

Journée CFMS 13-10-2010

Tour CMA-CGM Marseille

D. FOISSAC, S. LELIEVRE, O. MADEC - VINCI

SOMMAIRE

1. Montage de l'opération
2. Etudes d'avant-projet
3. Etudes de projet et d'exécution
4. Suivi d'exécution
 - 4.1. Au niveau des fondations
 - 4.2. Concernant les soutènements
 - 4.3. Relatif aux débits de fuite
5. Retour d'expérience – Leçons à tirer

**Vue aérienne depuis les îles du Frioul
(Centre de Marseille)**

Future Tour CMA – CGM



1 – Montage de l'opération : Le Maitre d'Ouvrage



3^{ème} groupe mondial de transport maritime de conteneurs

370 navires et 85 en construction

15 000 collaborateurs

CA 2006: 8,5 Milliards de \$

Fondé et dirigé par Jacques SAADE

1 – Montage de l'opération : Le projet

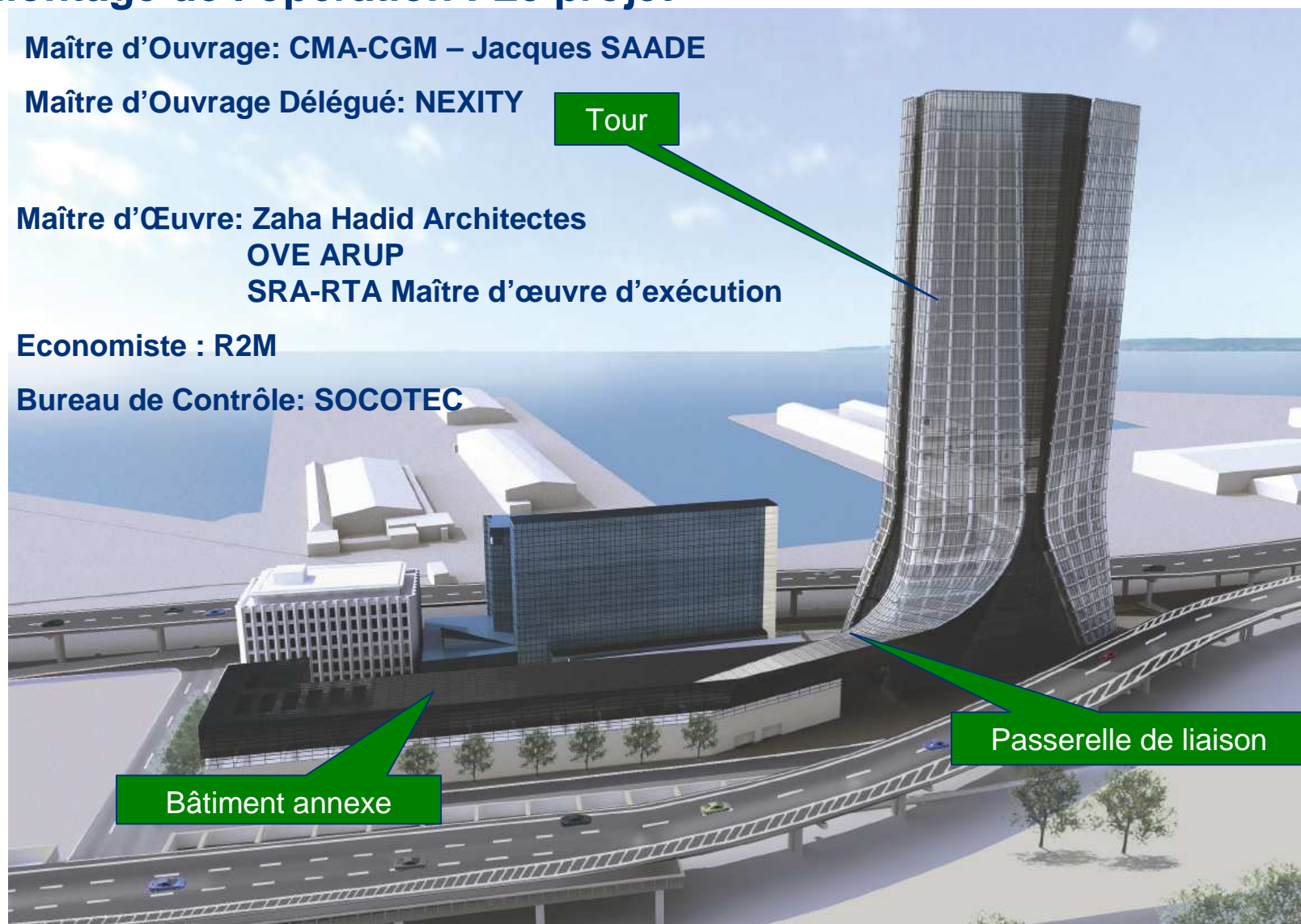
Maître d'Ouvrage: CMA-CGM – Jacques SAADE

Maître d'Ouvrage Délégué: NEXITY

Maître d'Œuvre: Zaha Hadid Architectes
OVE ARUP
SRA-RTA Maître d'œuvre d'exécution

Economiste : R2M

Bureau de Contrôle: SOCOTEC



1 – Montage de l'opération : La Consultation

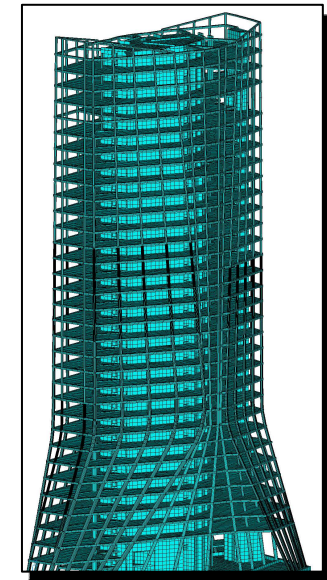
Appel d'offre restreint avec consultation internationale / base APS

Candidat pressenti : GTM

Problèmes :

- Planning
- Coût - économies à trouver
- Conception non satisfaisante
- Maîtrise des risques

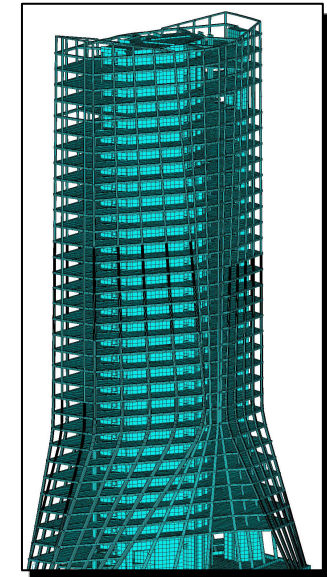
=> Recherche de variantes



1. Montage de l'opération : La Consultation

Proposition de variantes :

- Standardisation du noyau et ligne porteuse additionnelle
- Poutre de rive en béton
- Restructuration des parkings de l'annexe
- Fondation du noyau sur puits



1. Montage de l'opération : La variante fondation

Solution de base :

Paroi moulée périphérique
Barrettes sous poteaux
Barrettes sous noyau
Radier d'étanchéité

Analyse :

Délai d'exécution pour fondations très contraignant.

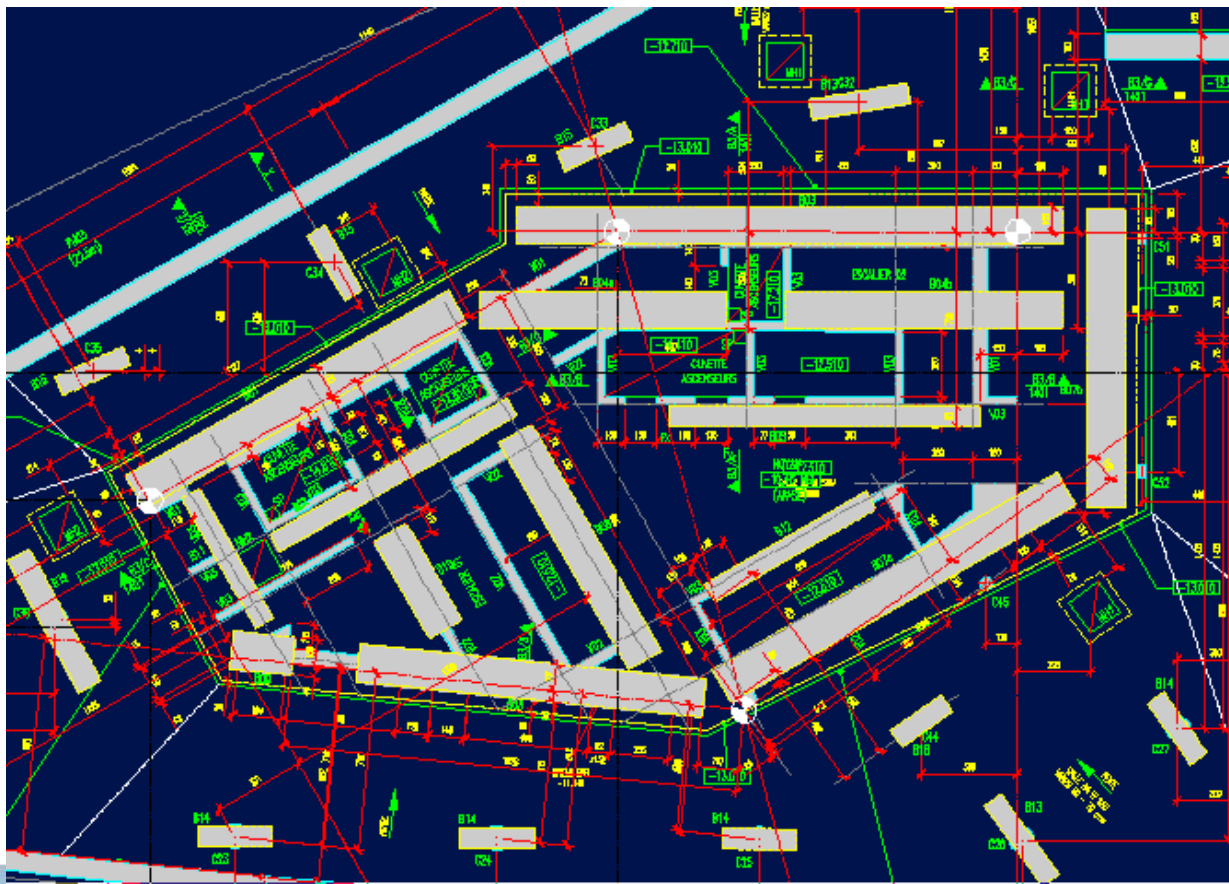
Terrassement dans emprise barrettes délicat.

Substratum à proximité

Longueur peu importante des barrettes sous noyau.

