

Les ouvrages de soutènement

Séance animée par :

- Luis CARPINTEIRO
- Dominique NIBEL
- Sabrina PERLO

Ginger CEBTP
BOTTE FONDATIONS
Cerema IdF

Renforcement d'un mur de rempart en maçonnerie

Présenté par :

- Julie DELAGNES BOTTE FONDATIONS
- Dominique NIBEL BOTTE FONDATIONS

Remerciement pour sa participation à :

- Stéphane BRIAT FONDASOL

Sommaire

- ❖ Présentation du projet
- ❖ Solution retenue
- ❖ Principe de modélisation
- ❖ Contraintes d'exécution
- ❖ Conclusion



Présentation du projet

- **Localisation** : ville de Montbrison (42)

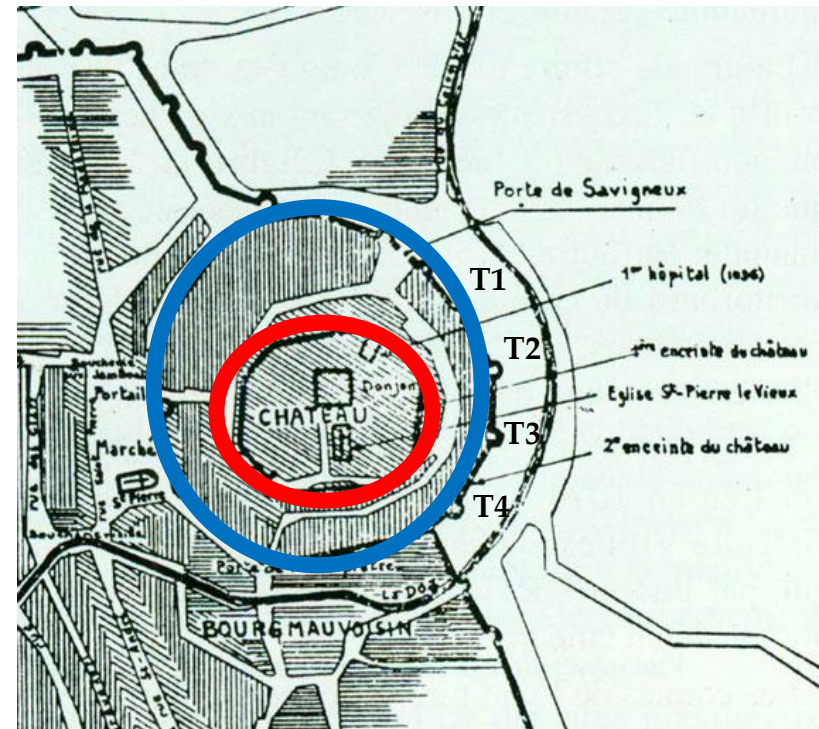
Ville fortifiée



Présentation du projet

Un peu d'histoire :

- XIIe siècle:
 - Donjon au sommet de la butte
 - 1ere enceinte de remparts
- XIIIe siècle :
 - 2^{de} enceinte de remparts
- XIXe siècle :
 - Remblaiement du site



Présentation du projet

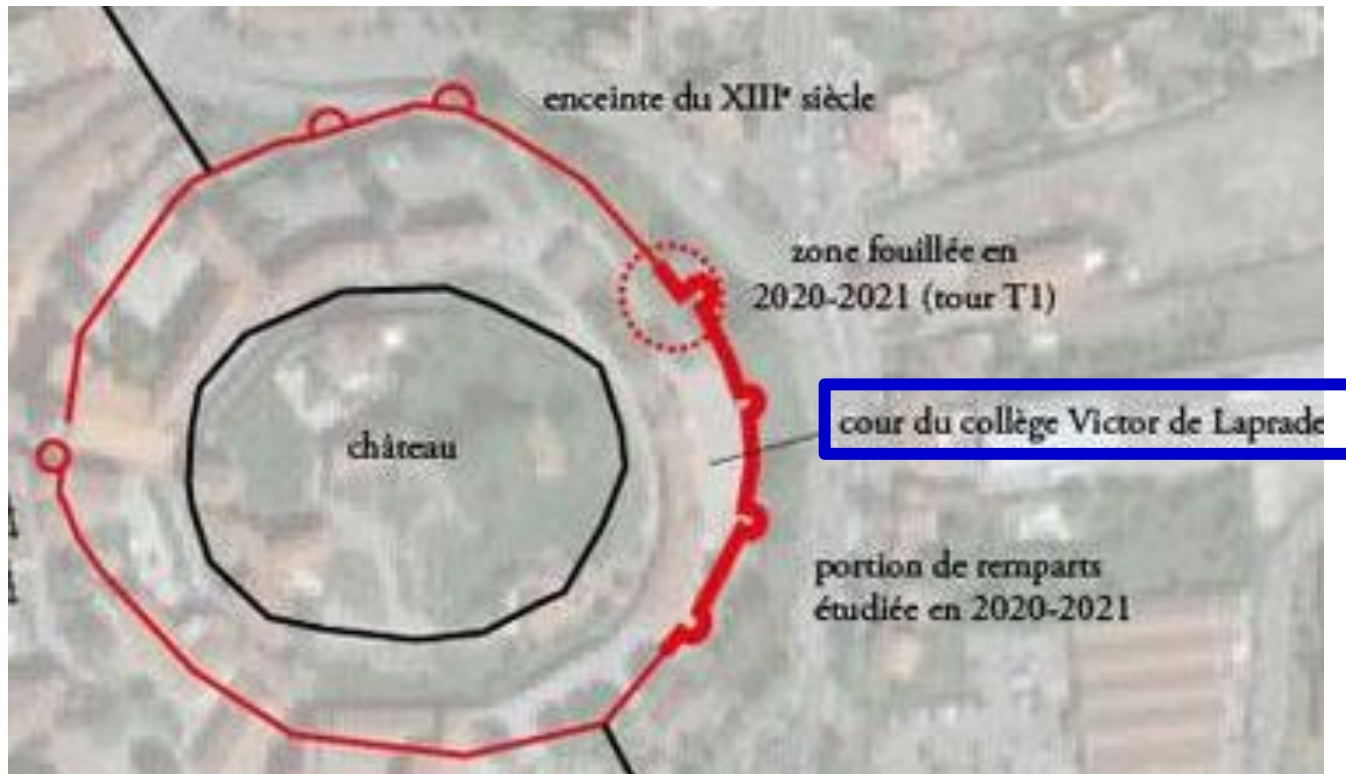
Vue du rempart :



Présentation du projet

Observations ayant conduit au projet de confortement :

- Remparts non conçus pour soutenir le remblai → Problèmes de stabilité importants des remparts qui soutiennent un collège (fort enjeux)

