

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Sommaire de l'intervention

- Contexte
- Besoins
- Intérêts croisés
- Illustration
- Conclusions

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Contexte

- On vise typiquement les projets de Maîtres d'Ouvrage qui nécessitent la création d'une **fouille**
  - Dans un **environnement urbain**
  - Avec la présence de **constructions avoisinantes**
- Les axes d'optimisation des Ouvrages Géotechniques de soutènement concernent l'impact des avoisinants sur le projet du Maître d'Ouvrage
  - Le chargement**
  - Les déplacements admissibles**



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase conception

- Pour de simples questions d'accès, il n'est pas toujours aisé de répondre aux questions suivantes, relatives à la (re)connaissance des avoisinants :
  - Identifier **la géométrie en infra (caves?) et en superstructure** des constructions avoisinantes ;
  - Identifier **le niveau et le mode de fondation** des constructions avoisinantes ;
  - Identifier **la nature des matériaux, le fonctionnement mécanique et l'état** des constructions avoisinantes ;
  - Identifier **l'intensité des charges** dans les fondations des constructions avoisinantes.
- Ces éléments, éventuellement accessibles dans un DOE (les premiers DTU datent de 1958), ont pourtant un impact certain sur la conception, le dimensionnement et le phasage de mise en œuvre des Ouvrages Géotechniques de soutènement puisqu'ils sont nécessaires pour définir :
  - Le chargement**
  - Les déplacements admissibles**

Ainsi avant d'envisager une optimisation de ces Ouvrages Géotechniques de soutènement, il est nécessaire de se demander :

si l'on ne les surdimensionne pas en négligeant ces aspects de (re)connaissance des avoisinants

ou

**si au contraire on n'est pas en train de préparer un sinistre...**

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase conception

- Projet impliquant la création d'une fouille urbaine à Lyon 3°
- Effondrement partiel du mur pignon d'un immeuble de logements (R+2) occupé en février 2022
- Mur pignon en pisé avec des planchers bois (pas de chaînage)
- RSO des fondations de l'immeuble à priori en cours

Entre optimisation et sinistre,

la frontière est parfois très mince!



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase conception

- Dans la perspective d'optimiser les Ouvrages Géotechniques de soutènement, il est également nécessaire de se donner les moyens de caractériser la **vulnérabilité des constructions avoisinantes**, c'est-à-dire :
  - Caractériser les **déplacements verticaux admissibles** ;
  - Caractériser les **déplacements horizontaux admissibles** ;
  - Caractériser la **rotation admissible**.
- Pour répondre à ces questions « délicates » qui correspondent **aux critères**, il est nécessaire :
  - D'observer l'état général de la structure avoisinante -> relevé et suivi exhaustif des désordres tels que les fissures (tasseaux de plâtre, fissuromètre, lunettes micrométrique) ; signes de carbonatation (armatures apparentes)
  - D'identifier le mode de fonctionnement de l'avoisinant -> implantation des éléments porteurs, sens de portée des planchers,...
  - De caractériser les performances des matériaux constitutifs -> carottage, vitesse de propagation des ondes si béton (> 3 000 m/s?), ferrailage au scanner mural, scléromètre,...

C'est seulement à ce stade que l'on peut s'intéresser à l'optimisation des Ouvrages Géotechniques de soutènement  
et

finaliser le choix de la **catégorie géotechnique... Pour aiguiller la G3 (études d'exécution et préparation du suivi du comportement)**

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase conception

➤ Extraits de la partie 1 de l'EC7

➤ Typiquement lorsqu'un avoisinant se révèle être mal fondé et/ou dans un état dégradé -> CG3 et non CG2

#### 2.1 Exigences de calcul

(14) La catégorie géotechnique 1 devrait seulement comprendre des ouvrages petits et relativement simples :

- pour lesquels il est possible d'admettre que les exigences fondamentales seront satisfaites en utilisant l'expérience et des reconnaissances géotechniques qualitatives ;
- avec un risque négligeable.

