

Messagerie SOGARIS à Créteil (94)

Christophe POILPRE

Serge LAMBERT

X-AM-SOL Développement

KELLER Fondations Spéciales



- ◆ 1 INTRODUCTION
- ◆ 2 Descriptif du site et de l'ouvrage
- ◆ 3 Contexte Géotechnique
- ◆ 4 L'appel d'offre
- ◆ 5. Etude d'exécution
- ◆ 6 Travaux
- ◆ 7 Contrôles
- ◆ 8 CONCLUSION

1. Introduction

- Projet en conception réalisation attribué au groupement Brézillon/Hammoutène/Colas
- Brézillon s'est fait assisté par X-AM-SOL Développement pour la partie géotechnique
- déroulement des études géotechniques:
 - en avant projet: 2 reconnaissances de sol par le BE CEBTP qui concluaient sur une solution pieux et plancher porté (missions G11 et G12),
 - en phase projet (après attribution du marché au groupement): étude G12 complémentaire d'une solution amélioration des sols réalisée par X-AM-SOL Développement

<p>Entreprise générale Bâtiment :</p> <p>Brézillon</p> <p>324 rue du Moulin St Denis BP 70156 - 60403 MOYON Tél : 0344.93.21.21 • Fax : 0344.93.21.21</p>	<p>Architecte :</p> <p>ATELIER ARCHITECTURE FRANCK HAMMOUTÈNE</p> <p>10/12, rue des Lyonnais 75005 PARIS Tél : 0143210040 • Fax : 0143262621</p>	<p>Entreprise VRD :</p> <p>COLAS</p> <p>Ile-de-France Normandie</p> <p>11 quai du Rancy B.P. 2 94381 Bonnetieu-Mairie Cedex Tél : 01.45.13.93.78 • Fax : 01.45.39.24.30</p>
<p>EMETTEUR</p> <p>KELLER KELLER FONDATIONS SPECIALES</p> <p>Immeuble IENA 12 rue le Corbusier BP 40220 94518 BUNGIS Cedex</p>		

2. Descriptif du site et de l'ouvrage

- ◆ Ancien bâtiment industriel démoli car ne répondant pas aux critères du cahier des charges du maître d'ouvrage
- ◆ Nouveau bâtiment prévu en partie à l'emplacement de l'ancien bâtiment
- ◆ Remblaiement partiel sur 1 à 1,5 m

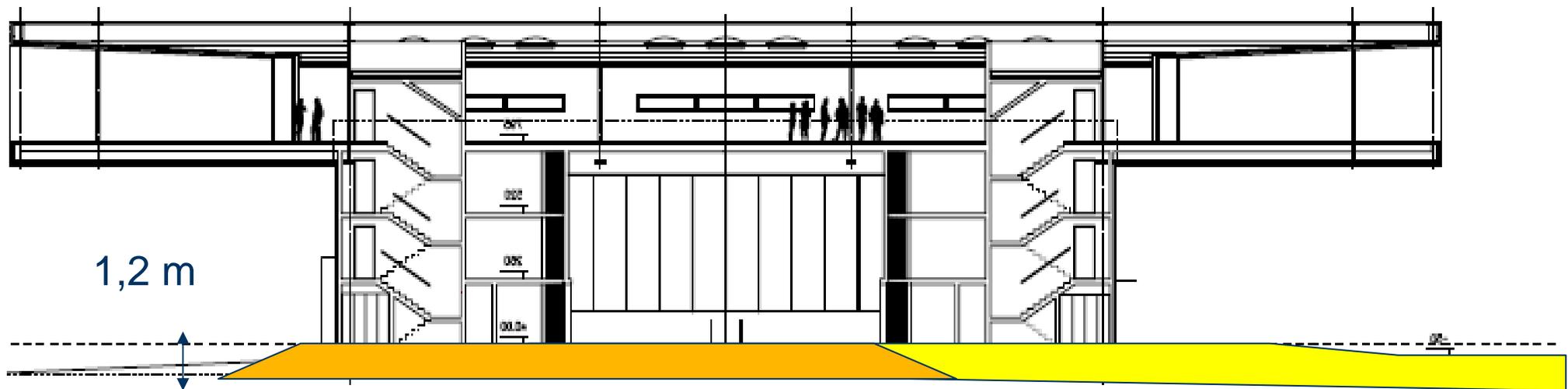


Vue aérienne du site après démolition de l'ancien bâtiment

2. Descriptif du site et de l'ouvrage

Surface de stockage: 4700 m²

Surface de bureau: 1000 m²



Remblai existant



Nouveau projet

2. Descriptif du site et de l'ouvrage



Les charges maximales envisagées par le maître d'œuvre sont égales à :