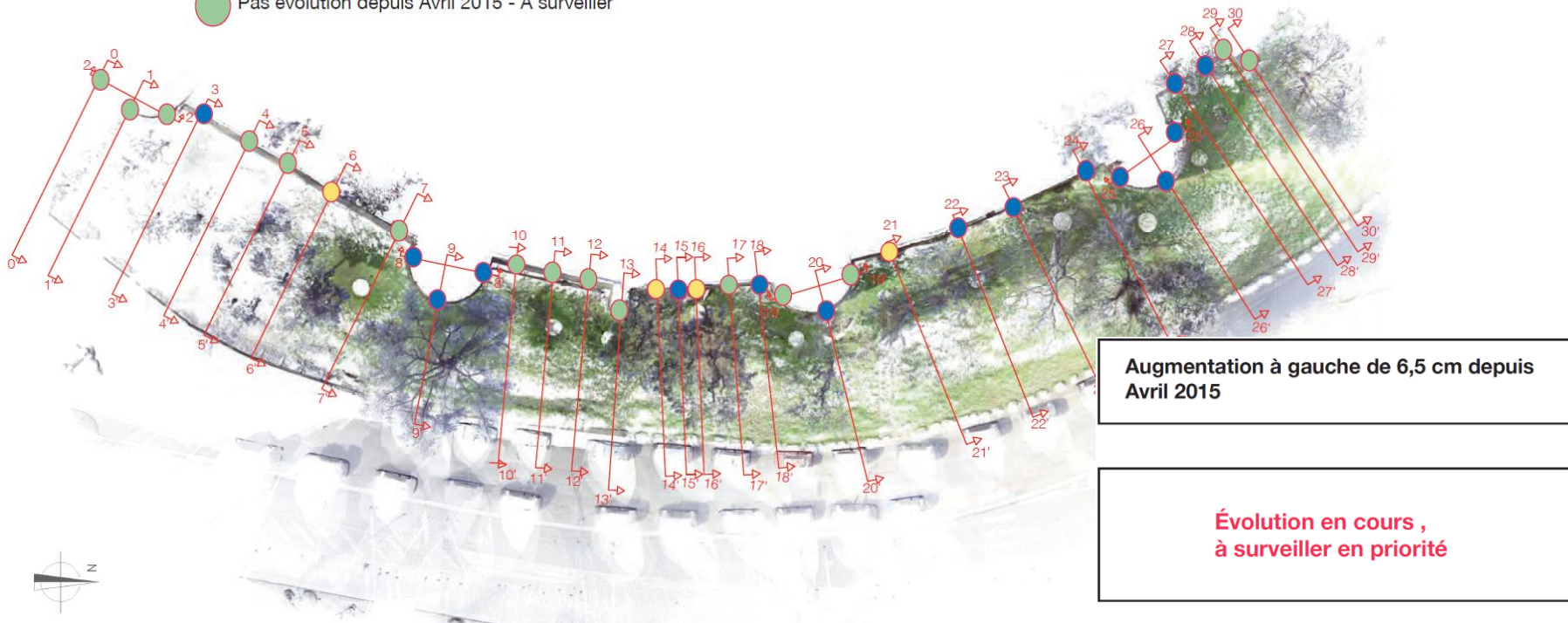


Présentation du projet

Désordres observés :

- Déplacements du rempart

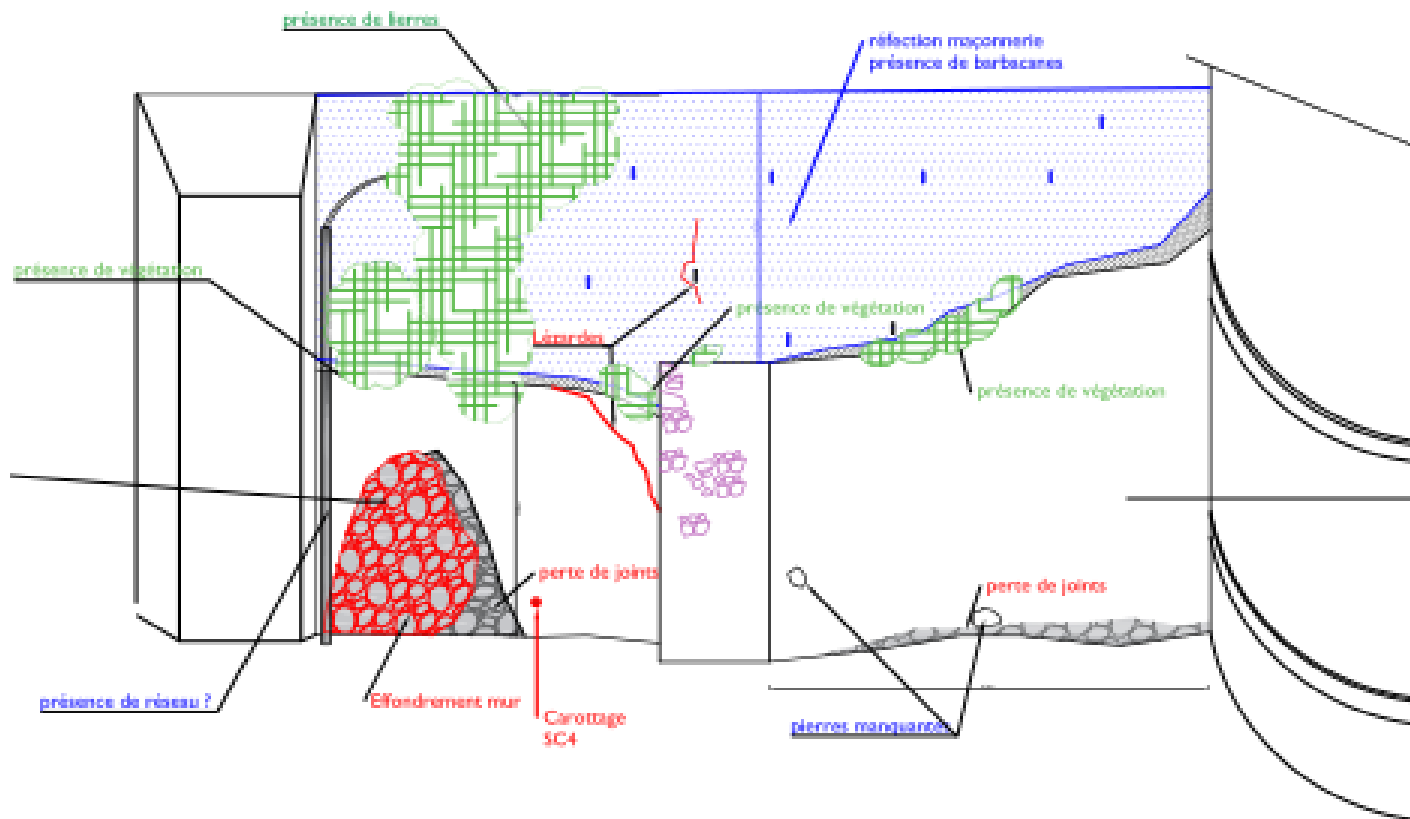
- Évolution en cours - À surveiller en priorité
- Stagnation de l'évolution- Toujours à surveiller en priorité
- Pas évolution depuis Avril 2015 - À surveiller