NOTE Les ouvrages suivants sont des exemples de structures ou parties de structures qui entrent dans la catégorie géotechnique 2 :

- fondations superficielles ;
- fondations sur radiers ;
- fondations sur pieux ;
- murs et autres ouvrages de soutènement retenant du sol ou de l'eau ;
- excavations ;
- piles et culées de ponts ;
- remblais et terrassements ;
- ancrages et autres systèmes de tirants ;
- tunnels dans les roches dures non fracturées, sans conditions spéciales d'étanchéité ou autres exigences.

NOTE La catégorie géotechnique 3 comprend par exemple :

- les ouvrages très grands ou inhabituels ;
- les ouvrages impliquant des risques anormaux ou des conditions de terrain ou de chargement inusuelles ou exceptionnellement difficiles ;
- les ouvrages construits dans des zones très sismiques ;
- les ouvrages situés dans des zones sujettes à des instabilités ou des mouvements permanents du terrain qui nécessitent des reconnaissances séparées ou des mesures spéciales.

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase conception

- Extrait de la NF P94-282 :  
norme d'application nationale (NAN) de la partie 1 de l'EC7 ;  
norme relative aux écrans de soutènement.
- Pour aiguiller la G3 des Ouvrages Géotechniques de soutènement et des constructions avoisinantes **selon la catégorie géotechnique** :  
**Préparation du suivi du comportement**  
**Vérification des hypothèses retenues**

### 17 Documents justificatifs des calculs

(4) Le dossier doit inclure un plan de surveillance et de suivi des travaux,

Tableau 17.3 – Principes généraux à suivre pour définir la surveillance, le suivi et le contrôle des travaux

Objet	Catégorie géotechnique		
	1 <sup>a)</sup>	2	3 <sup>a)</sup>
Surveillance	inspection visuelle, contrôle simple, estimation qualitative du comportement de l'ouvrage	idem 1 + contrôle des propriétés des remblais et du comportement de l'ouvrage	idem 1 + mesures des propriétés du terrain et du comportement de l'ouvrage aux étapes importantes
Vérification de l'état des terrains	inspection du site et relevé des types de terrains dans les excavations sur le site	idem 1 + vérification des propriétés du terrain avec reconnaissance et essais complémentaires si besoin	idem 2 + reconnaissance complémentaire et étude des conditions du terrain influant sur le dimensionnement
Contrôle de l'exécution des travaux	normalement, pas de plan de suivi et de contrôle	plan de suivi indiquant les phases de travaux	plan de suivi indiquant les phases de travaux
Instrumentation et suivi de l'ouvrage	évaluation simple et qualitative du comportement de l'ouvrage, fondée sur l'inspection visuelle	évaluation du comportement de l'ouvrage, basée au moins sur la mesure des mouvements <sup>b)</sup> de quelques points choisis et si besoin sur des mesures inclinométriques et si possible des réactions d'appui (cales dynamométriques)	évaluation du comportement de l'ouvrage, sur la base de mesures de déplacements et d'analyses tenant compte des phases des travaux, de mesures inclinométriques et de la mesure si possible des réactions d'appui (cales dynamométriques) surtout si la méthode observationnelle est utilisée

<sup>a</sup> Cité pour mémoire, les dispositions de ce document ne s'appliquent pas aux ouvrages de catégories 1 et 3.  
<sup>b</sup> À comparer avec les prévisions fondées sur des résultats de calcul ou une expérience comparable.

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Besoins en phase exécution

- ▶ **En phase études d'exécution (G3)**, les notes de dimensionnement et les phasages des travaux géotechniques, en lien avec les procédures d'exécution, doivent permettre de vérifier que les objectifs sont atteints, en particulier :
  - en terme de **résistance aux efforts** de la part des Ouvrages Géotechniques de soutènement ;
  - en terme de **déplacements et rotation** des Ouvrages Géotechniques de soutènement et des avoisinants.
- ▶ **En phase chantier**, il s'agit de s'assurer de la cohérence « G3 » à l'appui du **suivi du comportement** des Ouvrages Géotechniques de soutènement.

