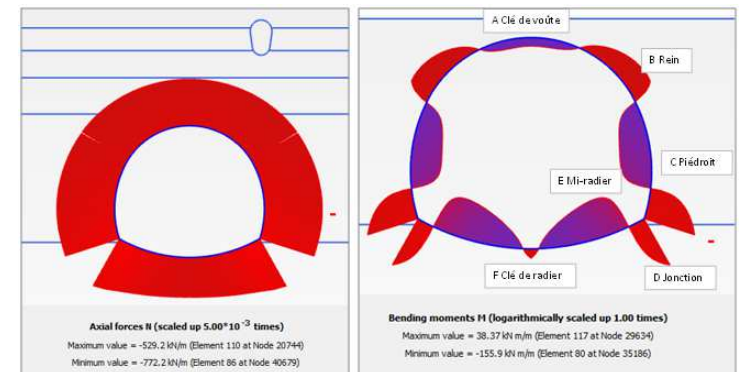
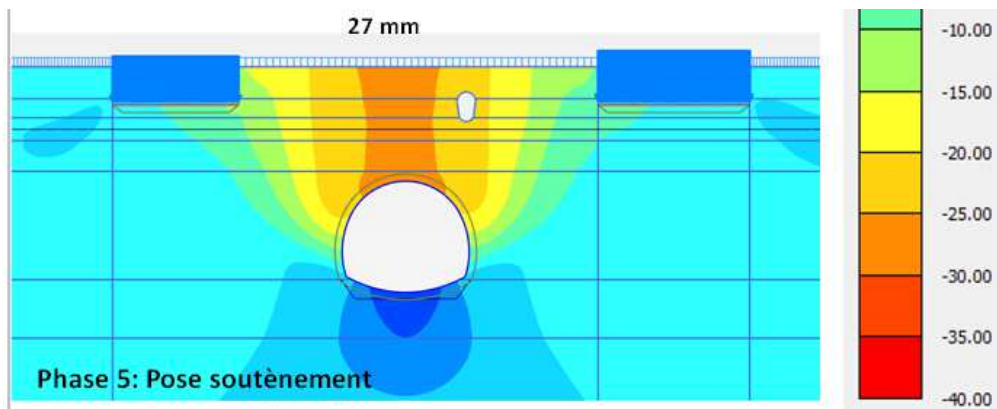
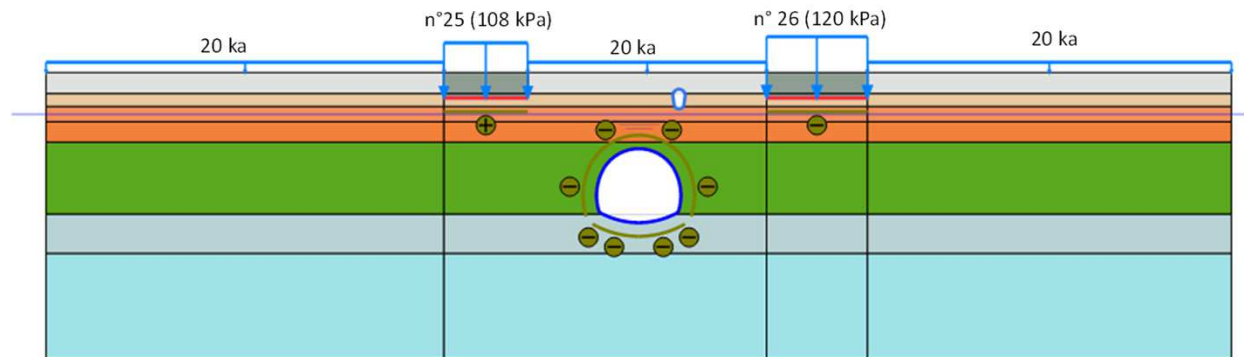
- Boulonnage au front: calcul analytique (stabilité) et calcul numérique 3D aux EF (effet sur les tassements)



Etudes d'EXE



Dimensionnement du soutènement (calculs EF 2D)