Présentation du projet

Désordres observés :

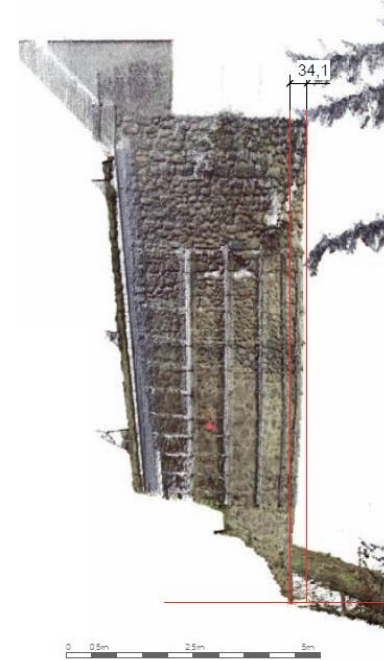
- Fissurations importantes



Présentation du projet

Désordres observés :

- Risque de rupture des tours
 - Effet tonneau
 - Fissures importantes



Présentation du projet



Désordres observés :

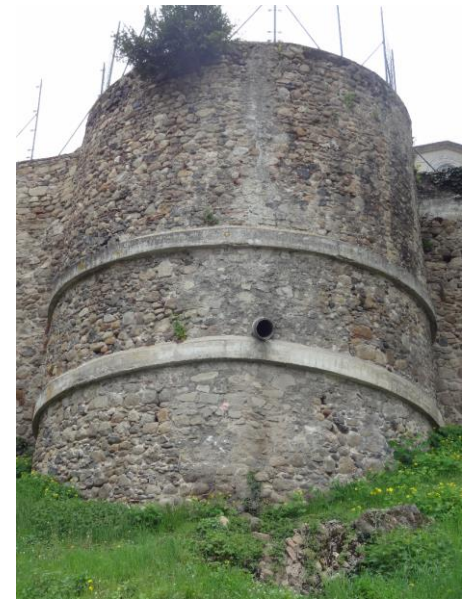
Déplacements du rempart
Fissurations importantes
Risque de rupture des tours



Enjeu très important :

Prévenir l'effondrement du rempart devant le collège et sa cour
d'école sur le boulevard et les habitations

➔ Nécessité d'un confortement urgent



Solution de confortement retenue

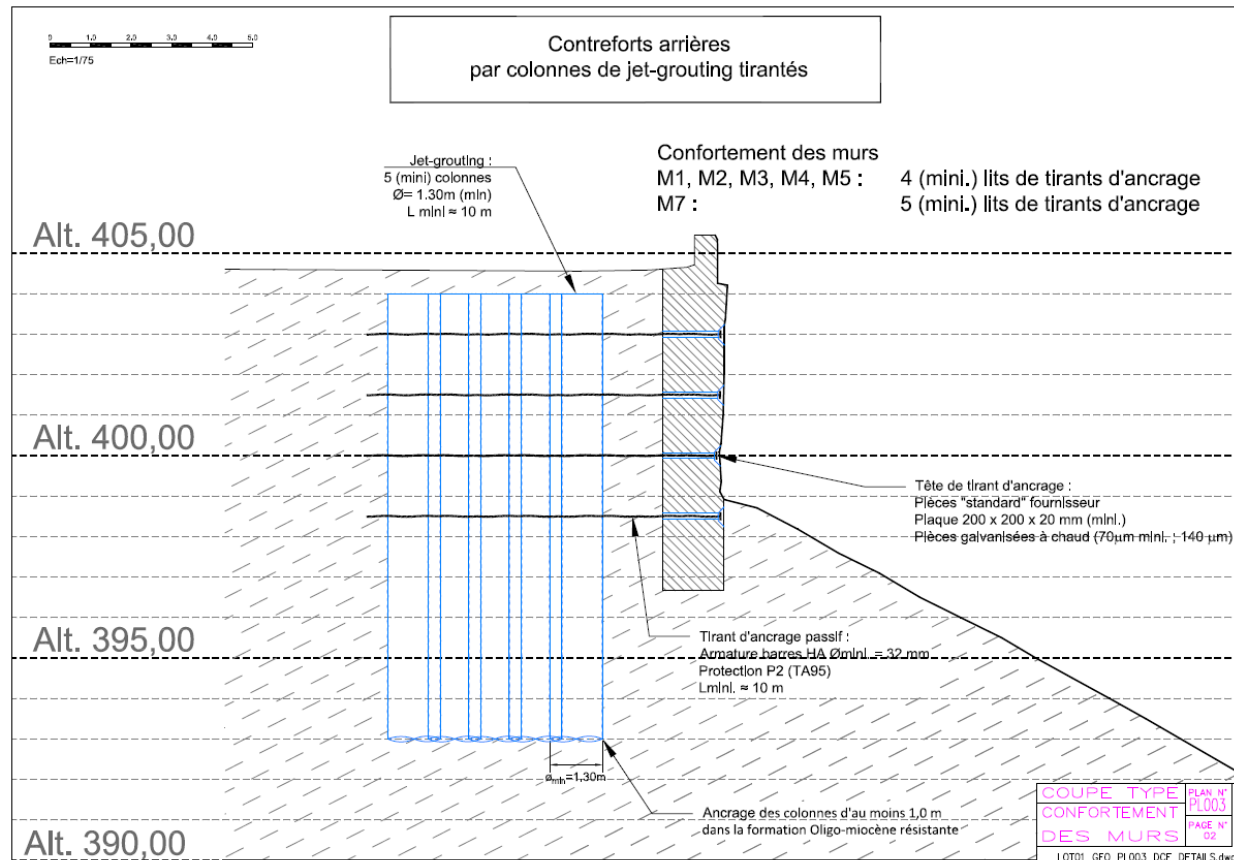
Contraintes :

- **La solution doit être en accord avec les exigences des ABF et de la DRAC**
- **Volonté de mise en valeur finale du Monument**
- **Nécessité de continuer à utiliser la cour d'école**
- **Le rempart ne possède pas de fondations → impossible de faire des tirants inclinés par défaut de portance**

Solution de confortement retenue

Solution retenue pour les murs de remparts :