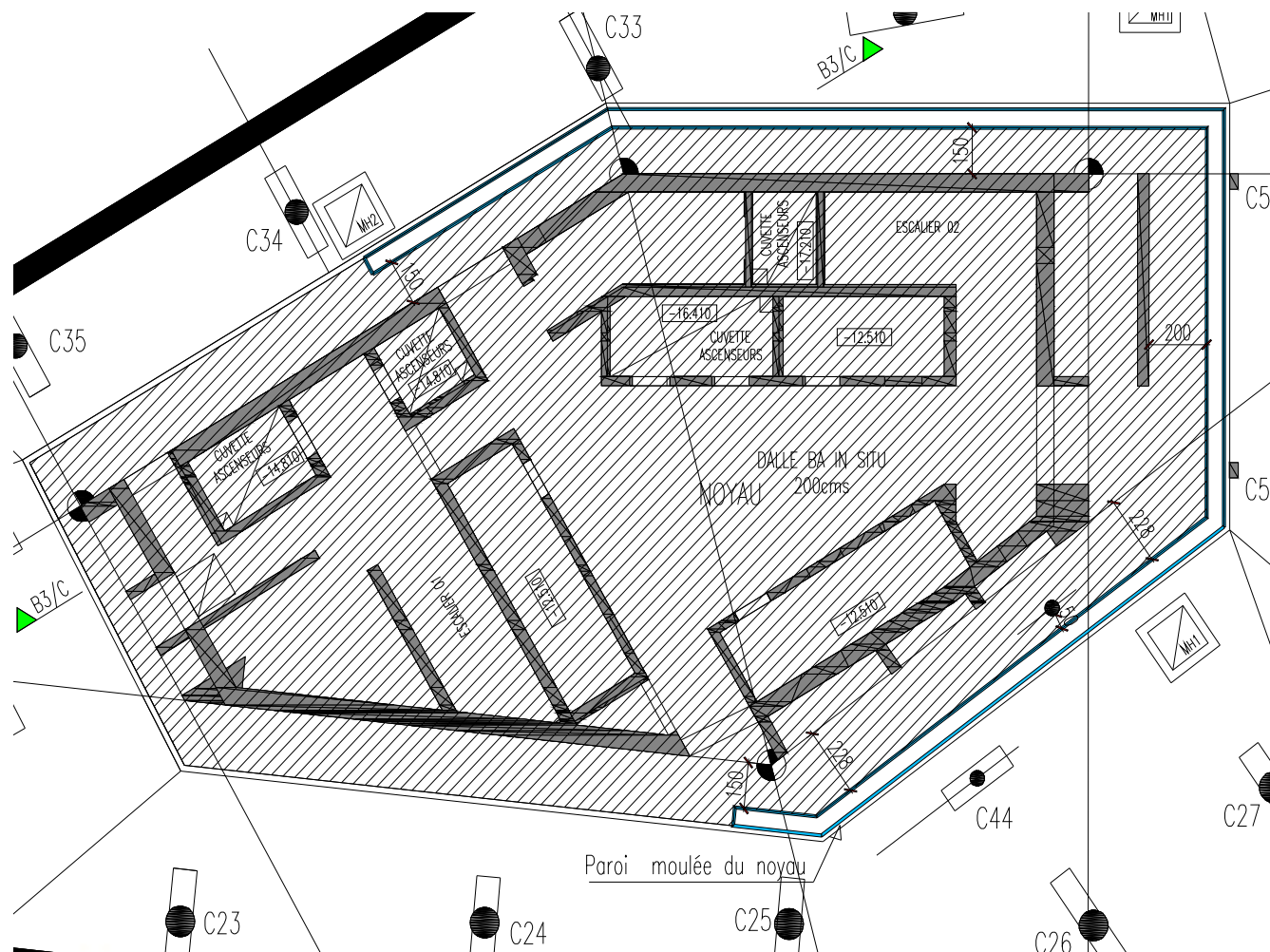
Descente de charges non finalisée – problème de capacité portante.

=> Variante fondation.



1. Montage de l'opération : La variante fondation

- Solution radier épais pour la fondation du noyau



Solution retenue :
Radier épais sur gros
béton

1. Montage de l'opération : La variante fondation

Avantages :

- Délais de réalisation
- Aléas réduits
- Moindre sensibilité aux modifications
- Facilité de réalisation
- Economie substantielle

A confirmer :

- Configuration et nature du toit du substratum
- Tassements prévisibles
- Tassements différentiels – noyau / poteaux –

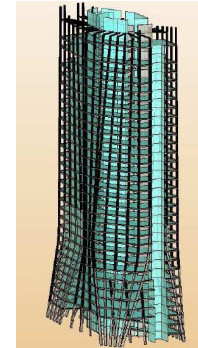
=> Campagne géotechnique complémentaire

=> Calculs structures

=> Modélisation et études sol-structure

1. Montage de l'opération : La variante fondation

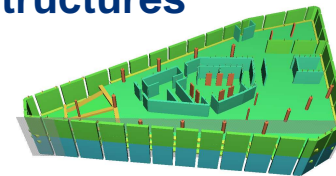
SIDF : Calcul des réactions d'appuis au niveau 00



Le très bref délai de
2 mois pour les
études des
fondations a
nécessité

Le travail collaboratif
de 5 BET

BET GTM : Répartition des efforts dans les infrastructures

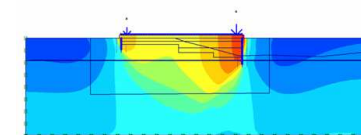
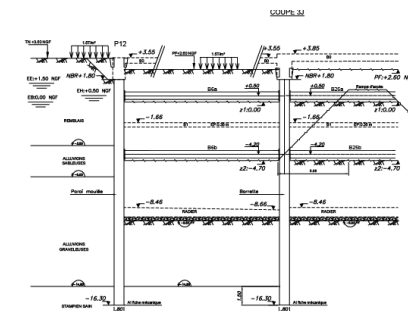


BOTTE : calcul de la paroi moulée périphérique

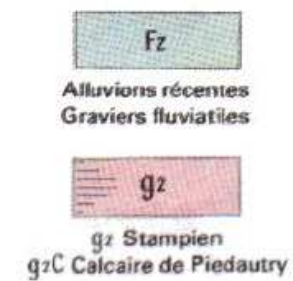
INGEROP: calcul des barrettes et de la paroi moulée du noyau

SERVICE GEOTECHNIQUE GTM :

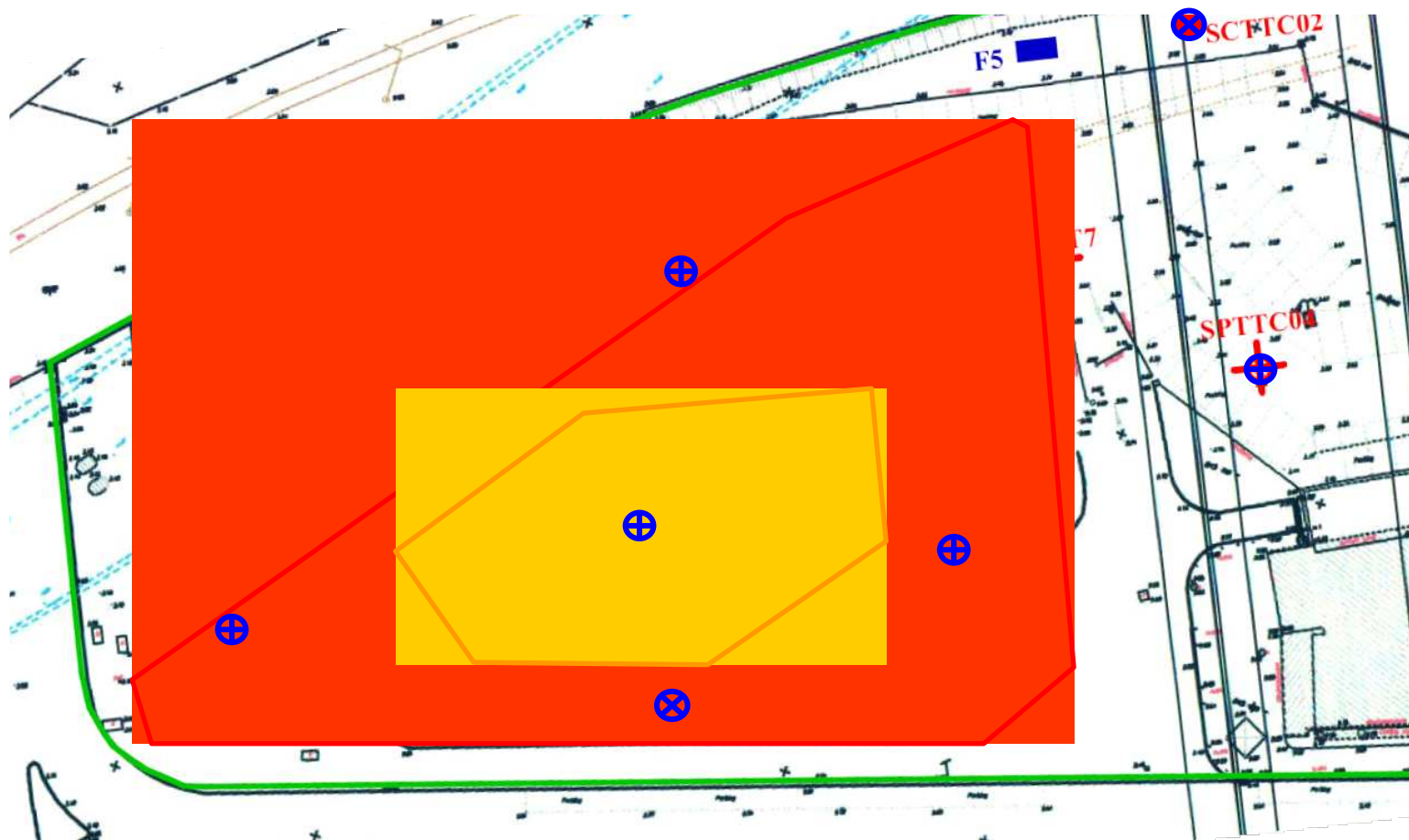
- Définition des sondages et essais complémentaires
- Modélisations PLAXIS-2D



2. Etude d'avant-projet (G11-G12) – Géologie du site



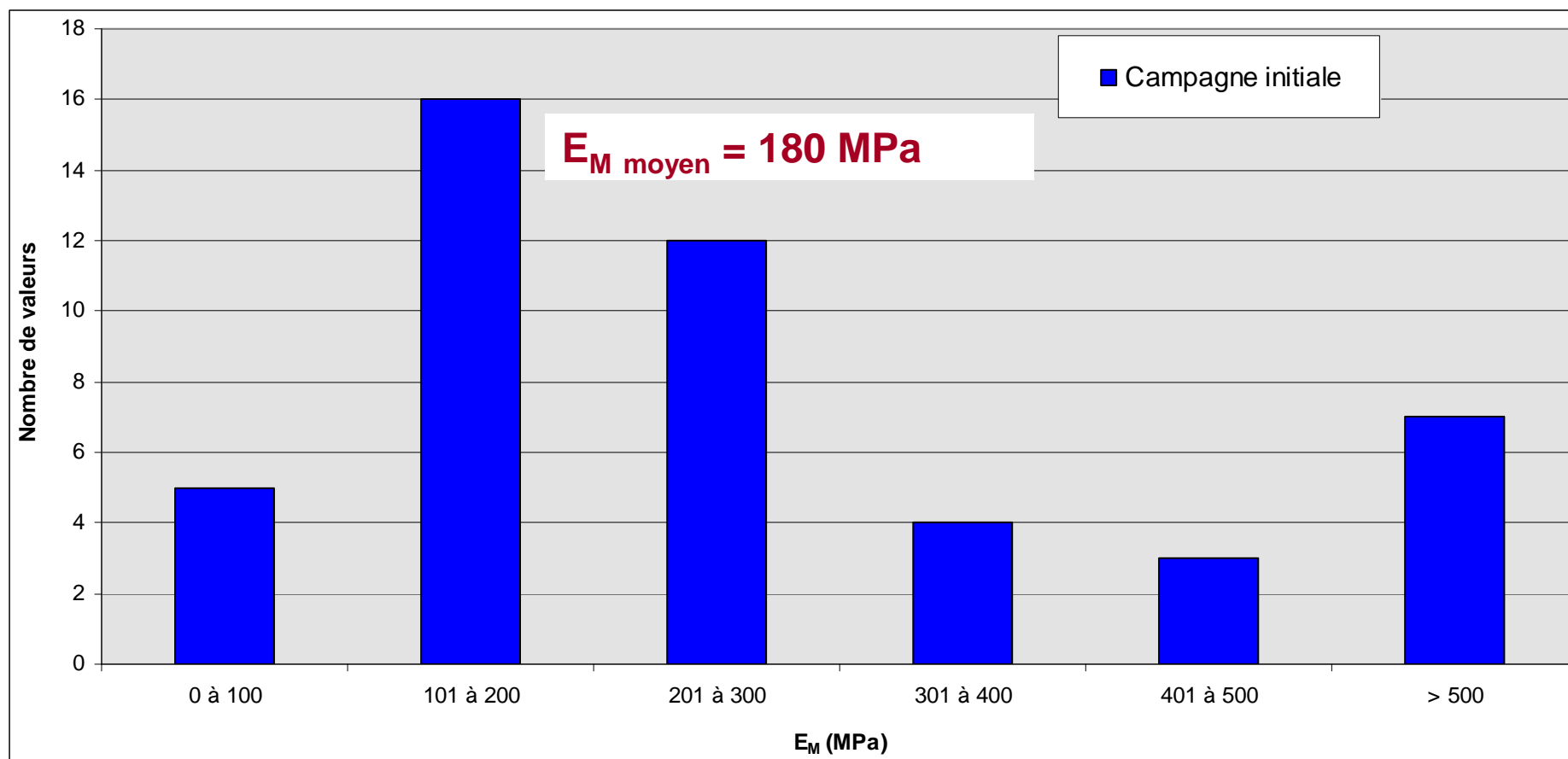
2. Etude d'avant-projet (G11-G12)



