



TERRASOL

Bureaux d'Ingénieurs-Conseils en Géotechnique

H. LE BISSONNAIS

Excavation et fondations du Viaduc de la Grande Ravine à La Réunion

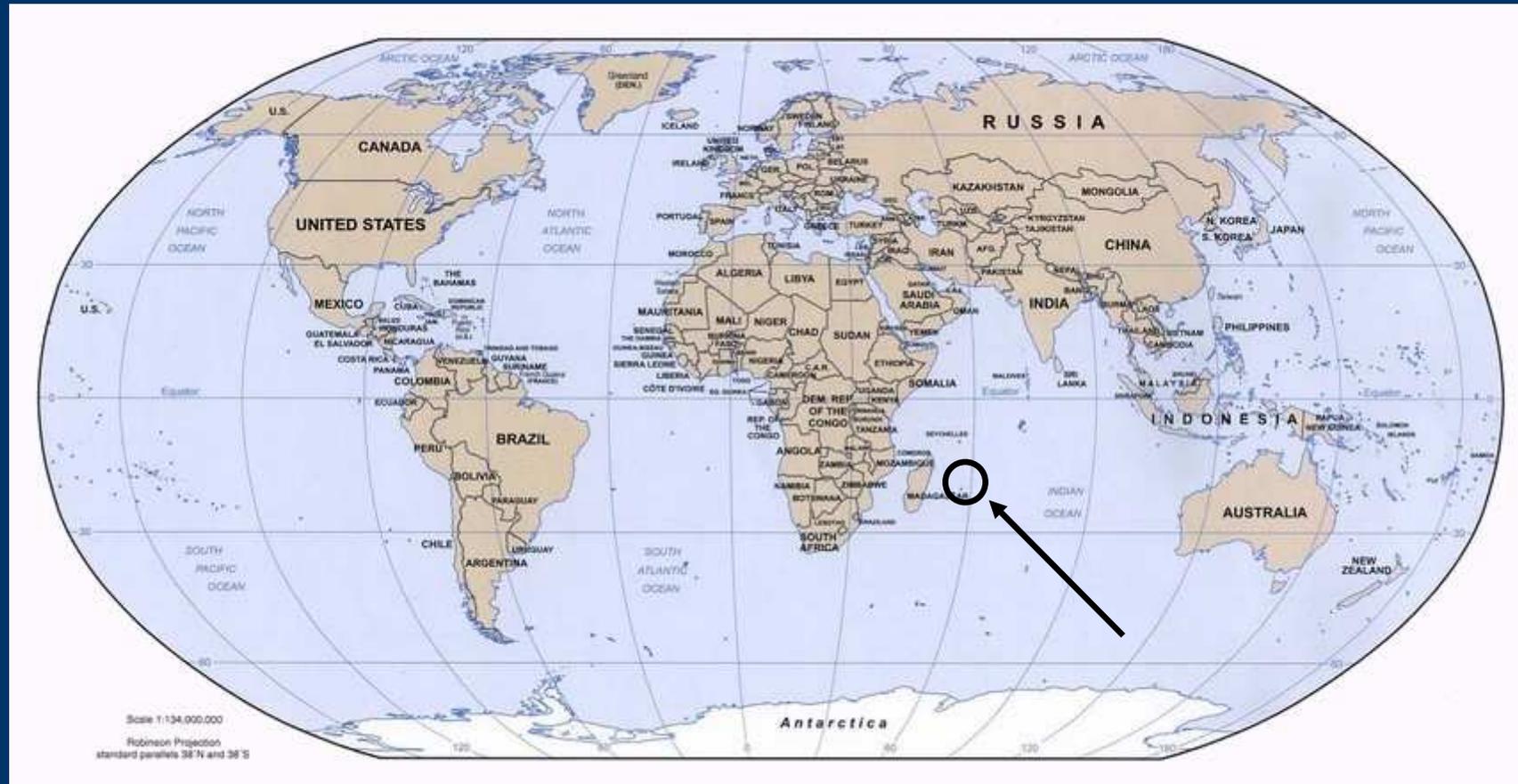
CFMS - 13 octobre 2010 - Rôle de la géotechnique dans les grands projets



SOMMAIRE

- 1. Présentation du projet**
- 2. La géologie de La Réunion**
- 3. Les reconnaissances géotechniques**
- 4. Les fondations (études et travaux)**
- 5. Les terrassements**

Présentation du projet



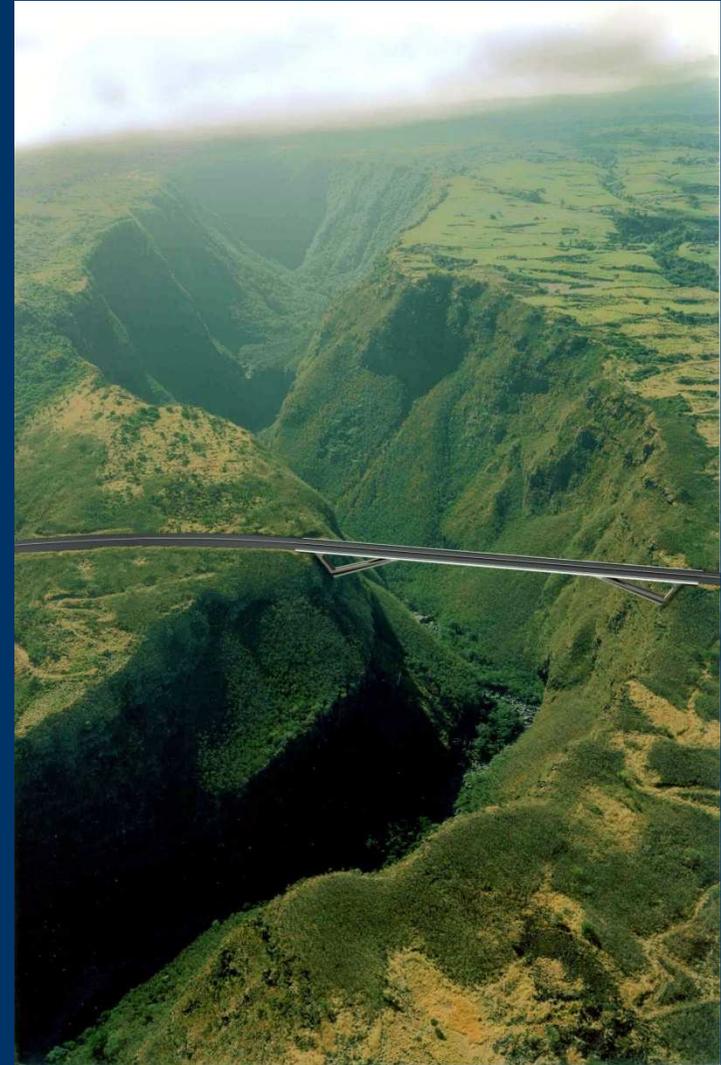
Présentation du projet

- Route des Tamarins, sur l'île de la Réunion
- Concours de maîtrise d'œuvre complète pour la conception et la réalisation de l'ouvrage exceptionnel de franchissement de la Grande Ravine remporté en mars 2002 par le groupement SETEC TPI / SPIELMANN
- Etudes d'avant-projet et de projet menées entre 2002 et 2004
- Travaux de construction de l'ouvrage de 2005 à 2009

