



TA2020

LA SURVEILLANCE

Alexis PIRON – EDF – Division Technique
Générale

François MOREL – EDF – Centre
d'Ingénierie Hydraulique

06/02/2020

DTG



LA SURVEILLANCE

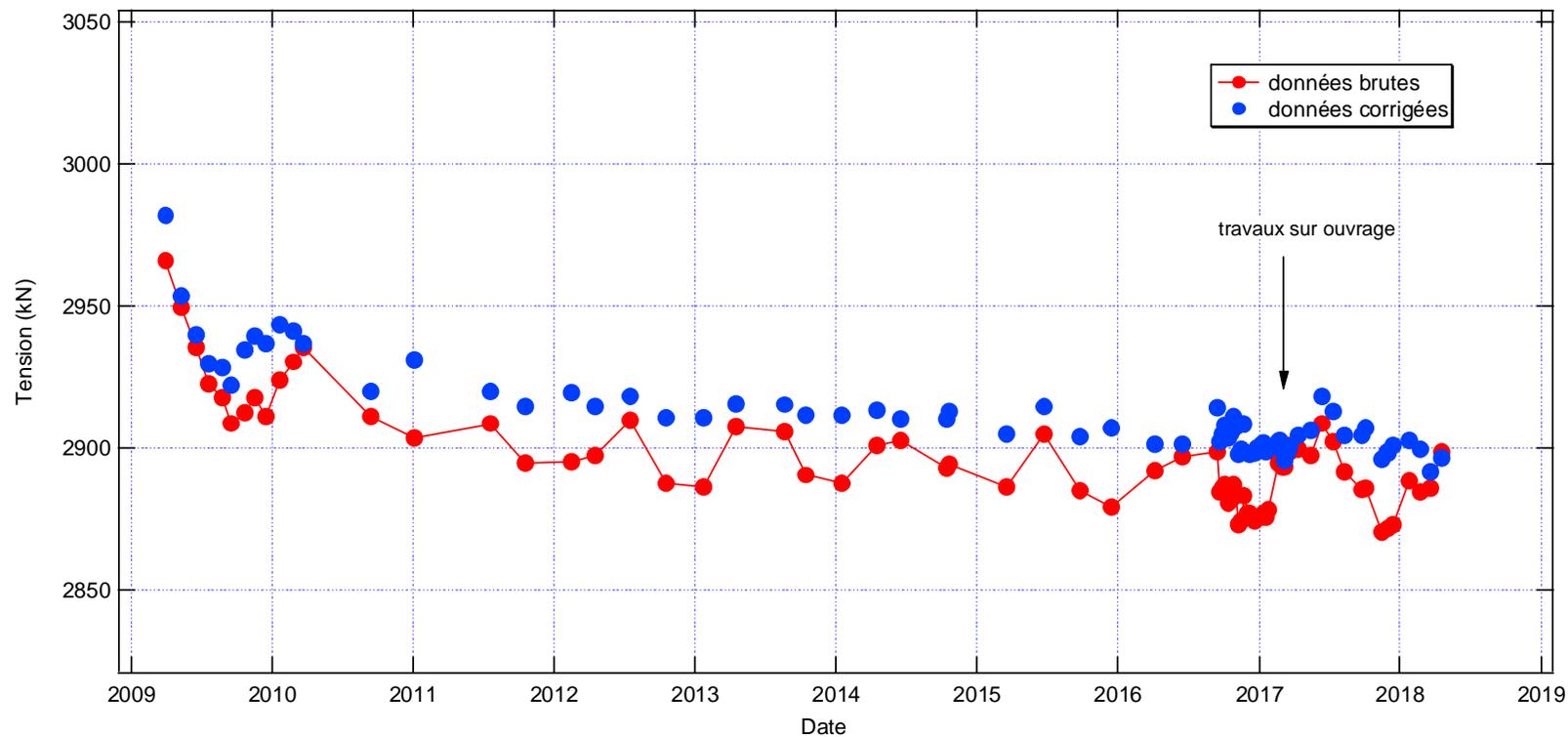
- **Du point de vue d'un maître d'ouvrage, pourquoi surveiller :**
 - La sûreté, en anticipant (précurseurs) et en intervenant (mise en œuvre de parades) sur des situations potentiellement à risques
 - Être en conformité vis-à-vis des « règles de l'art » et de la réglementation
 - Diminuer et optimiser les coûts de maintenance
 - Plus tôt est décelée l'anomalie et moins les travaux sont coûteux
 - La finesse de diagnostic doit permettre au maître d'ouvrage de prioriser ses plans de maintenance en fonction des enjeux