- 400 à 500 kN (50t) sur appui isolé de la structure courante
- 1800 à 2000KN (200t) sur les 4 appuis centraux assurant la reprise de la structure R+1
- 20 kPa (2t/m²) de charge d'exploitation sur les dallages
- Contrainte de poinçonnement: 1,26 MPa (30kN sur dalle 17X13cm)

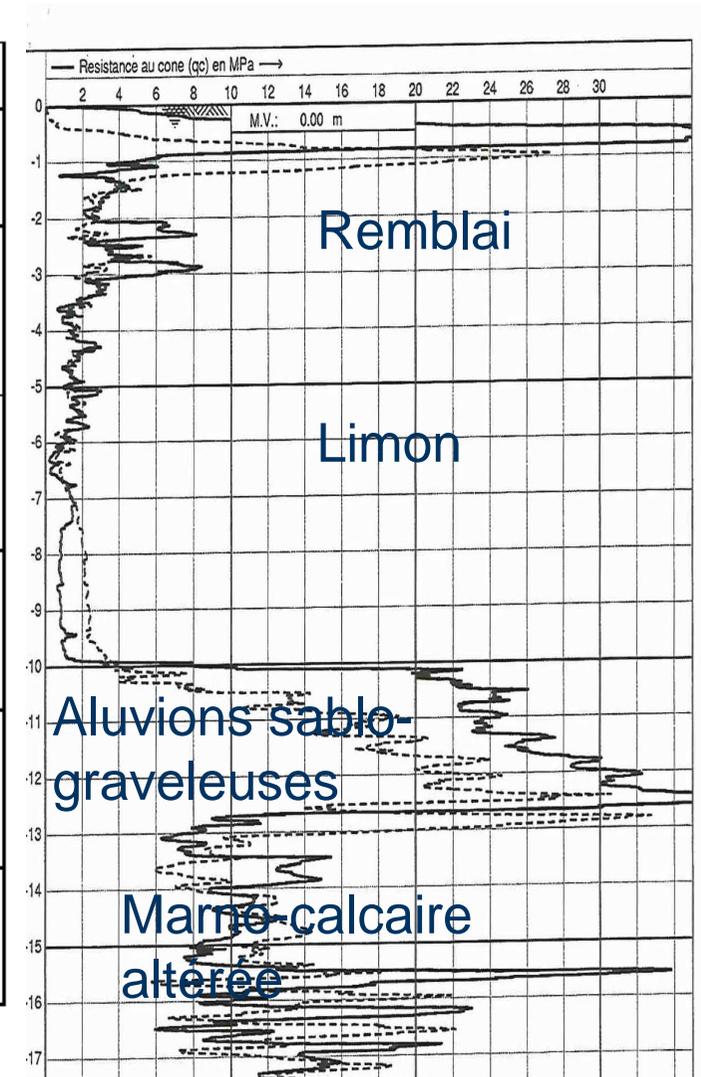
Notons par ailleurs que les contraintes d'exploitations de l'ouvrage imposent des critères de planéité qui en terme de déformations conduisent à retenir un objectif de tassement total inférieur à 2 cm et un tassement différentiel limité à # 1/5000^{ème} (1cm pour 50m).



3. Etudes Géotechniques



N°	Nature des terrains traversés	Épaisseur moyenne / (cote fond de couche)	Caractéristiques géomécaniques moyennes			
			Résistance en pointe q_c	Module pressiométrique E_m	Pression limite p_l^*	α
1 et 2	Remblais et Limons vasards compressibles	10/12 m (24/26NGF)	1 à 2 MPa	2.5MPa	0.31 MPa	1
3	Alluvions Anciennes sablo-graveleuses	3/5 m (20/22NGF)	10 à >20 MPa	>35 MPa	>2.5 MPa	0.33
4a	Marno-calcaire (M et M du gypse)	# 8 m (#14/15NGF)	>10 MPa	20 MPa	2 MPa	0.5
4b	Marno-calcaire Niveau altéré	# 4 m (10 NGF)	8 MPa	12 MPa	1.0 MPa	0.5
5	Marno-calcaire (MC de St Ouen)	>5 m	>10 MPa	>30 MPa	>3.0 MPa	0.5



3. Etudes géotechniques



Couche				Cas de charge	Rb (0m)	Rb (1.5m)	Rb parking
N°	α	H (m)	E_m (MPa)	P (kPa)	28	58	20
1 et 2	1	12	2.5	Tassement total S(cm) (1)	13	28	10

