



**Réalisation d'une fouille profonde dans
une géologie complexe le long d'une ligne
ferroviaire en service**

**Maekelberg Wim
Lejeune Colombine
TUC Rail s.a.**

22-02-2013

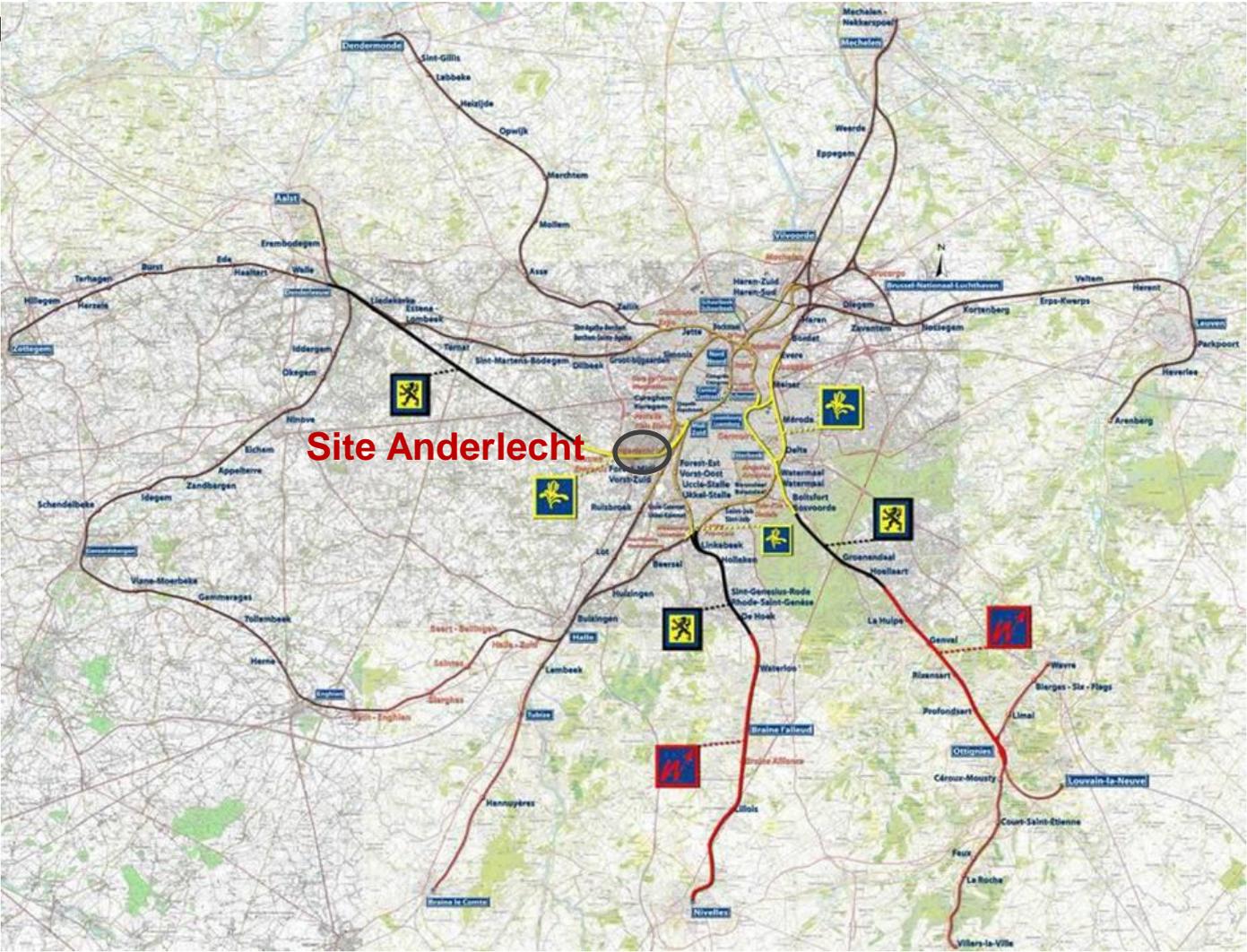


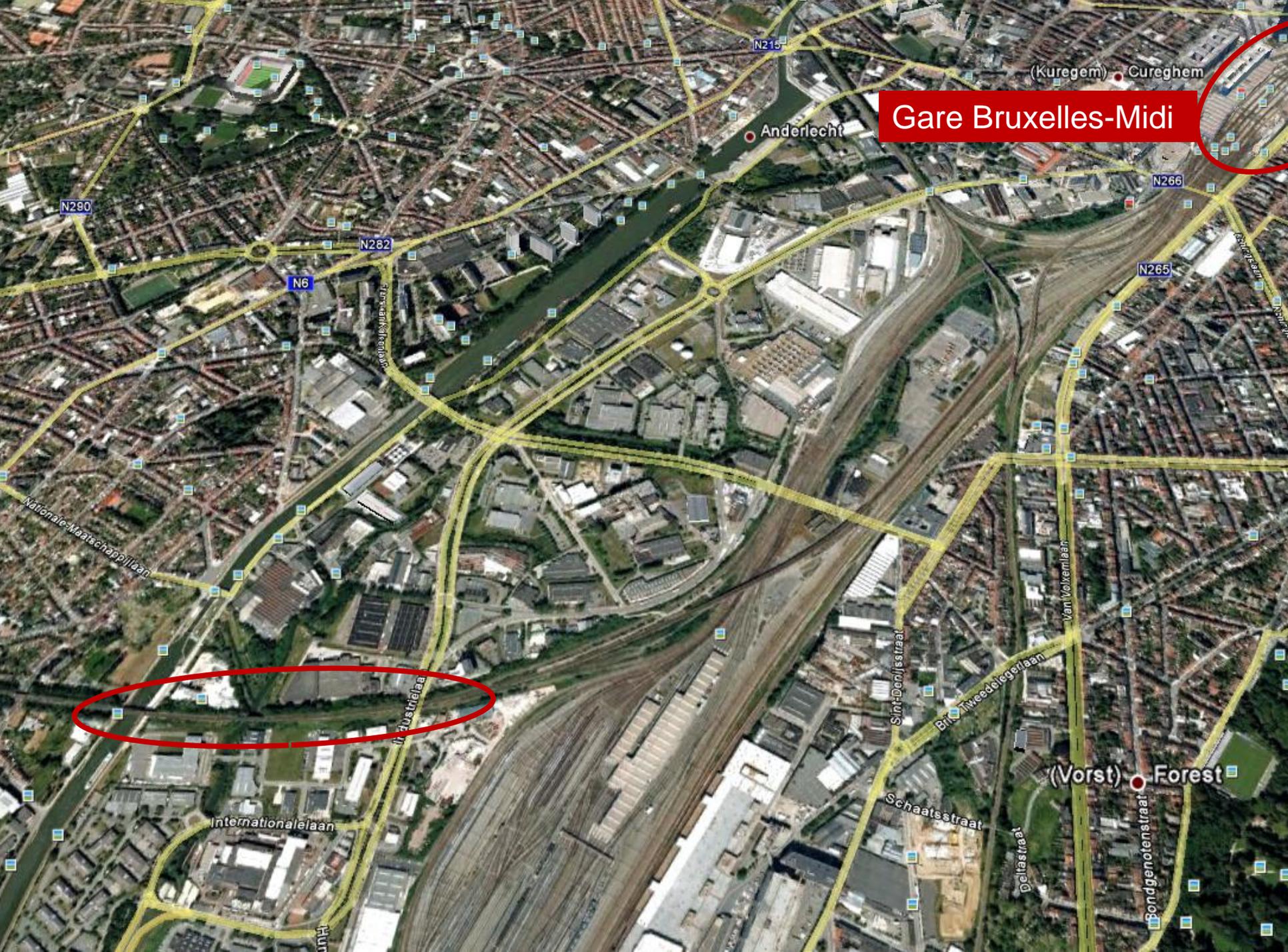
- **Introduction**
- **Travaux à réaliser**
- **Situation géologique**
- **Calcul de la fouille**
- **Monitoring**
- **Conclusions**

Projet RER



TUC RAIL
BELGIAN RAIL ENGINEER





Gare Bruxelles-Midi

Industrielaan

Boulevard Industriel



Table des matières



- **Introduction**
- **Travaux à réaliser**
- **Situation géologique**
- **Calcul de la fouille**
- **Monitoring**
- **Conclusions**



