

## Webinaire du 29/01/21

# Sujet de l'exercice de prévision de l'impact d'un tunnelier sur une fondation profonde (projet TULIP)



*N. Berthoz  
A. Michalski*



*D. Branque  
(A. Michalski)*



*C. Kreziak  
N. Amin  
L. Soyez*



*E. Bourgeois  
A. Le Kouby  
F. Szymkiewicz  
W. Mohamad*

# Rappel de la problématique

Zones urbaines = terrains alluvionnaires, meubles et aquifères.

Emploi de tunneliers  
à front pressurisé

Bâtiments ou ouvrages d'art  
fondés profondément



Le tunnelier « Armelle » (L16-1) avant son départ.

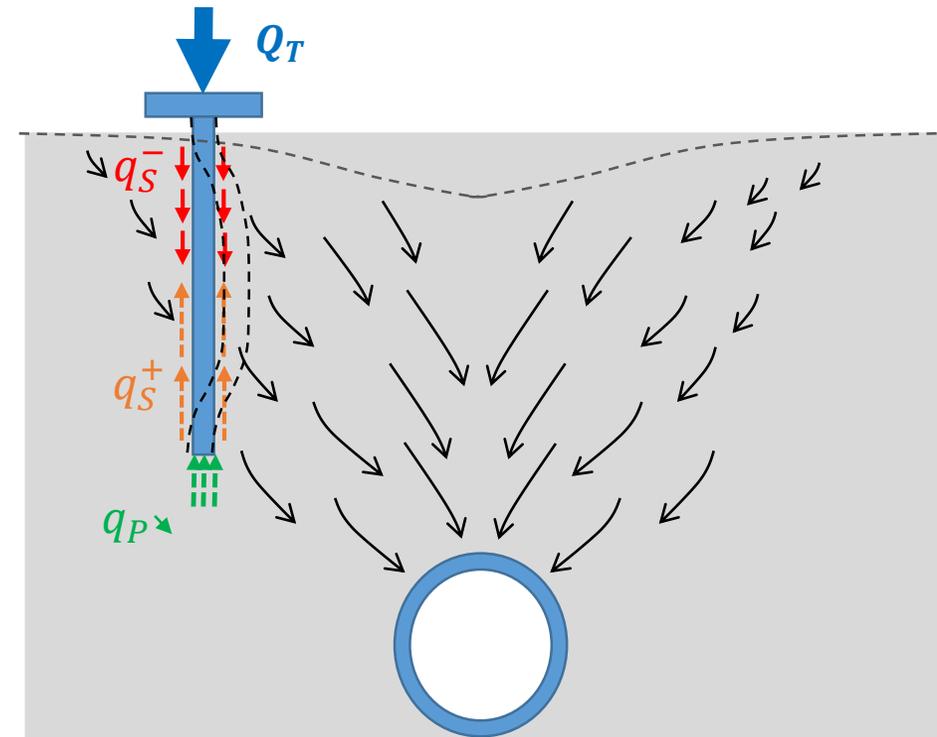


Schéma de principe de l'impact du creusement sur un pieu.