- Tassement absolu maximum de l'ordre de 30 cm sans prise en compte d'un caractère évolutif des formations,
- Tassements différentiels importants de 15 cm estimés sans considérer la consolidation entre la zone de l'ancien bâtiment certainement consolidée et la zone vierge



Le choix de la méthode d'amélioration ou de renforcement des sols est principalement guidé par les critères suivants :

- Nature et épaisseur du sol à consolider
- Présence d'un niveau aquifère
- Profondeur de la couche compressible
- Nature de l'ouvrage projeté (type et charge)
- Contexte environnemental
- Interface avec les travaux de terrassement et bâtiment,
- Temps disponible pour le traitement
- Tassements résiduels admissibles

Dans le cas présent, les critères pris en compte sont les suivants :

- Les sols à considérer sont de natures diverses (remblais tout-venant limoneux à argilo-marneux,
- des débris et déchets anthropiques pouvant présenter un caractère vasard et évolutif),
- une nappe alluviale dont le niveau est en relation direct avec les variations saisonnières,
- l'épaisseur de ces sols compressibles est d'environ 11 à 12m,
- l'ouvrage du type industriel (stockage jusqu'à 20kPa),
- Les travaux de terrassement en déblais/remblais impliquant un rechargement d'une partie du terrain.
- Les contraintes environnementales : présence de bâtiments industriels à proximités
- La durée du traitement à envisager est courte (1 à 2 mois).
- Les tassements totaux résiduels admissibles pour l'ouvrage limités entre 1 et 2cm.

Suivant ces critères, le choix s'est orienté vers un renforcement de sol par Inclusions rigides permettant d'envisager un dallage

4. L' Appel d'Offre

L'entreprise Brézillon s'est chargée de la consultation des entreprises spécialisées en renforcement de sol et a été secondée par X-AM-SOL Développement pour l'analyse technique des offres.

Notons que les hypothèses suivantes ont été imposées à la consultation:

- épaisseur dallage non armé: 15 cm (contrainte traction maxi. 3.99 MPa),
- matelas de répartition: épaisseur 50 cm, $E_{v2} = 50$ MPa,

L'analyse technique des offres des entreprises a conduit à vérifier les mailles, profondeurs et diamètres des Ir pour rester dans les objectifs fixés.

Selon les méthodes de calculs (Eléments finis en 3D ou 2D, méthodes analytique,..) de chacune des entreprises, **les résultats divergeaient.**

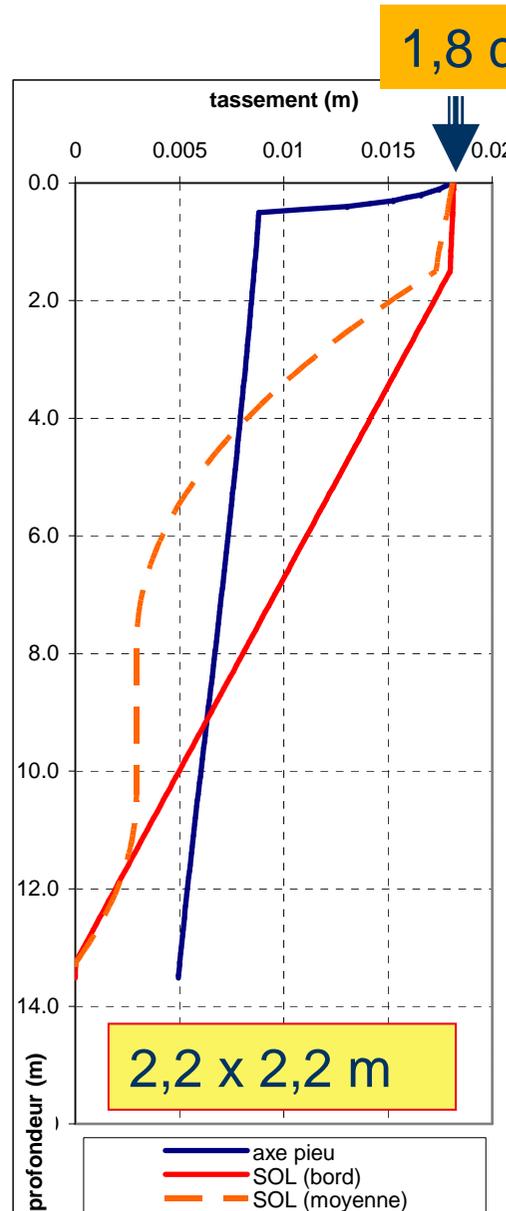
L'analyse détaillée des offres par X-AM-SOL a permis de montrer que les variations de ces résultats étaient fortement liées aux hypothèses considérées et à l'outil de calcul utilisé.