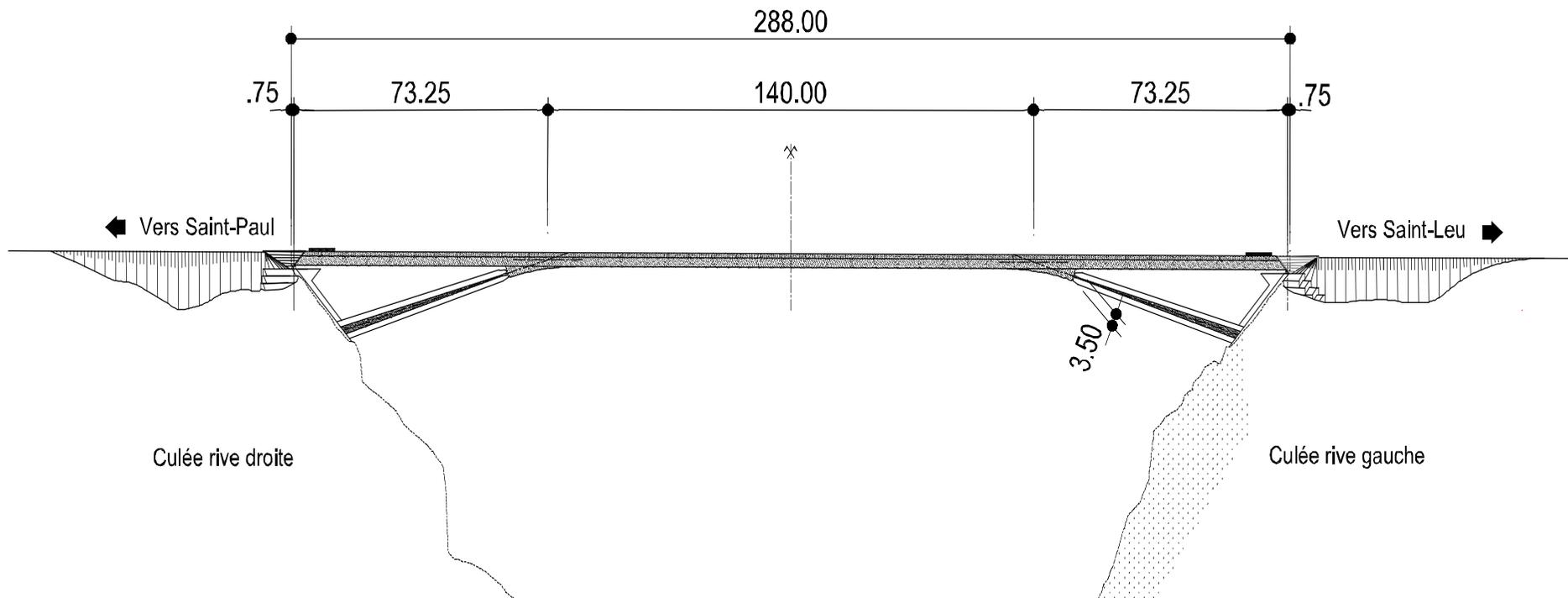


Contraintes du projet

- Contraintes fonctionnelles
 - Profil en long = pente unique de 0,5%
 - Alignement droit
 - Largeur roulable = 18,60 m
- Données naturelles
 - Dimensions de la brèche : 320 m de large au niveau du terrain naturel, 170 m de profondeur
 - Flancs de la ravine constitués d'alternance de bancs métriques de basalte et de scories de qualité moyenne
 - Phénomènes climatiques tels que dépressions tropicales et cyclones
- Contraintes environnementales
 - Faune et flore sensible (site de nidifications d'une espèce protégée d'oiseaux indigènes)
 - Interdiction de tout type de structure suspendue



Conception générale de l'ouvrage



Parti architectural

Une lame dans le paysage



Parti architectural

Une lame dans le paysage



Phasage de construction



1 – Terrassements

~~12 – Soudage des sabots, mise en tension progressive des câbles de tirant définitif, détension progressive des câbles de tirant provisoire, déverinage progressif des appuis de lancement~~

~~13 – Soudage des sabots, mise en tension progressive des câbles de tirant définitif, détension progressive des câbles de tirant provisoire, déverinage progressif des appuis de lancement~~

15 – Soudage des sabots, mise en tension progressive des câbles de tirant définitif, détension progressive des câbles de tirant provisoire, déverinage progressif des appuis de lancement

Géologie générale de la réunion

- Phase I (Phase sous-marine)
- Phase II (2mA - 450 mA)
 - émergence et ossature du massif du piton des neiges
 - Basaltes et Océanites (à olivines)
 - mise en place des Brèches de Saint Gilles (» 430 mA)
- Phase III (350 mA – 250 mA)
 - Andésites aphyriques ou à feldspaths (« pintade »)
 - apparition du massif du Piton de la Fournaise
- Phase IV (230 mA à 70 mA)
 - Basaltes, Mugéarites

Géologie

**Bancs dur de « basalte »
Laves fluides et coulées à surface lisse (« pahoehoe »)**



Géologie

**Bancs tendres de scories & brèches de progression
Laves visqueuses en « graton »**



Géologie

Alternance de niveaux de basalte et de scories Aspect régulier à grande échelle



LES RECONNAISSANCES

Difficulté des reconnaissances dans ce contexte hétérogène :

Chaque sondage n'est représentatif que d'une zone limitée → les corrélations entre bancs sont difficiles

Nécessité de renforcer la densité de sondage afin d'obtenir une représentativité « statistique » sur un ouvrage géotechnique

Nécessité de caractériser la variabilité

Identifier les grands ensembles et le contexte (vallées fossiles,..)

LES RECONNAISSANCES

Levé géologique des rives de la ravine (en acrobatique)

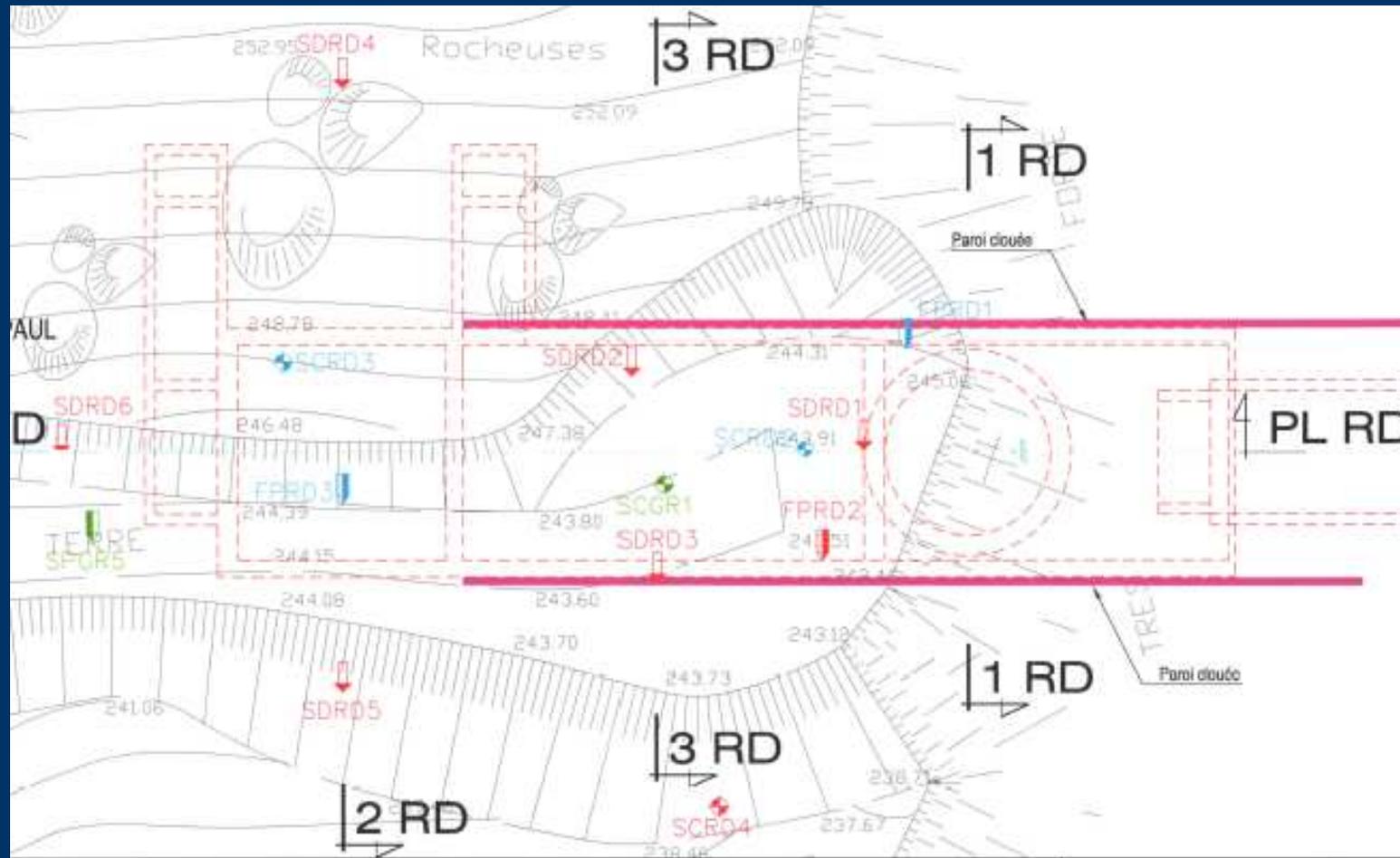


LES RECONNAISSANCES

Reconnaitances par sondages :