# Rappel du contenu scientifique du projet TULIP

Thèse A. Michalski  
(ENTPE/CETU)  
*Oct 2019 – Oct 2022*

Thèse W. Mohamad  
(UGE)  
*Oct 2019 – Oct 2022*

Une expérimentation  
en vraie grandeur  
*Sept 2019 – Juil 2020*

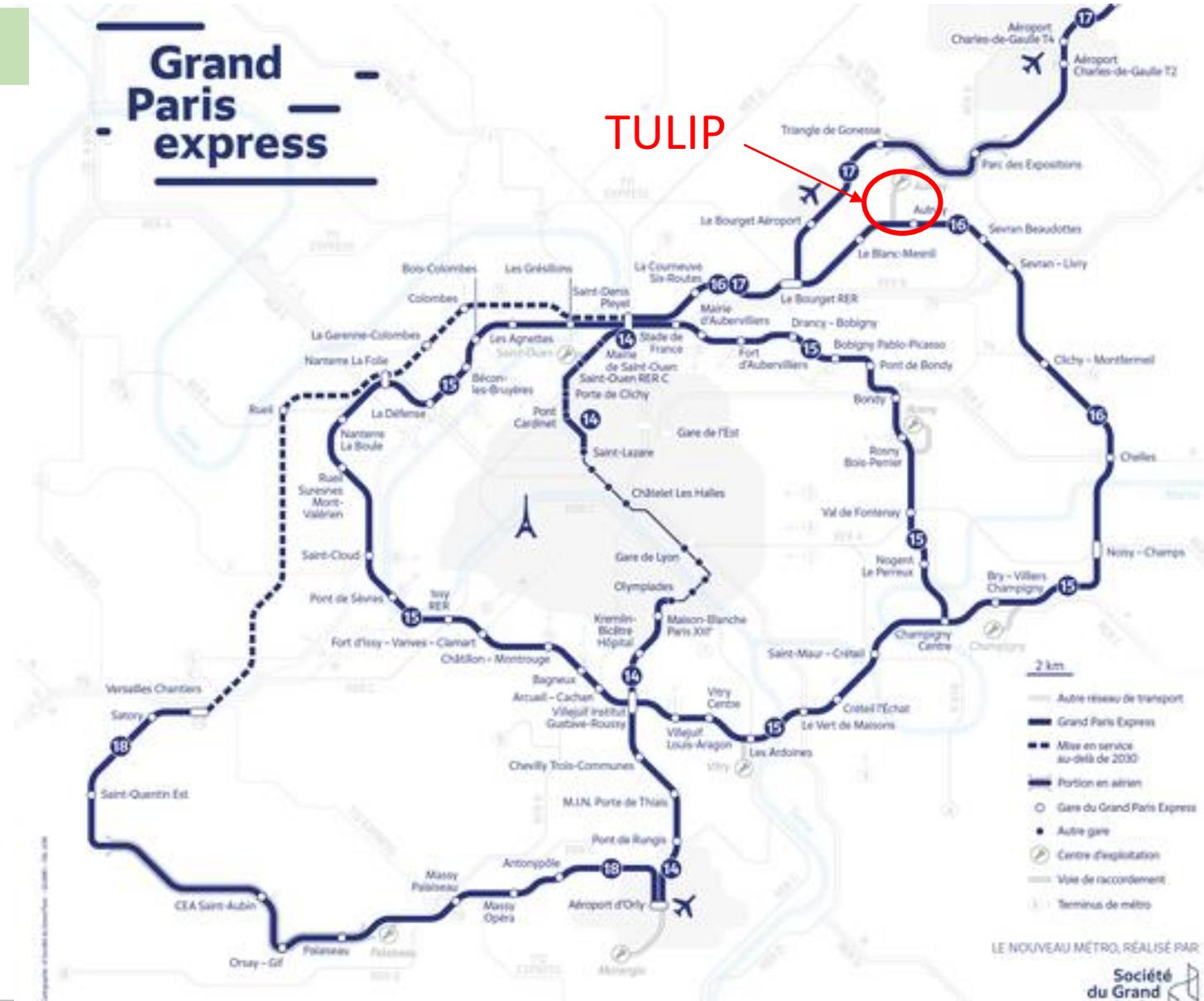
Autres données  
d'auscultation  
(GPE + Littérature)