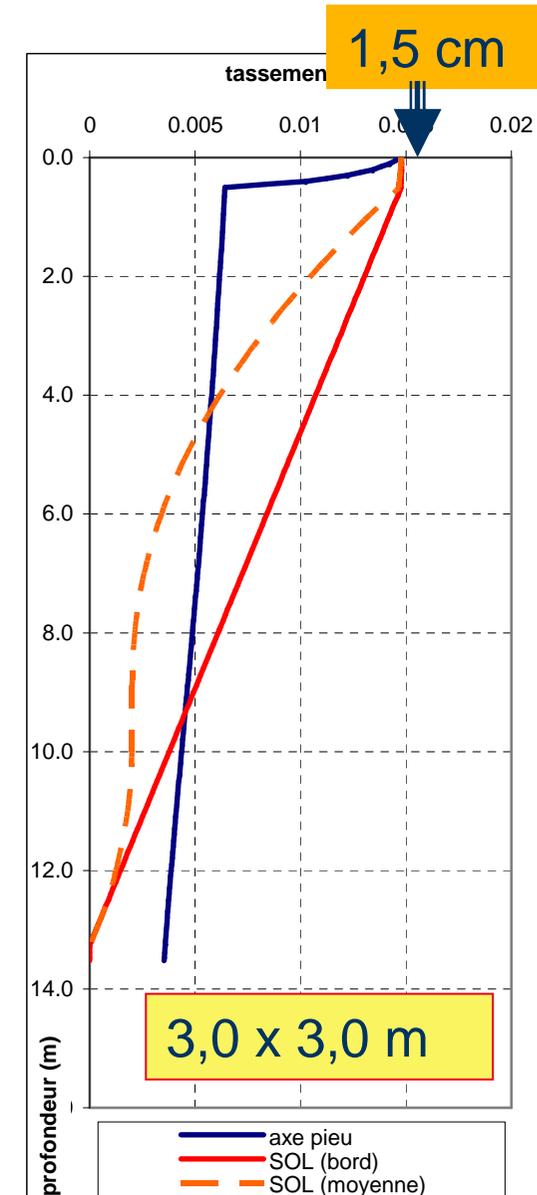
Renforcement de sol sous Dallage

Inclusion rigide de type INSER
Diamètre 0.27 m

Zone sans préchargement



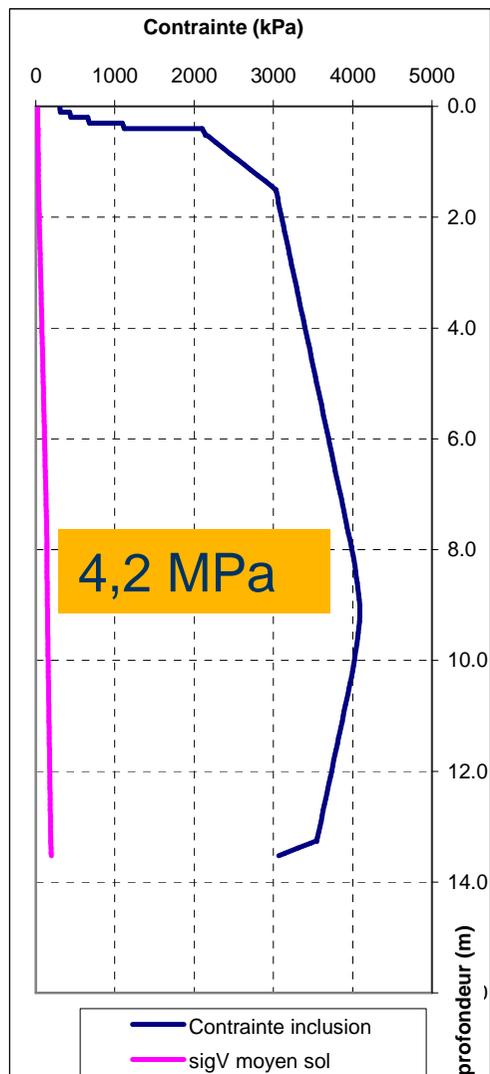
Zone avec préchargement



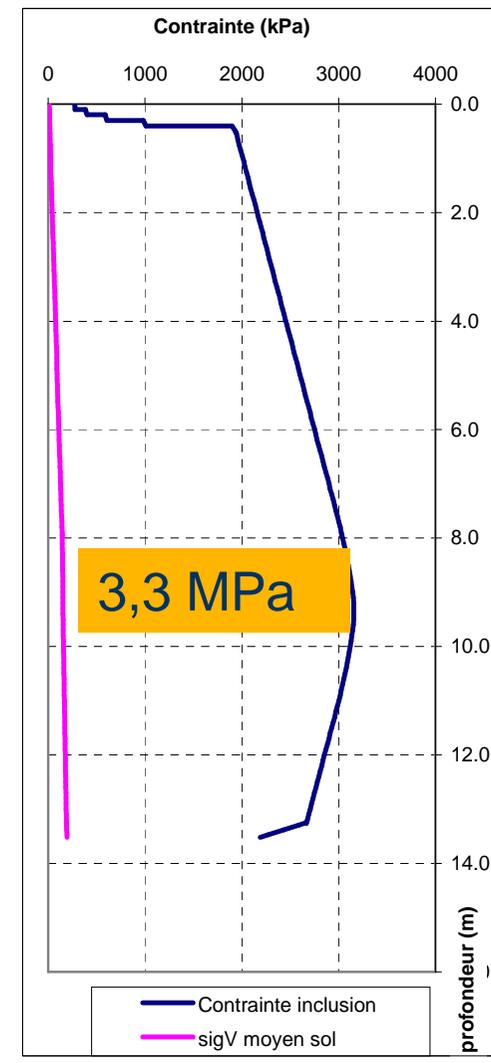
5. Etude d'exécution

♦ vérification STR des inclusions rigides

Zone sans préchargement



Zone avec préchargement



5. Etude d'exécution

► vérification STR du dallage

Le concepteur du dallage doit considérer pour son dimensionnement:

- le module E_s équivalent du sol renforcé (**module de YOUNG**)
- les moments complémentaires dans le dallage liés à l'effet de points durs des I_r et à l'effet lié aux joints dans le dallage