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Intérêts croisés

► On sait qu'une bonne instrumentation et qu'un bon suivi de cette instrumentation permet :

**De maîtriser les risques**

Ce qui va nécessairement bien à tout les acteurs ; au maître d'œuvre, au géotechnicien et au contrôleur technique en particulier

**D'éviter le sinistre** car on le voit arriver (sauf en cas de rupture fragile de l'avoisinant) :

On observe une dérive du comportement de l'OG ; de quoi convaincre de :

L'intérêt des calculs phasés ;

Veiller à la cohérence « G3 » en particulier par la G4 ;

**D'offrir de la souplesse** en terme de phasage :

Que ce soit au moment des terrassements :

Réduire les dimensions d'une risberme ;

Baisser un niveau de plate-forme intermédiaire avant d'installer un niveau d'appuis ;

Ou au moment de la construction de l'infrastructure définitive.

Personnellement, je pense qu'il ne faut pas se focaliser sur l'Ouvrage Géotechnique de soutènement (berlinoise, lutétienne, pieux sécants, paroi moulée) ou de RSO mais inviter à un raisonnement plus global qui aura finalement **un impact sur le délai mais pas vraiment sur les quantités...**

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Intérêts croisés

- Dans le cadre de marchés fréquemment au forfait, l'optimisation touche les entreprises :
  - Essentiellement en délai ;
  - Pas vraiment en fournitures (sauf si la vulnérabilité a été revue à la baisse).
- Dans ce cadre, et pour ce qui concerne le Maître d'ouvrage :
  - Il sécurise avant tout la date de réception de son ouvrage ;
  - Si le planning permet de préciser la vulnérabilité de tout ou partie des constructions avoisinantes (car tous les ouvrages ne sont pas sur le chemin critique) alors l'organisation du dialogue compétitif avec les entreprises lui est également profitable.

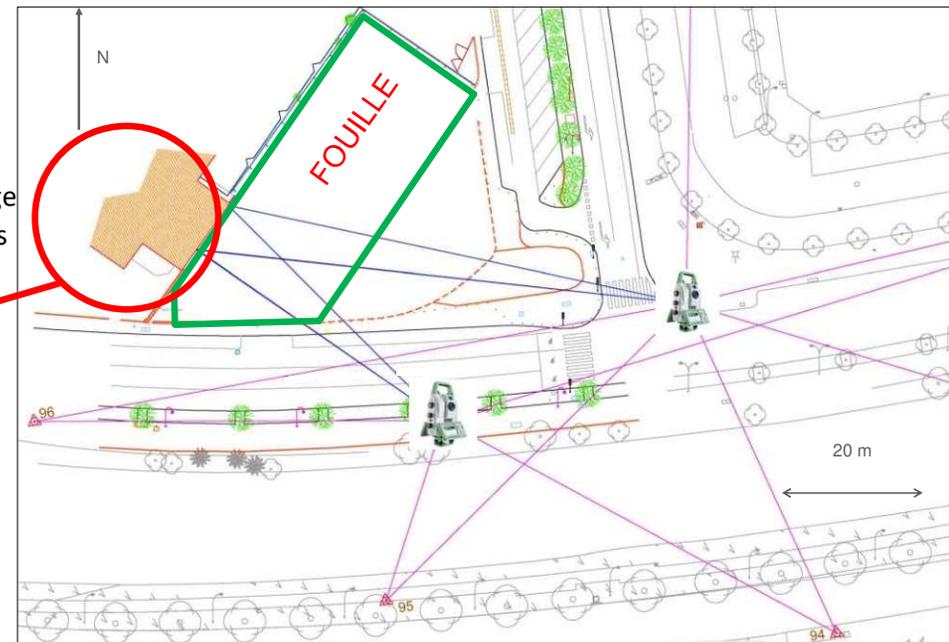
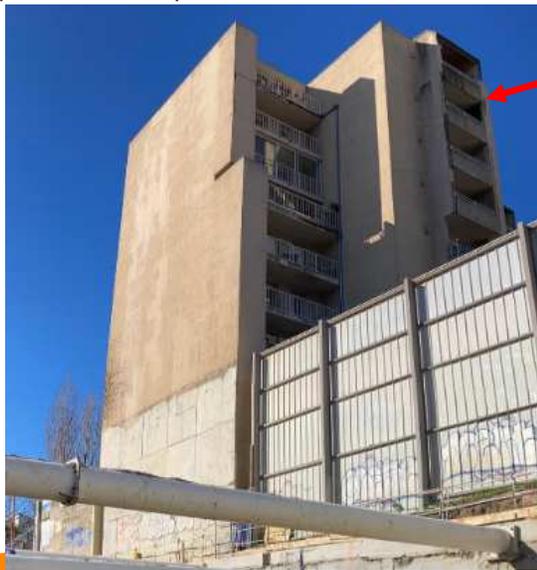
Faute de REX, je me garderai bien d'évoquer le cas de la méthode observationnelle...