Suivi des travaux

Méthode d'excavation



Pré-soutènements

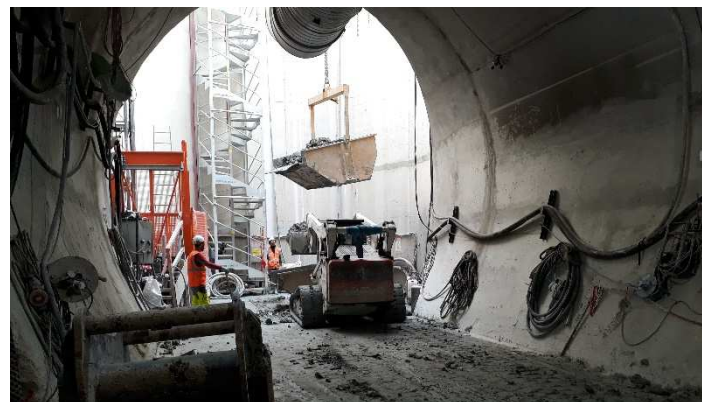


- Voûte parapluie et boulons fibres de verre

Abattage / marinage



- Pleine Section 75 m²
- BRH ou fraise



- Évacuation par Charge-et-roule et Benne secatoi 3000L

Suivi des travaux

Méthode d'excavation



Béton projeté de confinement



- Béton projeté fibré $e \sim 5$ cm sur le front, voute et parements

Pose du cintre



- 8 éléments de cintre à la pince à cintre

Béton projeté de remplissage



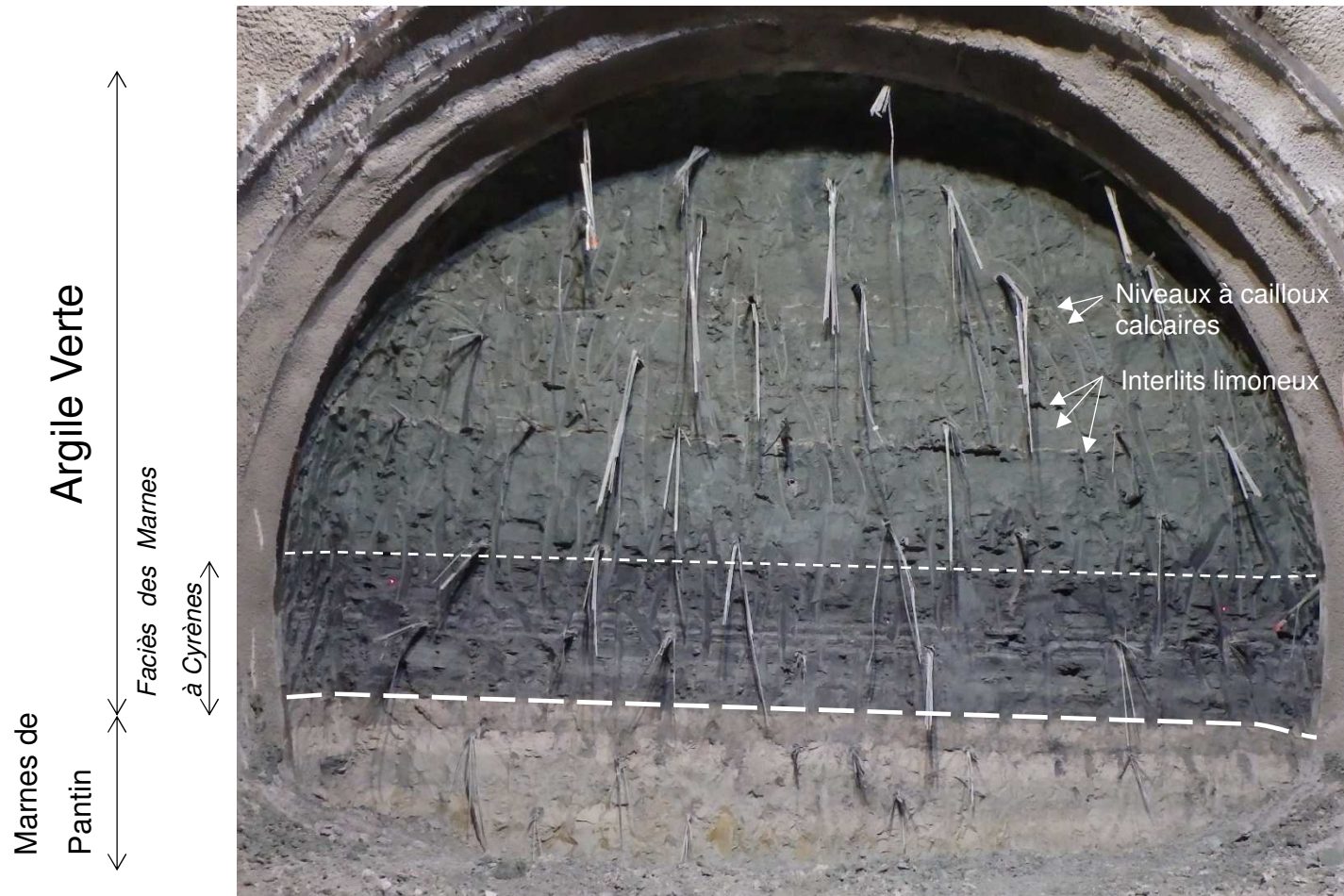
- Béton projeté fibré $e \sim 18$ cm entre les cintres

- Cycle pré-soutènement : renouvellement chaque 12m.
- Cycle excavation/soutènement : 1 passe/jour en 2 postes