Les modules équivalents E_s , à considérer pour le dimensionnement du dallage, sur les hauteurs traitées par inclusions rigides, sont présentés dans le tableau suivant :

<i>Zone</i>	<i>Charge maximum</i> <i>m</i>	Epaisseur du sol renforcé	<i>Tassement (cm)</i>	<i>E_{oed}</i> <i>Module oedométrique équivalent (MPa)</i>	<i>E_s</i> <i>Module Young Equivalent (MPa)</i>
Sans prech. 2.2 m x 2.2 m	2 t/m ² + 2.7 t/m ²	13 m	1.8	33.8	21
Avec préch. 3 m x 3 m	2 t/m ²	13 m	1.5	17.6	10.9

5. Etude d'exécution



Moments complémentaires pour une surcharge de 2t/m²

- ◆ On considère l'épaisseur minimum de dallage de 0.15 m.

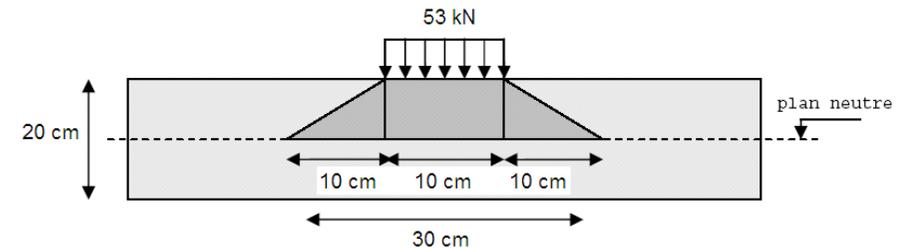
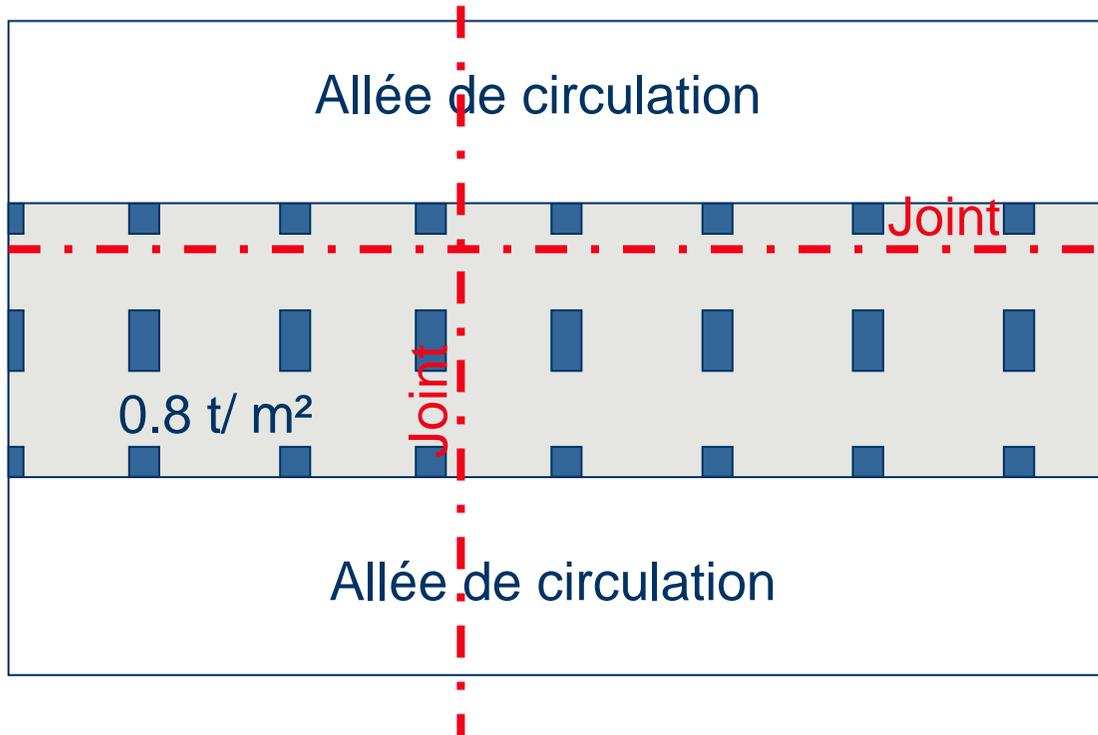
Prise en compte de l'effet de point dur et de la présence des joints

