



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Surveillance de longue durée par pesage des tirants

Expérience des rocades de l'agglomération de Toulouse

Stéphane MOULIGNÉ – Didier VIRELY

6 février 2020

Plan

Suivi à long terme des ancrages

- Les rocades toulousaines pour partie en tranchée
- Le contexte géologique et géotechnique toulousain
- Les recommandations TA 95
- La pratique du LRPC/Cerema
- Exemples
- Les recommandations TA 2020

Les rocades toulousaines

Le périphérique toulousain et ses appendices ont été complétés dans les trente dernières années.

Les maîtres d'ouvrage ont été l'État, le département de la Haute Garonne, la ville de Toulouse et ASF-Vinci. Ce sont maintenant l'État, Toulouse Métropole et ASF-Vinci.

Une partie significative est en tranchée nécessitant des parois moulées ou préfabriquées.

On notera aussi appartenant à VNF, le pont canal permettant au canal du midi de franchir la rocade.

Le contexte géologique et géotechnique

Le Bassin aquitain: Un substratum molassique recouvert par des alluvions des fleuves Ariège et Garonne

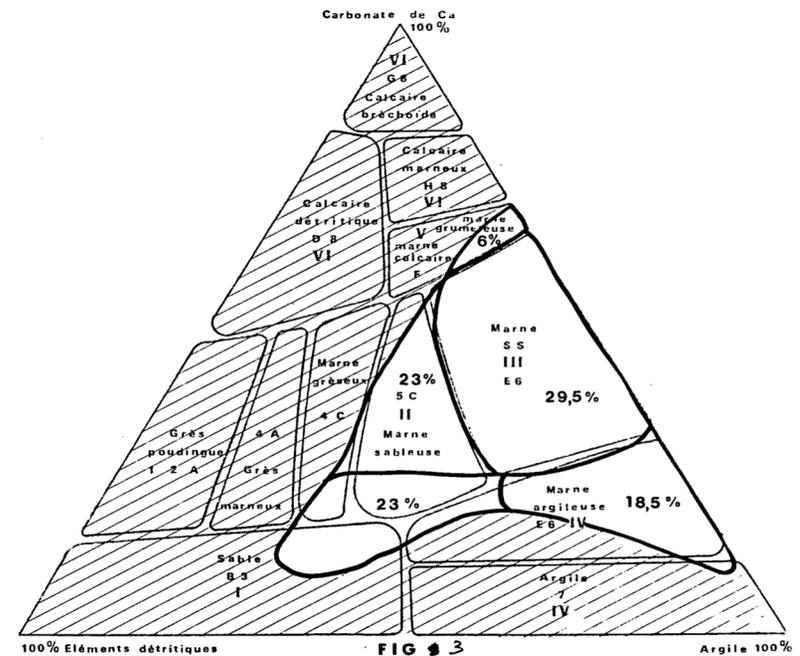
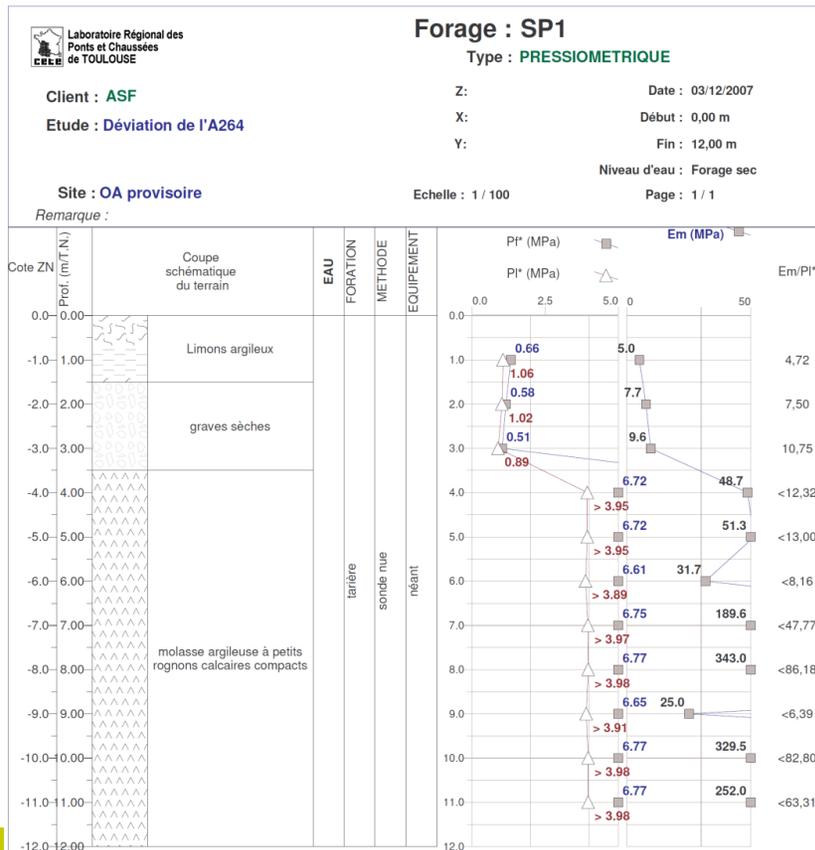
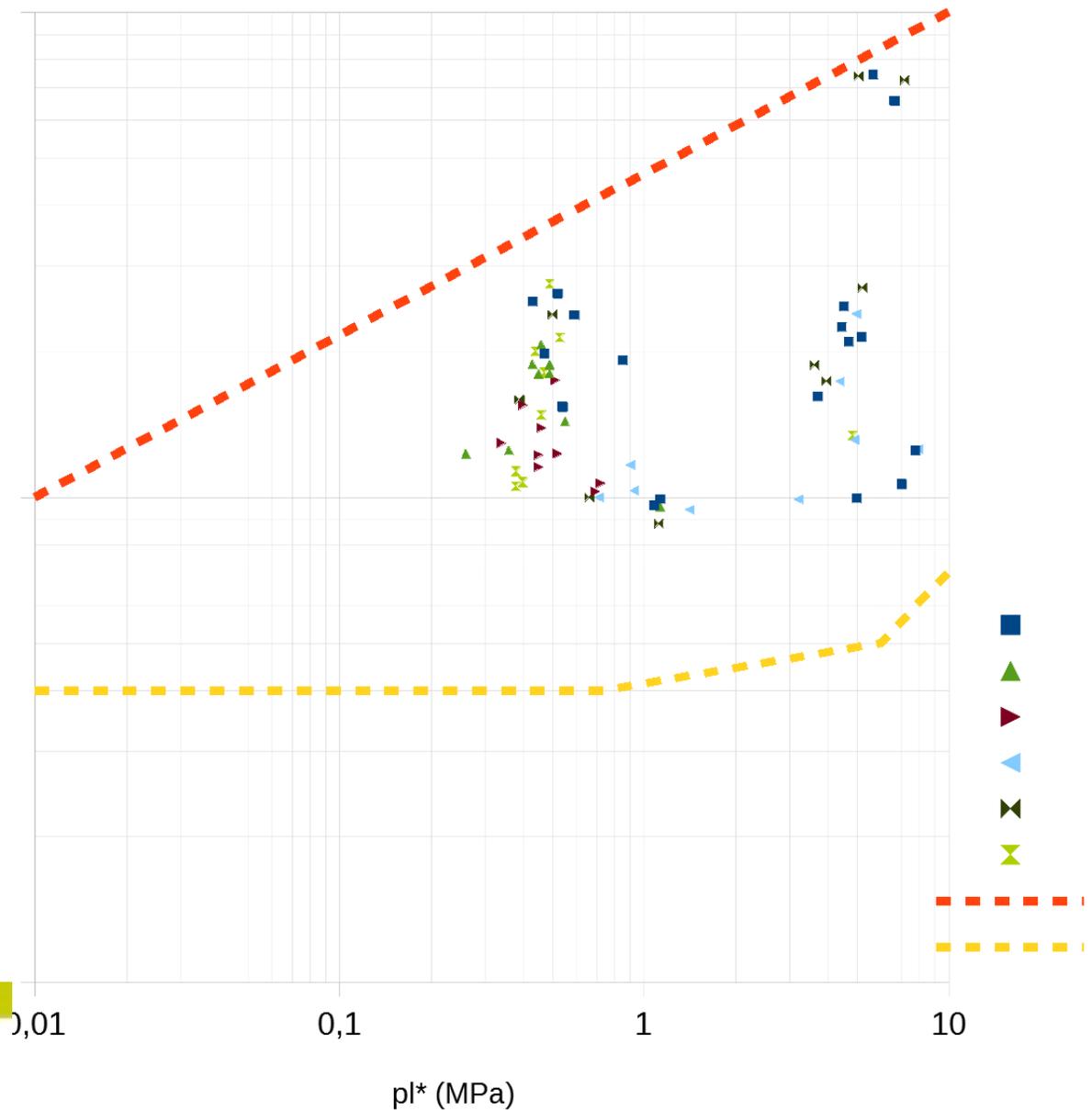