Situation existante



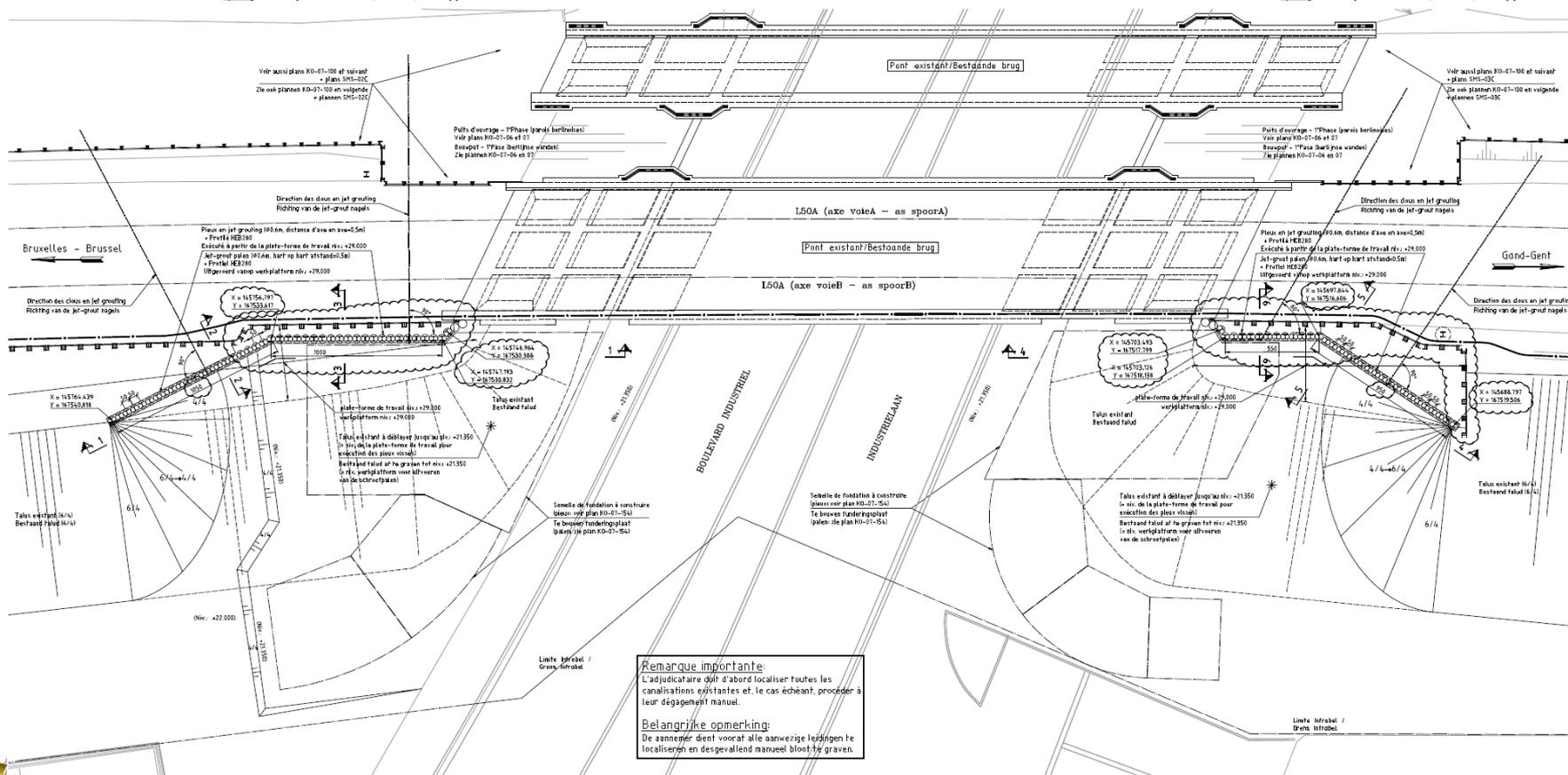
Boulevard Industriel – Vue en plan

Vue en plan – Planzicht 2^ePhase: paroi de pieux et jet grouting
2^ePhase: jef-grout palenwand

Remarque: les ancrages Ubrantli de la paroi berlinoise ne sont pas représentés
Opmerking: de verankeringen Ubrantli van de berlinoise wand zijn niet weergegeven

Echelle: 1/500

Remarque: les ancrages Ubrantli de la paroi berlinoise ne sont pas représentés
Opmerking: de verankeringen Ubrantli van de berlinoise wand zijn niet weergegeven



Remarque importante:
L'adjudicataire doit d'abord localiser toutes les canalisations existantes et, le cas échéant, procéder à leur dégagement manuel.

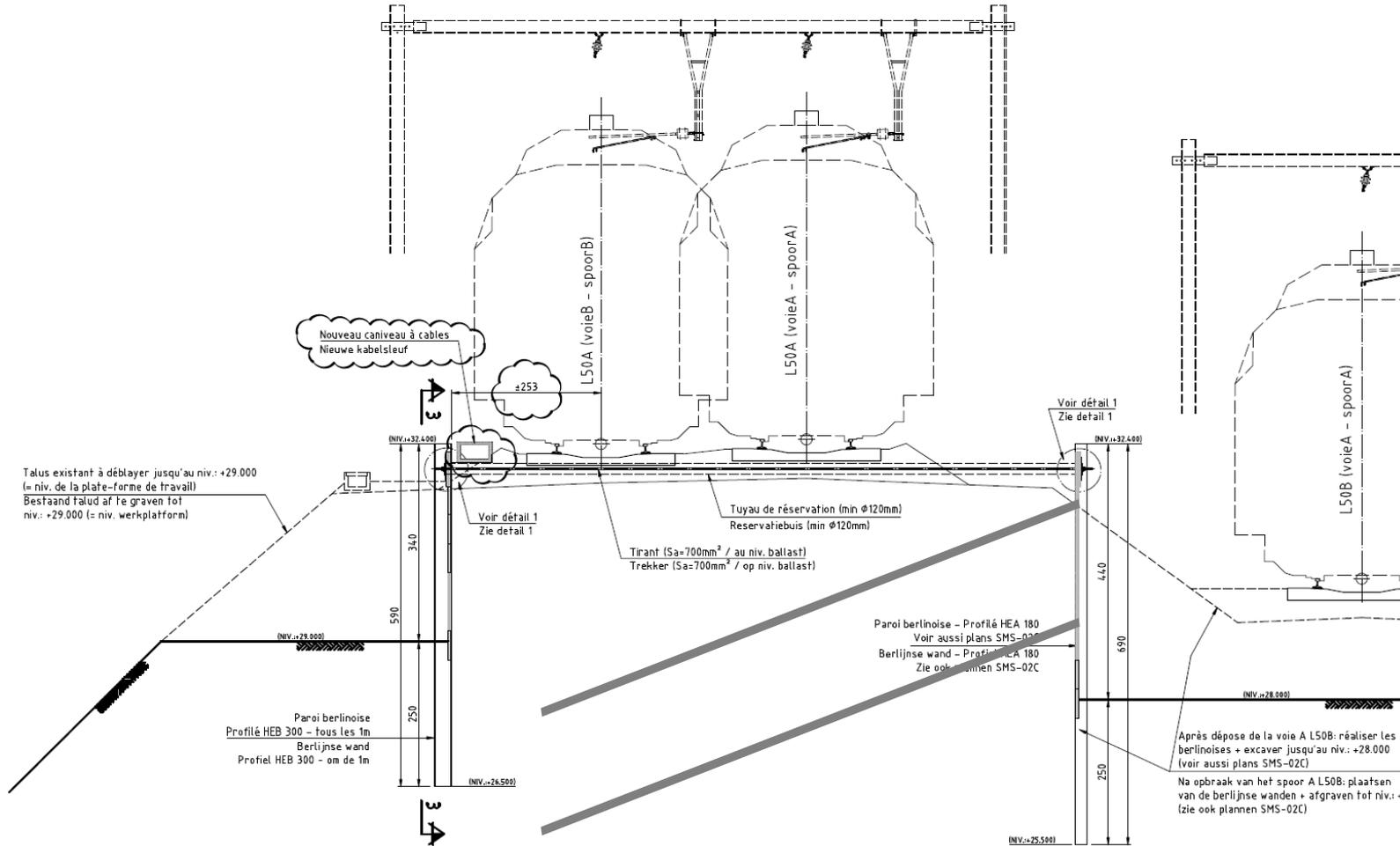
Belangrijke opmerking:
De aanneemer dient vooraf alle aanwezige leidingen te localiseren en desgevallend manueel bloot te graven.



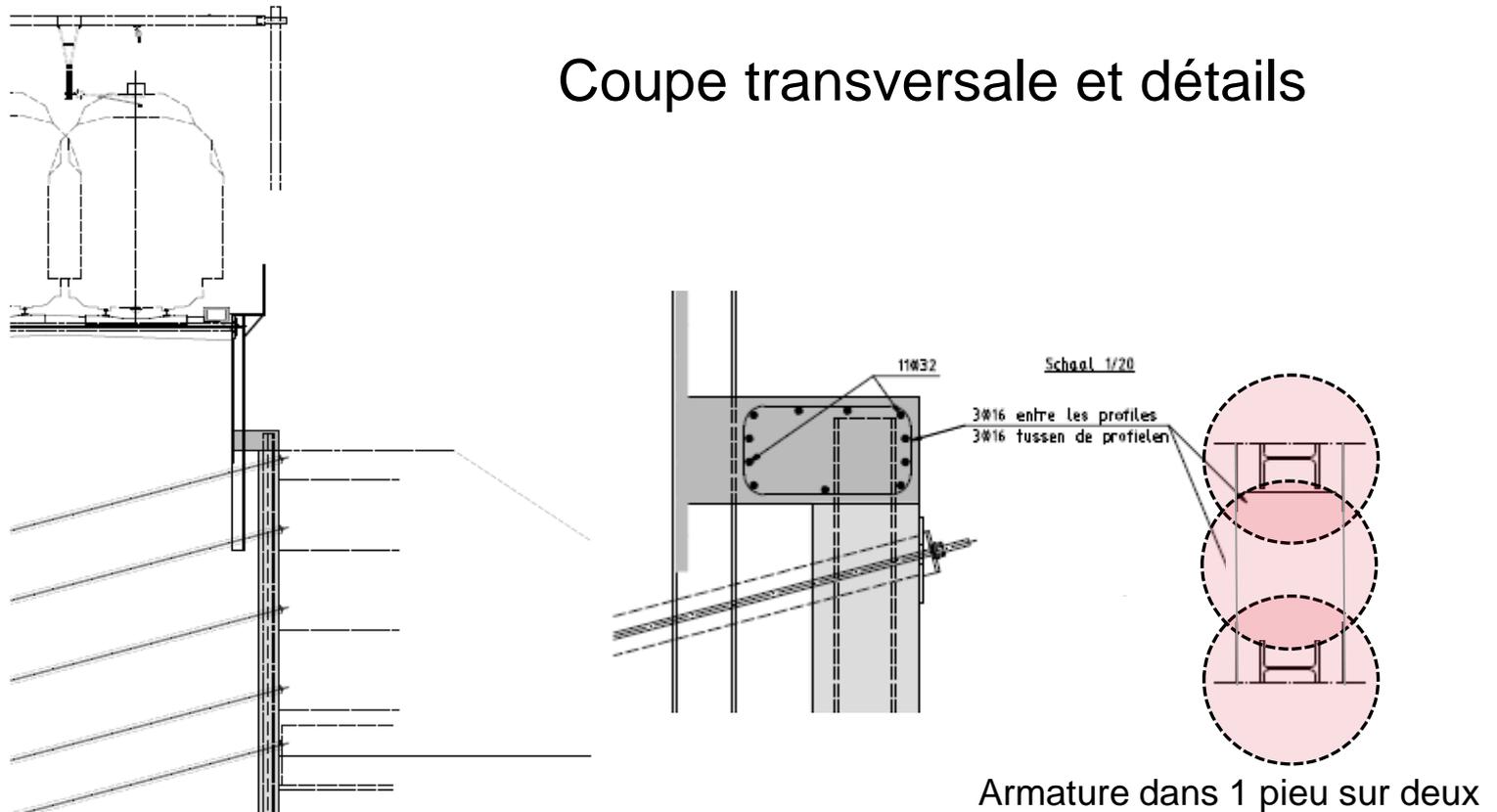
Paroi Berlinoise - Plateforme de travail