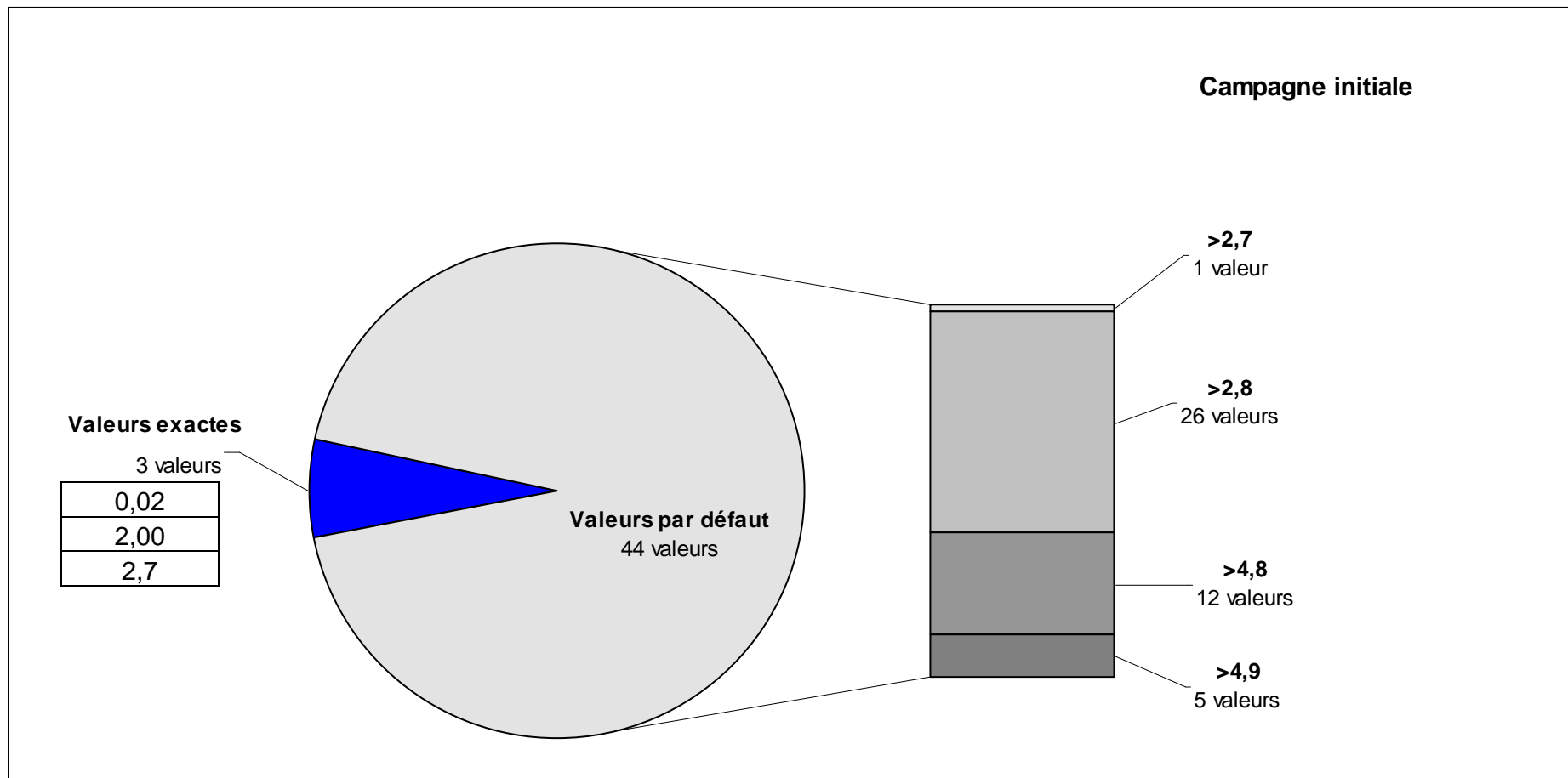
⊕ Sondage pressiométrique

⊗ Sondage carotté

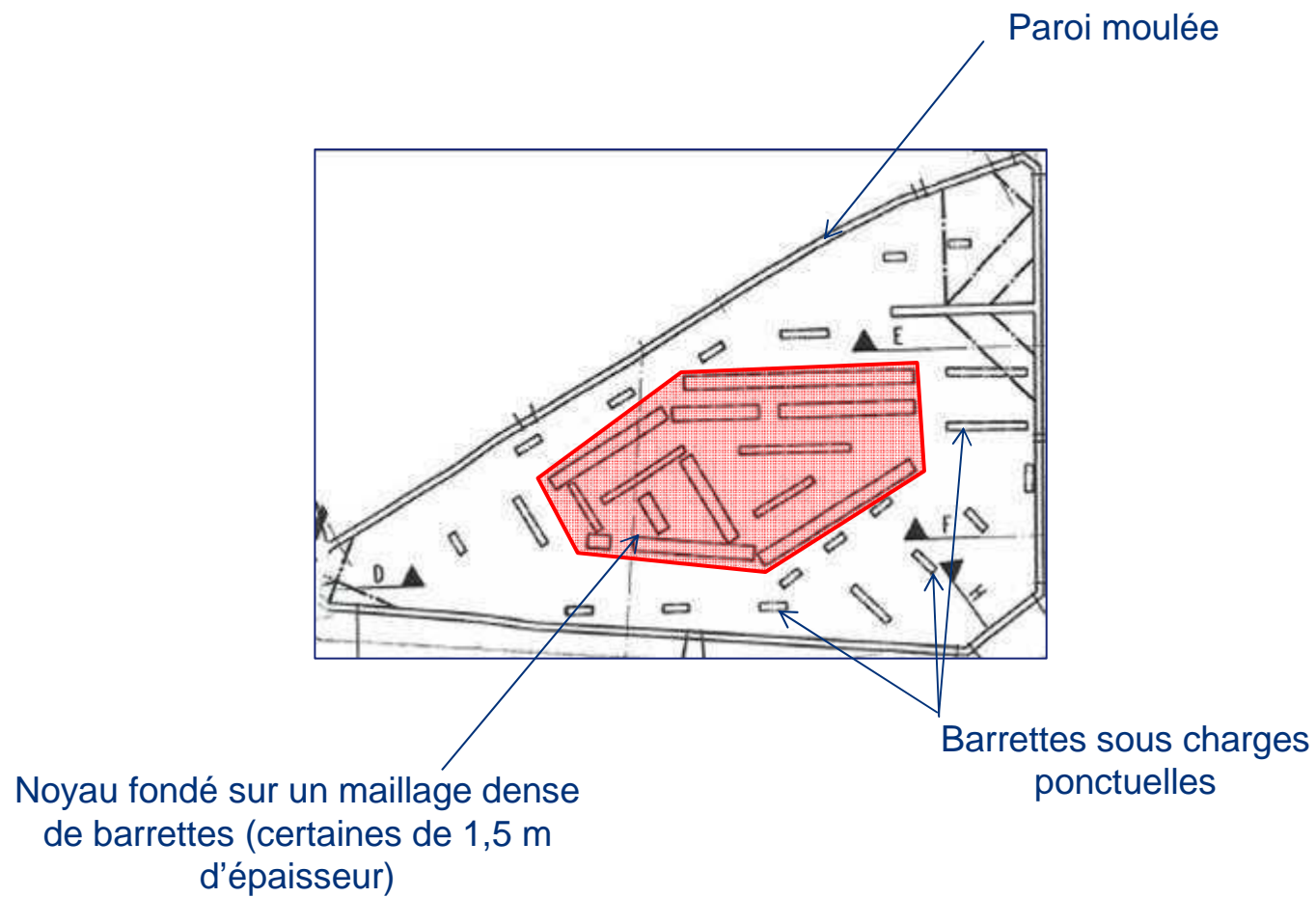
Modules pressiométriques des marnes, grès et poudingues du Stampien
 campagne initiale : sans calibration de la sonde et correction des modules



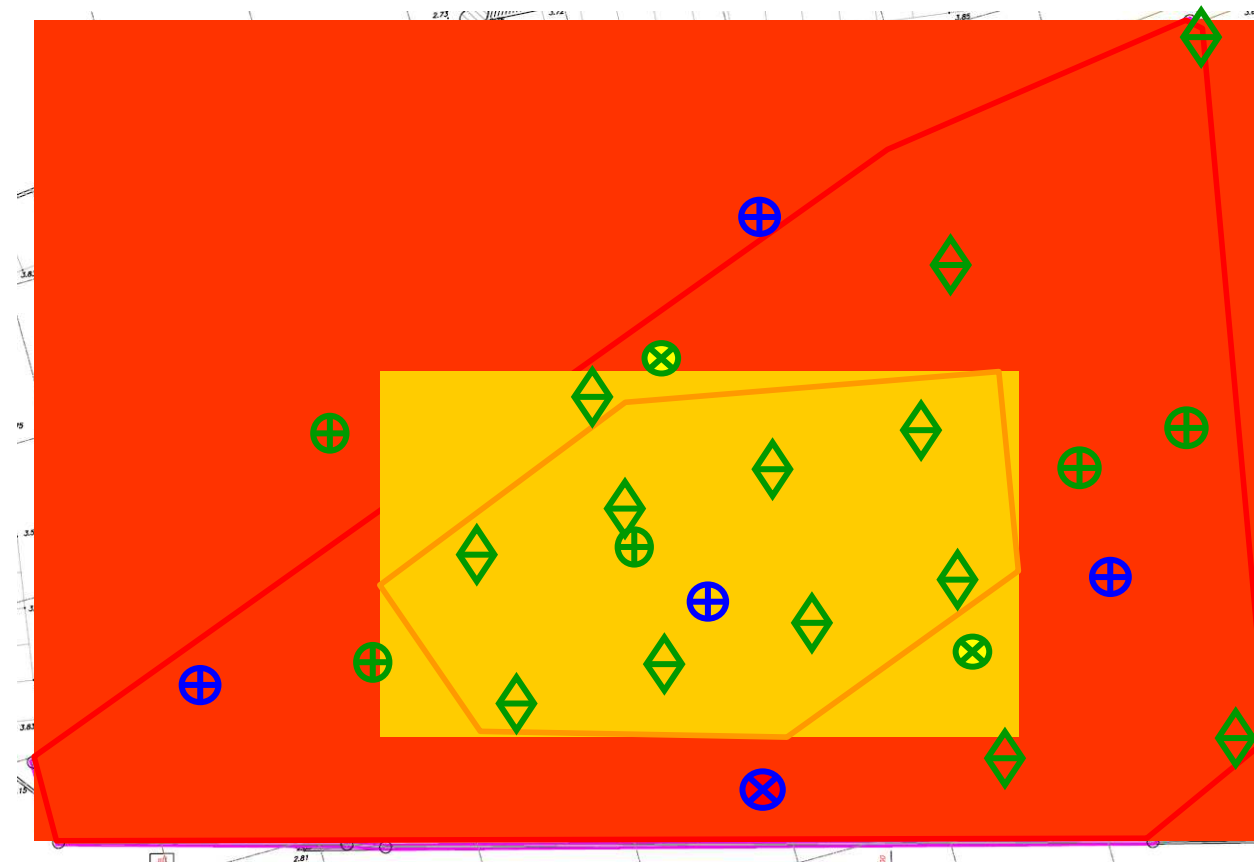
Pressions limites des marnes, grès et poudingues du Stampien
campagne initiale