Diagramme pressiométrique spectral

Le calcul

- Une couche de graves en surface.
- Une couche hétérogène mais raide de molasse
 - D'argiles à marnes
 - Pression limite de plus de 5 MPa (limitée à 3,5MPa)
 - Module pressiométrique de 25 MPa à plus de 100 MPa
 - Frottement longitudinal $q_s = 100 - 120$ kPa



Les recommandations TA 95

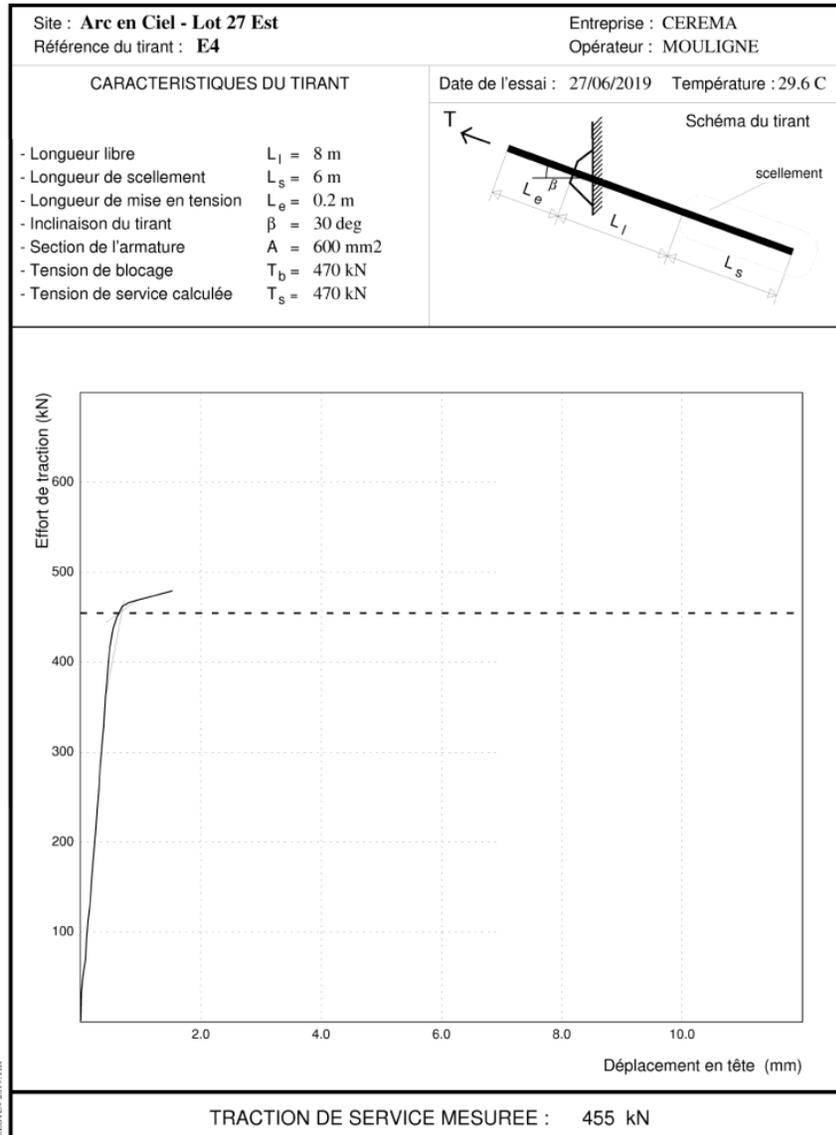
- 7.1 : Le contrôle de la traction des tirants permanents (...) est obligatoire.
<COM> Il est nécessaire de prévoir un dispositif de contrôle statistique.
- 7.2.1 Le premier contrôle est à la charge de l'entreprise.
Les contrôles ultérieurs sont à la charge du maître de l'ouvrage (...).
- 7.2.2 Le contrôle est d'abord trimestriel, le dernier contrôle trimestriel ayant lieu un an après la dernière mise en tension des tirants de l'ouvrage, après il devient annuel (...).
- 7.230 Un certain nombre de tirants de l'ouvrage ancré doivent être équipés d'un appareil de contrôle.
Chaque tirant ainsi équipé doit être, en outre équipé d'un type d'appareil permettant la mesure directe de la traction (...).
À chaque tirant équipé d'appareil de contrôle sont associés deux tirants (...)
- *dans chaque catégorie le nombre minimal de tirants à contrôler est (...)
- Les appareils de contrôle doivent être fiables, simples (+/- 10 %)
À titre indicatif une variation de 20 % de la traction d'un tirant dans une structure mérite d'attirer l'attention.