Coupe 1 - Doorsnede 1

Echelle-Schaal 1/50



Coupe transversale et détails



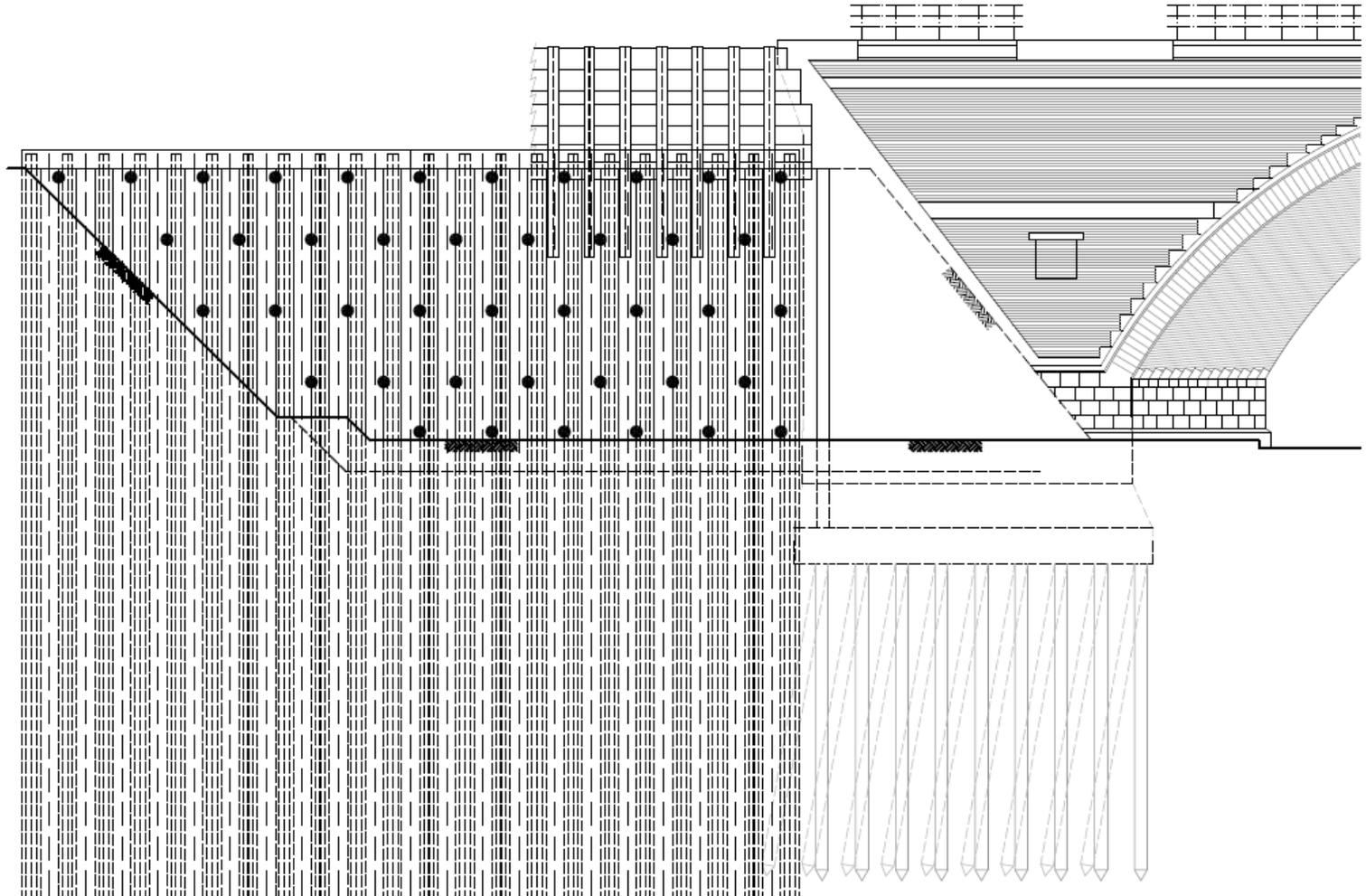
Karakteristieken jet-grout nagels

- ∅ Diamètre nominal des clous / Nominale diameter van de nagels: 30cm
- ∅ Inclinaison / Helling: 15°
- ∅ Entredistance horizontale / Horizontale tussenafstand: 2 m
- ∅ Longueur / Lengte: 17m
- ∅ Acier / Staal
- Section minimale / Minimale sectie: 1300mm²
- Qualité d'acier / Staalkwaliteit : S460 N

Karakteristieken van de groutpalen

- ∅ Diamètre nominal du pieu / Nominale diameter van de paal: 600 mm
- ∅ Niveau d'assise présumé / Vermoedelijk aanzetpeil: +8,50 mTAW
- ∅ Profilés / Profielen: HEB280

Coupe longitudinale – Côté Bruxelles



Coté Bruxelles
Après excavation



Coté Gand
Après excavation

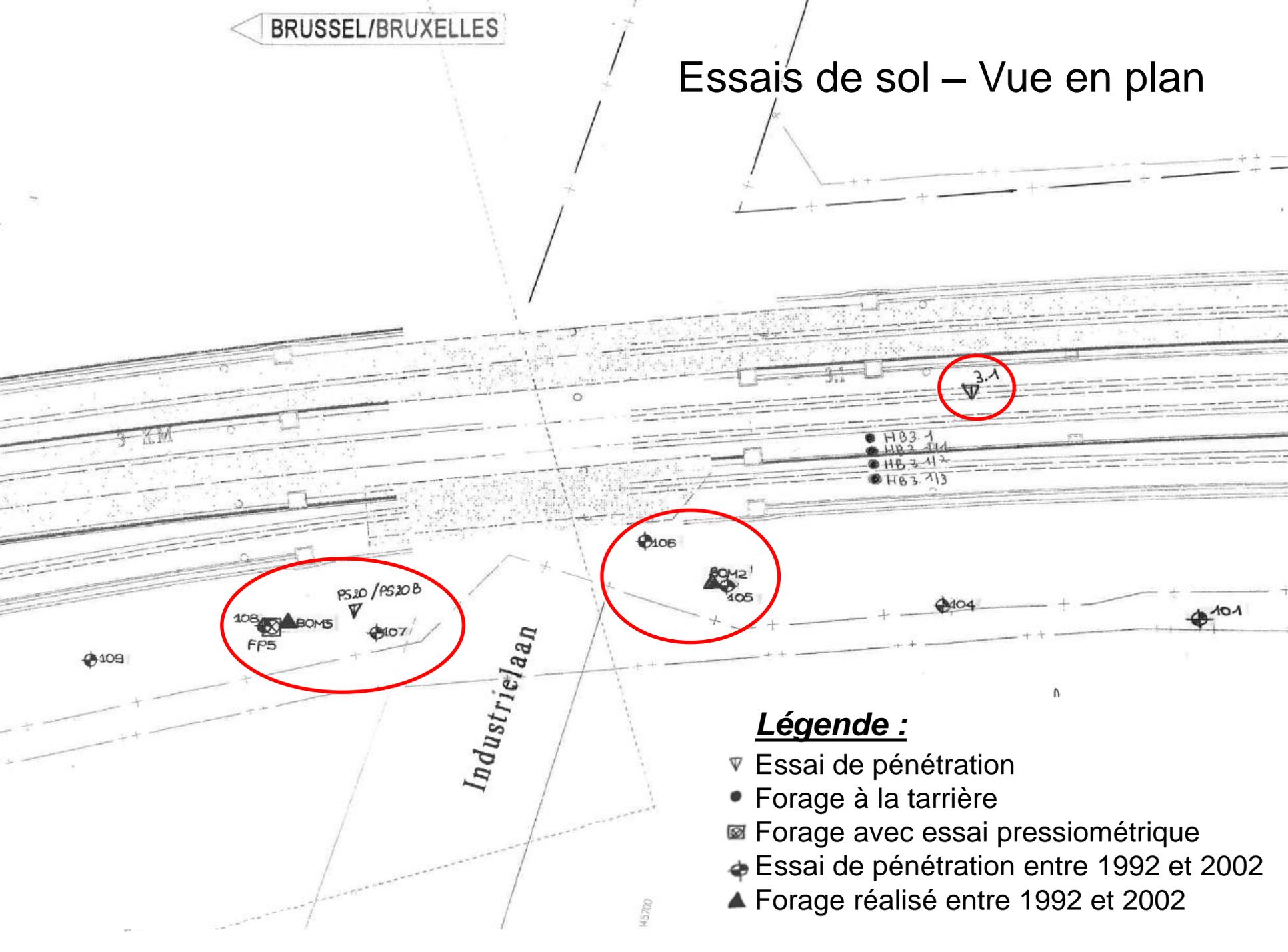


Table des matières



- **Introduction**
- **Travaux à réaliser**
- **Situation géologique**
- **Calcul de la fouille**
- **Monitoring**
- **Conclusions**