- Campagne APS (1995) : 2 SP et 2 SC
- Campagne EPOA (phase 1) exécutée par LRR phase 1 (juin – juillet 2002) comportant 4 SC et 4 SP
- Campagne PRO (phase 2) exécutée par LRR (septembre – novembre 2002) comportant 3 SC, 2 SP et 11 SD

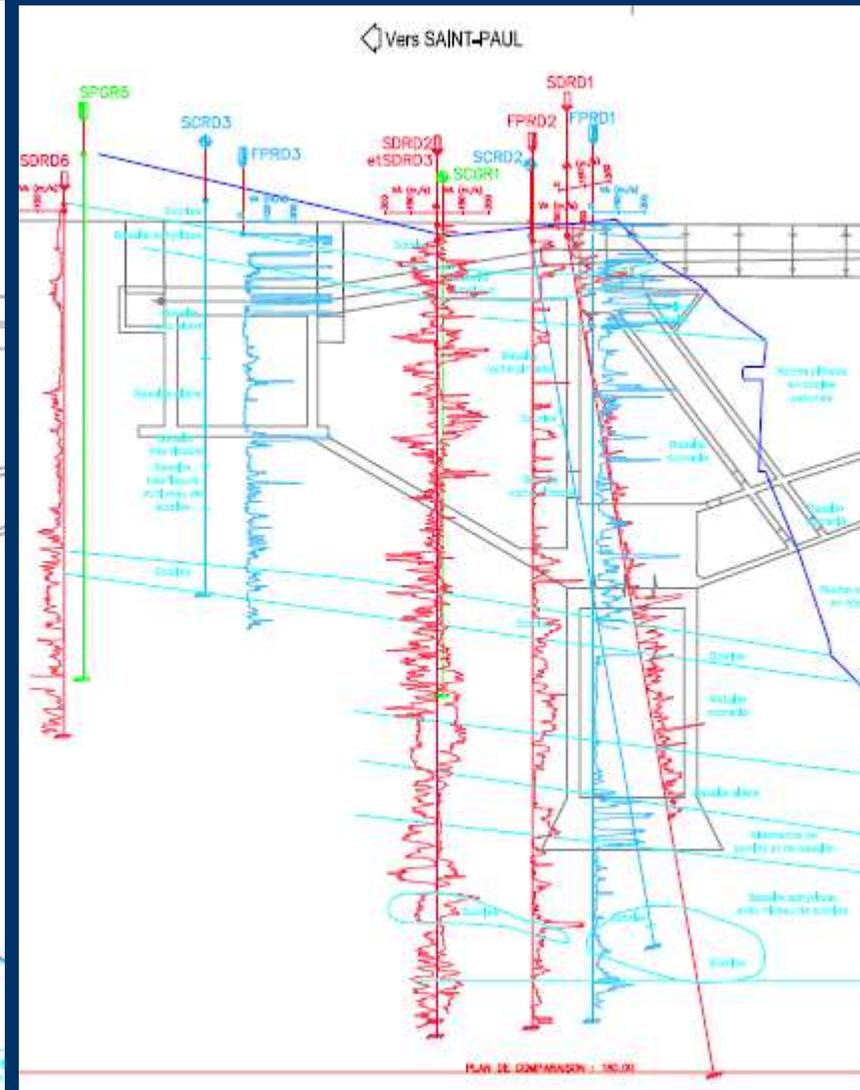
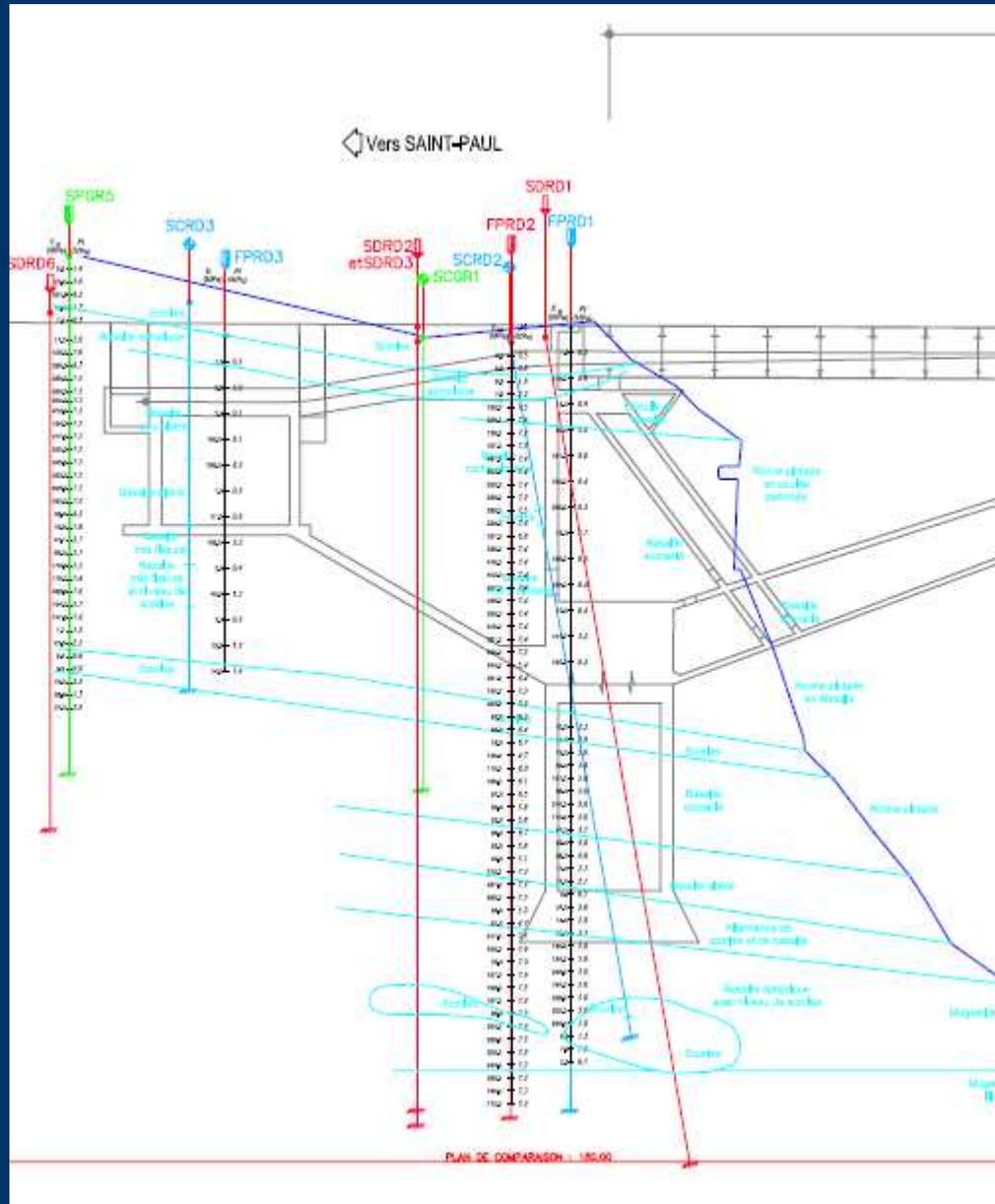
Les reconnaissances (Rive Droite)