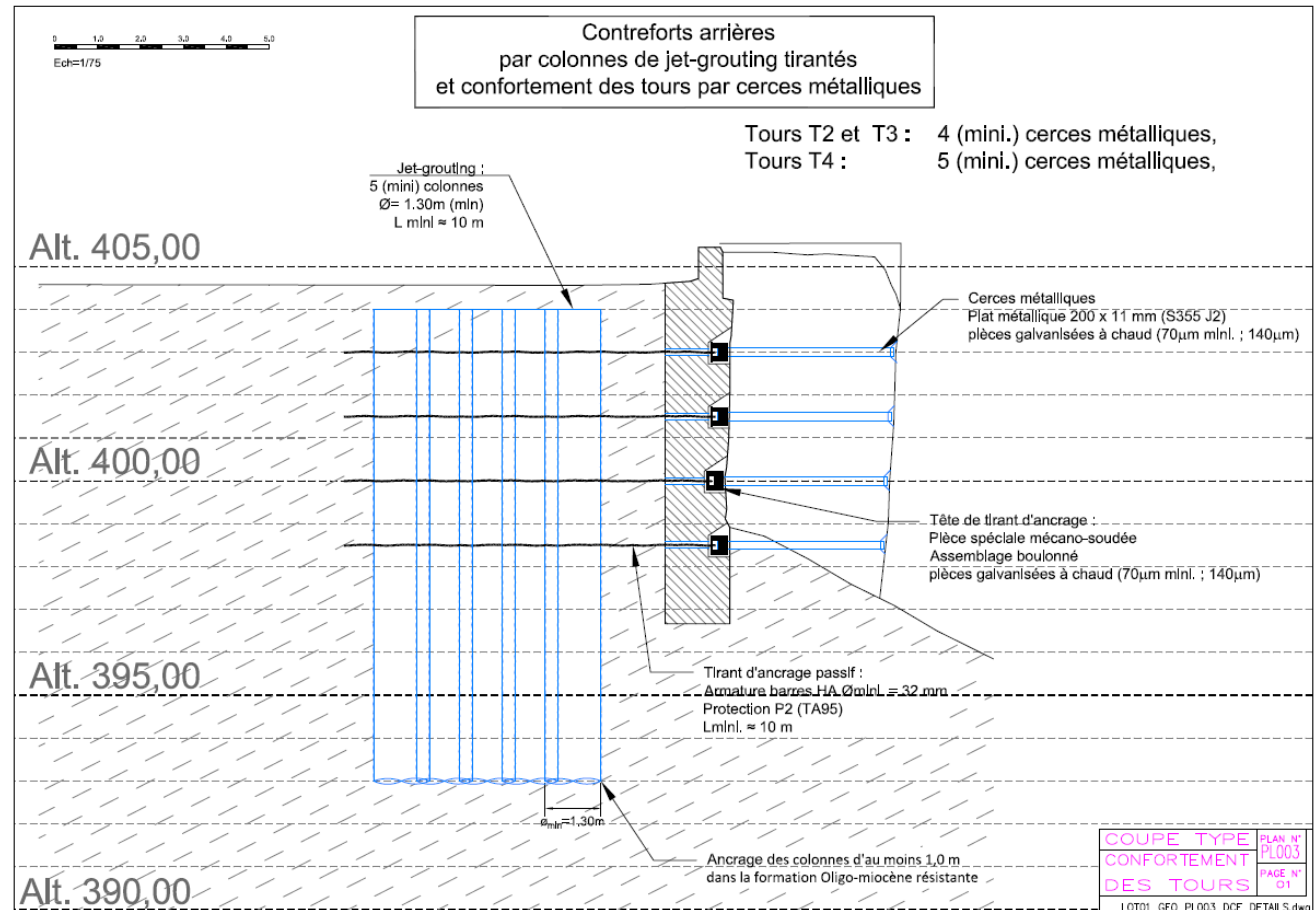
- Réalisation de contreforts en colonnes sécantes en jet-grouting Ø1,30 m
- Réalisation de tirants d'ancrage sub-horizontaux ancrés dans les colonnes de jet-grouting



Solution de confortement retenue

Solution retenue pour les tours :

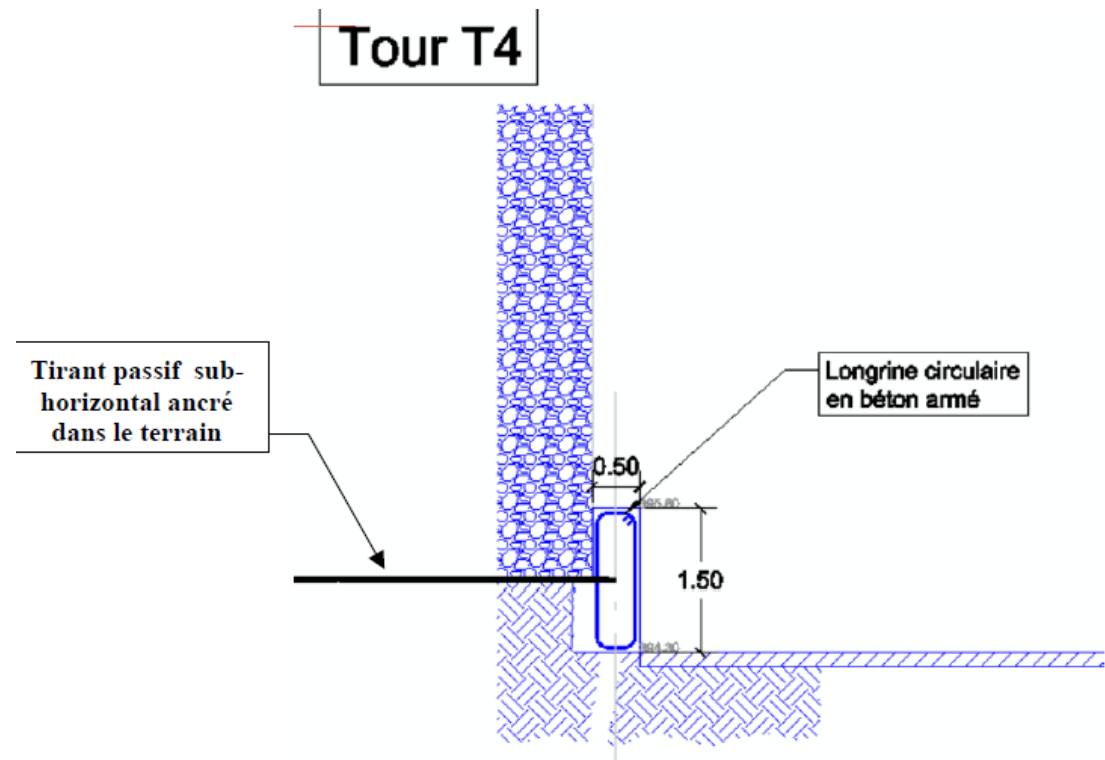
- Réalisation d'un cerclage des tours reliées à leurs extrémités à des tirants ancrés dans les colonnes de jet-grouting