Exercice de prévision  
*Janv 2021 – Oct 2021*

« Guide de bonnes pratiques » - 2023

# Présentation de l'expérimentation

## LOCALISATION



## Calendrier de mises en service





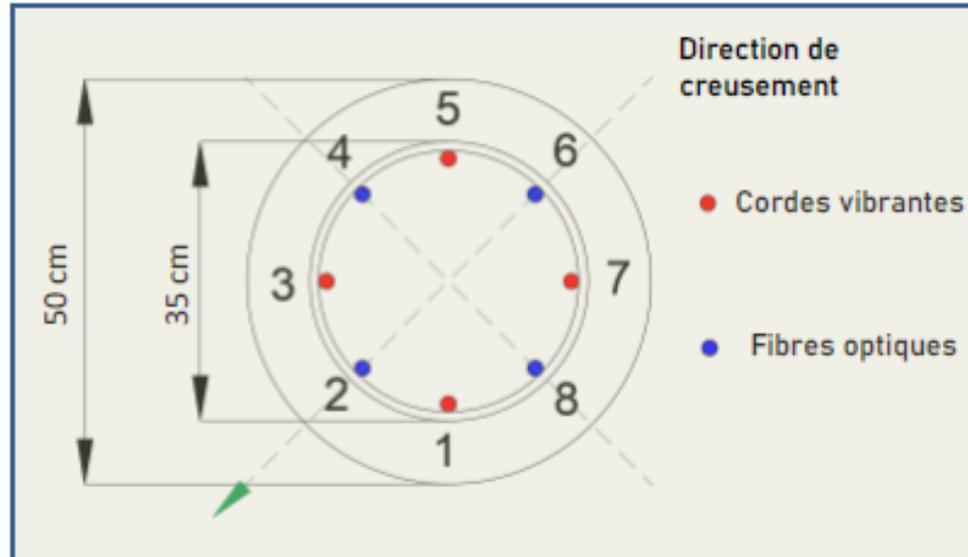


## LOCALISATION

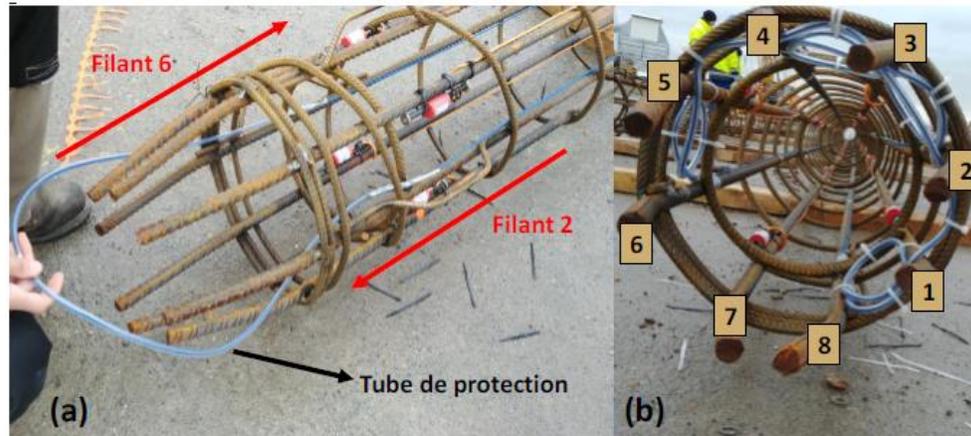
## GEOMETRIE

## INSTRUMENTATION DU TERRAIN

## INSTRUMENTATION DES PIEUX



*Coupe transversale d'un pieu*



*Photographie des fibres optiques*



*Photographie d'un capteur à corde vibrante*



*Photographie de la tête du pieu P3.*

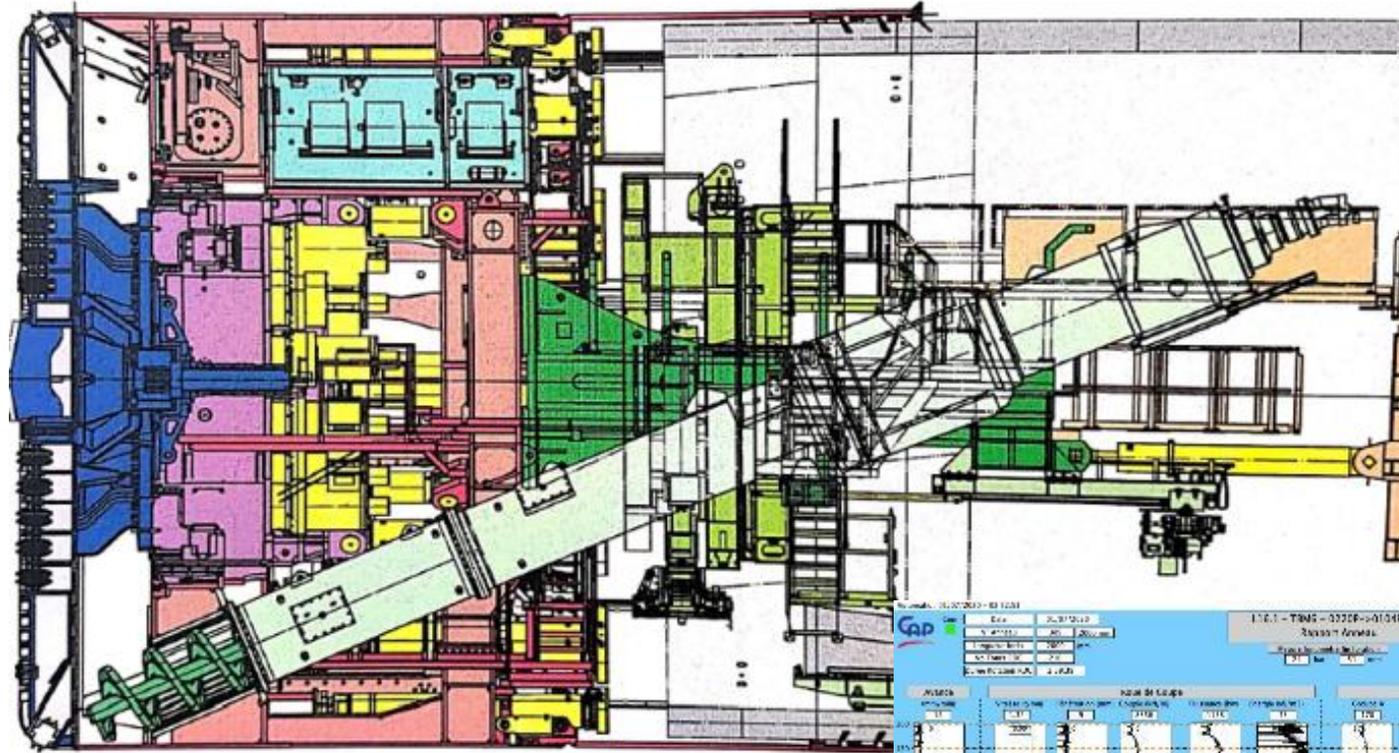
LOCALISATION

GEOMETRIE

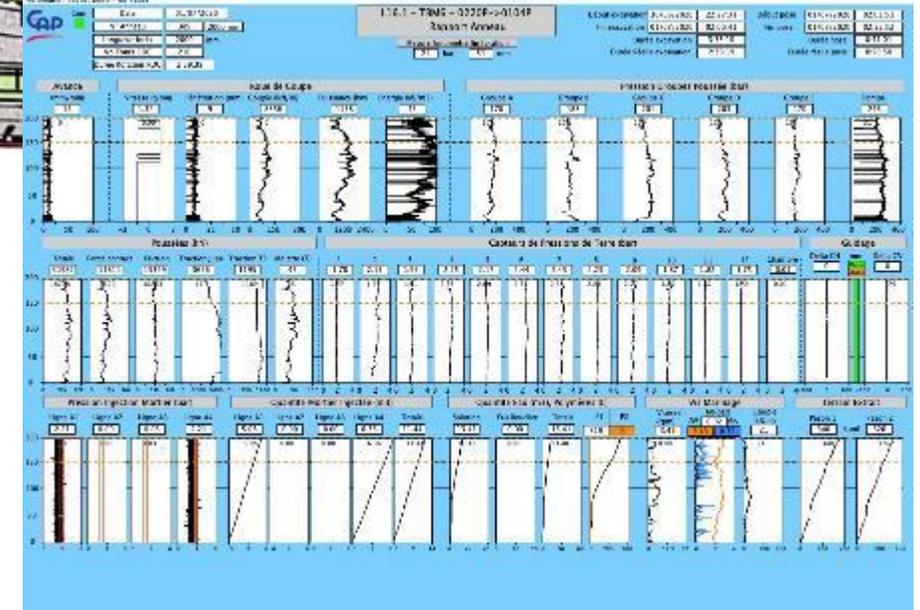
INSTRUMENTATION  
DU TERRAIN

INSTRUMENTATION  
DES PIEUX

INSTRUMENTATION  
DU TUNNELIER



*Coupe du tunnelier*



*Exemple de rapport d'anneau*

**LOCALISATION**

**GEOMETRIE**

**INSTRUMENTATION  
DU TERRAIN**

**INSTRUMENTATION  
DES PIEUX**

**INSTRUMENTATION  
DU TUNNELIER**

**PLANNING DE  
REALISATION**