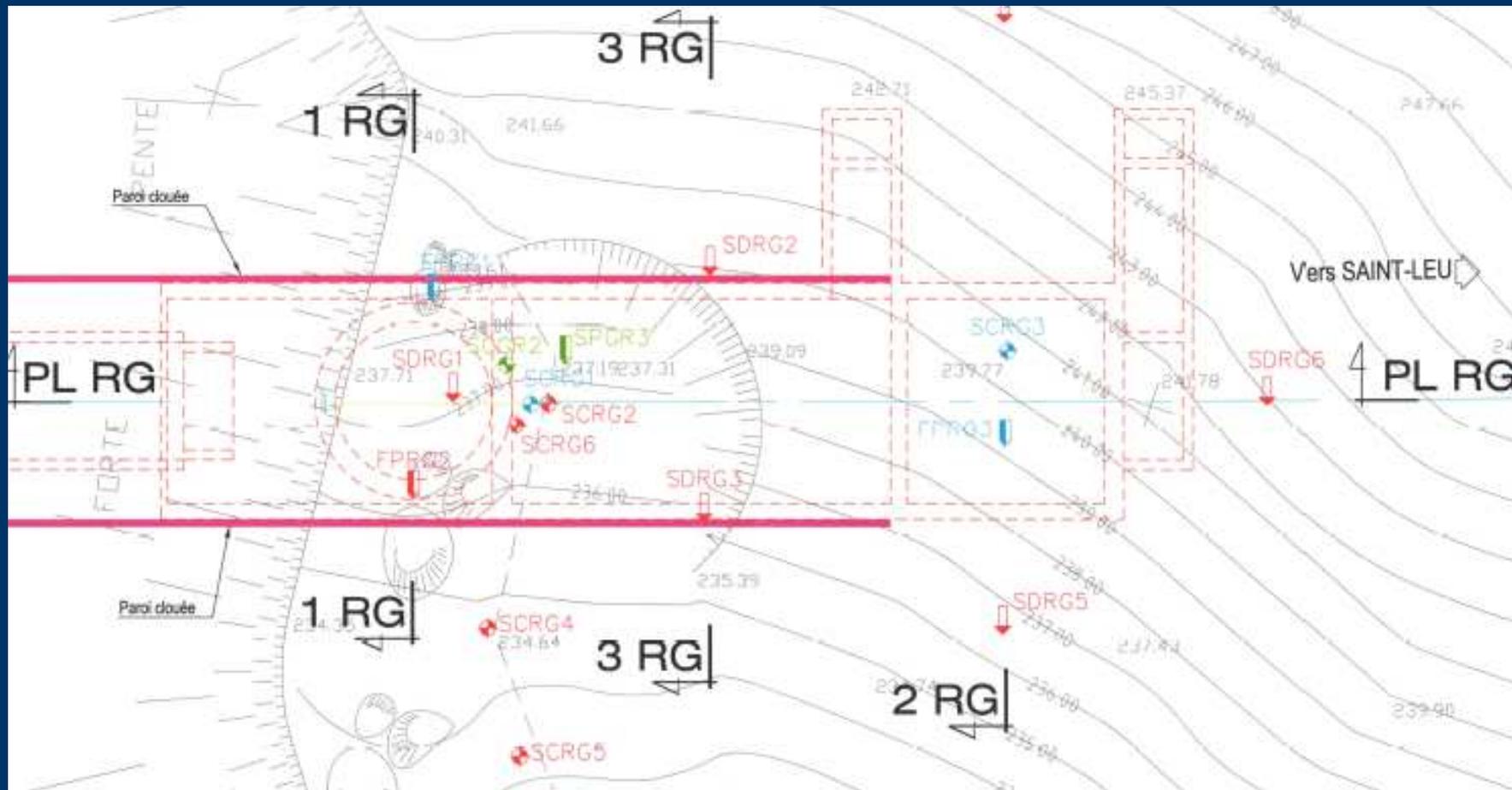
Difficulté : proximité de la Ravine (d'où forages inclinés)

Reconnaitances basées sur sondages carottés et pressiométriques

Les reconnaissances



Les reconnaissances (rive Gauche)



Rive gauche

Particularité : sous cavage / cavité au droit de la culée



Les reconnaissances : sondages carottés



Les reconnaissances : essais pressiométriques

Sur la base des essais pressiométriques (souvent standards),

- sols « rocheux » : pression de fluage > 5 MPa : basaltes, brèches bien cimentés,

- Matériaux scoriacés : $1,5 < \text{pression limite} < 5$ MPa : coulées de grattons, brèches mal cimentées, scories fermées, etc...

- Scories : pression limite $< 1,5$ MPa : scories plus ou moins aérées

- Scories très aérées $PI < 1$ MPa : essai non représentatif mais matériau de faible résistance

Les études des fondations

Approche mécanique des sols à partir des essais pressiométriques :

- **fondation semi profonde (selon fascicule 62 hauteur d'encastrement comprise entre 1,5 et 5 fois la largeur) : frottement mobilisé le long du puits qu'à compter de $D_0 = 1,5 B$**
- **fondation superficielle : prise en compte de la contrainte verticale effective après travaux (en bordure de ravine...)**
- **fondation profonde : frottement sur l'ensemble des parois du puits**

Les études des fondations

Approche mécanique des sols à partir essais pressiométriques :

Difficultés pour définir les caractéristiques représentatives du massif :

- valeurs toujours très dispersées,
- sous estimation des valeurs :
 - ✓ dans le rocher (limitation capacité sonde)
 - ✓ dans les scories : déstructuration, tenue du forage

Problèmes de procédure.

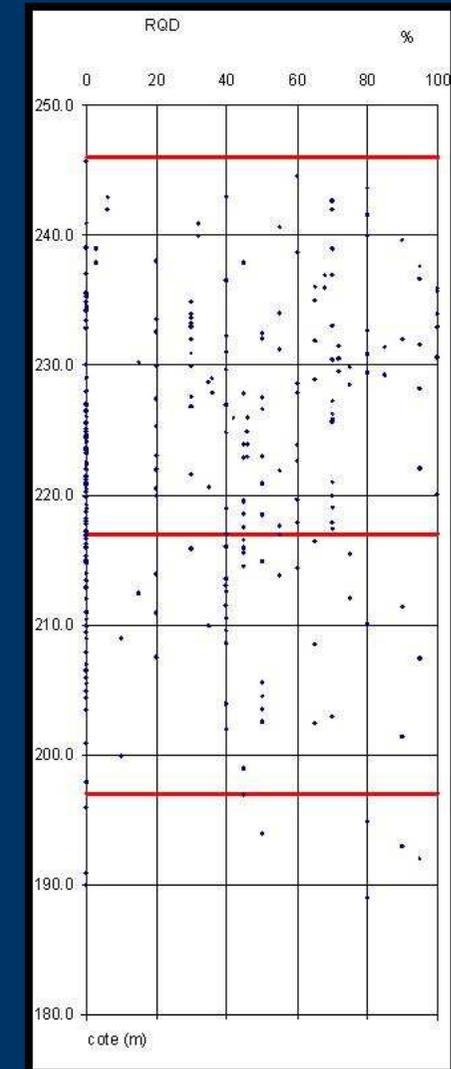
Les études des fondations

Approche mécanique des roches :
classification AFTES
RMR , critère de Hoek & Brown

Difficultés :