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Illustration

- R+10 avec 4 niveaux de sous-sol sur environ 1 000 m<sup>2</sup>, au voisinage d'un R+8 à priori fondé superficiellement sur des semelles filantes et isolées.



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Illustration

- Le CCTP précise que les déplacements horizontaux admissibles de la paroi moulée au droit du R+8 sont de 10 mm.
- Cette valeur s'explique, et apparaît raisonnable aux yeux du contrôleur technique en phase projet, étant donnés :
  - L'état apparent de l'avoisinant (absence de fissures sur les façades) ;
  - Son fonctionnement mécanique (structure en béton armé avec des voiles pleins, des chaînages).
- A ce stade, le niveau de connaissance de l'avoisinant est « satisfaisant » ; ce qui permet d'évaluer dans de plutôt bonnes conditions sa vulnérabilité.
- Seuls bémols : pas d'accès au DOE et impossibilité de faire des sondages pour s'assurer du mode de fondation (existant non démolé au moment de la G2-PRO).

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Illustration

➤ Le suivi du comportement se décompose en deux parties :

Suivi de cibles topographiques installées au niveau du R+8 :

Les cibles sont **installées avant le démarrage des travaux de parois moulées** (non pas de terrassement) ;

Les cibles sont **installées à deux altitudes différentes** (basculement identifiable).

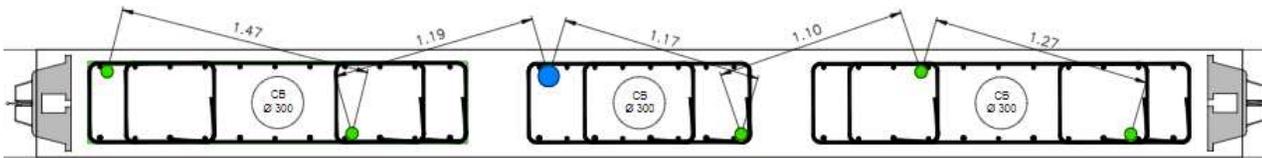


# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

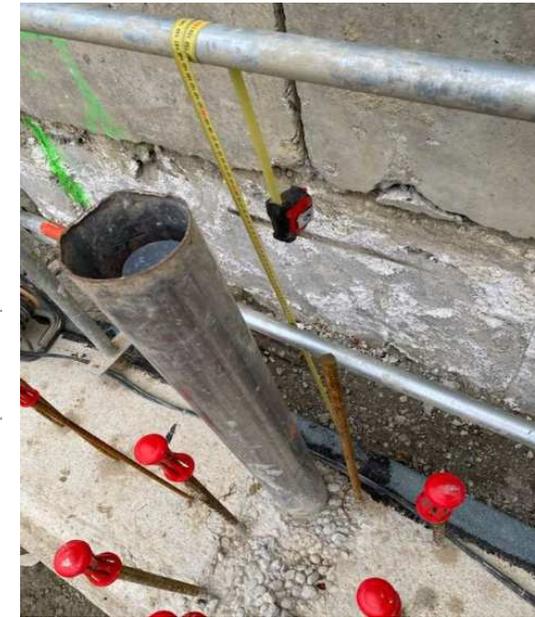
## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Illustration

- Le suivi du comportement se décompose en deux parties :  
Suivi d'un inclinomètre installé dans un panneau de la paroi moulée.