**10/12/19** : Réalisation des pieux

**15/01/20** : Début des mesures dans les pieux et le terrain

**Fin janvier 2020** : Construction des massifs de réaction

**26/02/20** : Chargement des pieux

**29/03/20** : Arrêt des mesures (pieux et terrain) et déchargement partiel des pieux

**04/05/20** : Reprise des mesures

**27/05/20** : Rechargement des pieux

**03 au 08/07/20** : Passage du tunnelier sous l'expérimentation

**26/07/20** : Arrêt des mesures, puis démontage de l'expérimentation

# Objet de l'exercice de prévision

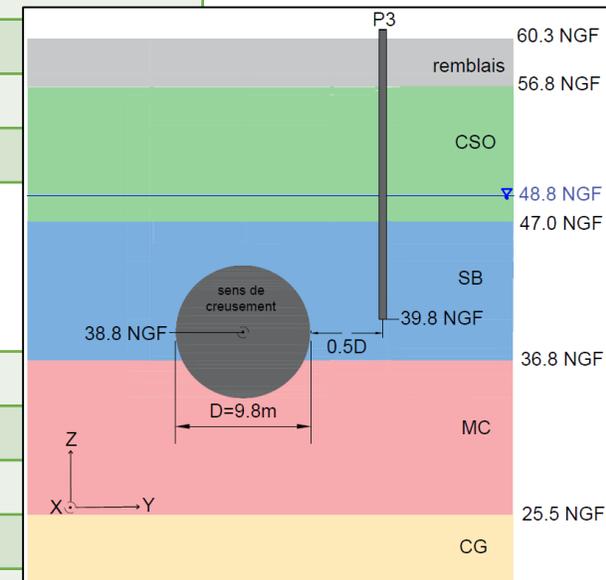
## Impact du tunnelier sur le pieu P3

<b>Etat initial (après chargement)</b>	<b>Effort normal <math>N_{ini}</math></b> dans le pieu P3 à différentes profondeurs* par rapport à la surface (-1 m, -4 m, -7 m, -10 m, -13 m, -16 m et -19 m)
<b>Etat final (loin à l'arrière du front)</b>	<b>Tassement maximal en surface</b> du terrain « en champ libre » (à 10 m du pieu P3) $u_{zmax-terrain}$