- dispersion des valeurs de fracturation (RQD)
- caractérisation des joints
- Pas d'orientation des structures et discontinuités

Mais permet de justifier une capacité portante plus importante

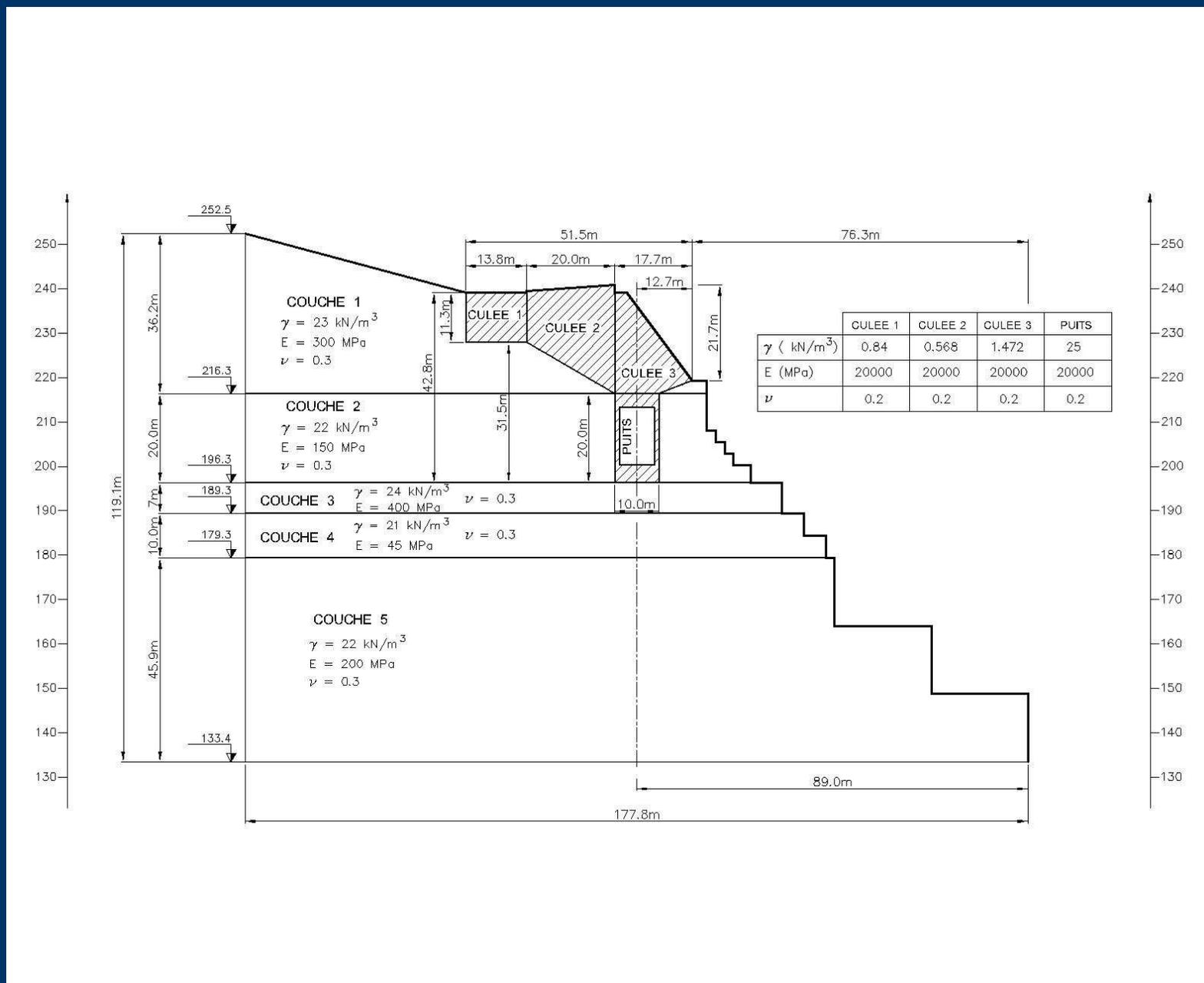


Les études des fondations

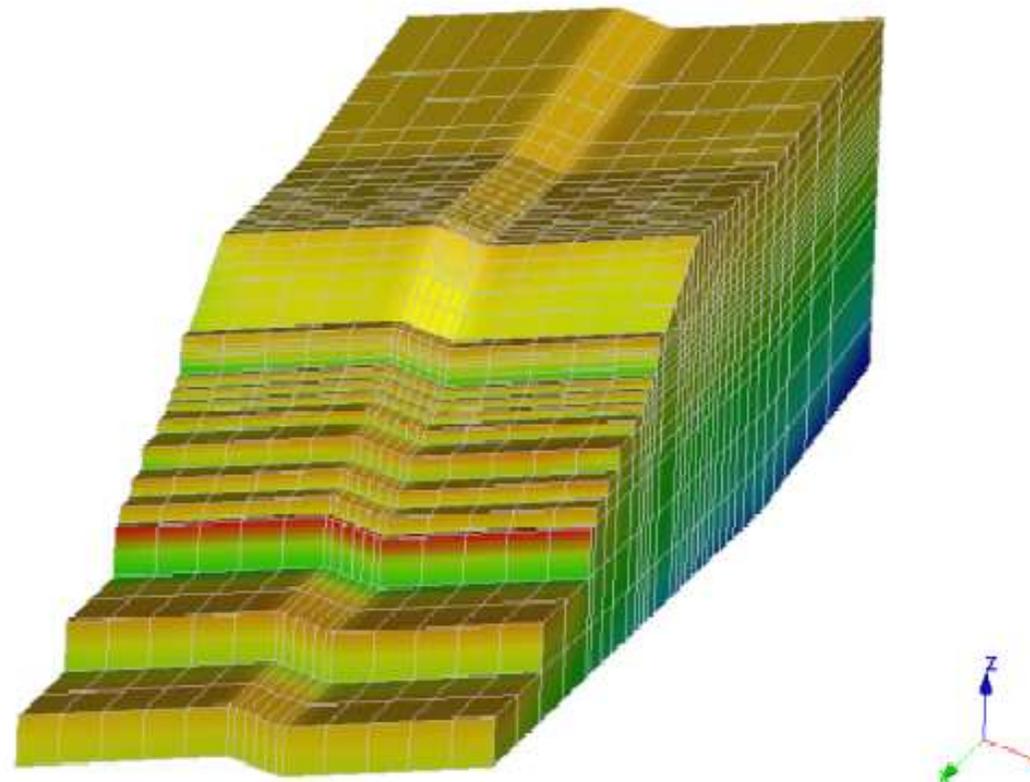
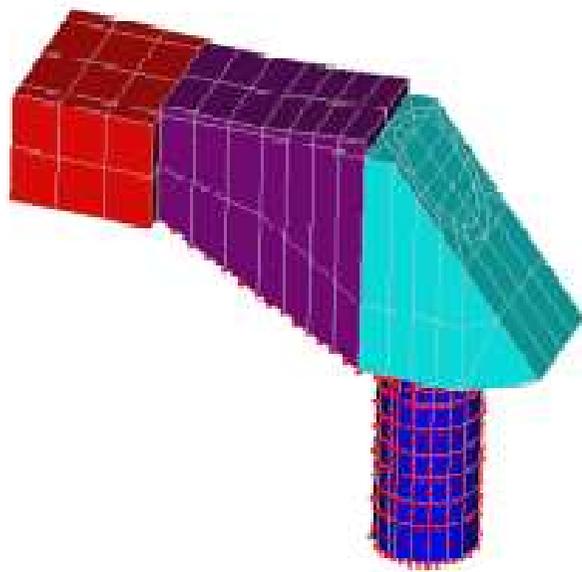
En phase exécution :

Le chantier a basculé entièrement dans l'approche mécanique des sols basée sur les pressiomètres et fascicule 62