Suivi des travaux



Relevé du front de taille

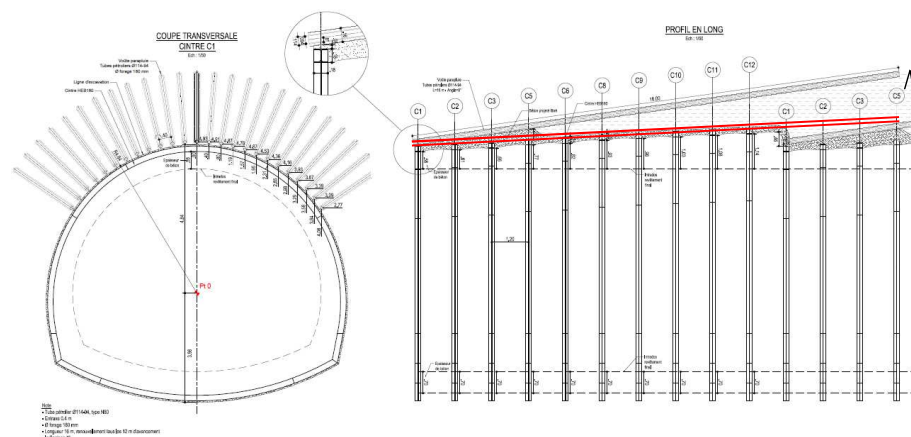


Côte interface AV/MP
relevée : 30 cm à 2 m
au dessus du profil
théorique

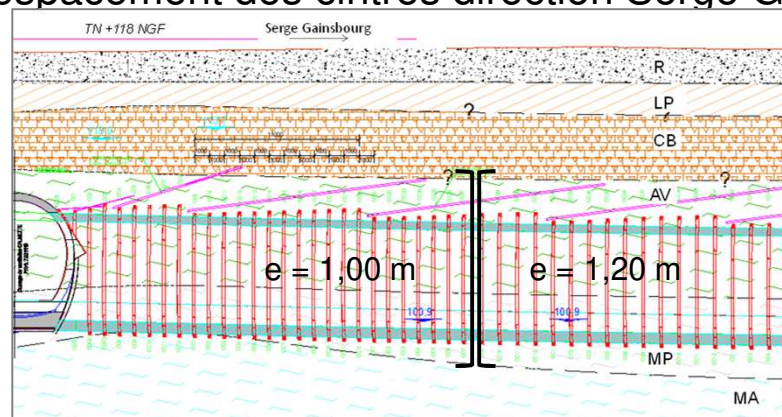
Suivi des travaux

Adaptations de la méthode

- Angle de tir de la voute parapluie : 4 °-> 8 °



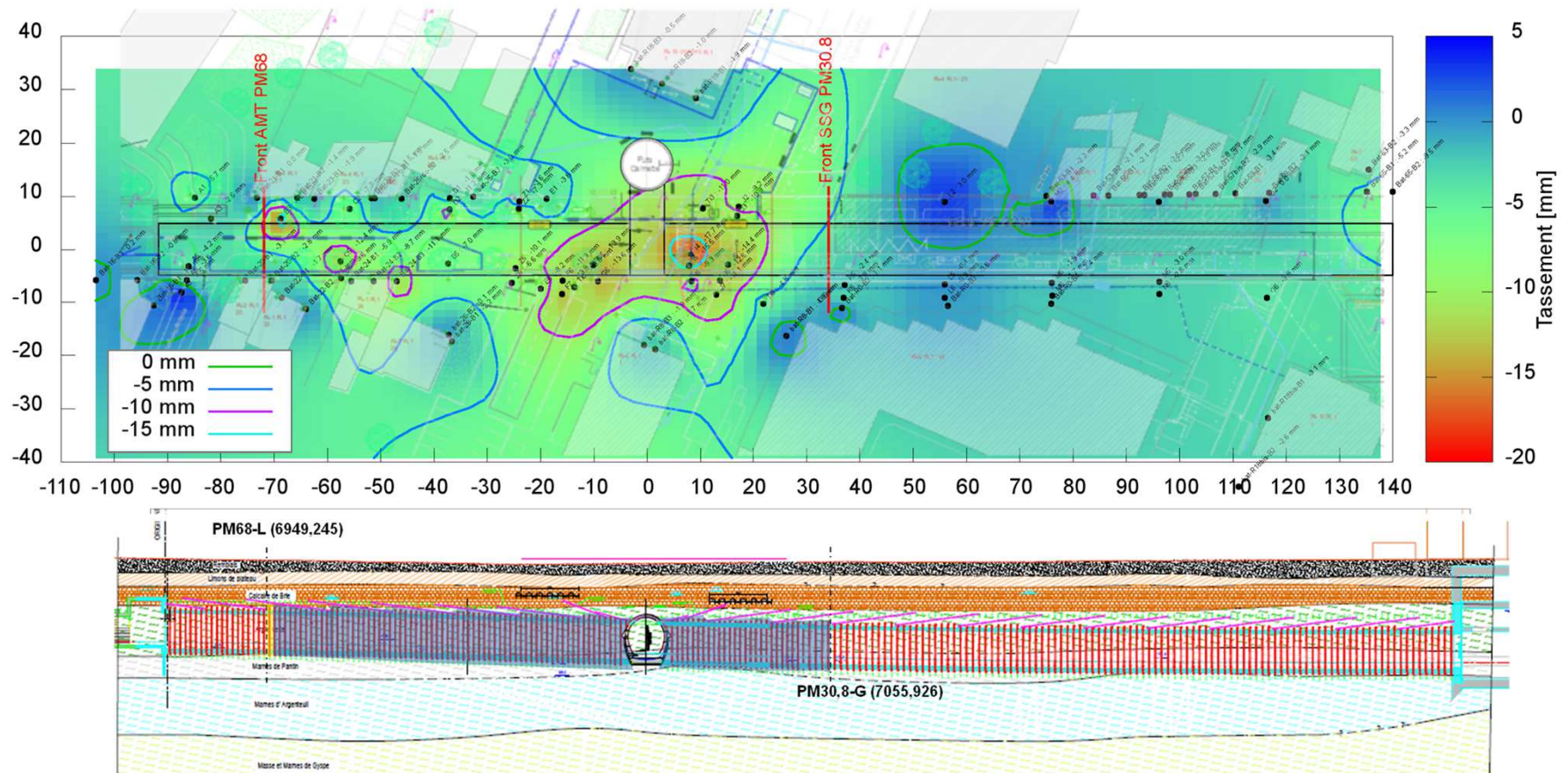
- Optimisation de l'espacement des cintres direction Serge Gainsbourg : 1 m -> 1,20 m



Suivi des travaux



Analyse journalière de l'auscultation : Cibles topographiques en surface

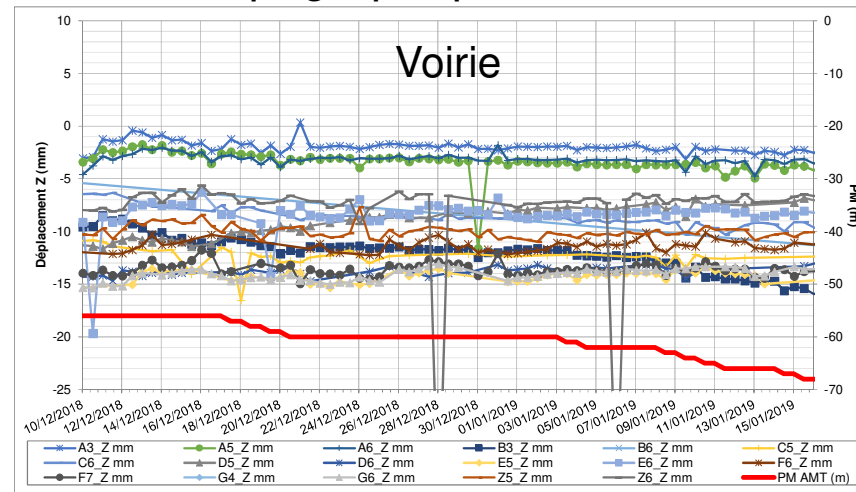
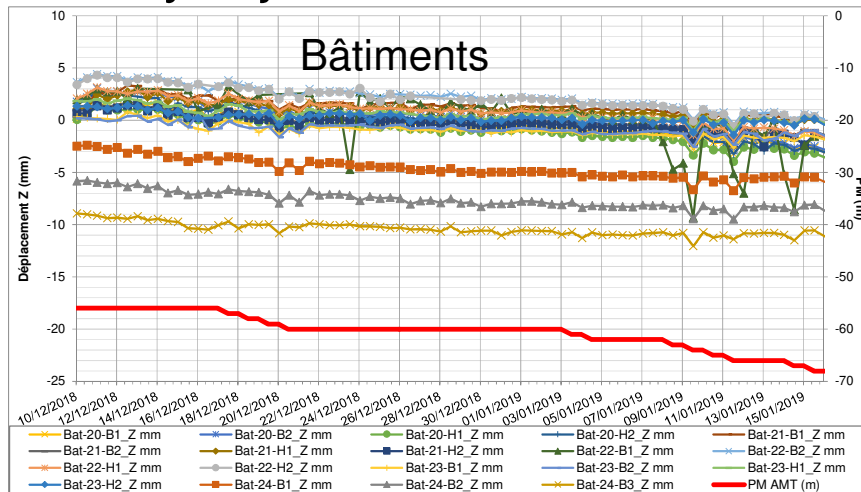