Essais de sol – Vue en plan



- HB3-1
- HB3-111
- HB3-112
- HB3-113

- PS20/PS20B
- 108
- FP5
- BOM5
- 107

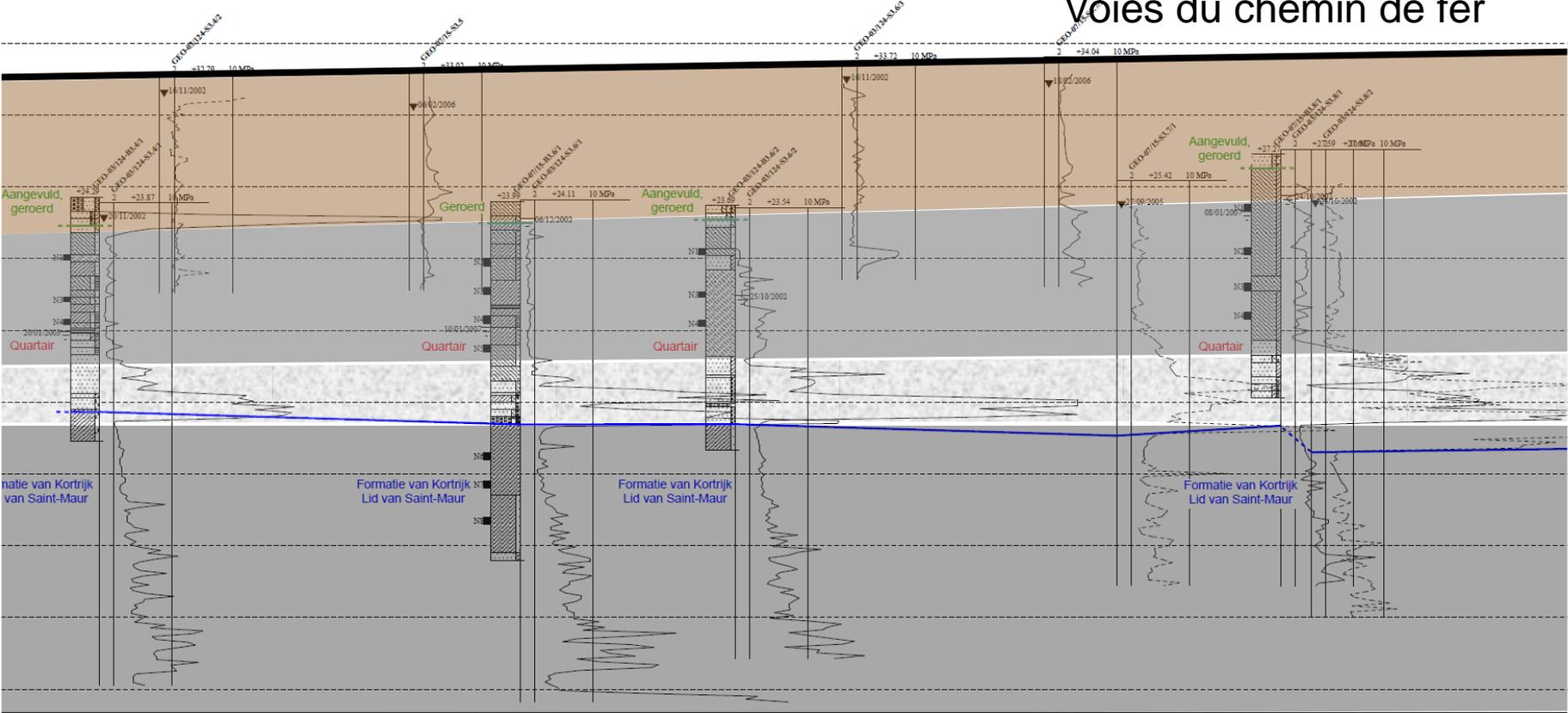
- 106
- BOM2
- 105

Légende :

- ▽ Essai de pénétration
- Forage à la tarière
- ☒ Forage avec essai pressiométrique
- ⊕ Essai de pénétration entre 1992 et 2002
- ▲ Forage réalisé entre 1992 et 2002