	<b>Distances transversales Y</b> pour lesquelles le tassement en surface vaut 60 % ( $= i_y$ ) et 30 % du tassement maximal (dans l'axe) : $Y_{60\%-uzmax}$ , $Y_{30\%-uzmax}$
	<b>Tassement maximal de la tête</b> du pieu P3 $u_{zmax-P3}$
	<b>Effort normal <math>N_{fin}</math></b> dans le pieu P3 à différentes profondeurs*
	<b>Moment fléchissant transversal <math>M_{x-fin}</math></b> dans le pieu P3 à différentes profondeurs*

### En option :

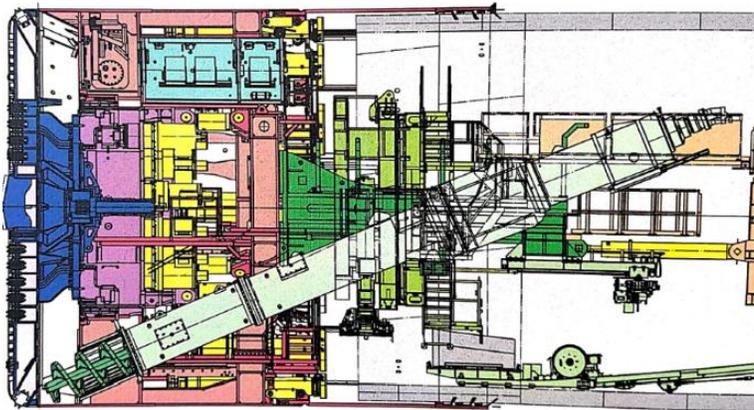
<b>Etat final (loin à l'arrière du front)</b>	<i>Déplacement horizontal longitudinal maximal en surface « en champ libre » <math>u_{xmax-terrain}</math></i>
	<i>Déplacement horizontal transversal maximal en surface « en champ libre » <math>u_{ymax-terrain}</math></i>
	<i>Déplacement horizontal longitudinal de la tête du pieu P3 <math>u_{xmax-P3}</math></i>
	<i>Déplacement horizontal transversal de la tête du pieu P3 <math>u_{ymax-P3}</math></i>
	<i>Moment fléchissant longitudinal <math>M_{y-fin}</math> dans le pieu P3 à différentes profondeurs*</i>