Exemple le 15/01/19 – attaque côté lilas front au PM 68

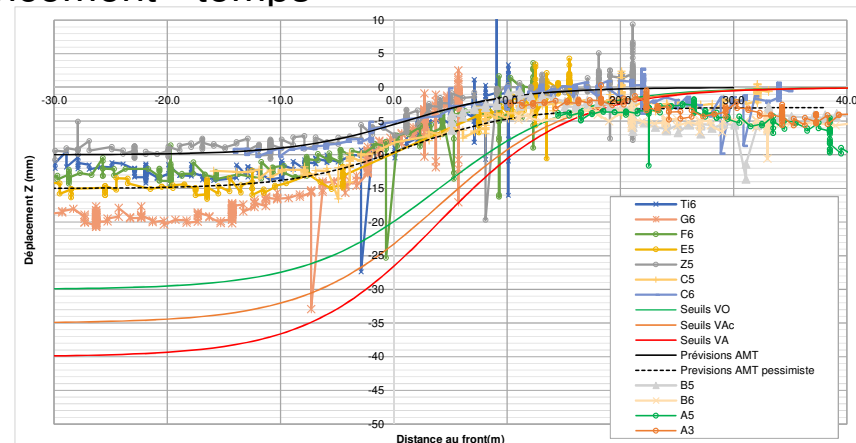
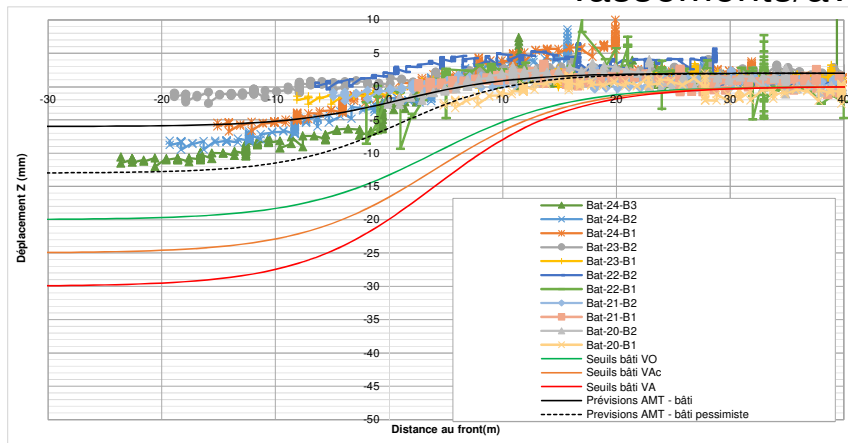
Suivi des travaux



Analyse journalière de l'auscultation : Cibles topographiques en surface



Tassements/avancement - temps



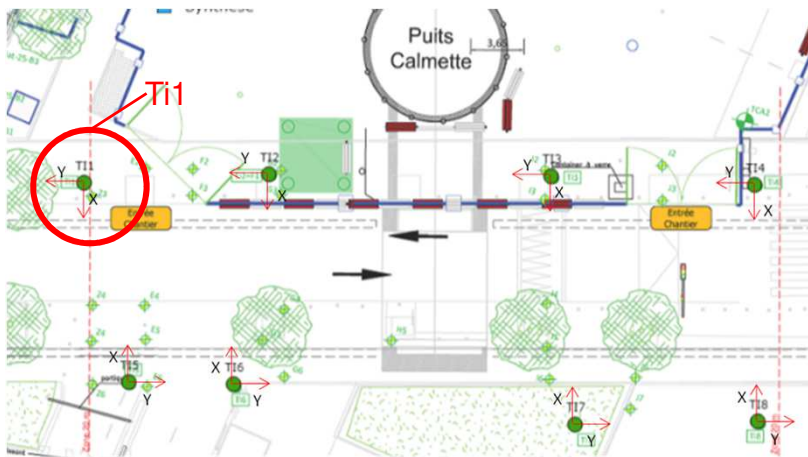
Tassements – distance au front, prévision et comparaison avec les seuils de pilotage

Journée Technique du CFMS du 21 mars 2019– Grands projets d'infrastructure en Région Parisienne