Notre interprétation

- Quel dispositif fiable peut rester en place pour cent ans, quel étalonnage ?
→ Tous les tirants sont équipés d'une tête filetée
- Tous les tirants sont inspectés et contrôlés à:
2 ans – 5 ans – 10 ans – 20 ans - ...
si de l'eau circule dans la tête, le tirant est réputé hors d'usage
- Nécessité d'un dispositif automatisé de contrôle
 - Fin de l'essai ordonnée manuellement/automatiquement à l'issue de la rupture de pente
 - Valeur dérivée de l'intersection des deux tangentes
 - Viser des températures et des niveaux de nappes voisins
 - Procès verbal d'essai imprimé sur le site

CONTROLE PERIODIQUE DE LA TRACTION

(Effectué conformément aux recommandations T.A. 95)



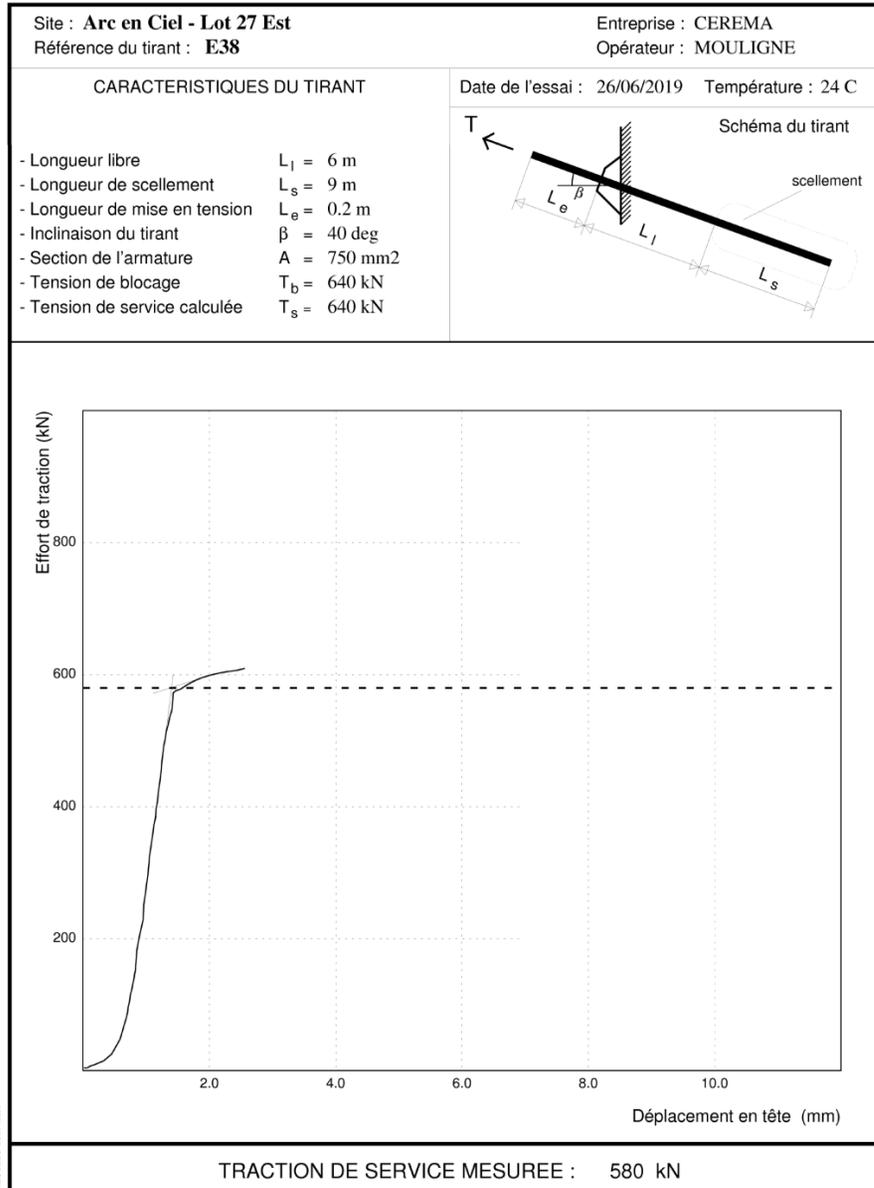
Un essai standard

- Traction de service mesurée
- Pente initiale
- Pente finale

Rocade arc-en-ciel

CONTROLE PERIODIQUE DE LA TRACTION

(Effectué conformément aux recommandations T.A. 95)