<i>Zone</i>	<i>Maille des INSER</i>	<i>kv_{INSER}^{\circledast} sur 0.352 m² (kPa/m)</i>	<i>kv_{sol} (kPa/m)</i>	<i>Charge d'exploitation (t/m²)</i>	<i>Moment complémentaire Sur la Fibre sup. et inf. (kN.m / ml)</i>
Sans préch.	2.2 m x 2.2 m	16 801	1 483	2 t/m ²	3,0
Avec préch.	3 m x 3 m	18 351	662	2 t/m ²	8.1

Pour un E matelas de 50 MPa !



Moment dans le dallage sous chargement Pied de Rack



2.44 m

armoires de 2.86 m x 1.05 m
espacées de 0.34 m
largeur des allées de 3.16 m

<i>Zone</i>	<i>Maille des INSER</i>	<i>Moment complémentaire sur la Fibre sup. et inf (kN.m / ml)</i>
Sans préch.	2.2 m x 2.2 m	1.7
Avec préch.	3 m x 3 m	4.3

- ▶ Le contexte économique du projet a repoussé le démarrage des travaux de 3 ans. Pendant cette période d'attente, quelques aménagements du terrain (réalisation de merlon anti-intrusion) ont été réalisés avec les matériaux de remblai du site



Mars 2011 : plate-forme avant démarrage des travaux

6. Les travaux

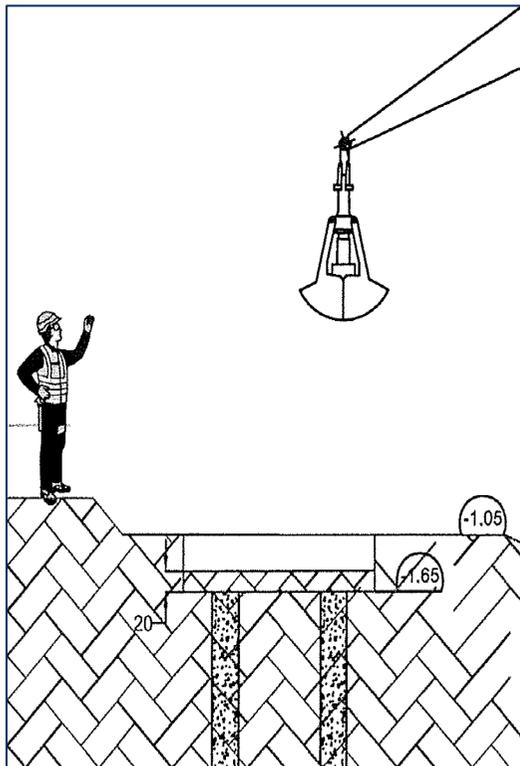


Avril 2011 : montée des remblais limoneux sur 70 cm (apport extérieur)