Solution de base : Fondations profondes



3. Etudes de projet et d'exécution



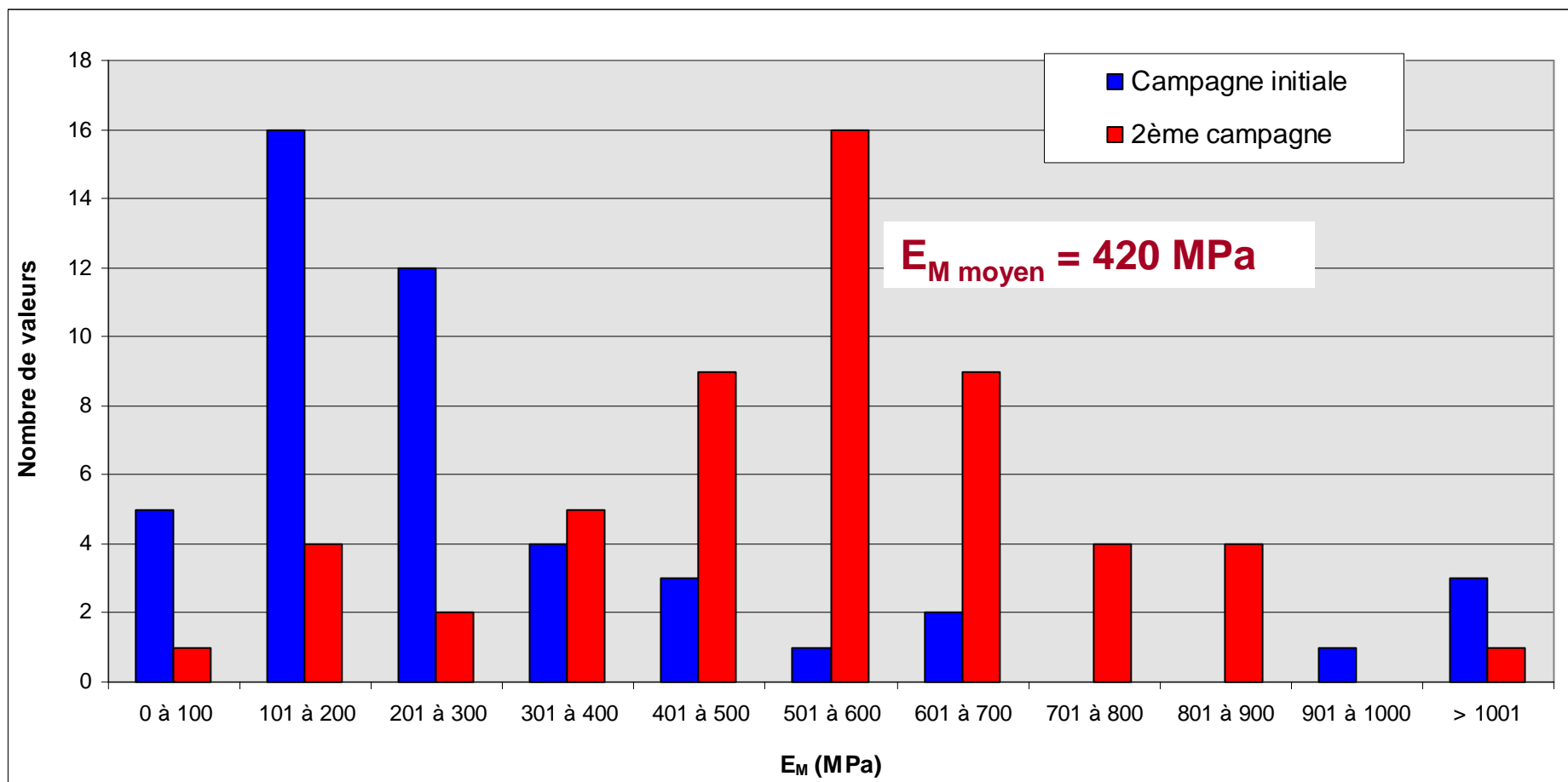
Campagne initiale

- ⊕ Sondage pressiométrique
- ⊗ Sondage carotté

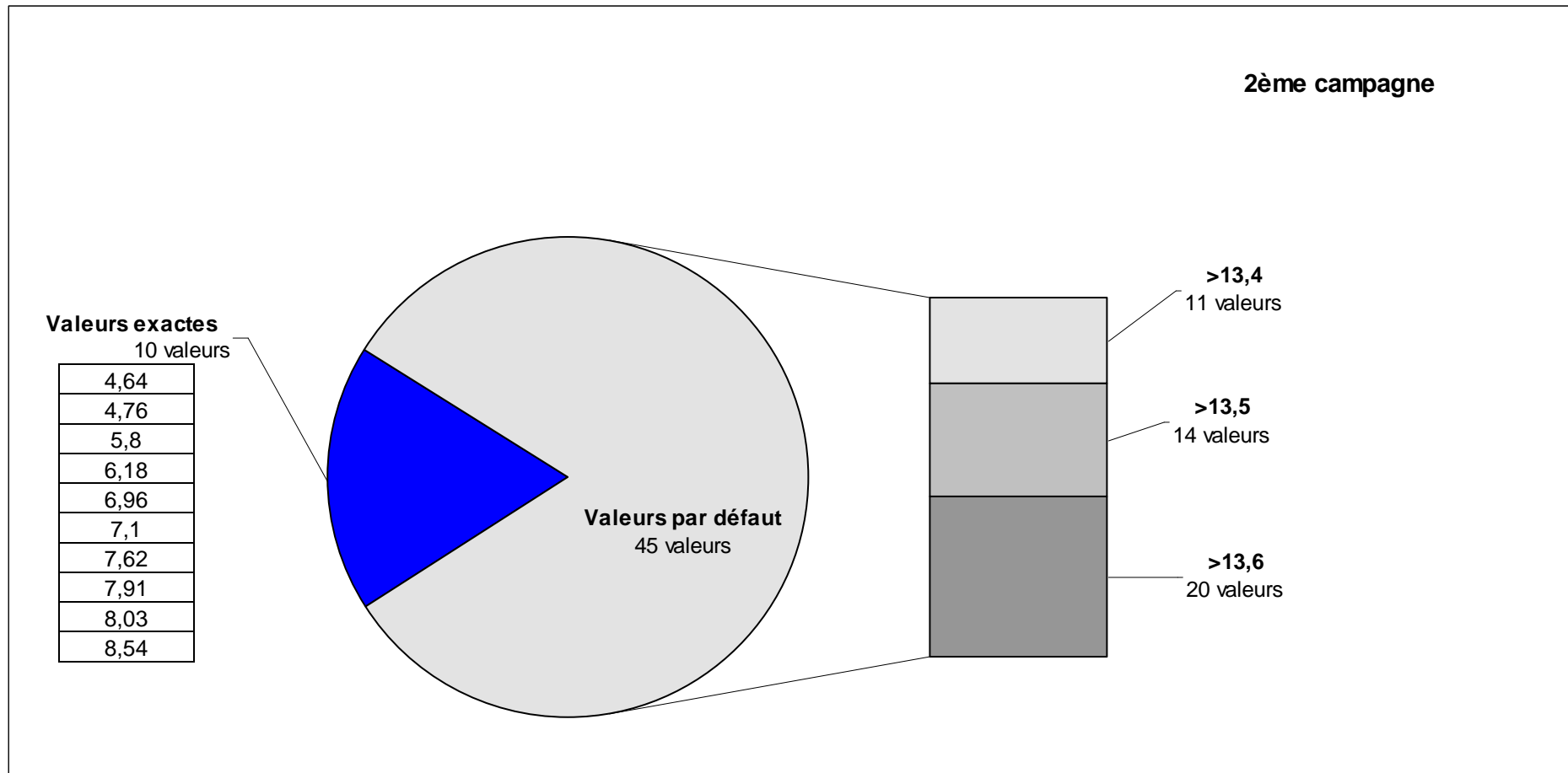
2ème Campagne

- ⊕ Sondage pressiométrique
- ⊗ Sondage carotté
- ◊ Sondage destructif

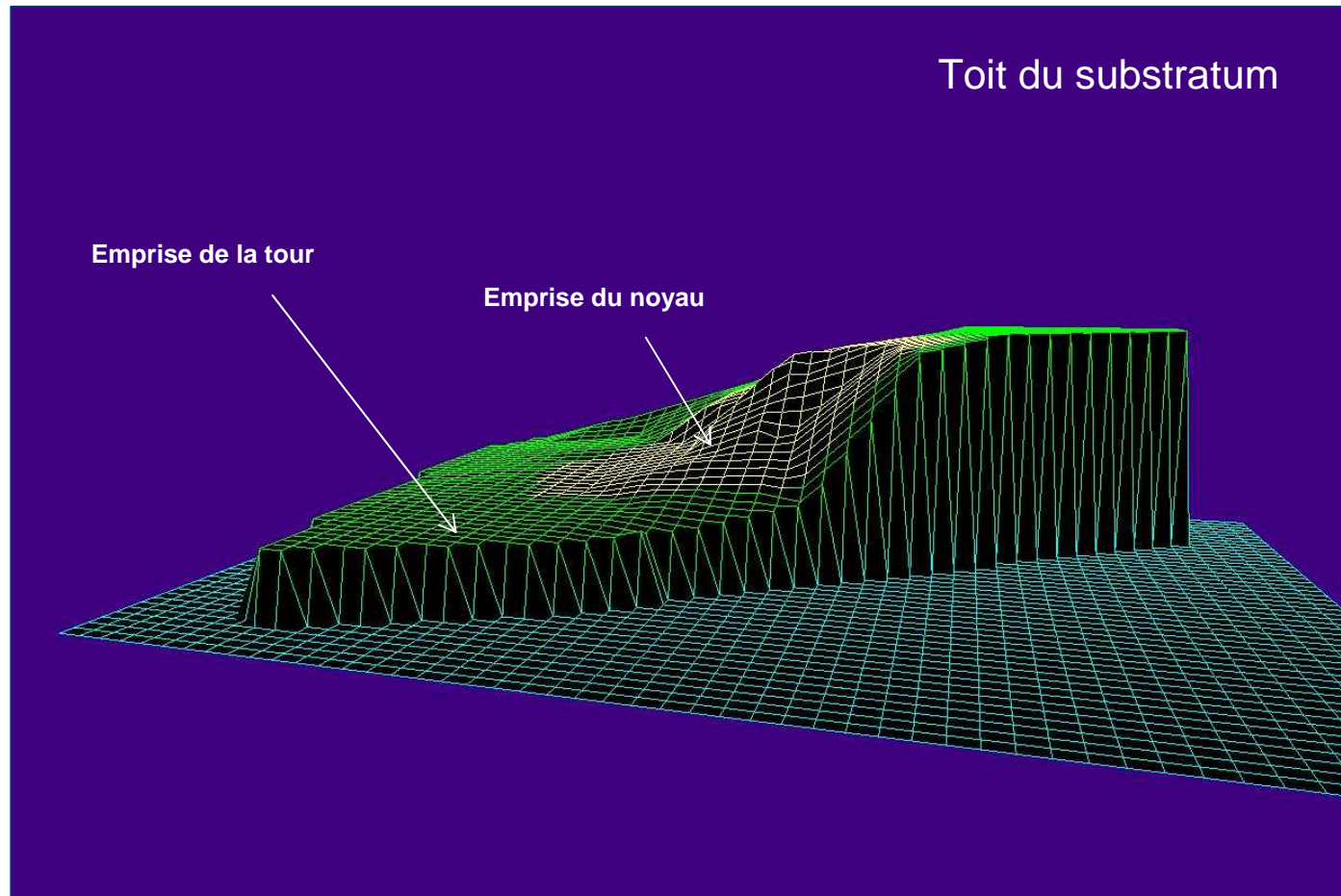
Modules pressiométriques des marnes, grès et poudingues du Stampien
2^{ème} campagne avec calibrage de la sonde et correction des modules