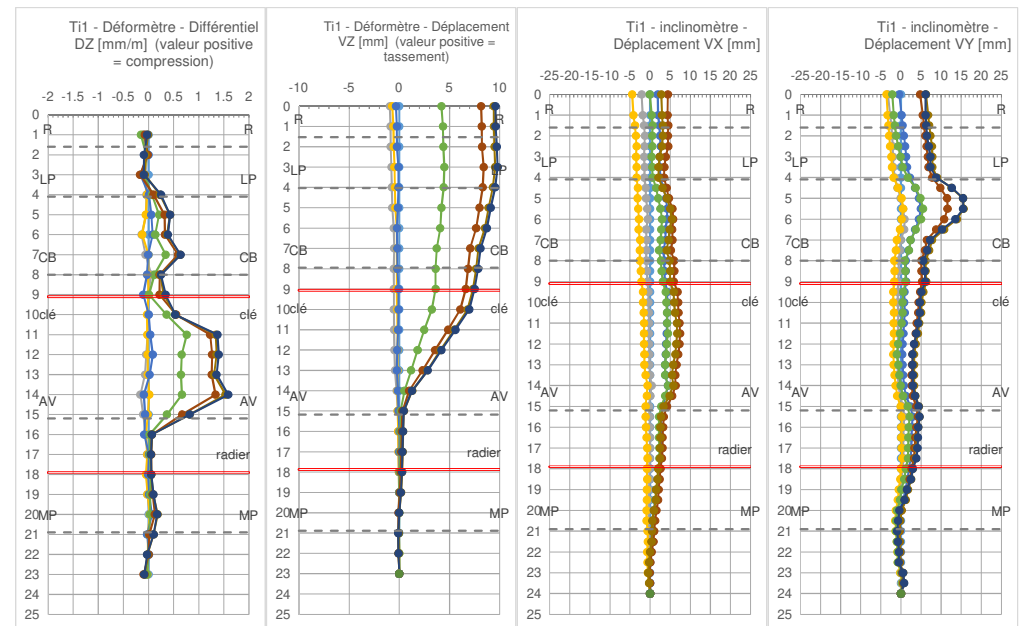
Suivi des travaux



Analyse journalière de l'auscultation : instrumentation en forages



8 inclinomètres + extensomètres



Arrivée du front au droit de T11



Front à 24 m devant T11

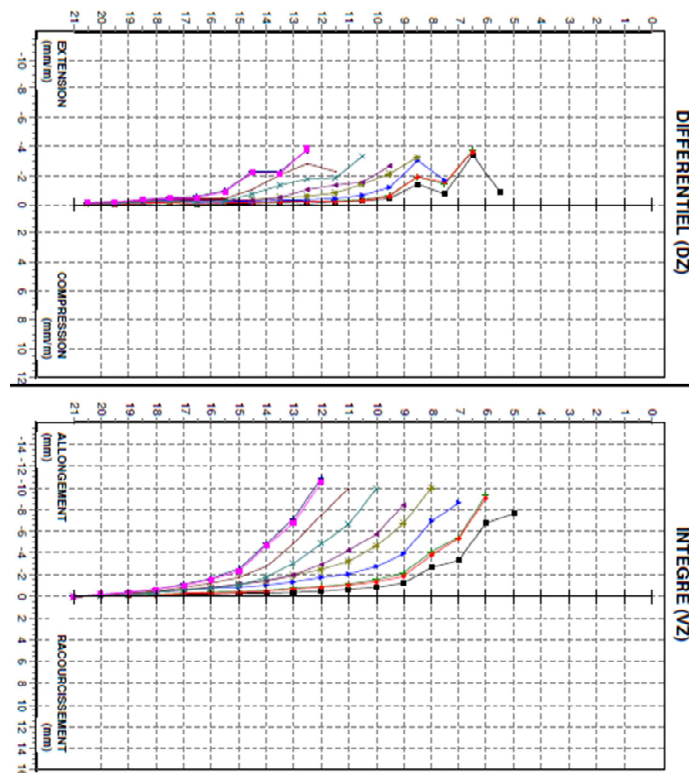
Forage T11

Suivi des travaux



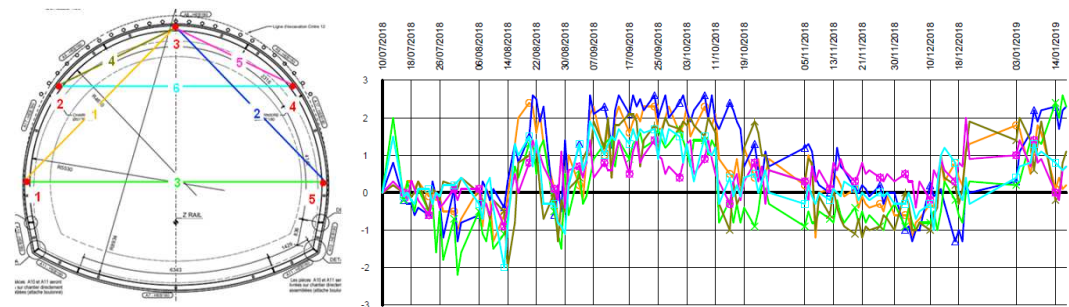
Analyse journalière de l'auscultation : instrumentation en souterrain