- Trois points de vigilance pour bien interpréter les données :
  - Le 0 des cibles topo est fait bien avant celui de l'inclinomètre ;
  - Veiller au lien entre les relevés et l'avancement des travaux ;
  - Veiller à ce que les inclinomètres soient accessibles pendant toute la durée du chantier.



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Illustration

➤ A fin mars 2021, l'avancement des travaux de terrassement font que nous atteignons le fond de fouille.

➤ Aucun désordre apparent ; ni sur l'avoisinant ni sur la paroi moulée.



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

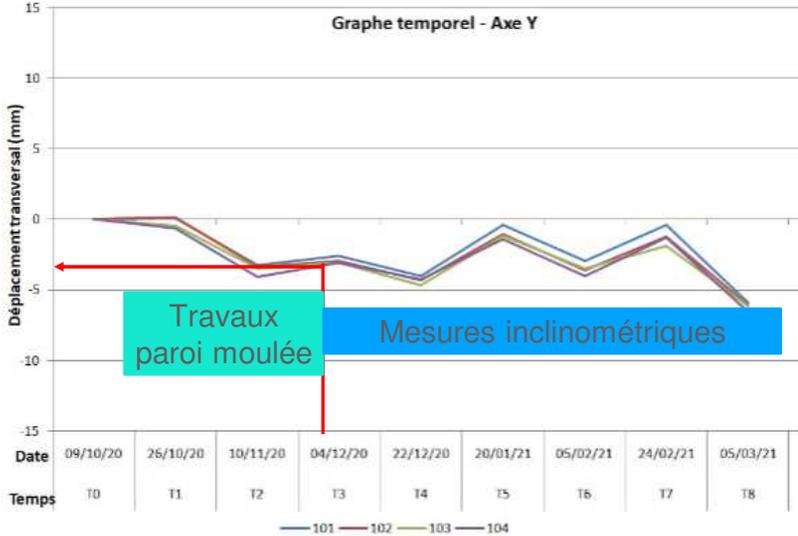
### Illustration

Les déplacements mesurés (cibles topo) sont les suivants :

- # 7 mm en plan (pas de basculement)
- # 5 mm de tassement

# 3 mm en plan « consommés » par la réalisation de la paroi moulée

Ecart à T0			
N° Cible	X (m)	Y (m)	Z (m)
101	0.003	-0.006	-0.004
102	0.004	-0.006	-0.004
103	0.003	-0.006	-0.005
104	0.003	-0.007	-0.005



# Optimisation des Ouvrages Géotechniques

## Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

### Conclusions

- Tous les acteurs de la construction trouvent un intérêt à l'optimisation ; mais pas d'optimisation sans critères, ni méthode pas de géo-hasard!
- Une meilleure évaluation des critères passe par une **connaissance** et un **diagnostic des constructions avoisinantes**
- Le **programme de suivi du comportement** des constructions avoisinantes et des ouvrages géotechniques de soutènement sont prévus par les normes d'application nationale de l'Eurocode 7 (NF P94-270, NF P94-281, NF P94-282)
- **Toutes ces actions sont à engager dès la phase de conception**
- **La connaissance, le diagnostic et le suivi du comportement** des constructions avoisinantes sont des aides à la décision pour l'ensemble des acteurs de la construction...
- ... Car il ne faut jamais omettre que l'**on ne connaît pas à priori les critères** ; on cherche seulement à tendre vers une meilleure évaluation sans atteindre le sinistre

# Optimisation des Ouvrages Géotechniques Prise en compte des avoisinants – Meilleure évaluation des critères

Merci pour votre attention



Nicolas NAYRAND  
Ingénieur spécialiste national Sols et Ouvrages géotechniques

Bureau Veritas Construction

Direction Technique Performance Construction

[nicolas.nayrand@bureauveritas.com](mailto:nicolas.nayrand@bureauveritas.com)

+33 6 84 48 29 02

**MOVE  
FORWARD  
WITH  
CONFIDENCE**



**BUREAU  
VERITAS**

JOURNÉE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
7 AVRIL 2022

 cfms

18