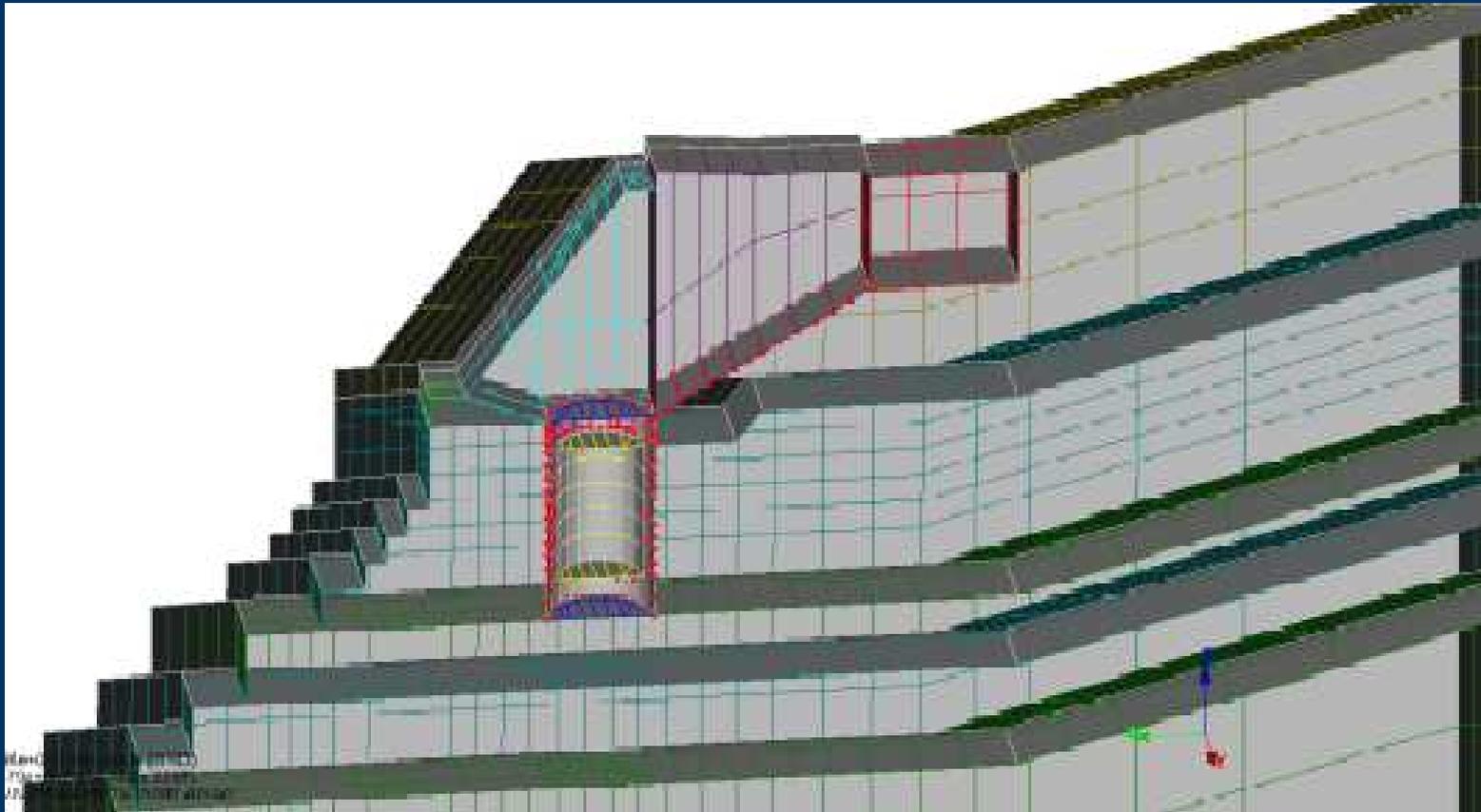
Les FONDATIONS : Modélisation Éléments finis