Profil géologique

Voies du chemin de fer





Etude du sous-sol

Essais de pénétration statique

Remblai ferroviaire
Limon sableux

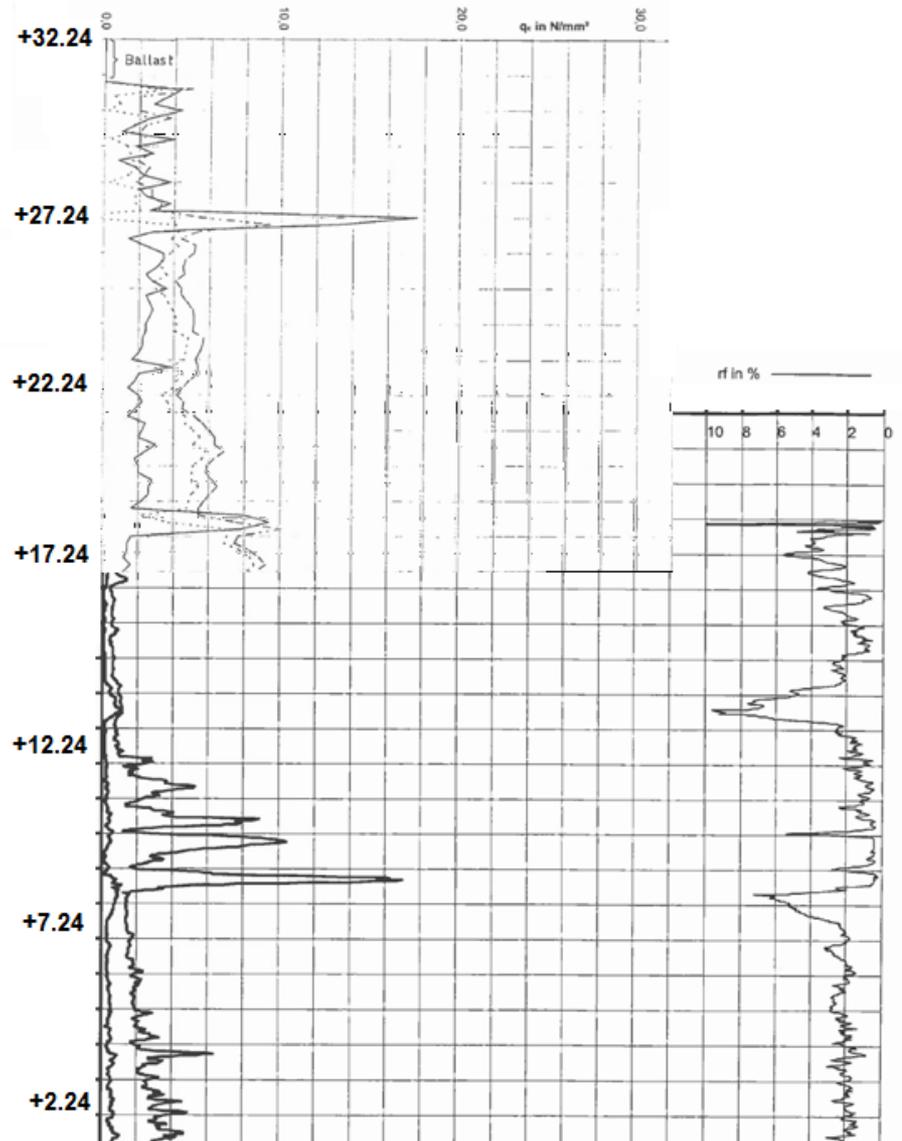
Quaternaire supérieur
Limon sableux

Quaternaire inférieur
Argile molle

Couche intermédiaire - Tourbe

Gravier de base
Gravier

Formation de Courtrai
Argile yprésienne



Etude du sous-sol

Tourbe





Etude du sous-sol

Essai pressiomètre

Niveau +22.08

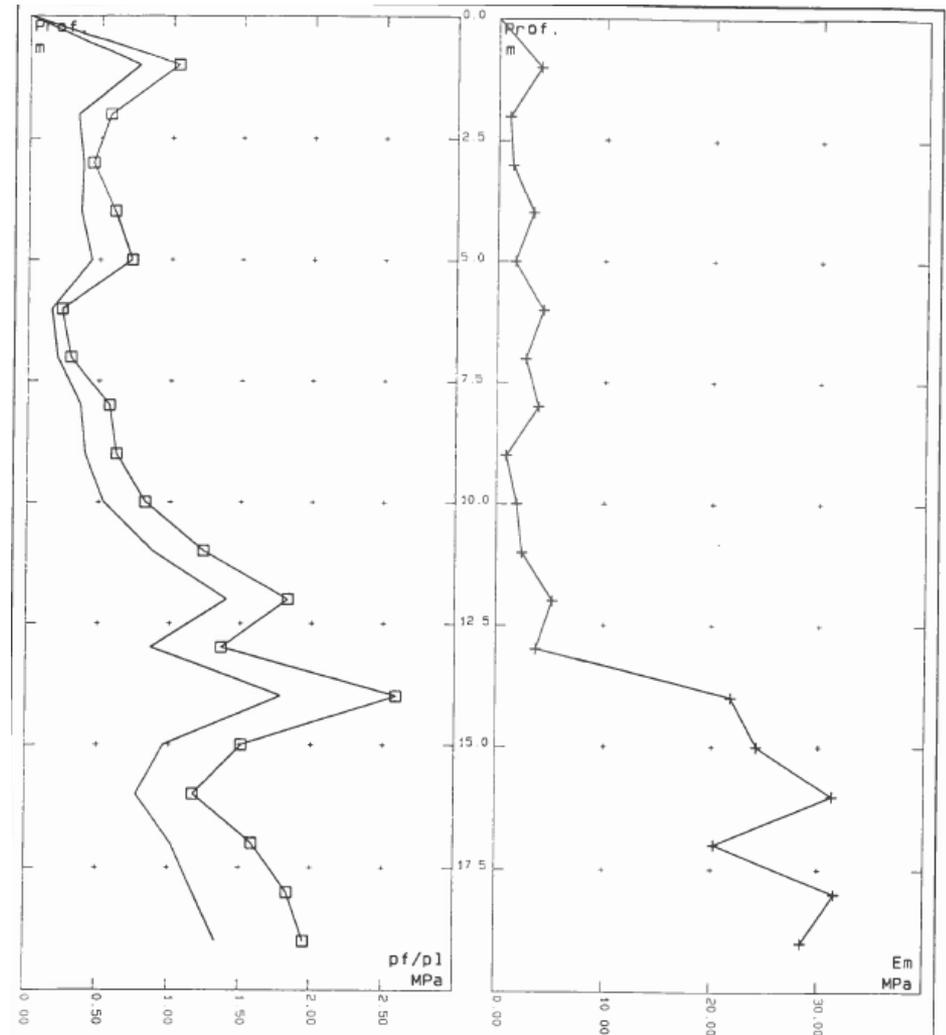
Quaternaire supérieur
Limon sableux

Quaternaire inférieur
Argile molle

Couche intermédiaire - Tourbe

Gravier de base
Gravier

Formation de Courtrai
Argile yprésienne



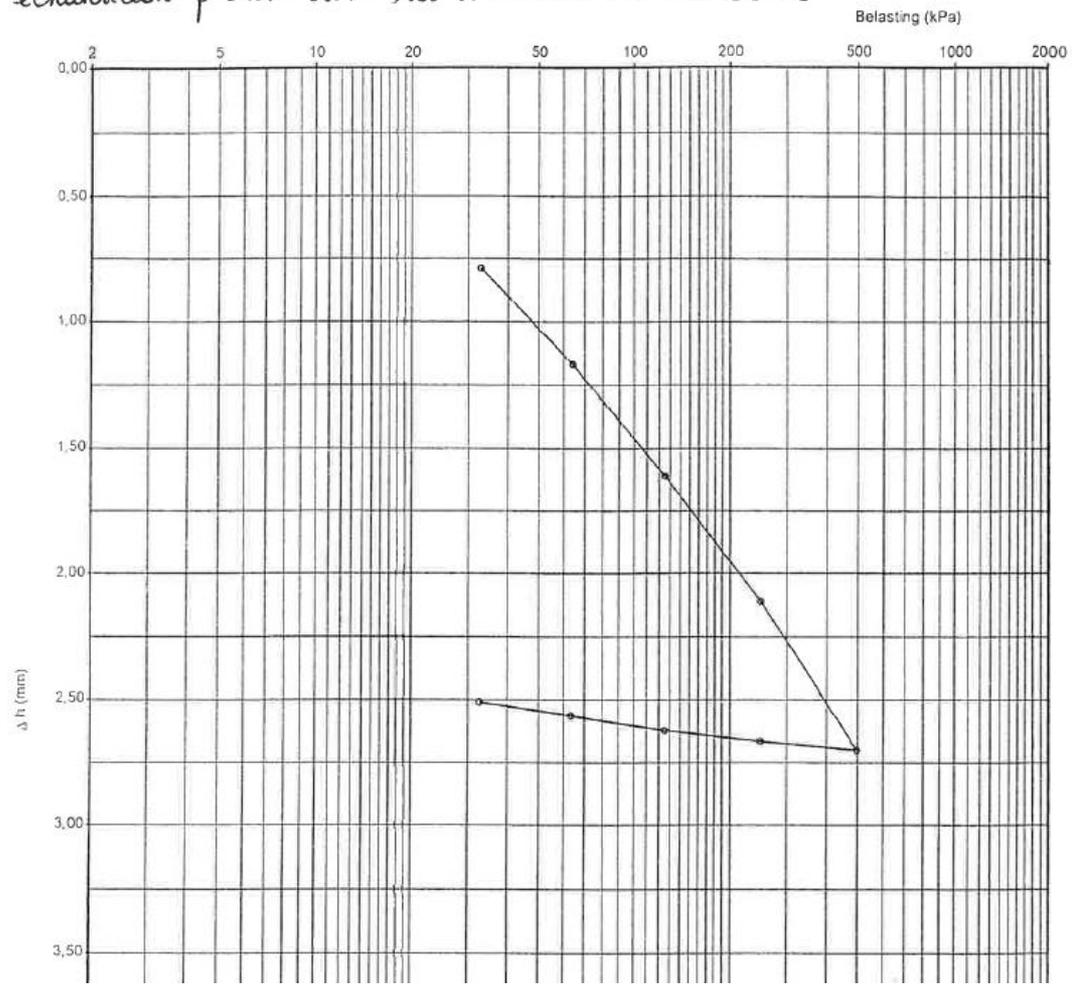
Etude du sous-sol

Essai oedométrique



Monster : 03/1852-B3.4/1/N3	Belasting (kPa)	32,7	63,6	125,4	249,2	496,6	249,2	125,4	63,6	32,7	
Diepte : 7,00-7,30 m	Δh_f (mm)	0,787	0,379	0,444	0,501	0,588	0,035	0,044	0,058	0,053	
Diameter : 63,55 mm	C		34	29	25	21					
Hoogte : 20,02 mm	A						341	271	204	219	

échantillon prélevé dans les alluvions de la Senne





- **Introduction**
- **Travaux à réaliser**
- **Situation géologique**
- **Calcul de la fouille**
- **Monitoring**
- **Conclusions**



Caractéristiques de sol utilisées pour le dimensionnement

Remblai ferroviaire

Limon sableux

$$c = 4\text{kPa}$$

$$\phi = 27^\circ$$

Quaternaire supérieur

Limon sableux

$$c = 4\text{kPa}$$

$$\phi = 27^\circ$$

Quaternaire inférieur

Argile molle

$$c = 5\text{kPa}$$

$$\phi = 22^\circ$$

$$E_M = 2,5\text{MPa}$$

Gravier de base

Gravier

$$c = 0\text{kPa}$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$E_M = 10\text{MPa}$$

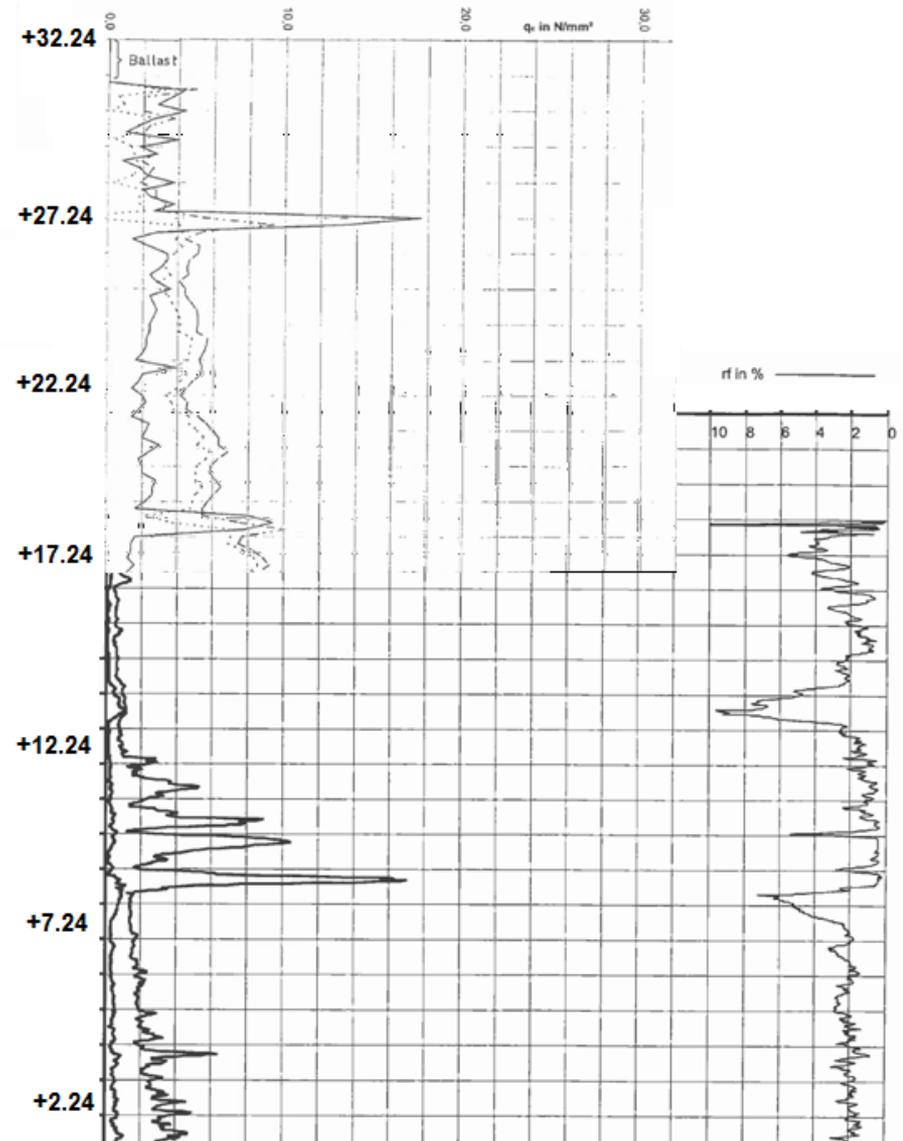
Formation de Courtrai

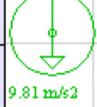
Argile yprésienne

$$c = 20\text{kPa}$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$E_M = 27\text{MPa}$$