*Ensemble des grandeurs suivantes au cours du creusement :  $X = 1.D$  à l'avant du front de taille, au passage du front de taille ( $X = 0$ ), et  $X = -1.D$  après le passage du front de taille*

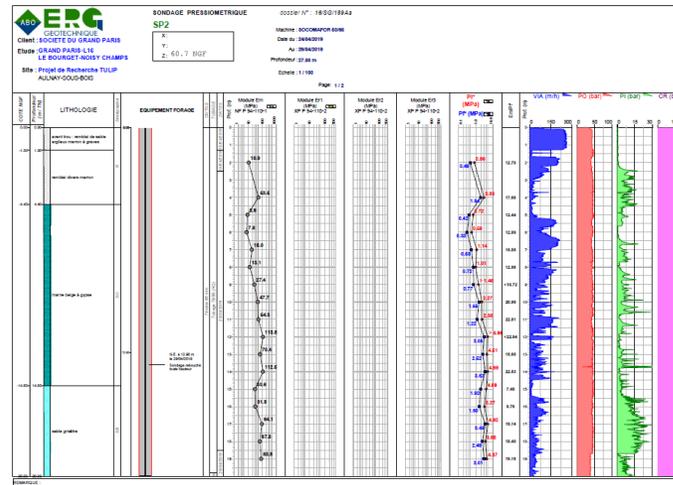


# Données d'entrée

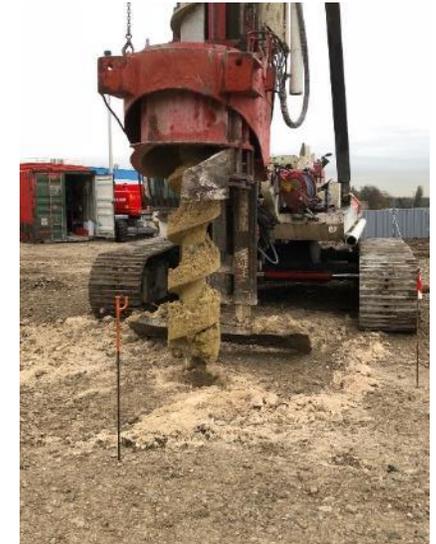
- **Données géotechniques** : modèle géologique, niveau piézométrique, coupe des sondages pressiométriques réalisés dans l'emprise, synthèse des essais de laboratoire...
- **Caractéristiques géométriques du tunnelier** : diamètre excavé, épaisseur des voussoirs, surcoupe & conicité...
- **Conditions de pilotage du tunnelier** : pression dans la chambre, effort dans l'arbre de la roue de coupe, pressions d'injection du mortier...
- **Caractéristiques du pieu et charge en tête** : diamètre, mode de réalisation, charge en tête, module d'Young mesuré...