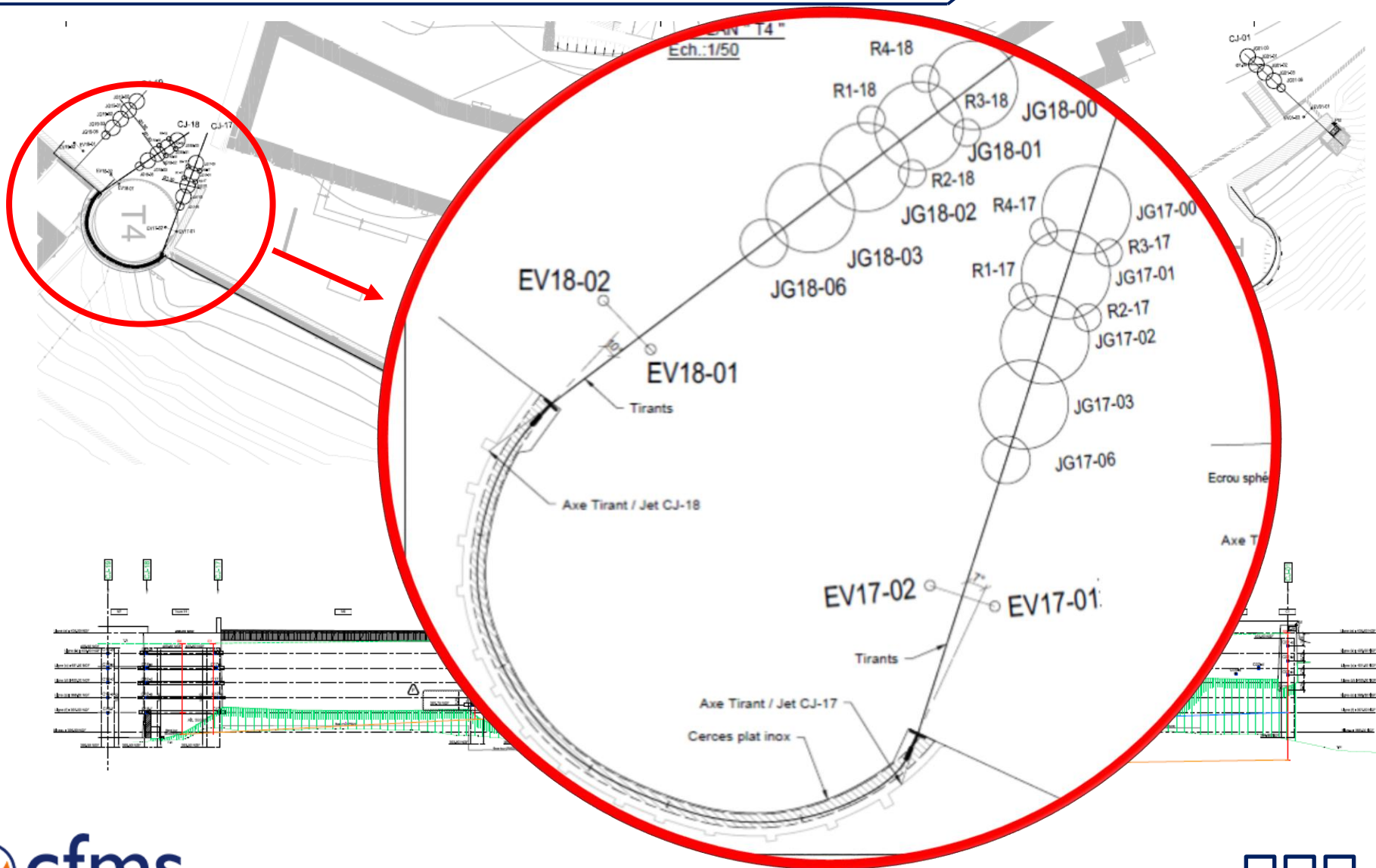
Solution de confortement retenue

Solution retenue pour le confortement de la base de la tour T4 :

- Réalisation d'une longrine à la base de la tour T4 suivant le rampant naturel
- Réalisation de tirants d'ancrage permanents sub-horizontaux scellés dans les terrains



Solution de confortement retenue



Acteurs principaux

Maitre d'ouvrage :

Ville de Montbrison / Services techniques



Maitrise d'œuvre géotechnique :

DP INGE

Fondasol → Stéphane BRIAT

Maitrise d'œuvre

Perspective Patrimoine SARL
Atelier du Galetaz



PERSPECTIVE PATRIMOINE



ATELIER DU GALETAZ

SARL d'architecture

Entreprise

Botte Fondations

Avec intervention de
Structures Geotechnics

COFEX

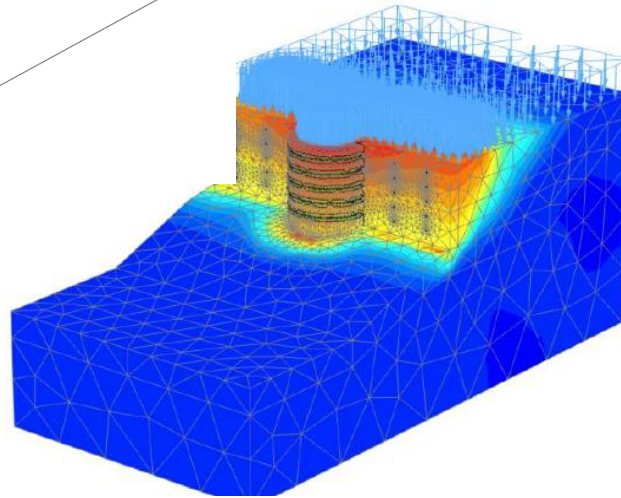
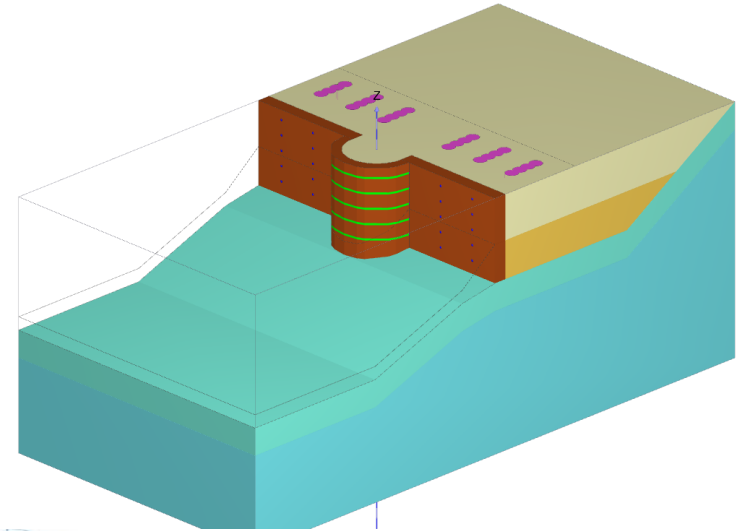
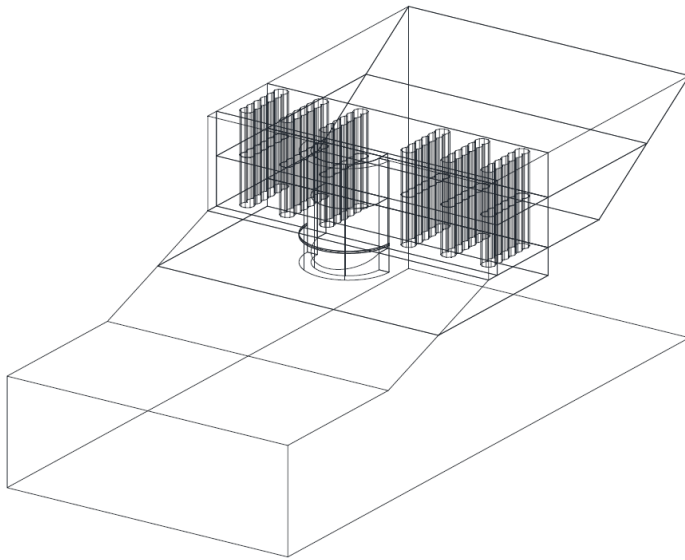
COMTE