- **Réalisation de contrôles périodiques devant permettre de vérifier l'état du tirant**
 - Adéquation de la traction exercée par le tirant
 - Usure par corrosion
 - Intégrité
 - État du capteur

- **La surveillance doit être décidée dès la conception pour être mise en place dès la construction**

L'INSTRUMENTATION

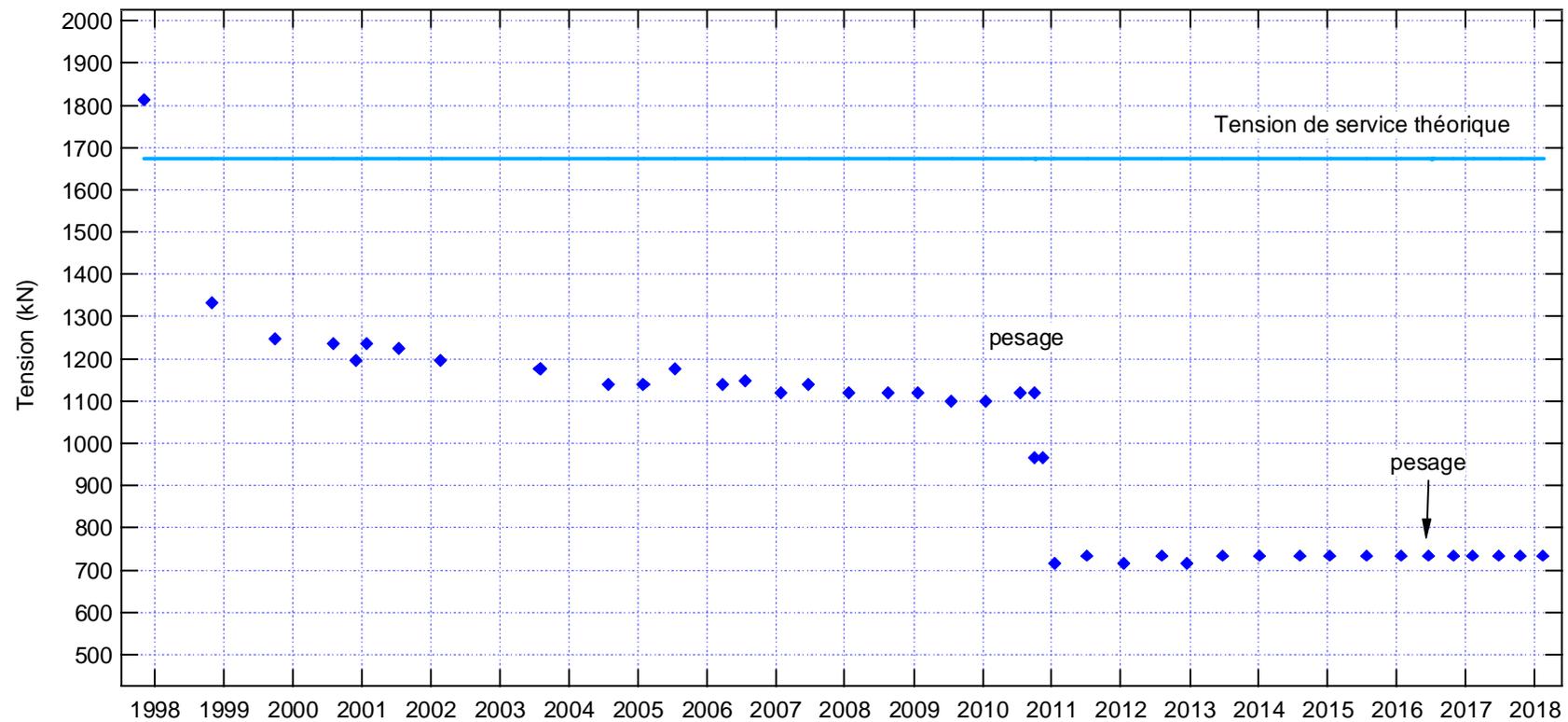
- « L'instrumentation des tirants n'a pas pour objectif de fournir une mesure précise de la traction mais plutôt de suivre son évolution dans le temps afin de détecter un comportement anormal (perte de tension, surtension...) avant que des désordres n'affectent la structure. »