Coupe du tunnelier



Coupe du sondage pressiométrique SP2



Forage à la tarière

# Modalités pratiques

- **Type de méthode de calcul laissé libre :**

- Semi-empirique / analytique / numérique
- 2D / 3D

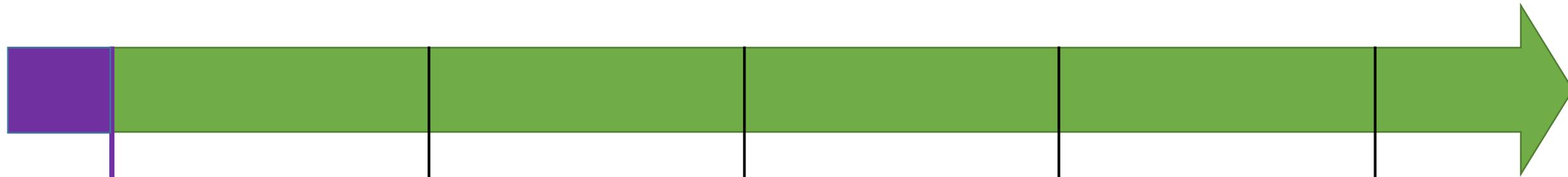
- **Nature des rendus :**

- Note de calcul (.pdf) décrivant précisément les hypothèses effectuées et les résultats obtenus,
- Fichier .xls contenant les résultats essentiels des calculs.

	A	B	C	D	E
5		<b>Nom du candidat (abrégé) :</b> <span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>			
6		Merci d'indiquer "Ph1" ou "Ph2" dans le nom du fichier, ainsi que le nom de votre entreprise. Merci également de ne pas apporter de modifications dans cette feuille de saisie (outre le remplissage des champs en jaune bien sûr).			
7					
8	<b>Résumé synthétique de l'approche de calcul retenue (analytique / numérique ; 2D / 3D ; etc.) :</b>				
9					
10					
11	<b>RESULTATS OBLIGATOIRES</b>				
12	<b>Etat initial (avant creusement)</b>	Effort normal dans le pieu P3 à différentes profondeurs par rapport au TN	$N_{mi_{-1m}}$		kN
13			$N_{mi_{-4m}}$		kN
14			$N_{mi_{-7m}}$		kN
15			$N_{mi_{-10m}}$		kN
16			$N_{mi_{-13m}}$		kN
17			$N_{mi_{-16m}}$		kN

*Fichier .xlsx contenant les résultats essentiels.*

# Calendrier



**29/01/21**

**midi**

Webinaire  
CFMS/AFTES  
de présentation  
du sujet et  
réponse aux  
questions

**30/04/21**

Réception des  
réponses n°1

**29/05/21**

Transmission de  
nouveaux  
éléments pour  
recalage des  
modèles (modèle  
géotechnique « de  
référence »,  
cuvette de  
tassement « en  
champ libre »)

**31/07/21**

Réception des  
réponses n°2,  
après recalage

**14/10/21**

**14h00-17h00**

Demi-journée  
technique  
CFMS/AFTES de  
restitution (au CETU) :  
résultats détaillés du  
plot d'essai, synthèse  
générale de l'exercice  
(anonymisée),  
présentations des  
participants  
volontaires



L'école de l'aménagement durable des territoires

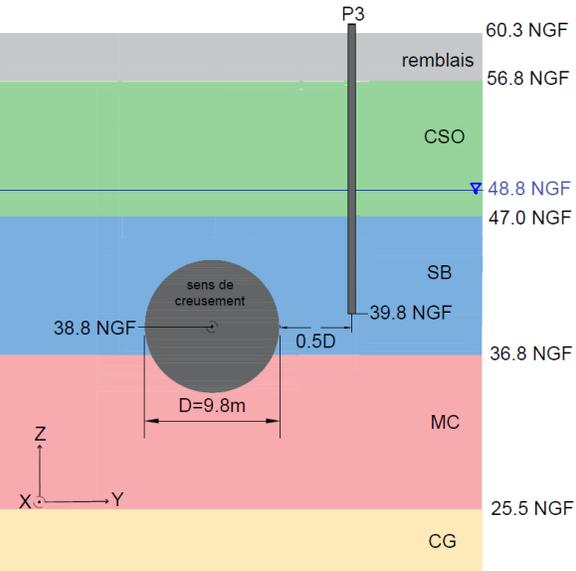


Université  
Gustave Eiffel



ASSOCIATION FRANÇAISE  
DES TUNNELS ET DE  
L'ESPACE SOUTERRAIN

*Avez-vous des  
questions ?*



**VOUS SOUHAITEZ PARTICIPER ?**

Ecrivez-nous avant le **07/02/21** à

[nicolas.berthoz@developpement-durable.gouv.fr](mailto:nicolas.berthoz@developpement-durable.gouv.fr)

pour vous inscrire et recevoir le sujet !