Principe de modélisation

Vérification de la stabilité de l'ouvrage + calcul des sollicitations dans les différents ouvrages constituant le confortement :

→ Réalisation d'un modèle PLAXIS 3D



Principe de modélisation

Calcul des cerclages métalliques et de leurs assemblages:

→ Utilisation du Logiciel GRAITEC

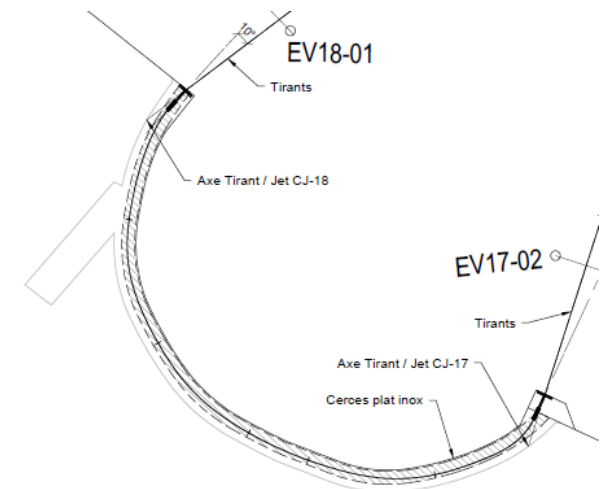
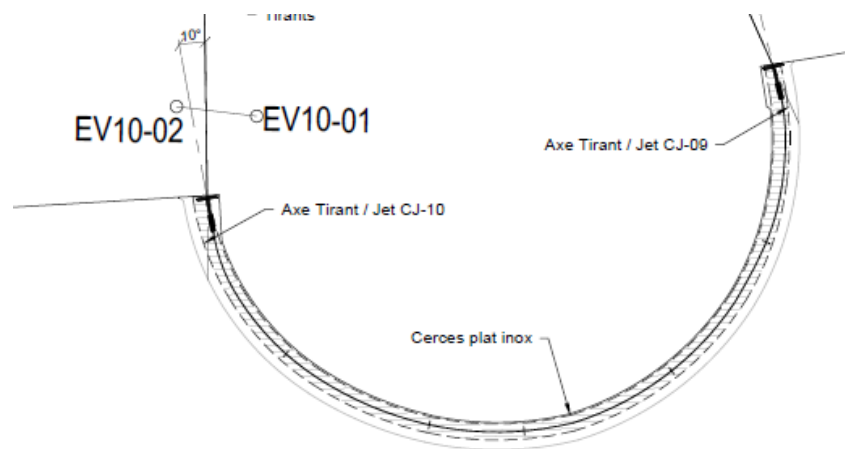
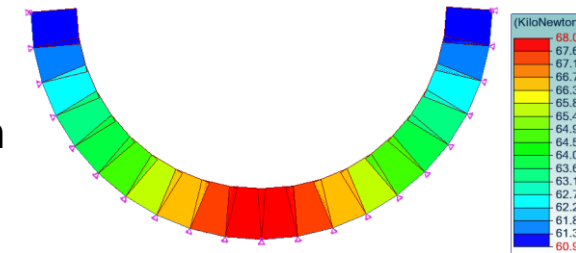
Cerclage Inox définitif :

Cerclage caché dans les moellons :

- Ne doit pas déchausser les moellons lors de sa dilatation
- Doit pouvoir prendre la forme exacte des tours

Sollicitations à prendre en compte :

- Efforts issus du Plaxis 3D (Effort Normal + Moment)
- Efforts liés aux dilatations/rétractations du cerclage



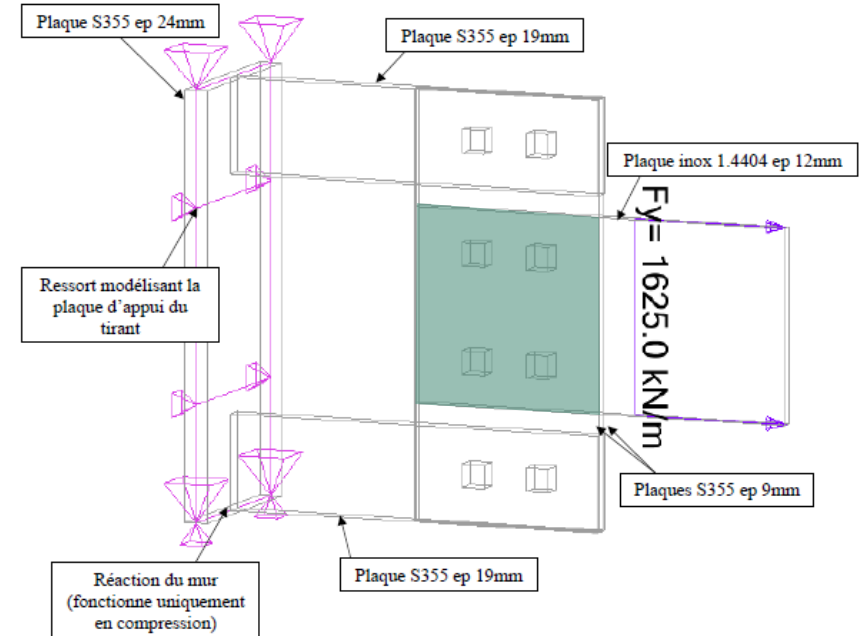
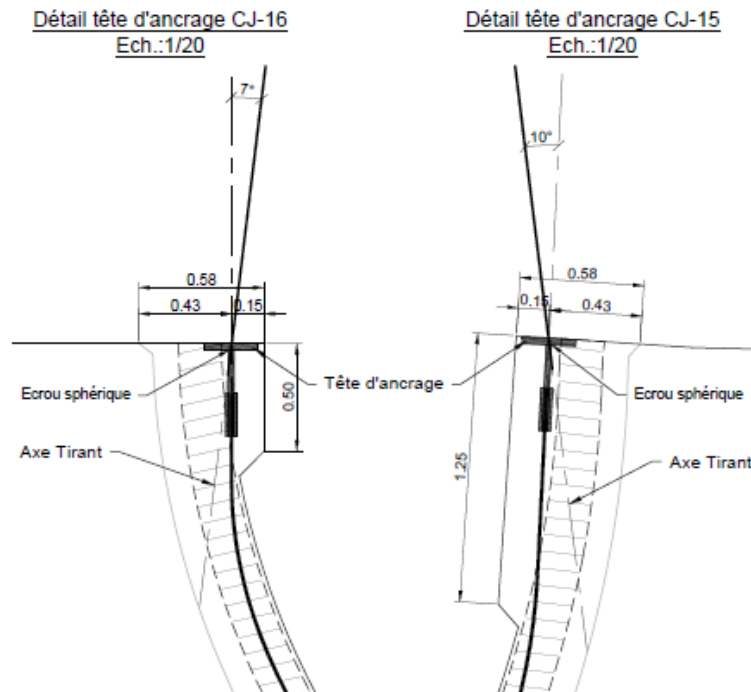
Principe de modélisation