Les FONDATIONS : Modélisation Éléments finis tridimensionnelle



Les FONDATIONS

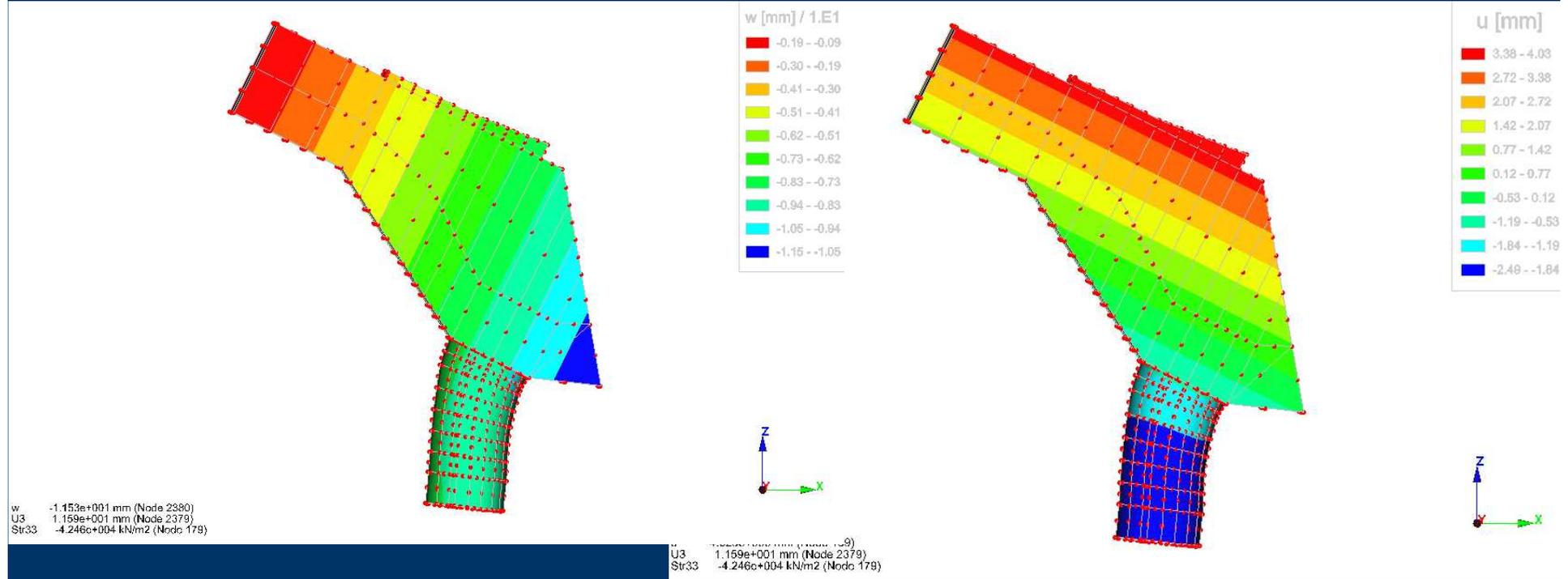


LES FONDATIONS

RESULTATS PHASE 7 : FIN DE CONSTRUCTION AVANT CLAVAGE

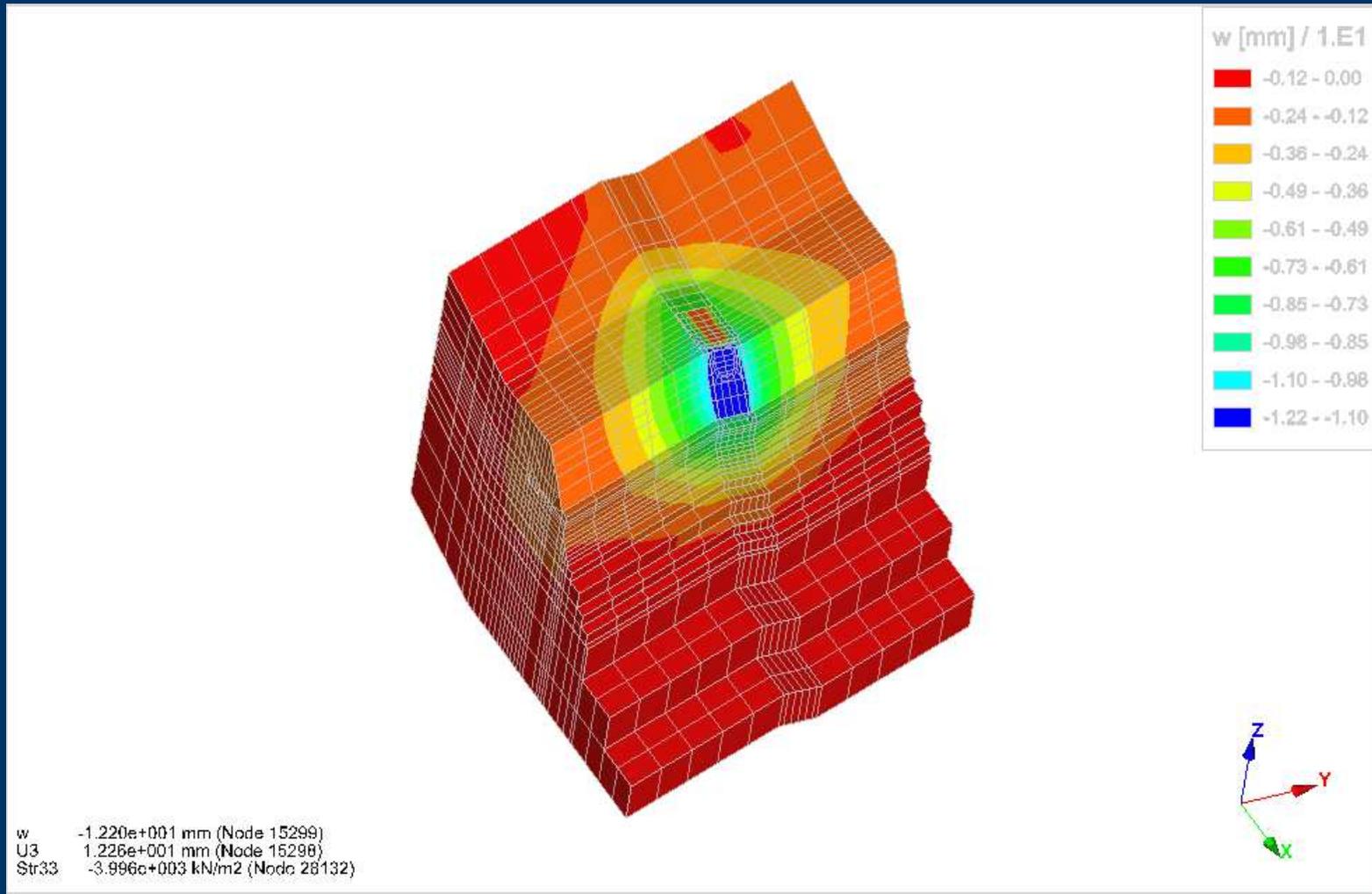
Le tassement maximal du puits est de 11 mm

Déplacement selon x : 3,4 mm de déplacement max vers l'avant



Les FONDATIONS

Déplacements selon x : de l'ordre du mm en flanc de ravine

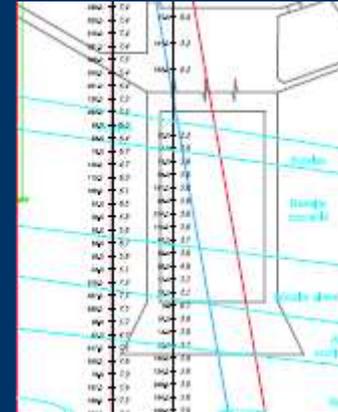


LES FONDATIONS

EPOA : élargissement pied du puits (patte d'éléphant) : 14 m de diamètre à la base

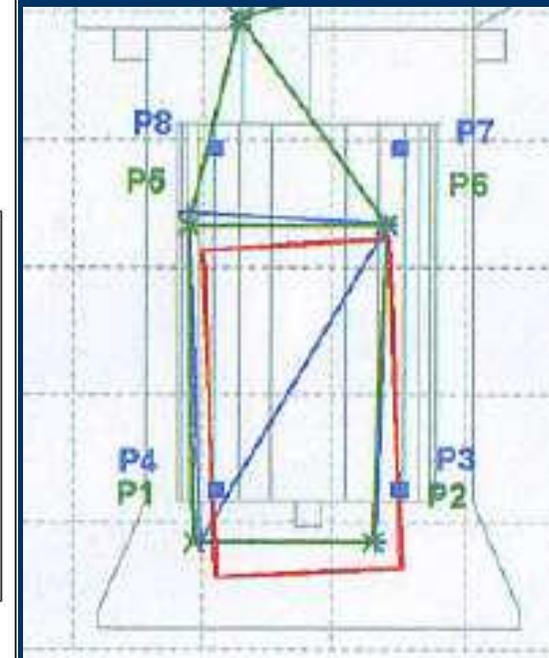
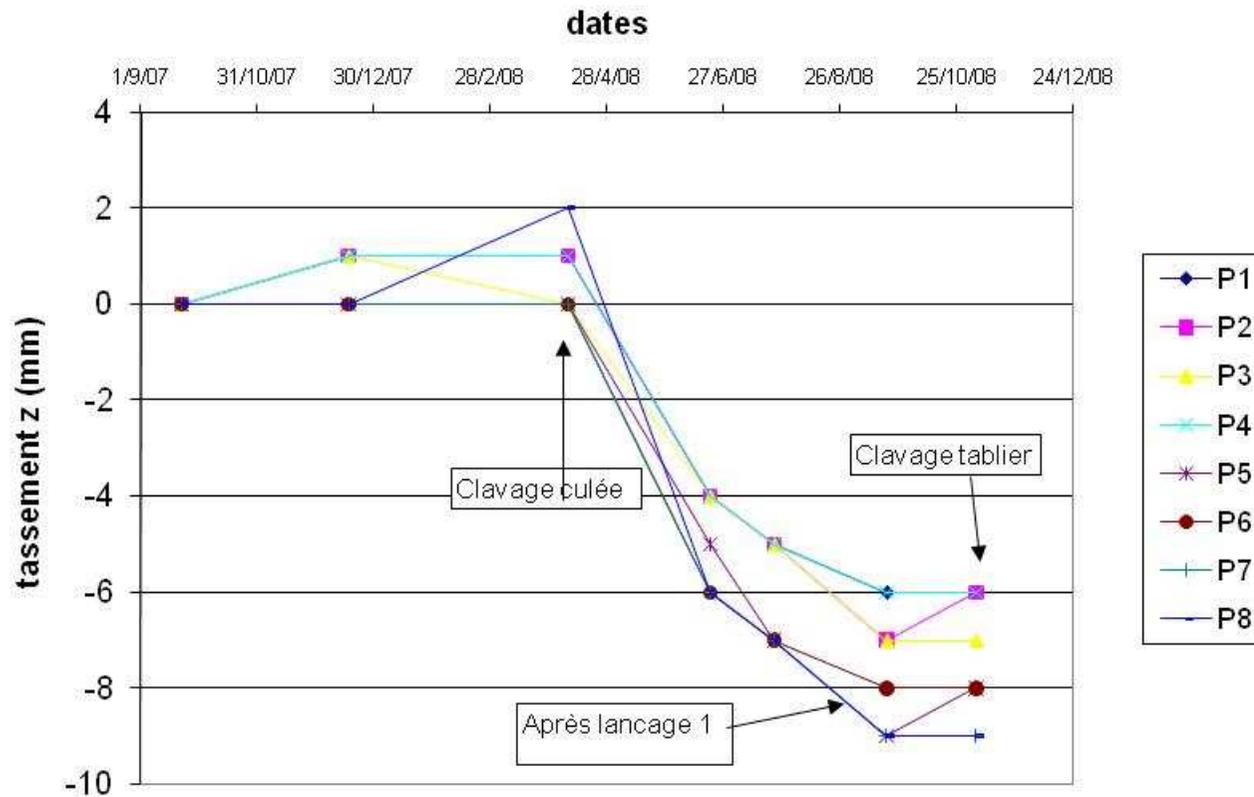
POA : suppression patte d'éléphant contrainte au sol de l'ordre de 2,5 MPa, renforcement éventuel assise du puits par injection