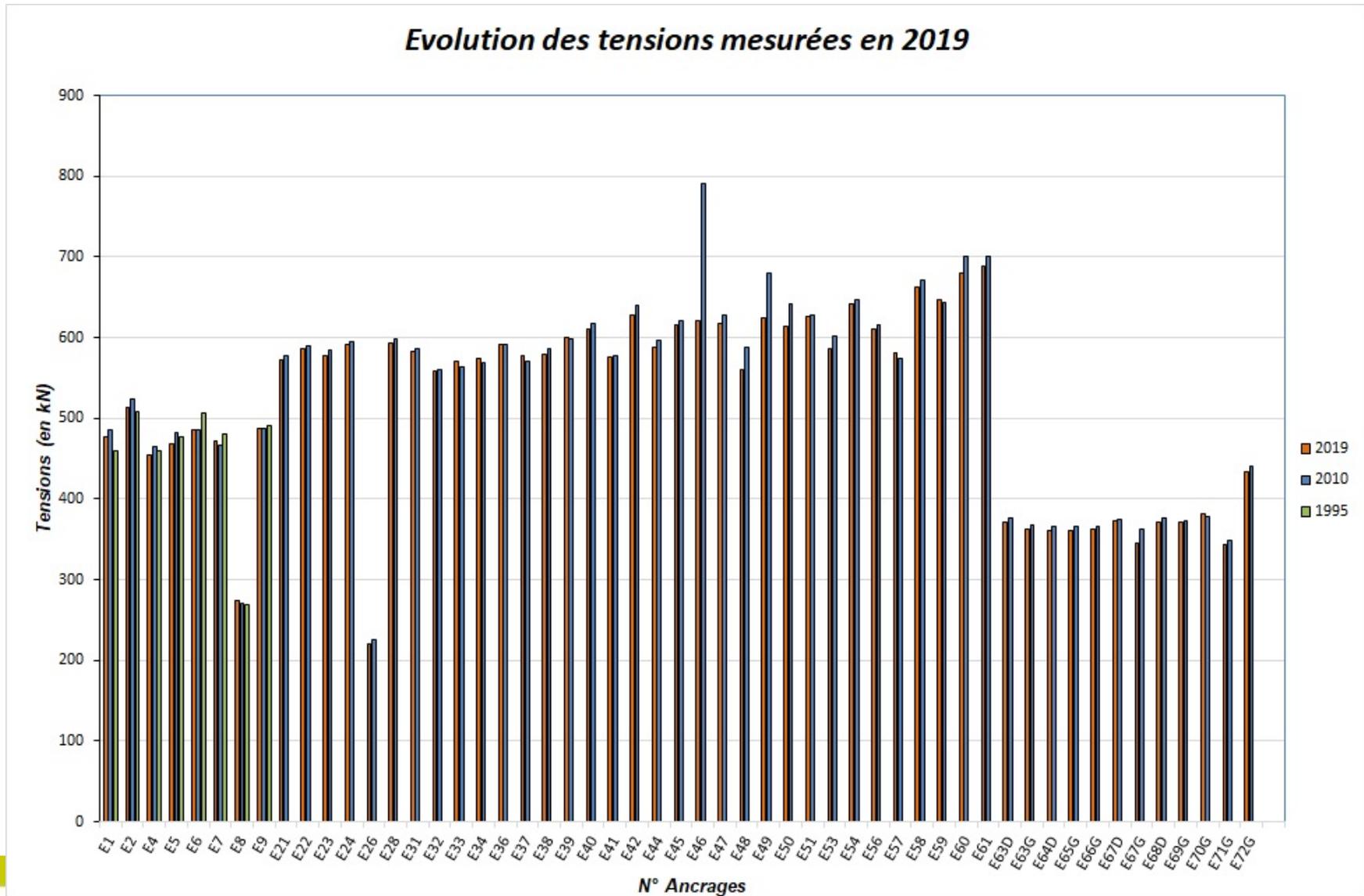


Mauvaise mise en place du vérin

Matériel



Résultats: 1995-2010-2019



Résultats: 1995-2010-2019

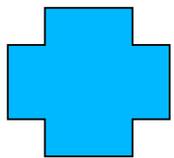
| Référence du tirant | Tension mesurée en 1995 (kN) | Tension mesurée en 2010 (kN) | Tension mesurée en 2019 (kN) | Variation tension entre 1995 et 2019 (%) |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| E1 | 460 | 486 | 477 | 3,7 |
| E2 | 508 | 523 | 513 | 1 |
| E4 | 459 | 465 | 455 | - 0,9 |
| E5 | 477 | 482 | 468 | - 1,9 |
| E6 | 506 | 485 | 485 | - 4,2 |
| E7 | 481 | 466 | 471 | - 2,1 |
| E8 | 268 | 270 | 274 | 2,2 |
| E9 | 491 | 487 | 487 | - 0,8 |
| E65G | 351 | 366 | 361 | 2,8 |
| E67D | 354 | 375 | 372 | 5,1 |
| E70G | 357 | 378 | 381 | 6,7 |

Un ouvrage fonctionnant bien