Pressions limites des marnes, grès et poudingues et grès du Stampien
2^{ème} campagne avec sonde « rochers »

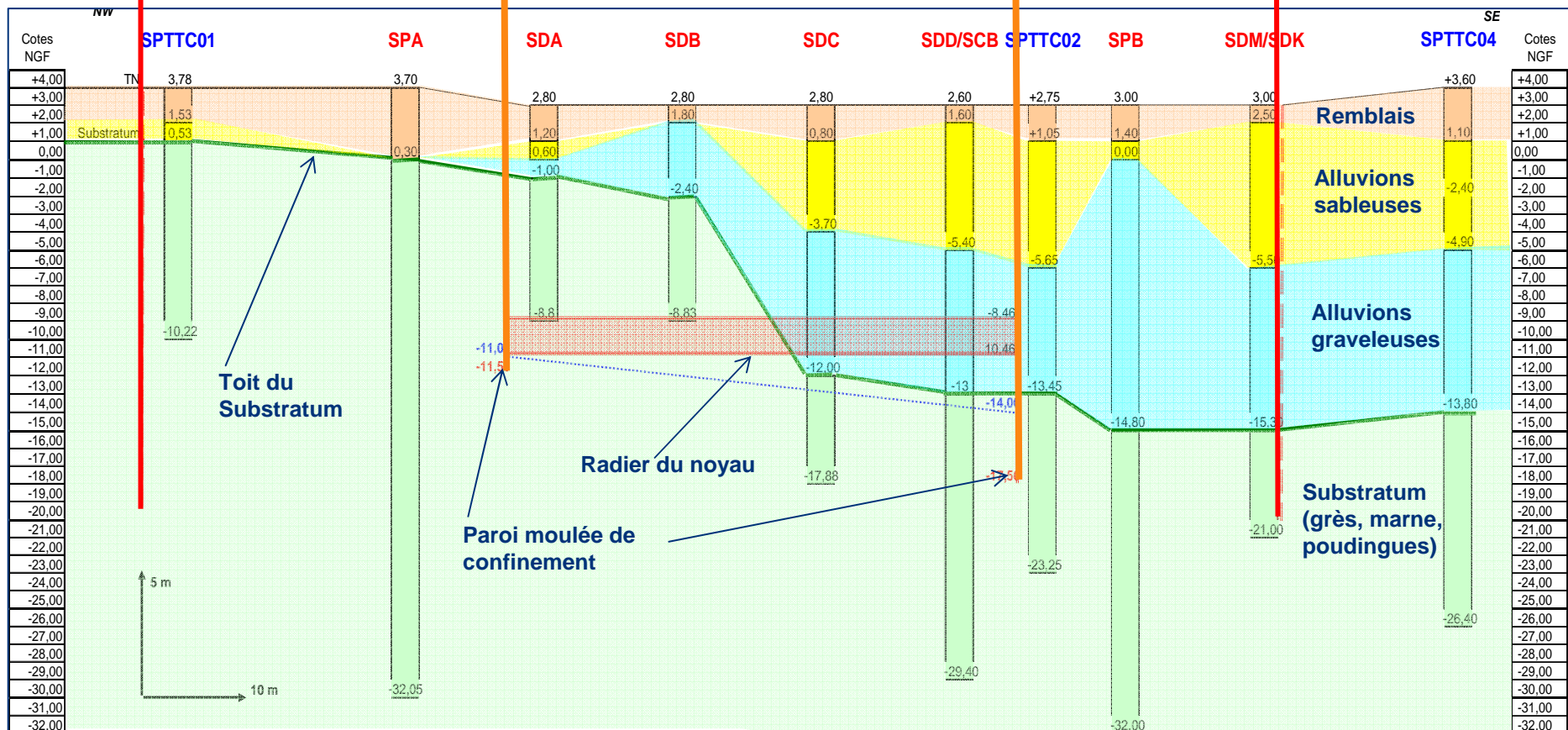


Cartographie du substratum



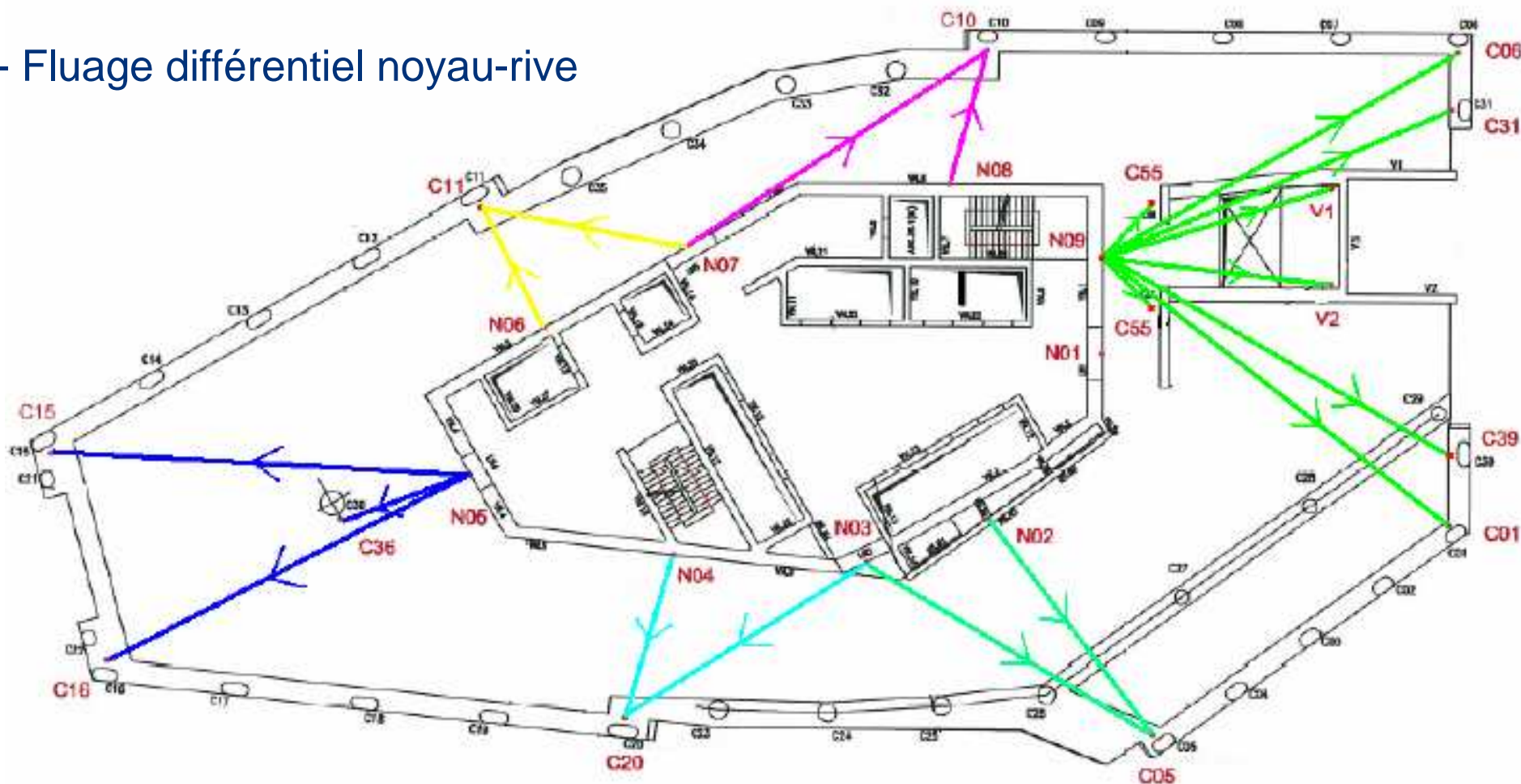
EMPRISE DE LA TOUR

EMPRISE DU NOYAU



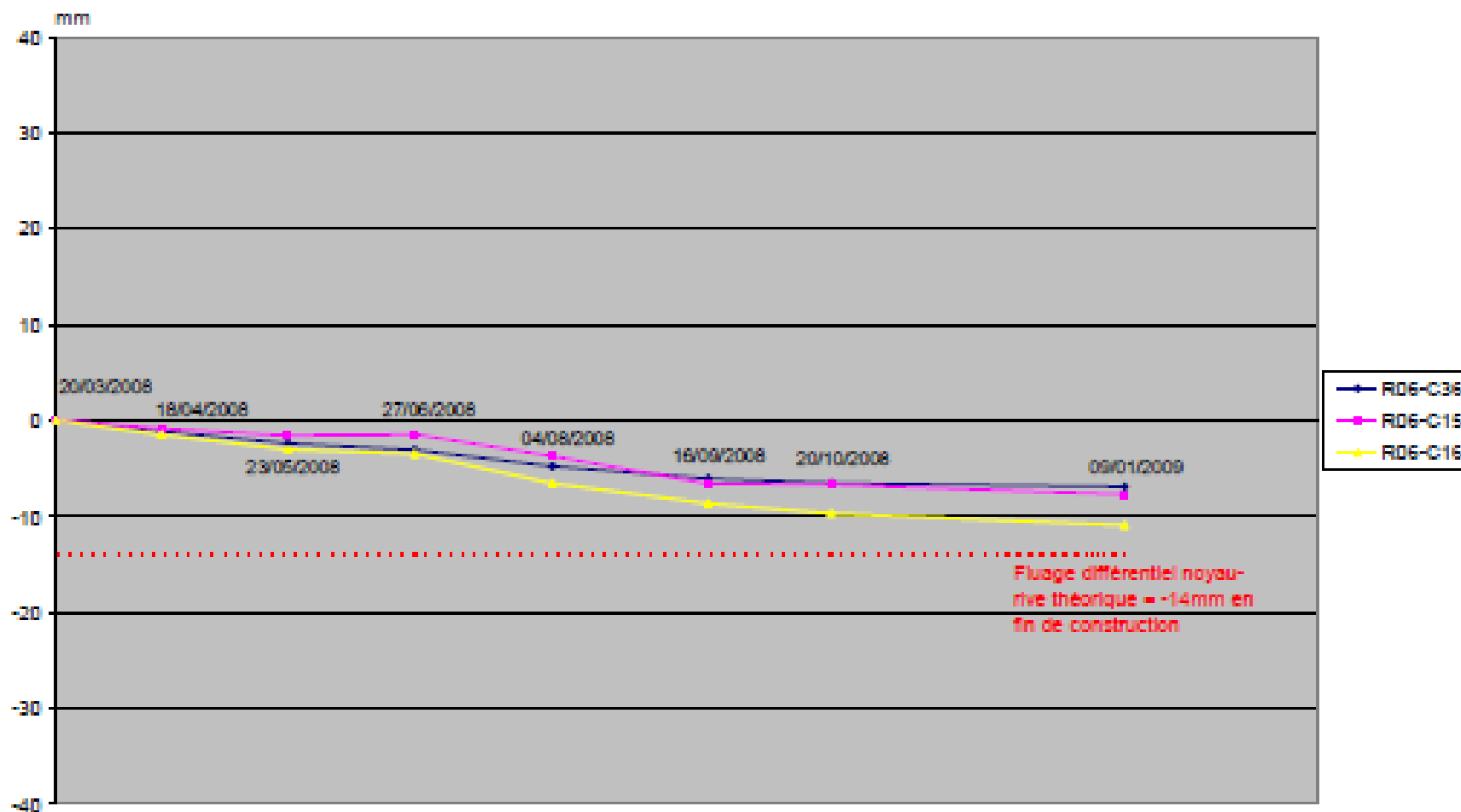
4.1 Suivi de l'exécution : Fondations

- Fluage différentiel noyau-rive

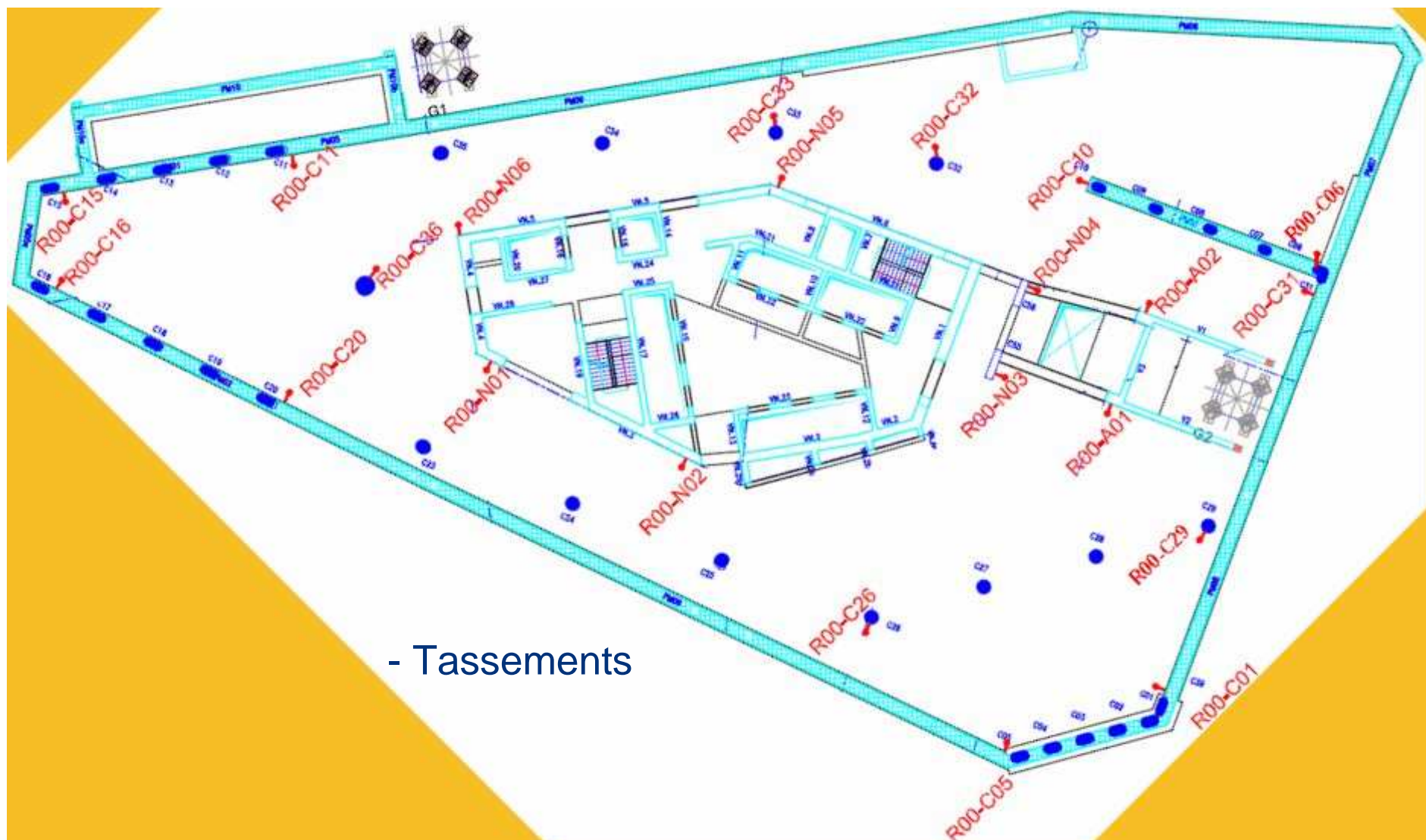


4.1 Suivi de l'exécution : Fondations

R06 - Fluage Différentiel NORD - réf. N06



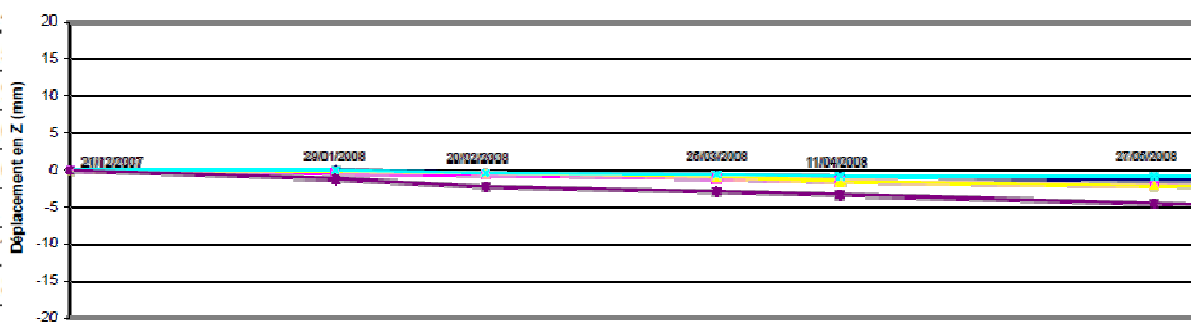
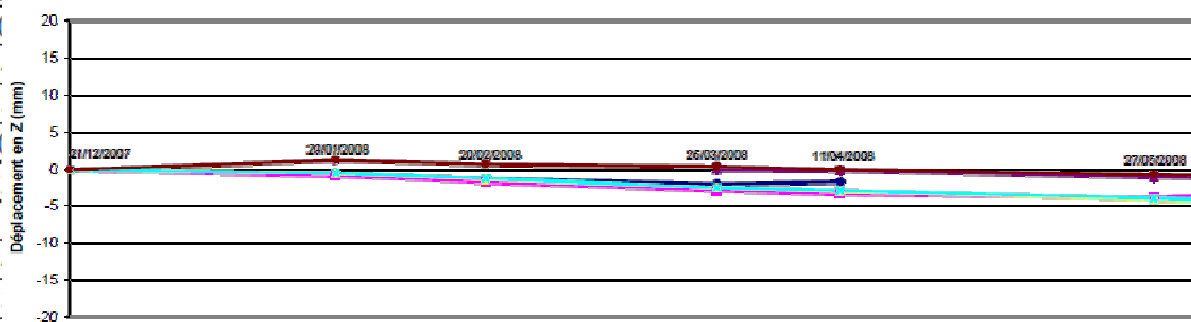
4.1 Suivi de l'exécution : Fondations



- Tassements

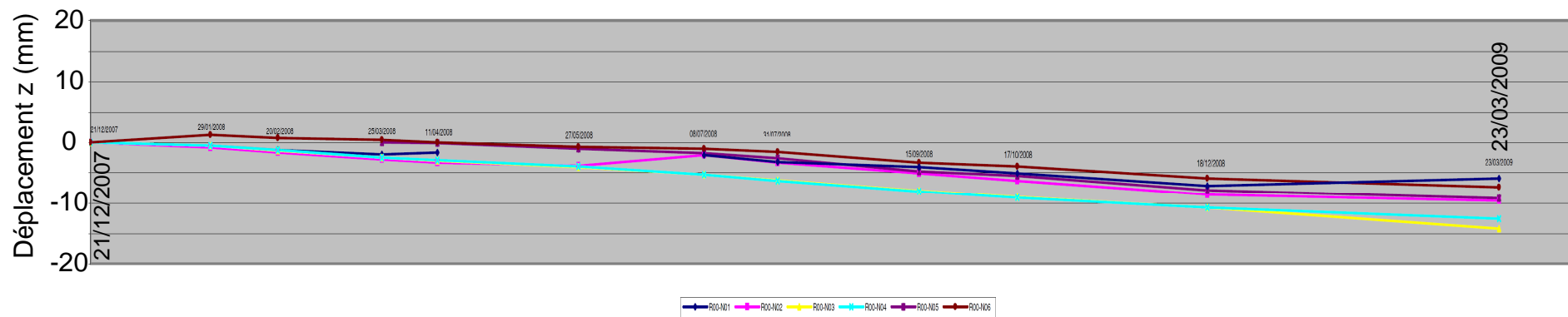
4.1 Suivi de l'exécution : Fondations

Niveau R0				
Opérateur	A.MUNAR	A.MUNAR		
Date	21/12/2007	29/01/2008		