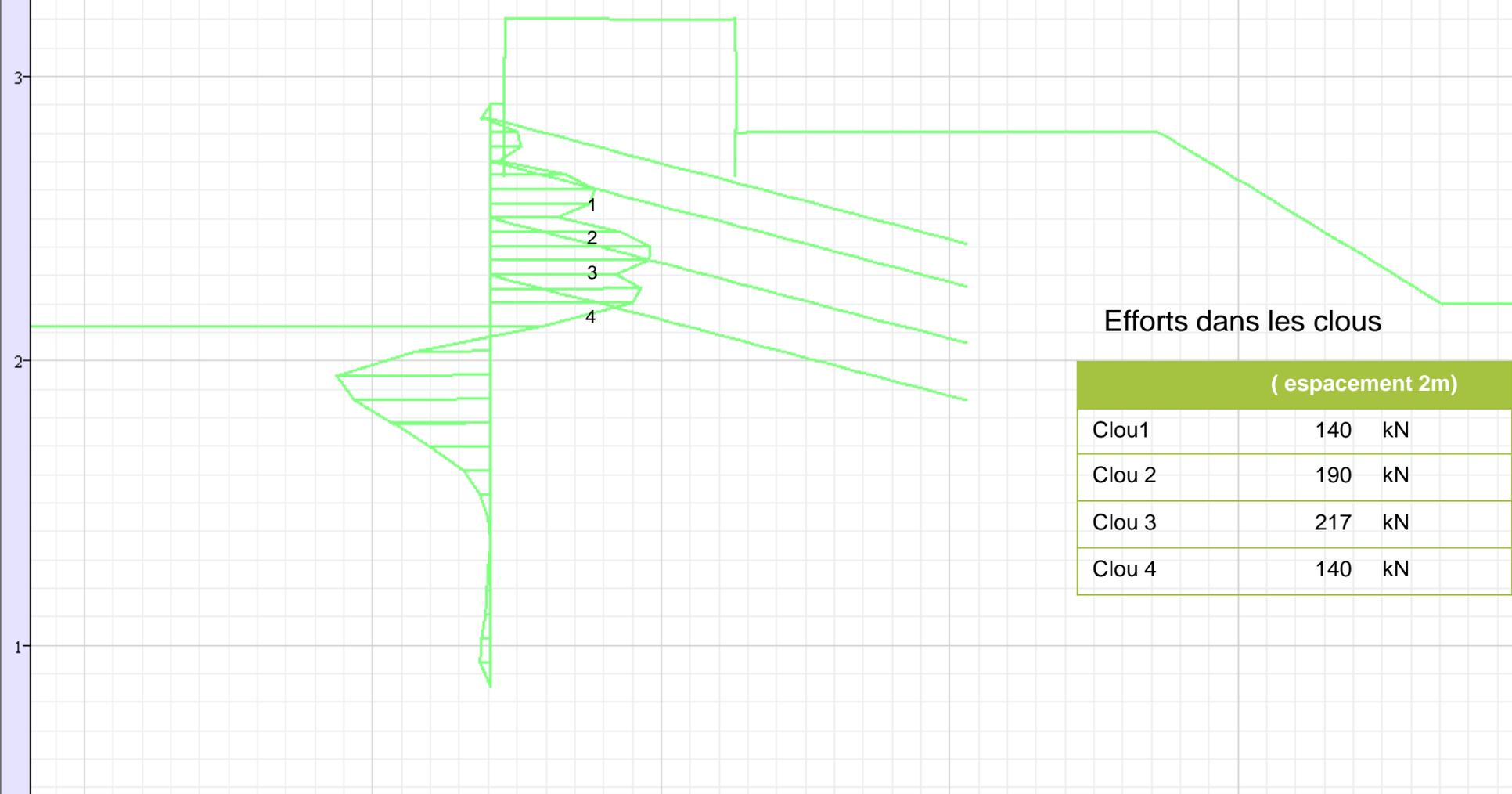
Calcul - Modèle

Situation finale



Calcul - Résultats

Moment maximal = 65,25kNm/m
(en service)



Efforts dans les clous

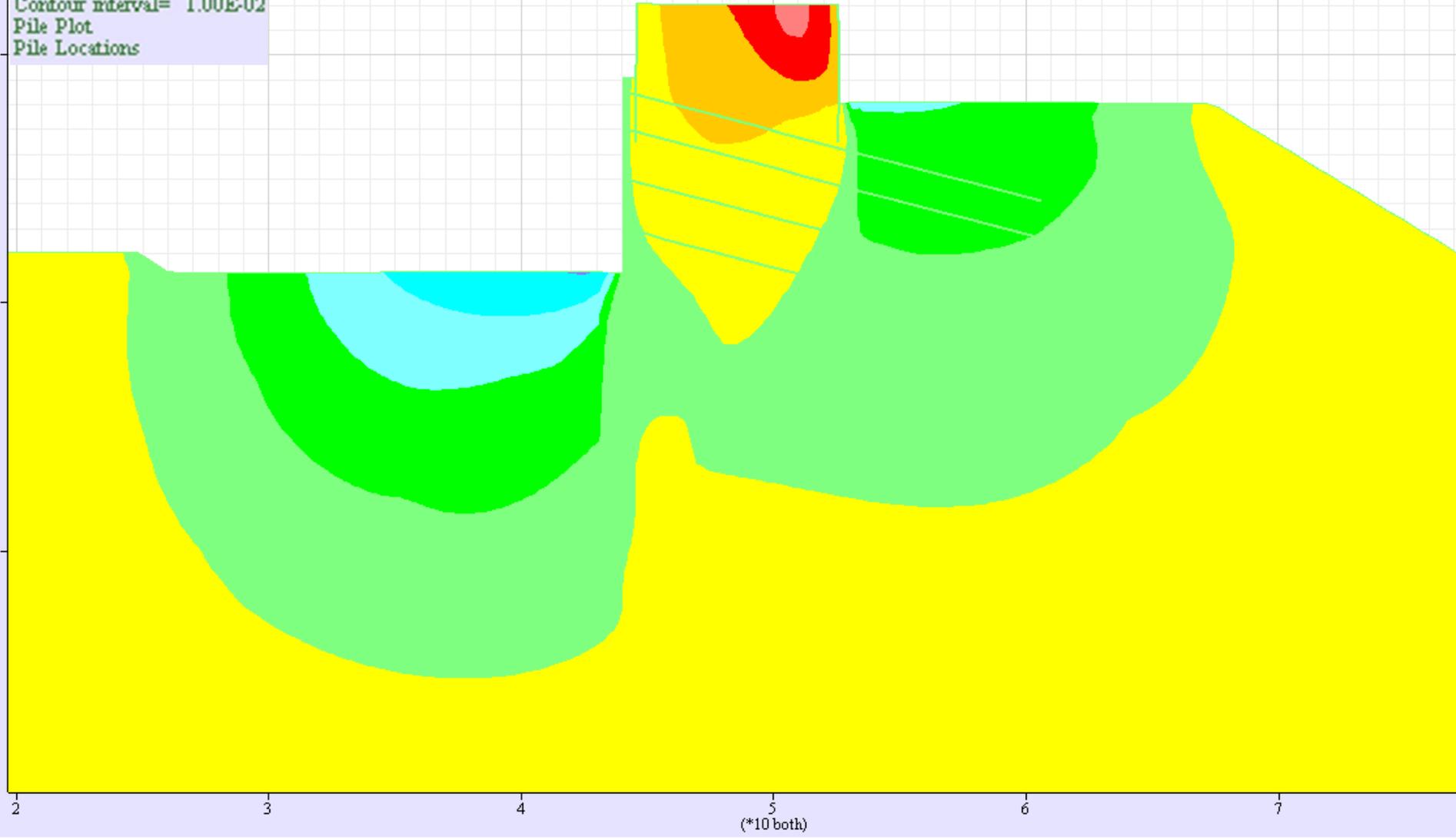
(espacement 2m)		
Clou1	140	kN
Clou 2	190	kN
Clou 3	217	kN
Clou 4	140	kN

(*10 both)

Step:202639
Boundary plot
Y-displacement contours
-2.00E-02
-1.00E-02
0.00E+00
1.00E-02
2.00E-02
3.00E-02
4.00E-02
5.00E-02
Contour interval= 1.00E-02
Pile Plot
Pile Locations