Mesure extrusométrique à chaque front

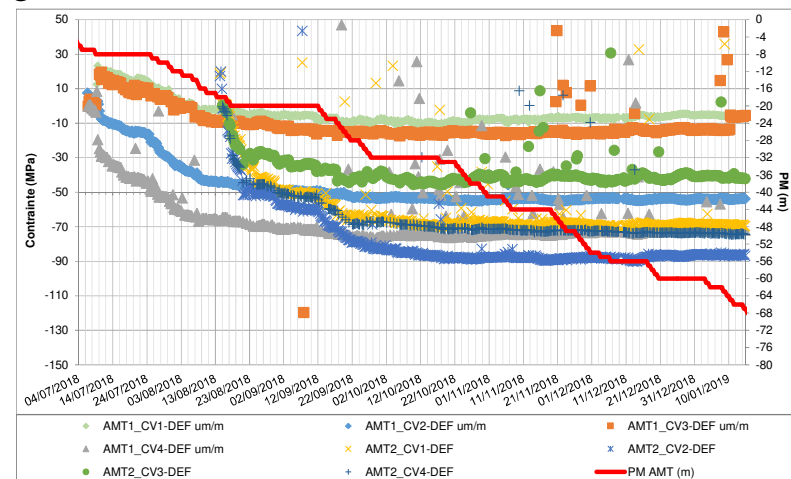


Sections de soutènement instrumentées

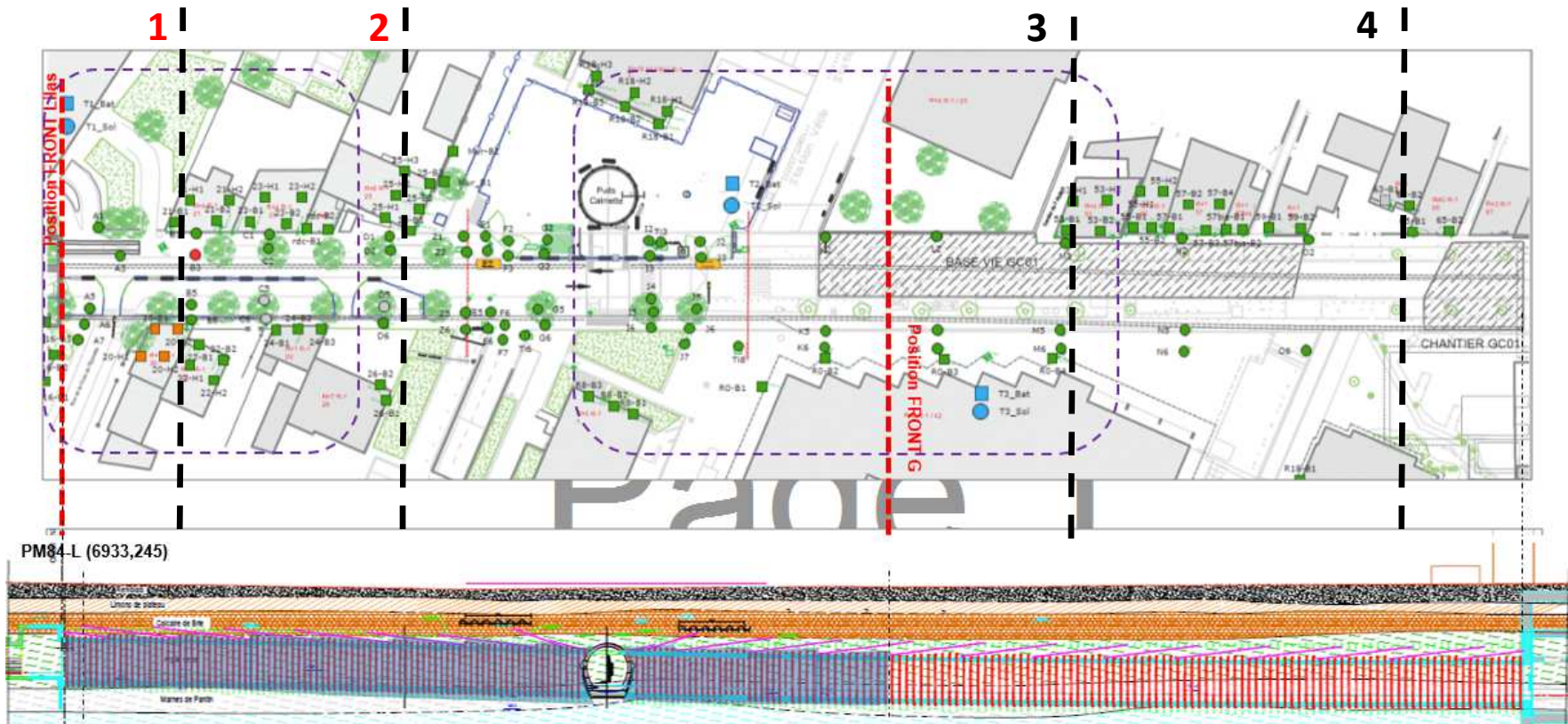
➤ Mesure optique des convergences



➤ Jauge de déformation



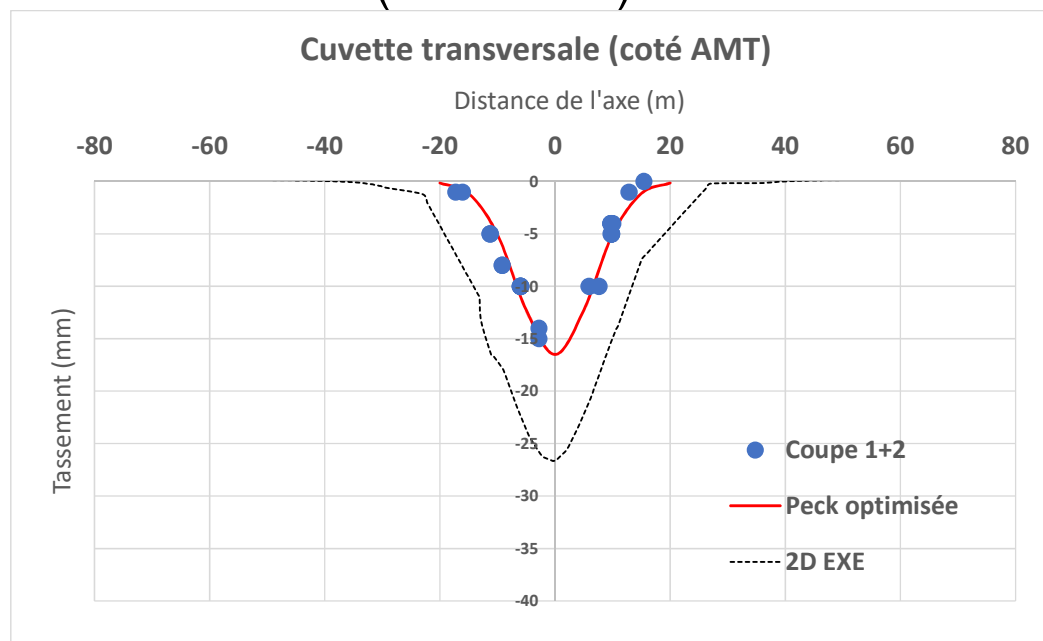
Prévisions vs mesures



Prévisions vs mesures



Tassements mesurés in situ (coté AMT)