Etat Noyau	R13	R15		
Etat Asc.	R9	R10		
Etat Plancher	R5	R7		
Repère	Point 0	Z	DZ rel mm	DZ cumul é m
R00-C11b	3.8590	3.8591	0.0	0.0
R00-C15b	3.8178	3.8174	-0.4	-0.4
R00-C16b	3.8278	3.8276	-0.3	-0.3
R00-C20b	3.8582	3.8582	0.0	0.0
R00-C36	3.9293	3.9281	-1.2	-1.2
R00-C33	3.9282	3.9281	-0.1	-0.1
R00-C32	3.9124	3.9120	-0.4	-0.4
R00-C29	3.9248	3.9245	-0.3	-0.3
R00-C26	3.9210	3.9202	-0.9	-0.9
R00-C10b	3.8310	3.8313	0.3	0.3
R00-C31	3.9545	3.9545	0.0	0.0
R00-C06b	3.8494	3.8493	-0.1	-0.1
R00-C01	3.6928	3.6871		
R00-C05	3.6724	3.6720	-0.4	-0.4
R00-N01	3.9698	3.9693	-0.5	-0.5
R00-N02	3.9476	3.9467	-0.9	-0.9
R00-N03	3.9221	3.9215	-0.6	-0.6
R00-N04	3.9177	3.9172	-0.6	-0.6
R00-N05	3.9096	3.9085	-1.1	-1.1
R00-N06	3.9380	3.9391	1.1	1.1
R00-A01	3.9374	3.9356	-1.8	-1.8
R00-A02	3.9228	3.9227	-0.1	-0.1