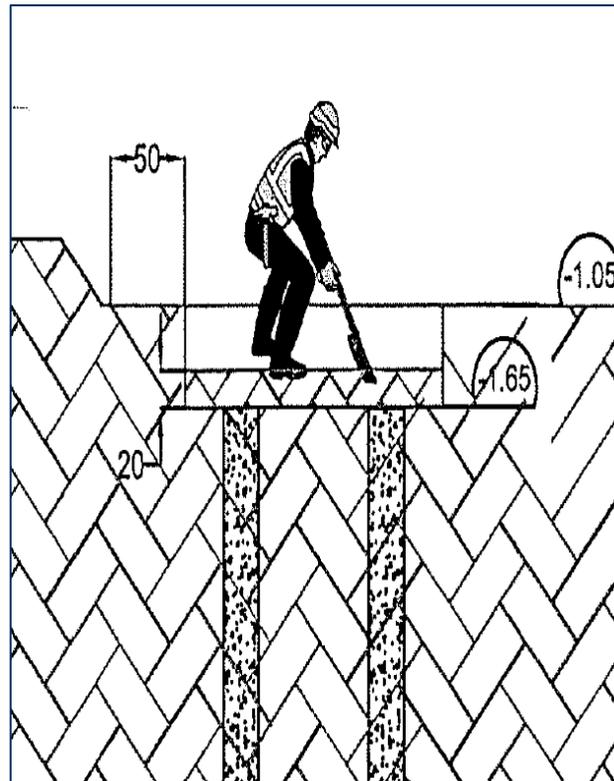
6. Les travaux

Mai 2011 : réalisation des inclusions rigides sous dallage avec arase basse à $-0,30$ m/PF

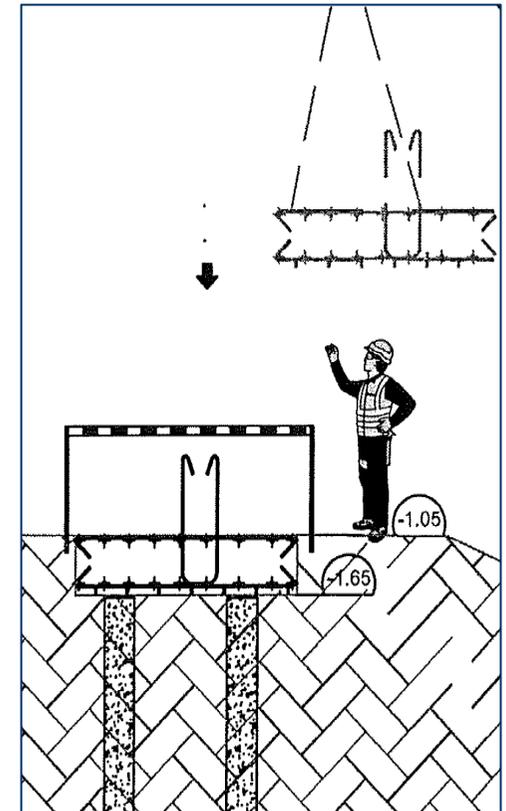




Etape 1: terrassement des massifs jusqu'à + 20 cm de l'arase inf. de la semelle avec la pelle mécanique



Etape 2: terrassement des massifs jusqu'à l'arase inférieure de la semelle à la pelle manuelle



Etape 3: pose de la cage d'armature et bétonnage du massif

Extrait de la procédure de terrassement des fouilles de semelles

6. Les travaux



Pré-terrassement à la pelle mécanique



Dégarnissage des têtes d'IR avant recépage au marteau piqueur

Juin 2011: terrassement des fouilles



DANGER TERRASSEMENT



Défaut d'arase non pris en compte au terrassement des fouilles de fondation

6. Les travaux



Juin 2011 : terrassement et coulage des semelles

6. Les travaux



Juin 2011 : complément et compactage du matelas de répartition jusqu'à la cote sous dallage

7. Les contrôles

Les contrôles ont été les suivants:

Conformément au cahier des charges du procédé KELLER des colonnes de type INSER®, les contrôles prévus sont les suivants :

Au démarrage de la réalisation des travaux :

Réalisation de fonçage de calibrage du vibreur à proximité de sondages pressiométriques de l'étude de sol, si la plateforme libérée le permet.