| Référence ancrage | Longueur libre (m) | Longueur scellée (m) | Section de l'armature (mm ²) | Inclinaison (°) | Tension de service calculée (kN) | Tension de service 2010 (kN) | Tension de service 2019 (kN) | Variation de tension entre 2010 et 2019 (%) |
|-------------------|--------------------|----------------------|--|-----------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| E1 | 6 | 9 | 750 | 30 | 520 | 486 | 477 | -1,9 |
| E2 | 6 | 6 | 600 | 30 | 460 | 523 | 513 | - 1,9 |
| E4 | 6 | 6 | 600 | 30 | 460 | 465 | 455 | - 2,2 |
| E5 | 6 | 6 | 600 | 30 | 460 | 482 | 468 | -2,9 |
| E6 | 6 | 6 | 600 | 30 | 460 | 485 | 485 | 0 |
| E7 | 6 | 6 | 600 | 30 | 470 | 466 | 471 | 1,1 |
| E8 | 9 | 3 | 300 | 40 | 430 | 270 | 274 | 1,5 |
| E9 | 12 | 7 | 750 | 40 | 520 | 487 | 487 | 0 |
| E21 | 5 | 8 | 750 | 30 | 560 | 577 | 572 | - 0,9 |
| E22 | 6 | 9 | 750 | 40 | 610 | 590 | 586 | - 0,7 |