EXECUTION : retour aux pattes d'éléphant lié à l'aspect déformation lors des phases de lançage : difficulté pour définir le module de déformation du massif (présence scories, bancs rocheux)



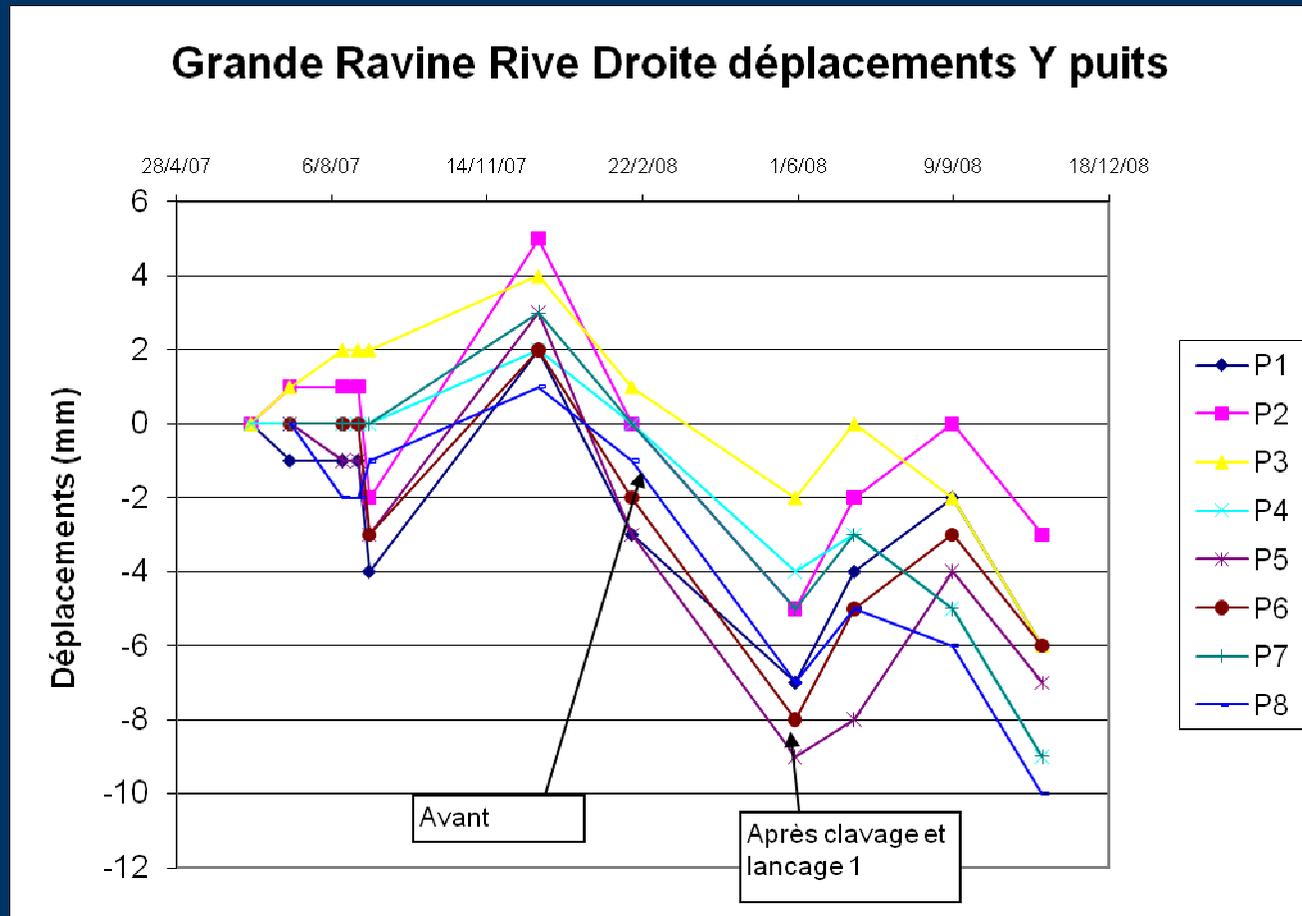
Les FONDATIONS : mesures des déplacements pendant la construction

Grande Ravine Rive Gauche tassements puits



Tassements inférieurs au centimètre

Les FONDATIONS : mesures des déplacements pendant la construction



Déplacements horizontaux de l'ordre du centimètre

LES TERRASSEMENTS

Paroi de plus de 30 m de hauteur coté amont (jusqu'à la tête du puits)

Talus verticaux avec risberme tous les 10m

Proximité ravine

Puits de 20 m de profondeur



LES TERRASSEMENTS : mode d'excavation

Alternances de bancs durs ($R_c > 100 \text{ Mpa}$) et tendres (scorie) => problème de découpage des talus

Explosif ou BRH ?

- Difficulté de contrôle de la foration en minage

Faibles rendements de chargement

- Difficulté de respect de la géométrie des talus au excavé au BRH

Talus +/- irréguliers (surtout en cas de bancs épais)

Problème d'emprise : pas de possibilité de surlargeur pour piège à cailloux

Les terrassements

Confortement parois par béton projeté et clous systématique ou optimisation ?

Projet : Systématique : clouage maille 2x2, L = 4 m

Marché : Optimisation : clouage adapté à chaque passe (pas de confortement si roche saine, clouage si scorie en banc d'épaisseur > 3m)

Travaux : difficulté pour optimisation (risque de nécessité de revenir renforcer le talus si niveau inférieur de qualité médiocre)

Les terrassements



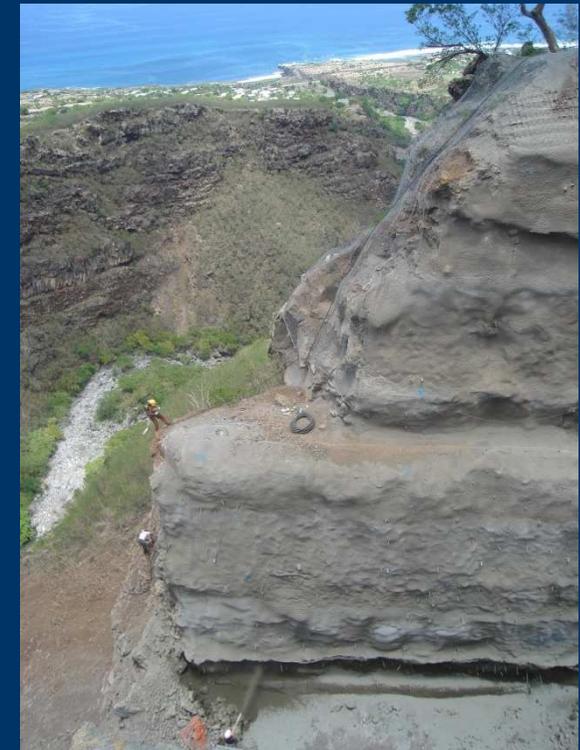
Exemple de talus sans clouage

Les terrassements



Difficulté de réalisation du clouage dans niveau scoriacé : éboulement, sous cavage : utilisation de clous autoforeurs

Les terrassements : difficulté en rive droite instabilité en flanc de ravine, nécessité de purge et renforcement (clouage, grillage) en acrobatique



Les terrassements : difficulté en rive droite



Terrassement des puits : confortement systématique (béton projeté + clous)

Forage de contrôle en fond de puits, injection



Terrassement des puits

Réception fond de puits RD : nécessité de purge poche scoriacée



Merci pour votre attention