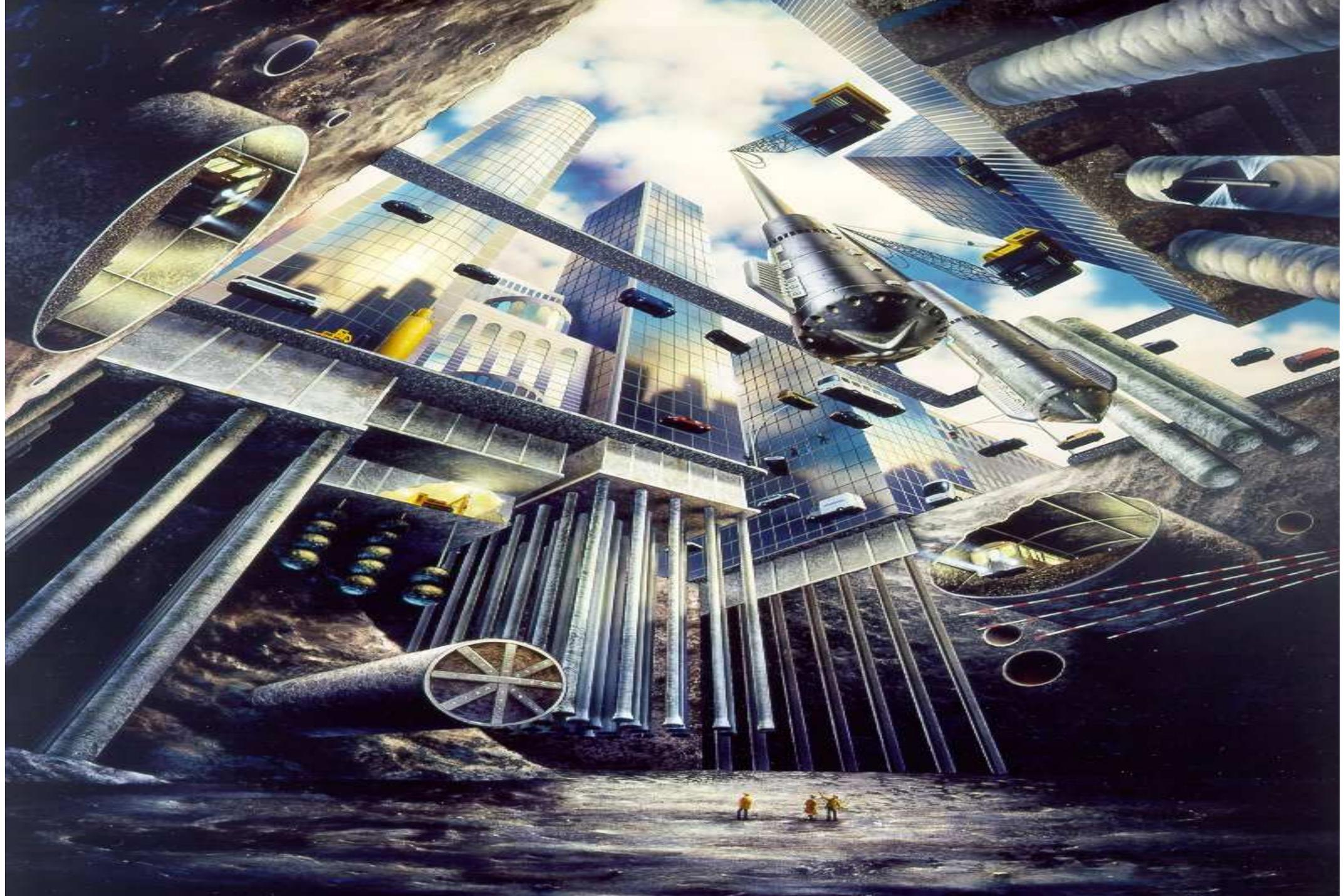
Pendant la réalisation des travaux :

- 1 essai de chargement à 150% de la charge de service ;
- 3 jeux de 3 éprouvettes pour des essais de résistance à 7 jours et 28 jours ;
- Réalisation d'impédance mécanique sur les inclusions à raison de 1/100 sous structure et 1/400 sous dallage ;
- enregistrements de paramètres de toutes les inclusions de type INSER®



- ◆ La gestion des interfaces entre différents lots est prépondérante pour limiter les risques et pour rester conforme à la conception
- ◆ Interaction sol renforcé - structure: prise en compte des effets de points durs des Ir dans le dimensionnement des dallages et des semelles pas bien compris par les BE
- ◆ Sous appuis: les pieux armés restent parfois une solution économiquement intéressante pour réduire les dimensions des massifs

- ◆ que va changer ASIRI ?:
 - ▶ ASIRI va permettre d'adopter des règles communes pour :
 - les justifications,
 - les dispositions constructives,
 - Les procédure d'exécution,
 - Les controles,
 - La gestion des interfaces entre les différents intervenants



Merci beaucoup de votre attention