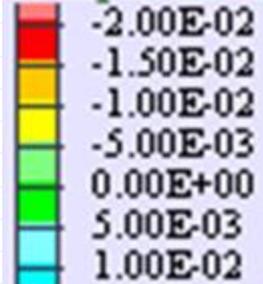
Calcul - Résultats

Déplacement vertical 1m derrière la paroi
en phase finale = 9mm



Step:202639

X-displacement contour



Contour interval= 5.00

Boundary plot

Pile Plot

Pile Locations

Calcul - Résultats

Déplacement horizontal phase finale

En tête de paroi = -10mm

En « ventre » de paroi = -21mm

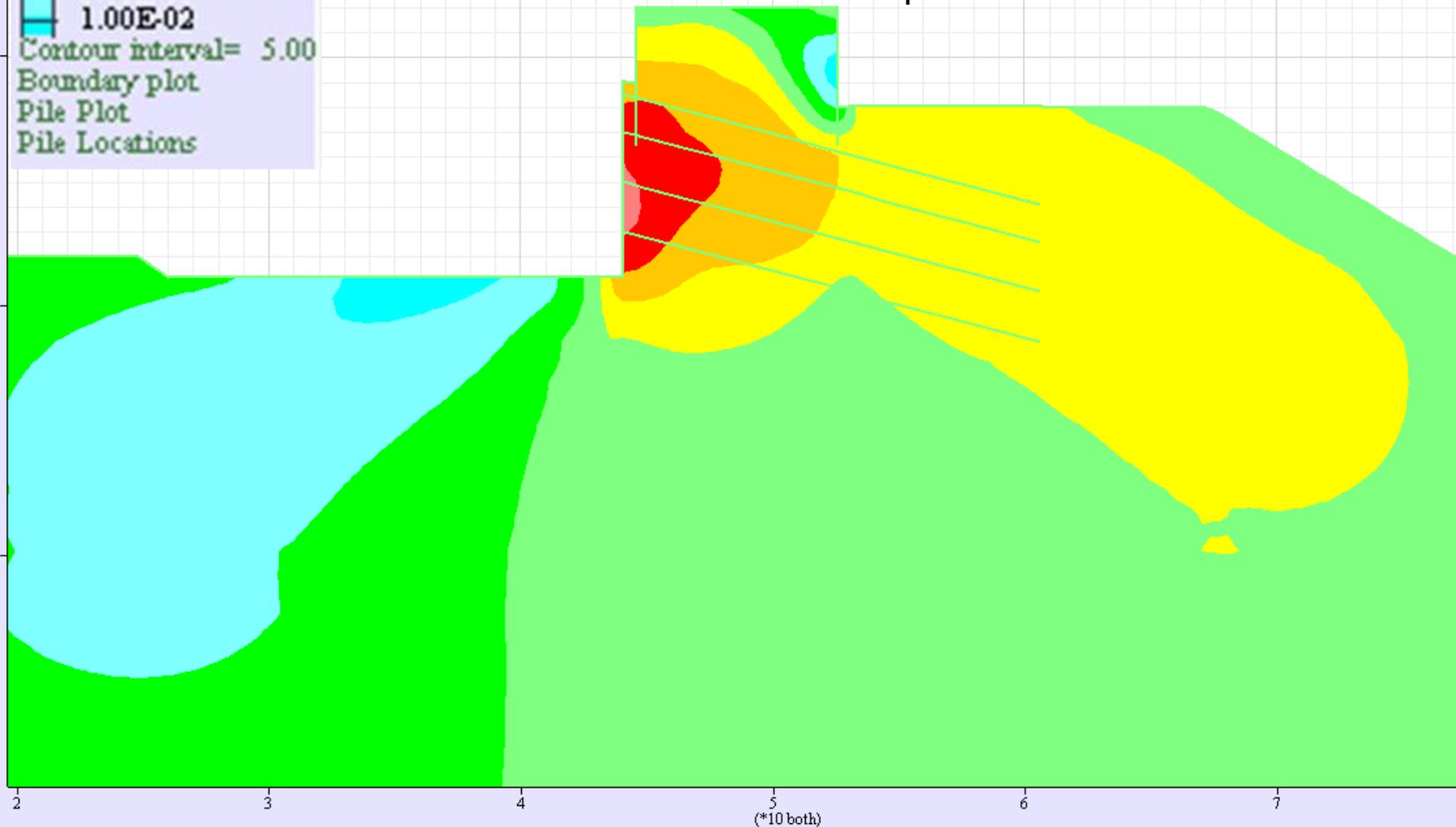
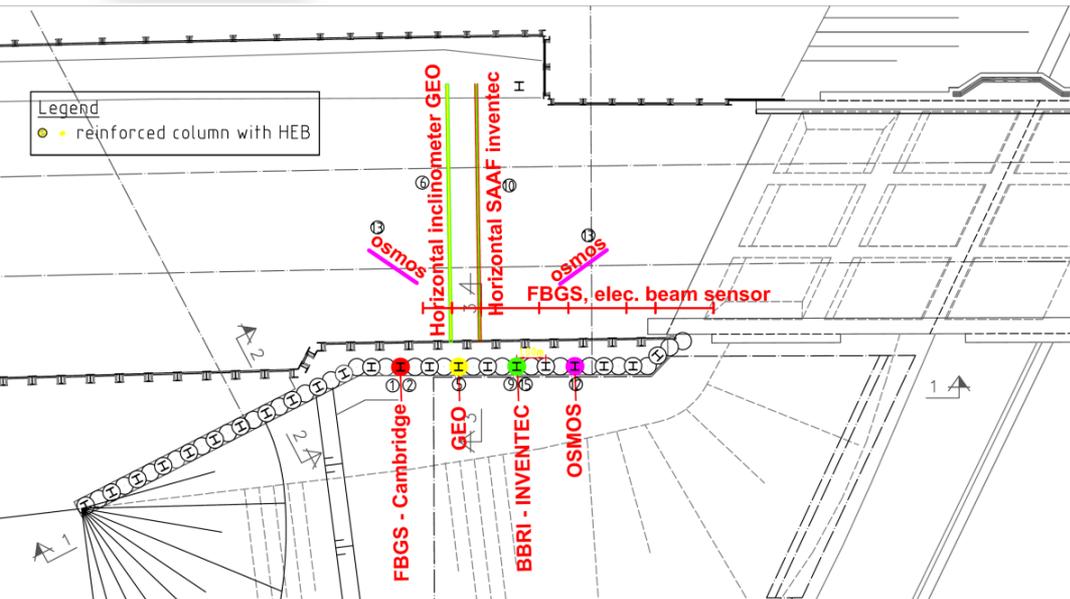


Table des matières

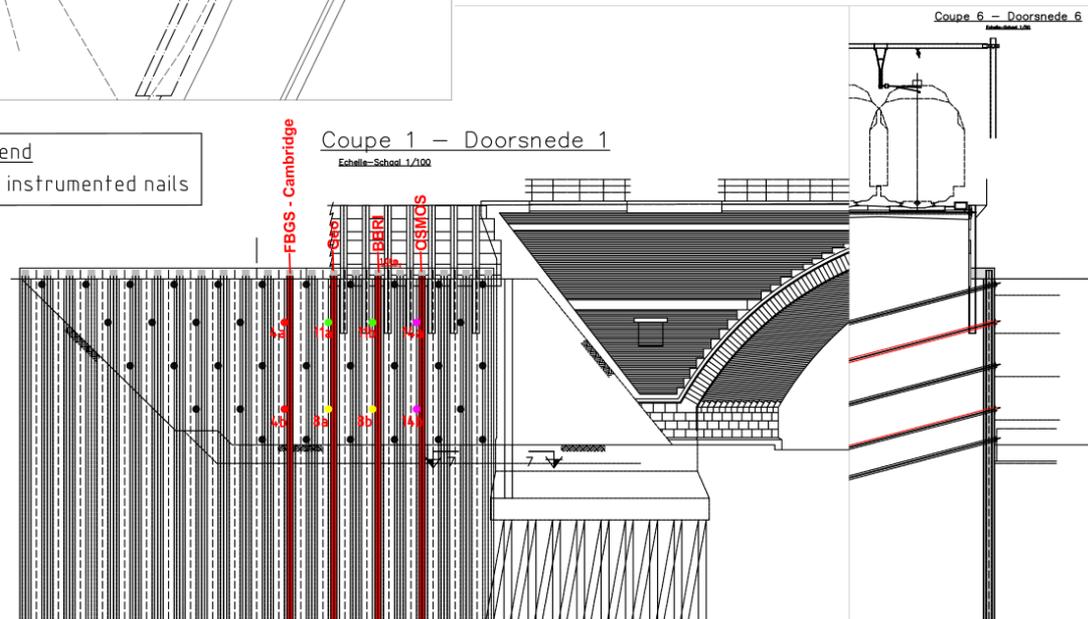


- **Introduction**
- **Travaux à réaliser**
- **Situation géologique**
- **Calcul de la fouille**
- **Monitoring**
- **Conclusions**

Programme de monitoring en collaboration avec le Gouvernement Flamand (MOW)



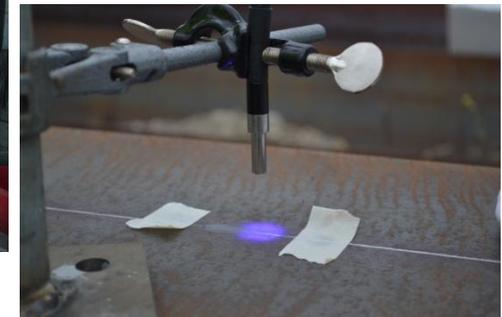
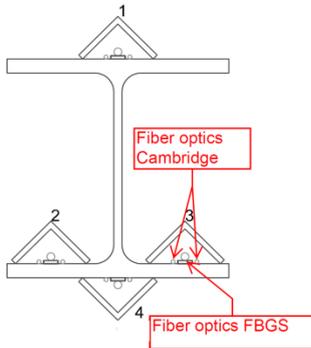
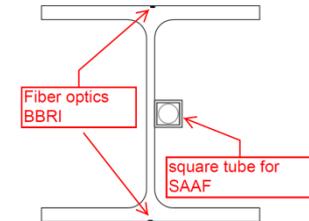
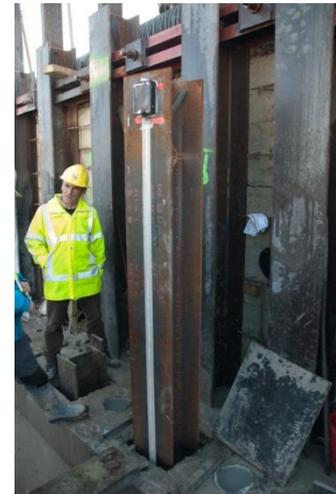
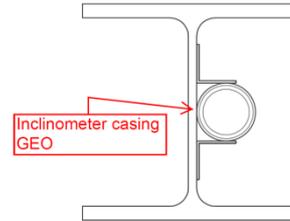
- Positions d'installation
 - Voir croquis
- Technique de monitoring au libre choix de sous-traitants
- Mesures de:
 - Déplacement (horiz. et vert.)
 - Moment dans la paroi
 - Effort dans les clous



Installation de l'appareillage

Moments et déplacements

- Inclinomètre traditionnel :
mesures dans 2 directions orthogonales
- SAAF : Inclinomètre continu
- Fibre optique



➤ **Déduction des moments par dérivation des mesures de l'inclinomètre et des déformations**

Installation de l'appareillage

Effort dans les clous

- Entre autre par :
 - Load cells
 - Fibre optique

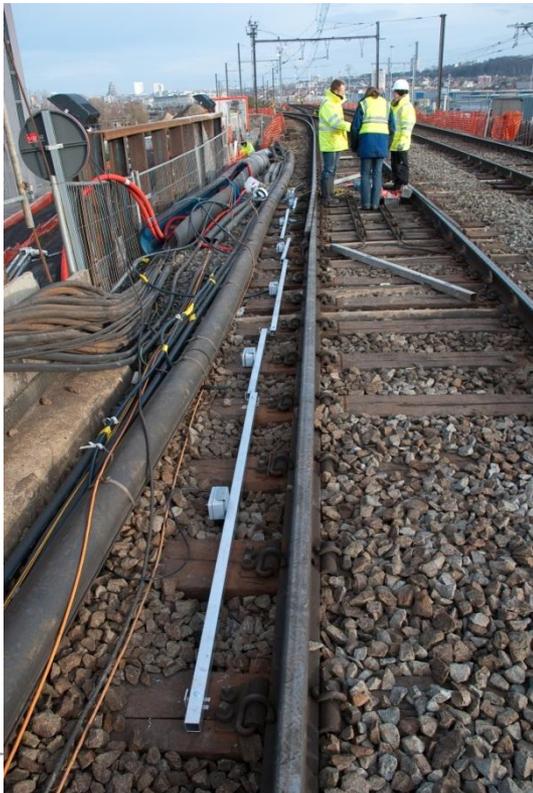


Installation de l'appareillage en dessous des voies

Tassements verticaux

Entre autres par l'appareillage en dessous des voies :