Calcul des cerclages métalliques et de leurs assemblages:

Tête d'ancrage spéciale :

- Nécessité de liaison tirant – cerclage → Tête d'ancrage spéciale unique
- Dessin dans chaque cas de figure des engravures dans la tour nécessaires
- Liaison acier noir – acier inox → nécessité d'isolant (téflon)

→ Utilisation du Logiciel GRAITEC



Problématiques d'exécution

Jet grouting

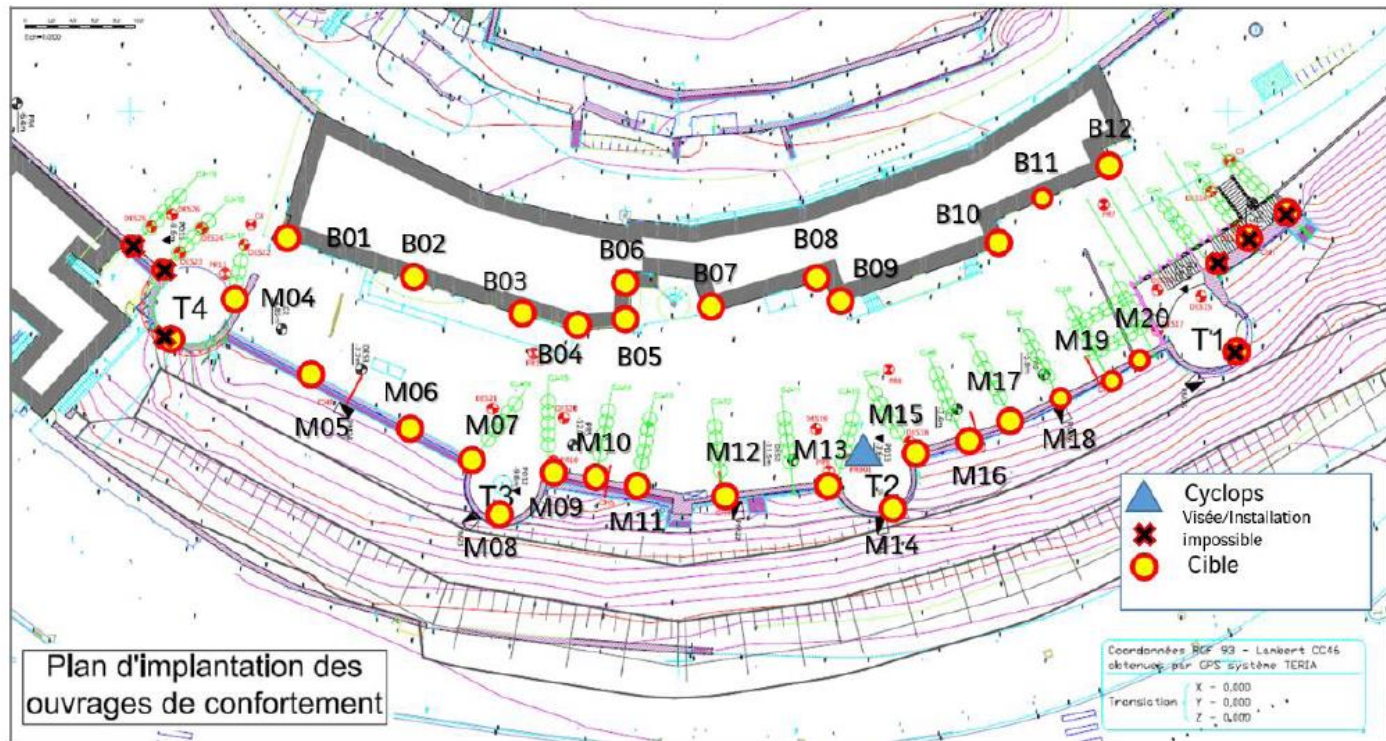
- Réalisation d'un plot d'essai



Problématiques d'exécution

Jet grouting

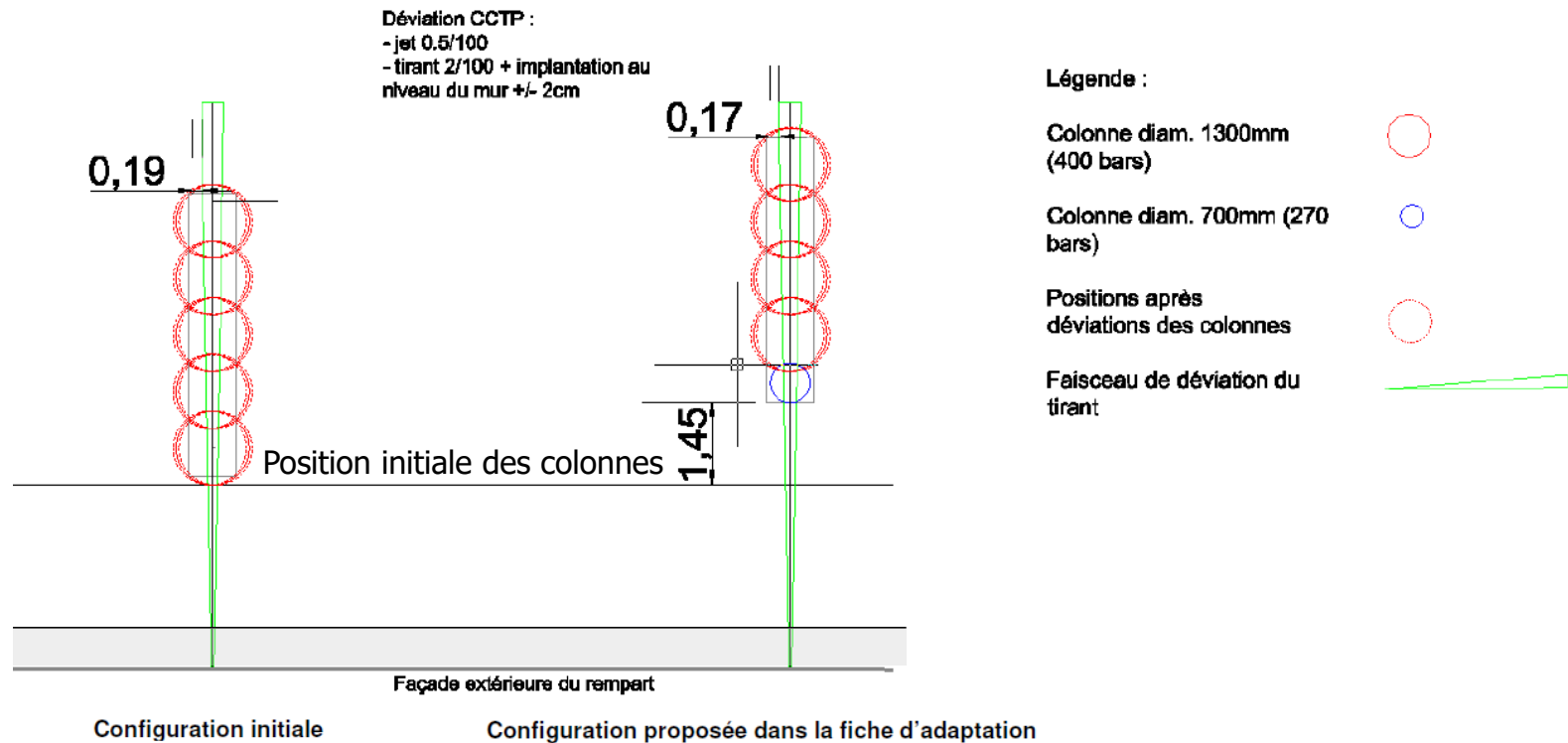
- Surveillance du comportement du rempart pendant le jet : auscultation automatique en continu par robot