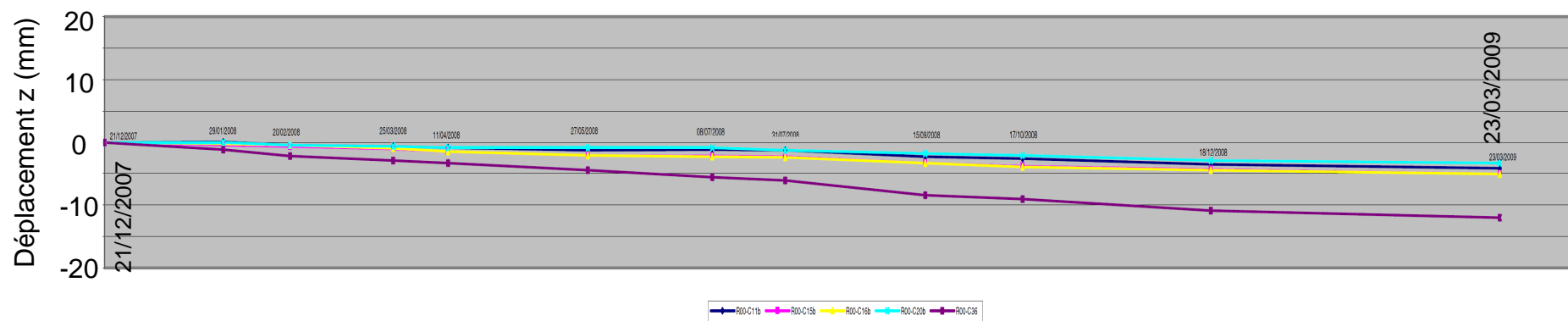


4.1 Suivi de l'exécution : Fondations

Noyau



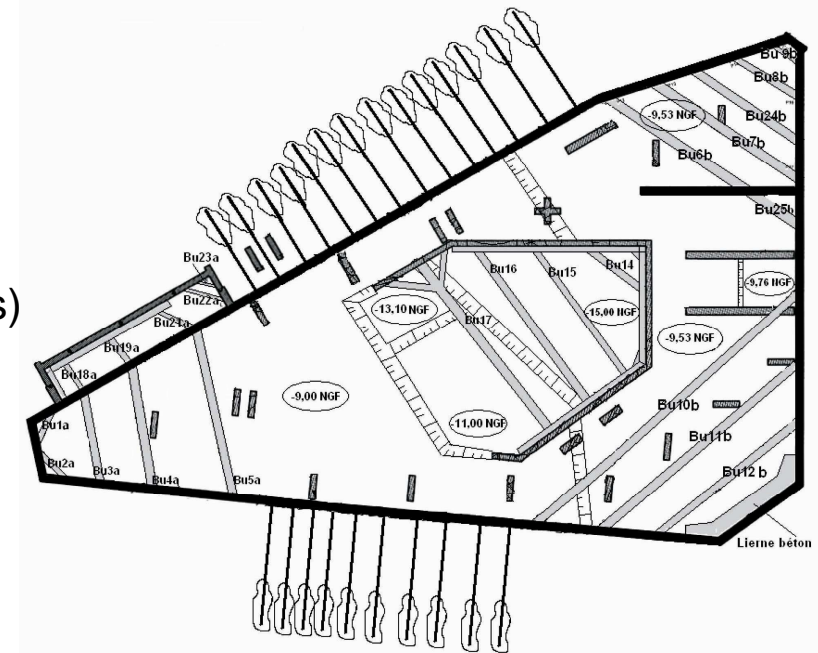
Nord



4.2 Suivi d'exécution concernant les soutènements

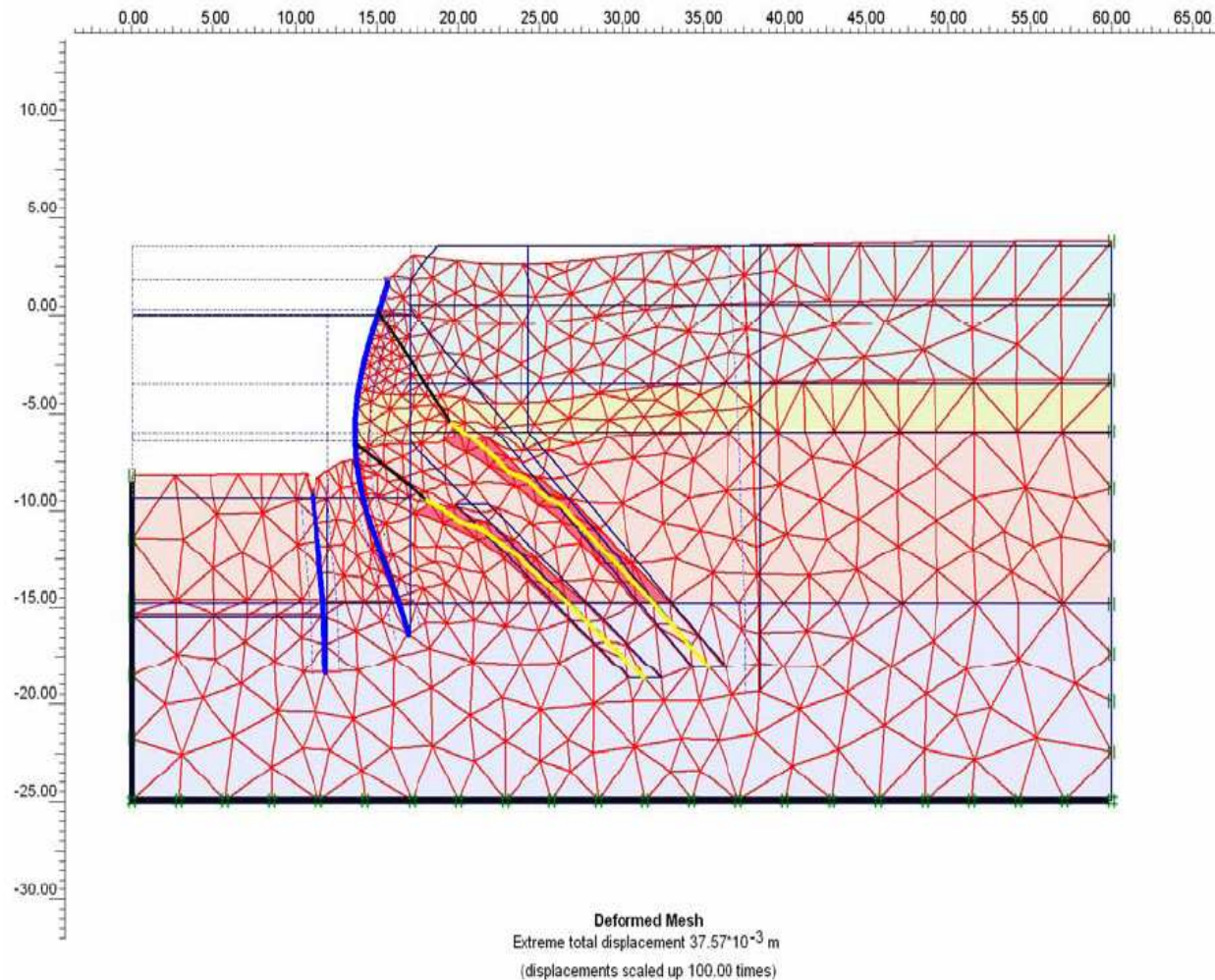
■ Suivi observationnel :

- analyse des coupes de calcul et détermination des seuils d'alerte et d'action (modélisations Plaxis-Rido-Pilate)
- instrumentation et suivi :
 - cibles topographiques
 - Inclinomètres
 - cellules dynamométriques (tirants)
 - capteurs de vibrations (sur les avoisinants)
 - Essai de chargement d'un bouton d'angle



Coupe AA Calculs Plaxis

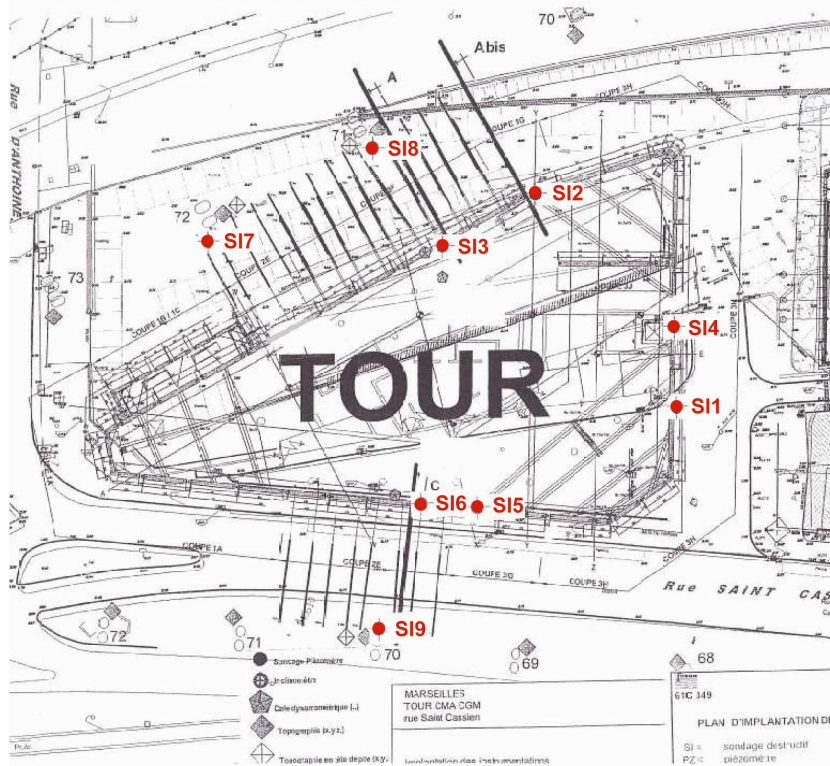
Terrassement à -9.50



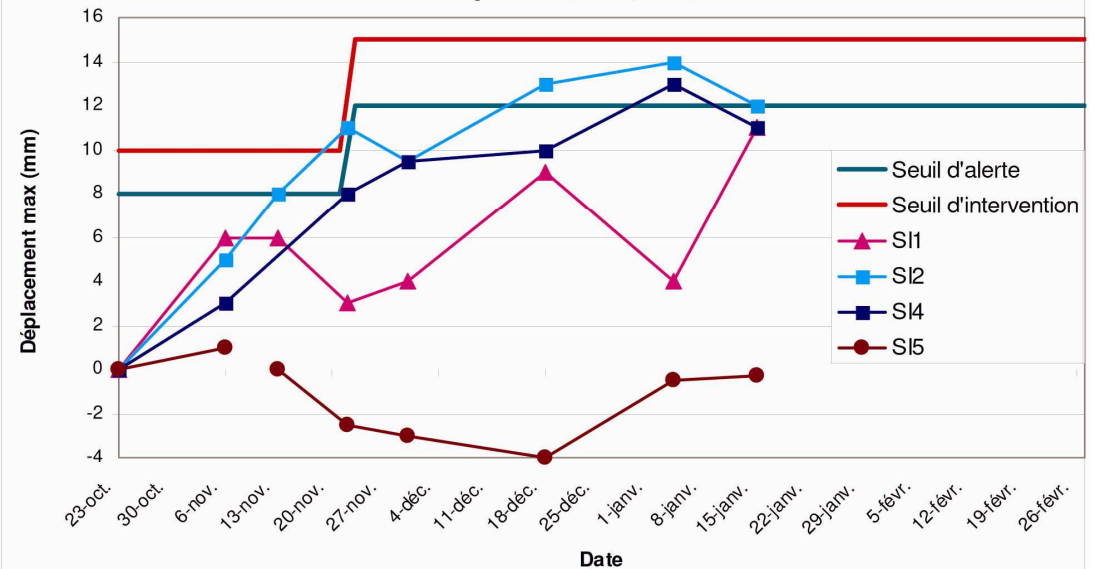
Modélisation et
détermination des
valeurs-seuils