- Inclinomètre continu placé à l'horizontal
- Inclinomètre traditionnel placé à l'horizontal



Entre autres par l'appareillage sur les traverses :

- Electrical beam sensor (FBGS)
- Mesures topographiques



Mise en place des poutrelles

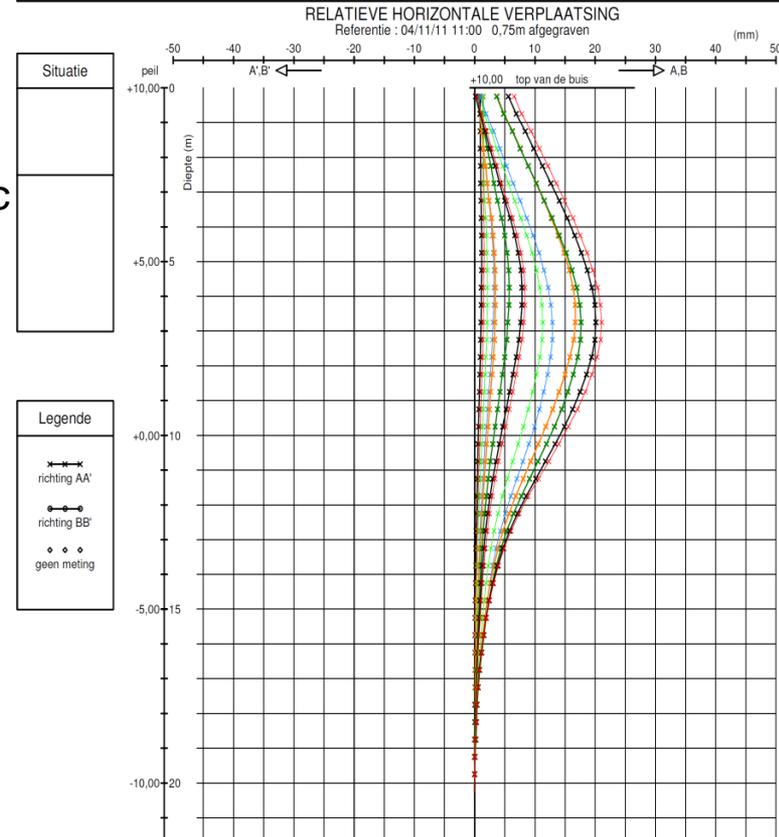
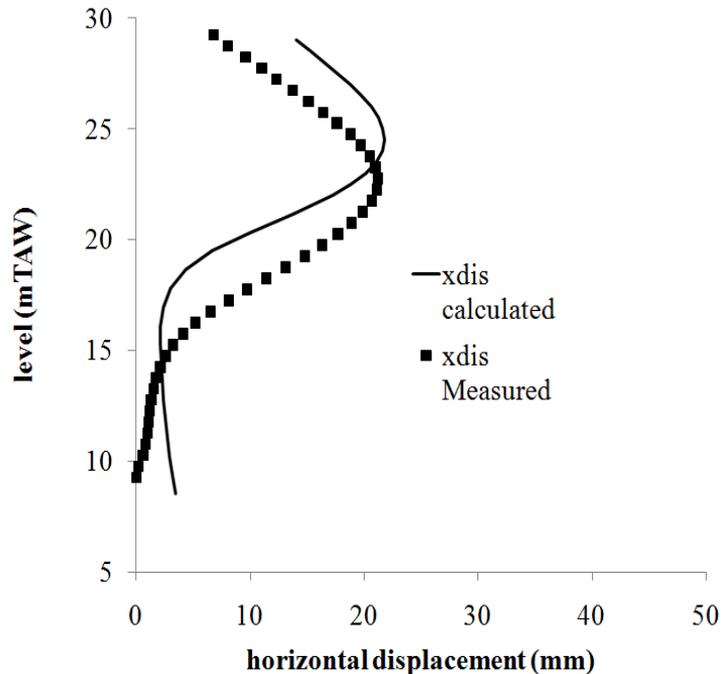


Résultats du monitoring

Opracht GEO-11/074	Datum 16/11/11	Anderlecht	Onderzoekspunt V1
Apparaat : RST		Top buis : 0,00 m boven maaiveld	
Vast punt : 20,00 m onder top buis		Meetdatum : 16/11/11 11:40 spoor A herschikt	
Waterdiepte : 0,00 m onder top buis			

Déplacements horizontaux

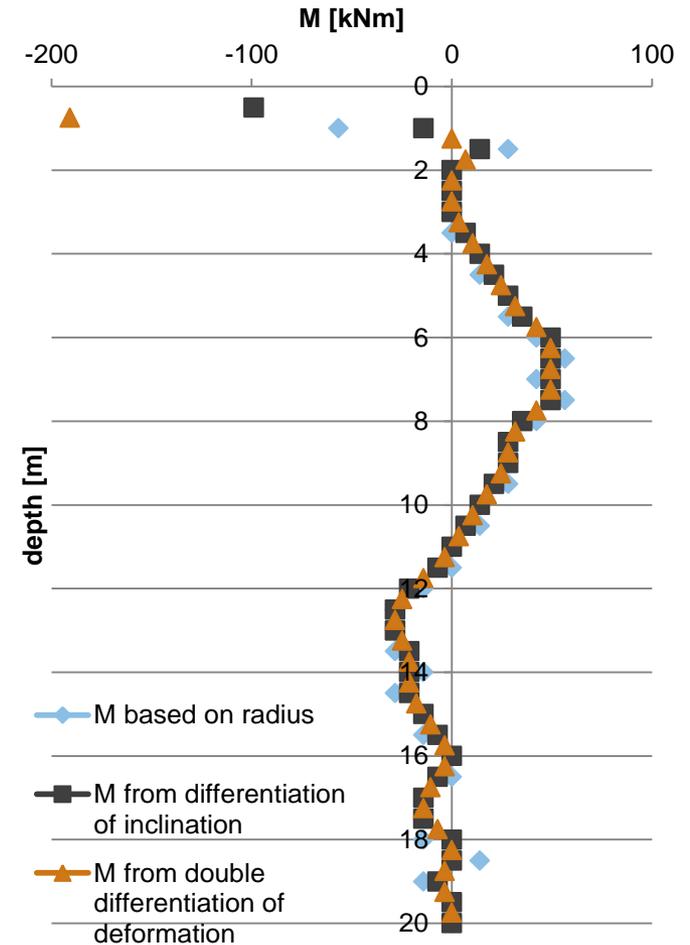
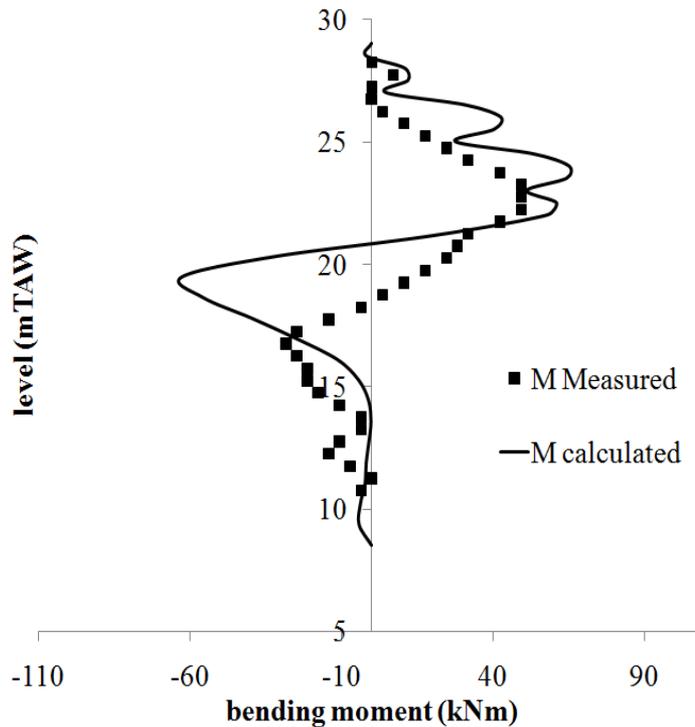
- Inclinomètre traditionnel = Inclinomètre continu
- Déplacement maximum: 21 mm à 7m en dessous du niveau supérieur du profilé = comparables avec les résultats des simulations.



Résultats du monitoring

Moments

- Moment max: environ 56kNm
- Confirmé par différents techniques et méthodes de calculs





Résultats du monitoring

Effort dans les clous

- Deuxième rangée: max. 230kN à 9m dans le clou
- Augmentation des efforts pendant l'exécution des clous des autres rangées
- Quatrième rangée : max 5kN

Tassements

- Tassement maximal : 5cm
- Augmentations des tassements principalement pendant l'exécution des clous en dessous

[Anderlecht](#) > [Inventec - WTCB](#) >

Horizontaal





Conclusions

- Influence importante de la géologie locale sur
 - le design de la fouille (techniques choisies)
 - l'exécution des blindages
- Différents types d'essais de sol → choix judicieux des caractéristiques de sols
- Les résultats du monitoring :
 - Différentes techniques confirment les mesures du monitoring
 - Les mesures sont proches des résultats du calcul
- Des interprétations et calculs supplémentaires pour mieux comprendre les observations





Merci pour votre attention