Problématiques d'exécution

Jet grouting

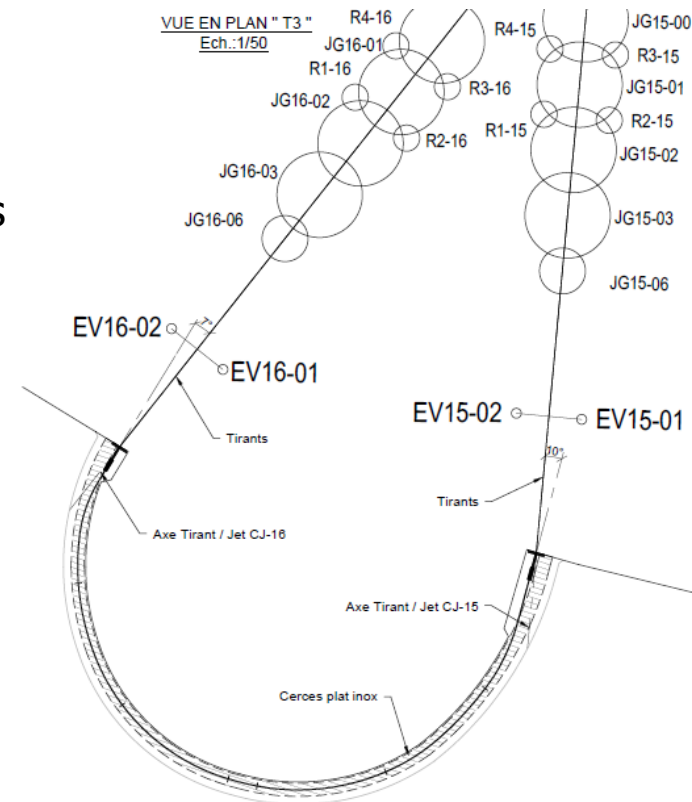
- Surveillance du comportement du rempart pendant le jet → adaptation si nécessaire



Problématiques d'exécutions

Tirants

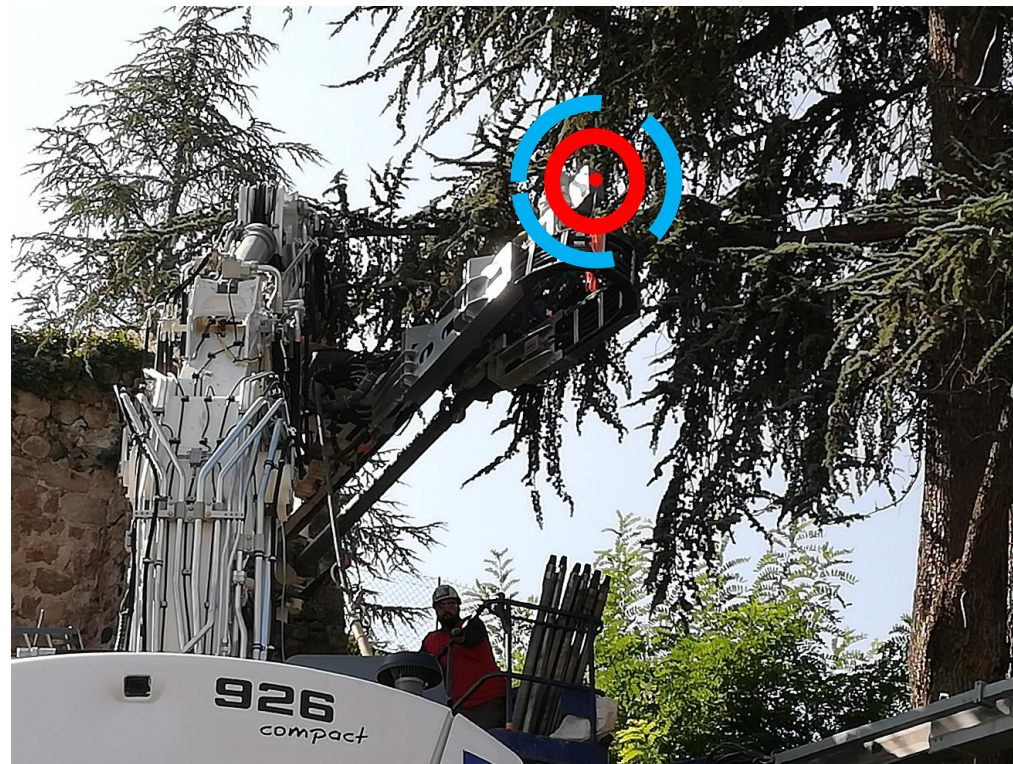
- Anticipation en étude : prise en compte des contraintes d'exécution pour positionner les tirants et donc l'implantation des colonnes
- Carottage précis à la tangente des tours



Problématiques d'exécutions

Tirants

- Orientation (azimut et inclinaisons) du mât de forage au sol
- Visée laser pour positionner en altitude le mât avec l'orientation préétablie au sol



Problématiques d'exécutions

Tirants

- Forage et équipement



Problématiques d'exécutions

Cerclage Inox des tours



Problématiques d'exécutions

Cerclage Inox des tours

- Réalisation d'engravures → estimation de la largeur nécessaire pour ne pas risquer de déchausser les moellons en définitif lors d'épisodes de dilatation



- Assemblage des têtes spéciales aux tirants ancrés dans les contreforts (mur en colonnes de jet-grouting).
- Fixation des cerces (plats cintrés) en acier inoxydable aux têtes spéciales.

Conclusion

Avant



Après : Cerces inox dissimulées



Conclusion

Apaès



Conclusion

Après





Webinaire du 8 Novembre 2022

Merci de votre attention

A votre disposition pour répondre à vos questions à la fin des présentations