Recommandations TA 2020

- 8.6.2.1 La traction des tirants dont la durée de vie est supérieure à deux ans doit être contrôlée périodiquement durant toute la durée de vie.
- 8.6.1.3 Le premier contrôle de la traction des tirants effectué dans la continuité de l'essai de réception du tirant est à la charge de l'entreprise.
- 8.6.1.4.1 Un certain nombre de tirants de l'ouvrage ancré doivent être équipés d'un appareil permettant de contrôler périodiquement la traction.
La tête d'un tirant équipé (...) doit également être compatible avec une mesure directe
- 8.6.1.4.2 Chaque tirant équipé d'un appareil de contrôle doit être associé à au moins deux tirants témoins.



2020

Une procédure pour le pesage

Pesage TA 2020

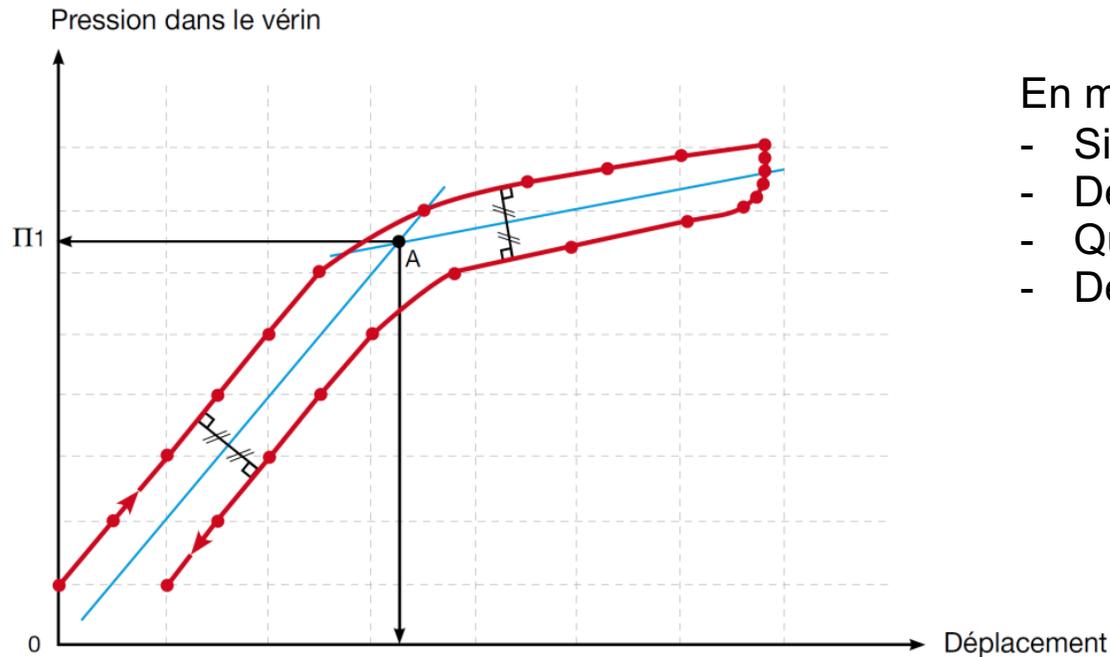


Figure 8.12 : exemple de courbe de pesage

En mode manuel (au XXI^e siècle ?)

- Six points de mesure
- Décollement
- Quatre points de mesure
- Descente trois points



Annulation des efforts de frottement dans le vérin



Merci

- Stéphane Mouligné, Didier Virely
- Risques naturels, Ingénierie Géologique et Géomécanique
- +33 562 259 712
- Prénom.Nom@Cerema.fr