Inclinomètres

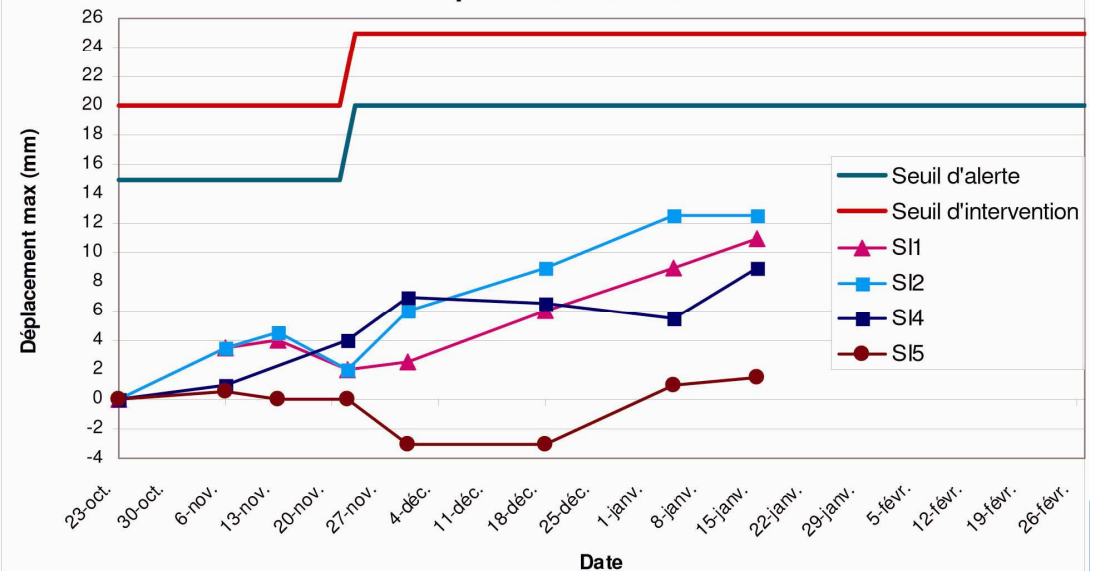
5.1 PLAN DE SITUATION DES INCLINOMETRES



Suivi inclinométrique SI1, SI2, SI4, SI5 - en tête



Suivi inclinométrique SI1, SI2, SI4, SI5 - en ventre

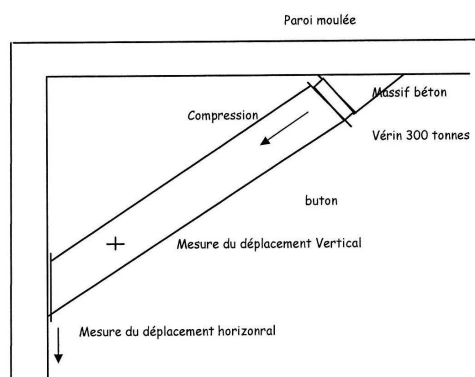


ESSAIS DE RESISTANCE A LA COMPRESSION SUR BUTON

Client : BOTTE Fondations
 Lieu du chantier : MARSEILLES
 Nom du chantier : CMA CGM TOWER
 N° du dossier : 06.BX.3.015

Vérin: SEPS.300.30.L.RI
 Capacité: 300 tonnes
 Section de tension: 452,4 cm²
 Date d'essai : 15/11/2006

SCHEMA DE PRINCIPE DE L'ESSAI



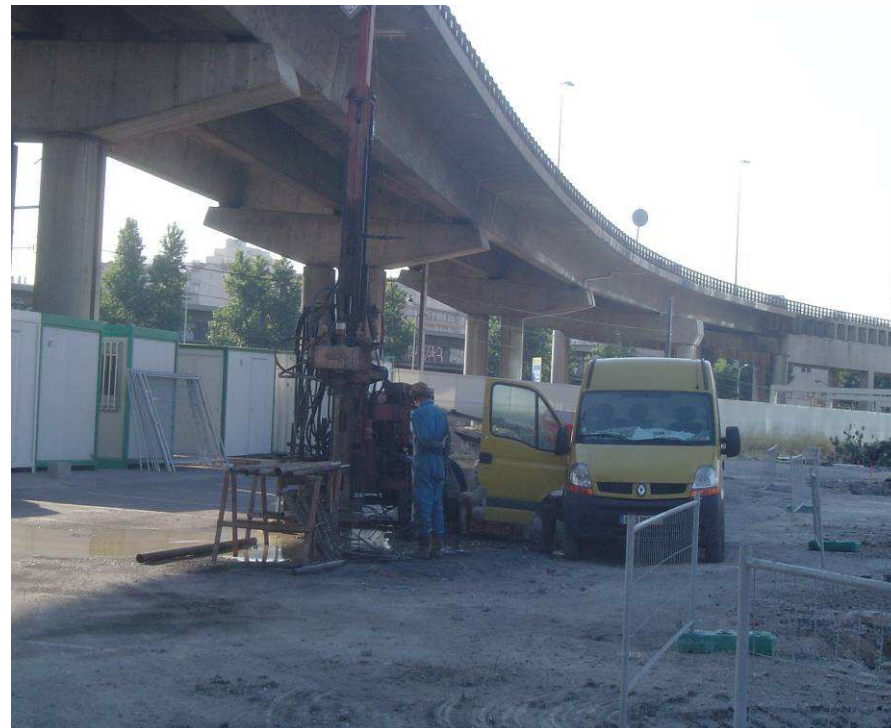
Pression (bars)	Force (kg)	Deplacements Lecture (mm)	C1 Horizontal Delta (mm)	Deplacements Lecture (mm)	C2 Vertical Delta (mm)	Observations
50	23 058	28,00	0,00	22,30	0,00	1er cycle de chargement déchargement
110	50 728	27,98	-0,02	22,27	-0,03	
220	101 456	27,96	-0,04	22,22	-0,08	
320	147 572	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
430	198 300	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
540	249 028	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
655	302 061	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
430	198 300	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
220	101 456	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
50	23 058	27,95	-0,05	22,21	-0,09	
655	302 061	27,94	-0,06	22,21	-0,09	2ème cycle de déchargement / chargement
320	147 572	27,94	-0,06	22,21	-0,09	3ème cycle de déchargement / chargement
655	302 061	27,93	-0,07	22,21	-0,09	
320	147 572	27,92	-0,08	22,21	-0,09	4ème cycle de déchargement / chargement
655	302 061	27,92	-0,08	22,21	-0,09	
320	147 572	27,92	-0,08	22,21	-0,09	5ème cycle de déchargement / chargement
655	302 061	27,91	-0,09	22,21	-0,09	
320	147 572	27,91	-0,09	22,21	-0,09	5ème cycle de déchargement / chargement à 1 min. Valeur à 15 minutes Valeur à 37 minutes
655	302 061	27,91	-0,09	22,21	-0,09	
655	302 061	27,91	-0,09	22,21	-0,09	
320	147 572	27,91	-0,09	22,21	-0,09	6ème cycle de déchargement / chargement
655	302 061	27,91	-0,09	22,21	-0,09	
320	147 572	27,91	-0,09	22,21	-0,09	7ème cycle de déchargement / chargement
655	302 061	27,91	-0,09	22,21	-0,09	
320	147 572	27,91	-0,09	22,21	-0,09	

Conclusions: Pas de déplacement résiduel par cycles de chargement / déchargement ni par palier de fluage 30 minutes

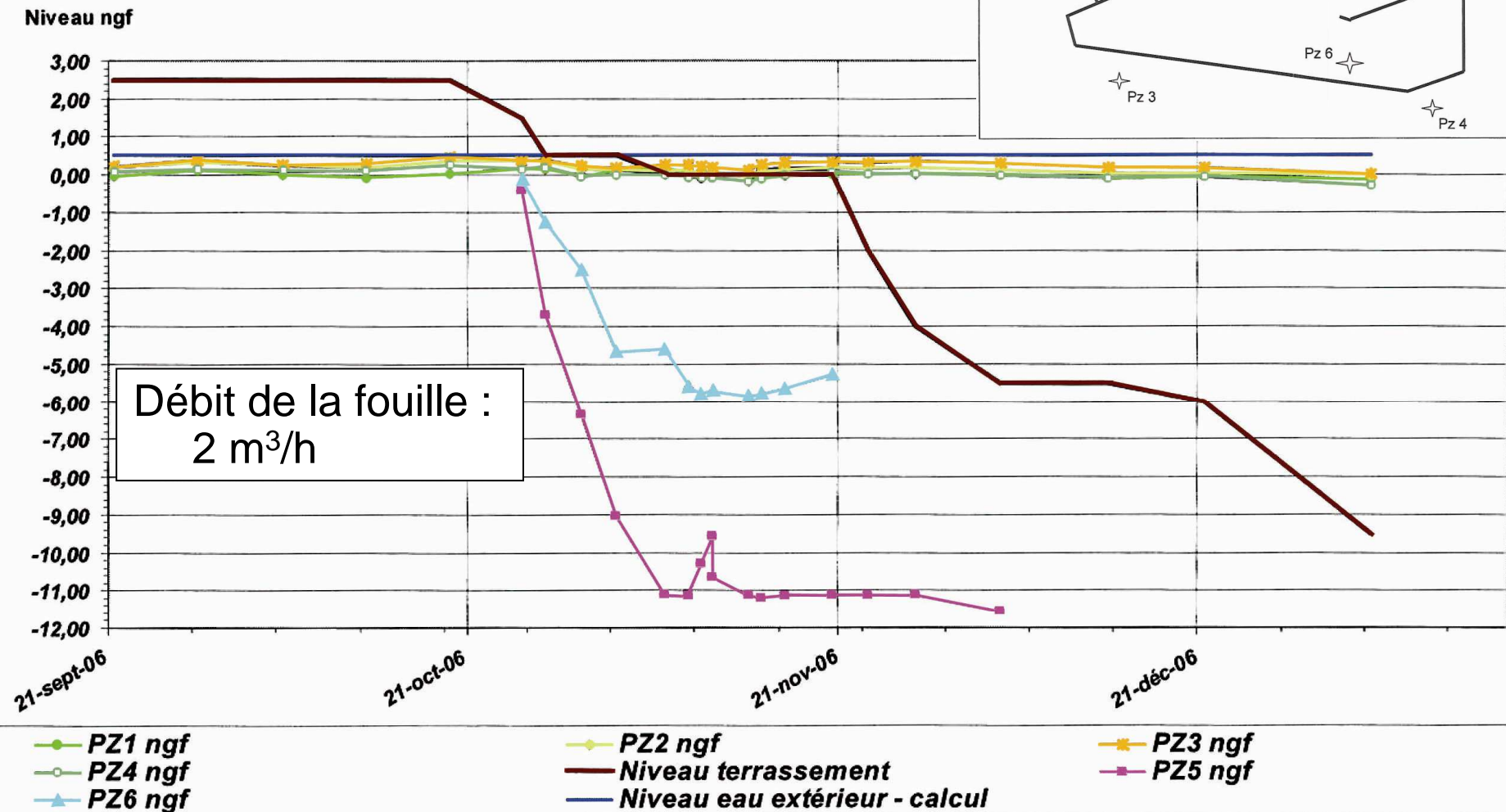
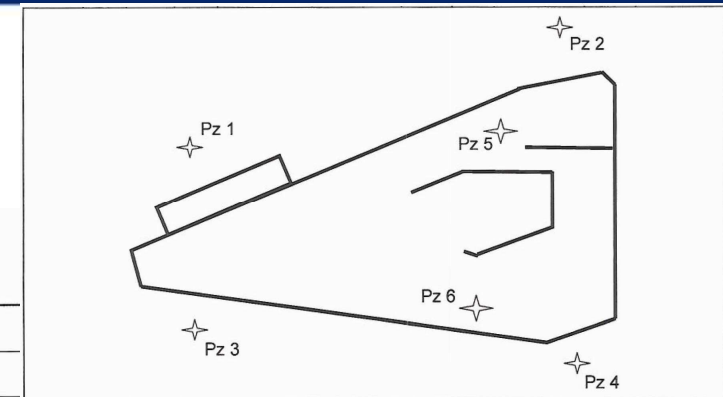
4.3 Suivi d'exécution relatif au débit de la fouille

■ Campagne de sols complémentaire

- essais Lugeon pour validation des perméabilités et définition des fiches hydrauliques



Piézomètres et suivi de la nappe



5. Retour d'expérience – Leçons à tirer

- Investissement important en étude pour conception
 - => Synergie entre acteurs du projet
 - => Projet mieux conçu
 - => Gain financier et de délai
 - => Réduction des risques (potentiels et résiduels)
- Méthode observationnelle mise en place et appliquée
 - => Suivi régulier et validation des prévisions
 - => Moe en confiance
- Avantages de la variante confirmés en exécution
 - => Gain délais 1 mois
 - => Aléas réduits
 - => Intérêt économique

5. Retour d'expérience – Leçons à tirer

- Association des ingénieries

=> Grande complémentarité

=> Présence à toutes les phases des études

=> Respect des phases d'études

=> Investissement en études = gain important à l'exécution



Merci pour votre attention.