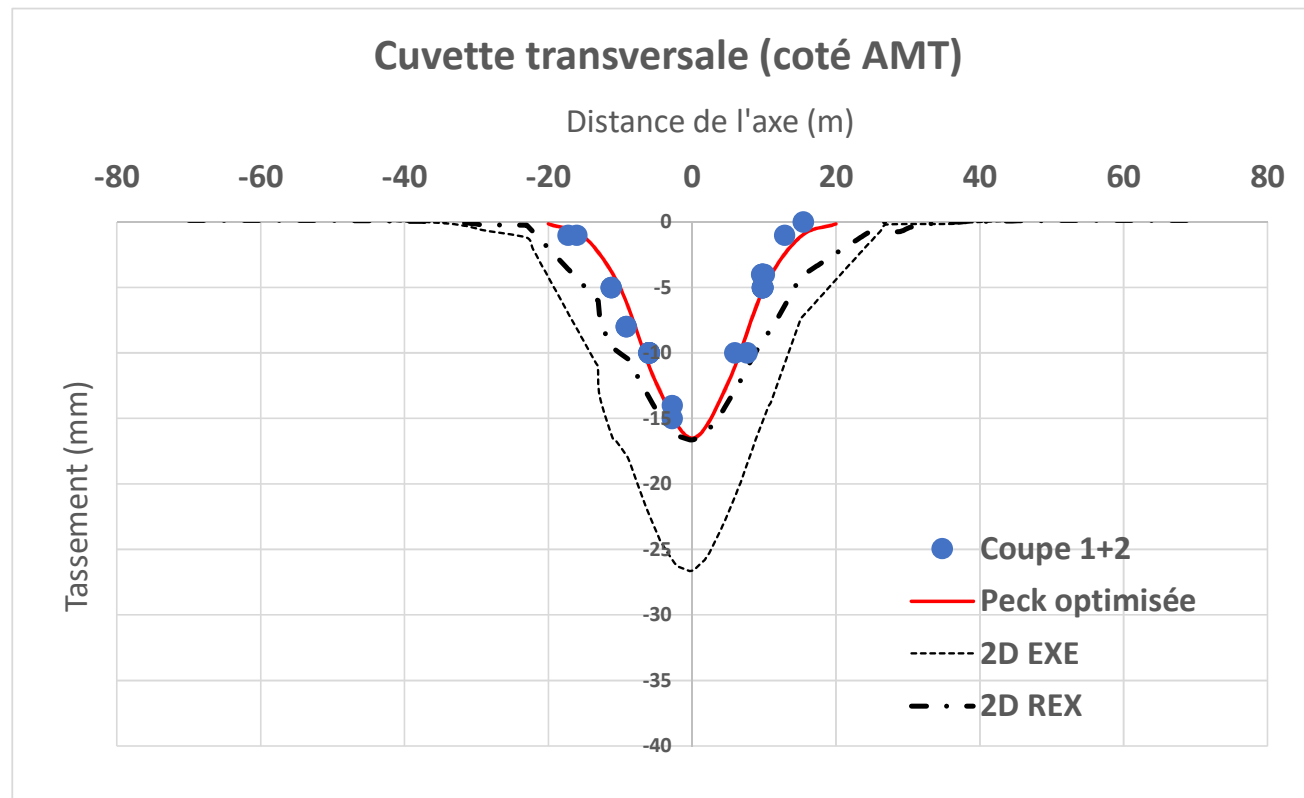


	Mesure in situ	Etudes EXE
$S_{\text{stabilisé axe}}$ (mm)	17	27
$S_{\text{front}}/S_{\text{stabilisé}}$ (%)	60 – 70	70 – 75
$S_{\text{‰}}$ (‰)	1.6	1.4
i (m)	6.5	10

Prévisions vs mesures



Première retro-analyse sur les tassements mesurés in situ

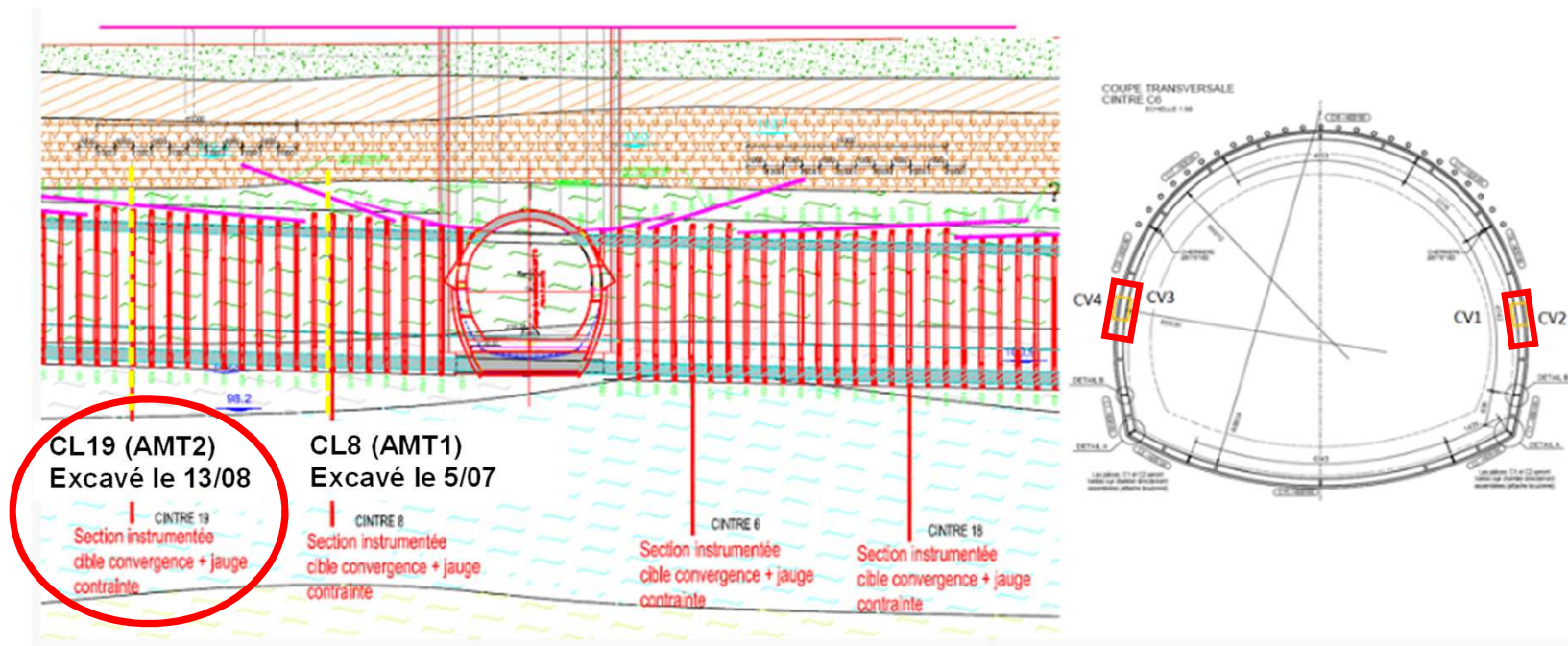


Recalage des modules de déformation: AV ($E \cdot 1.5$) et CB ($E \cdot 2$)

Prévisions vs mesures



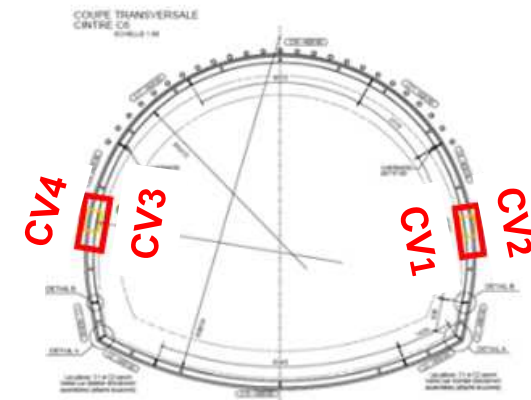
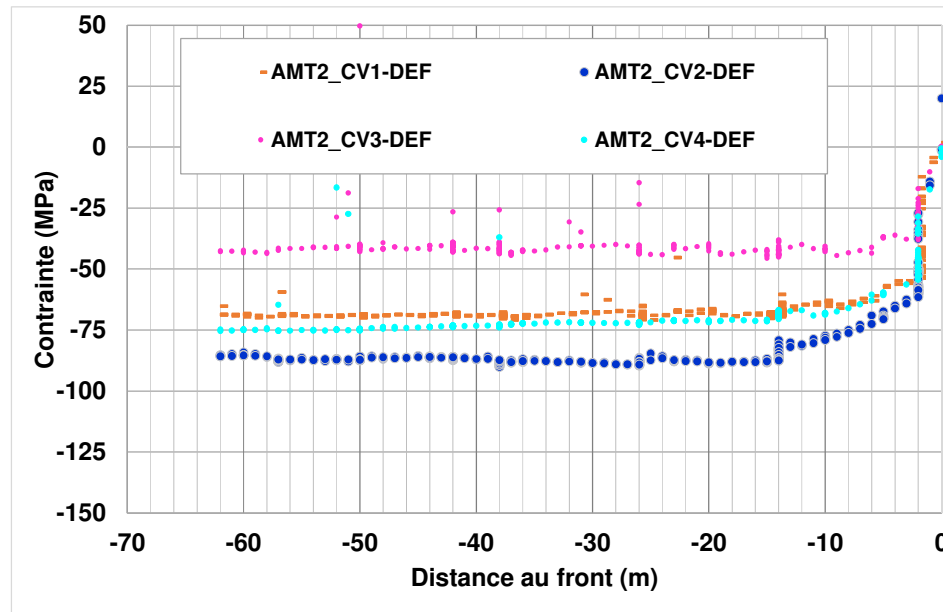
Sollicitations dans le soutènement: jauges de contraintes sur les cintres



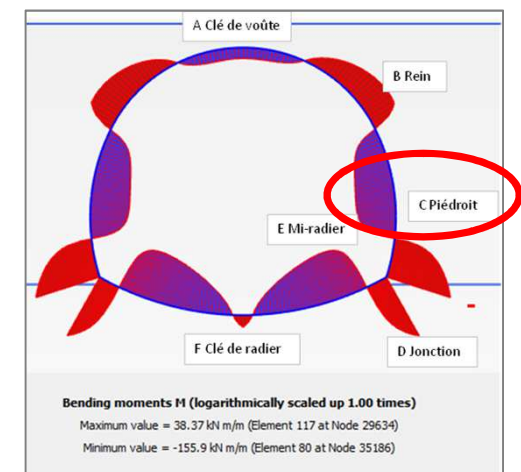
Prévisions vs mesures



Sollicitations du soutènement: jauges de contraintes sur les cintres



Compression	Mesure in situ	Etudes EXE
Extrados (MPa)	75 - 90	90
Intrados (MPa)	40 - 65	40



Conclusions



- **Etudes EXE:** utilisation de plusieurs approches, de l'analytique au 3D, pour justifier les choix constructifs et aider au pilotage/suivi des travaux
- **REX du creusement coté AMT:**
 - Géologie à front favorable et venues d'eau très limitées (Marnes de Pantin)
 - Bonne stabilité à court terme des Argiles Vertes
 - Réaction du massif assez homogène sur tout le linéaire
 - Tassements maîtrisés vis-à-vis des seuils et des prévisions
 - Méthode voûte parapluie + boulons de front + cintres lourds adaptée au contexte

➡ Optimisation du soutènement côté Serge Gainsbourg (méthode observationnelle)
- **Retro-analyses:**
 - Analyse en contraintes totales montre que les paramètres géotechniques étaient probablement sécuritaires mais l'ordre de grandeur des prévisions est bon
 - Faible perméabilité des argiles → création de sur et sous-pression d'eau :
 - comportement stable et plus raide à court terme (front de taille)
 - tassement total comprend aussi celui lié à la dissipation des sur-pressions d'eau

➡ comportement non drainé avec analyse en contraintes effectives...



Merci pour votre attention !



C. DANO / JP. JANIN (SETEC - TERRASOL)