Exemple de série chronologique sur un tirant géotechnique instrumenté avec une cellule de charge

L'INSTRUMENTATION

- « L'instrumentation des tirants n'a pas pour objectif de fournir une mesure précise de la traction mais plutôt de suivre son évolution dans le temps afin de **détecter un comportement anormal** (perte de tension, surtension...) avant que des désordres n'affectent la structure. »



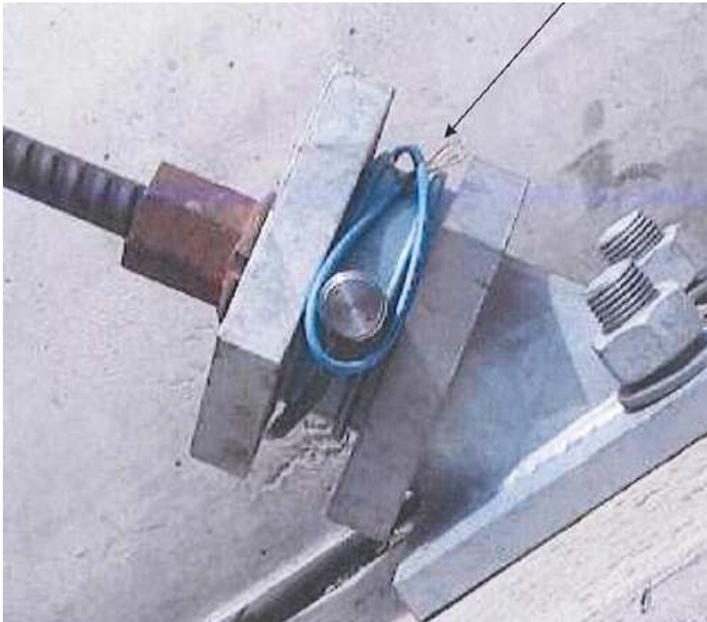
L'INSTRUMENTATION

Tirants dont la durée de vie est supérieure à 2 ans :

- contrôle périodique pendant toute la durée de vie du tirant,
- en général, contrôle trimestriel la première année puis annuel tout au long de la vie du tirant, à une période fixe de l'année,
- fréquence plus rapprochée si des variations saisonnières influencent le comportement de l'ouvrage.

Tirants provisoires dont la durée de vie est inférieure à 2 ans : CCTP doit préciser si le contrôle périodique de la traction est exigé.

1^{er} contrôle dans la continuité de l'essai de réception du tirant.



Tirant instrumenté. La cellule sera par la suite raccordée à un coffret (© EDF)



La tête d'ancrage au premier plan est instrumentée avec signal radio ; celle au second plan ne l'est pas (© Freyssinet)

L'INSTRUMENTATION

Conditions préliminaires :

- « La tête d'un tirant équipé d'un appareil de contrôle de la traction doit également être compatible avec une mesure directe de la traction par pesage, pendant toute la durée de vie du tirant »
 - le pesage permet de critiquer l'appareil de contrôle
 - tous les tirants devraient être compatibles avec le pesage



Tête à ergots...



...tête filetée...



...même tête lisse !

L'INSTRUMENTATION

Conditions préliminaires :

- au besoin, pour les tirants de type câble, certaines têtes permettent le remplacement d'appareils de contrôle défaillants.



Alexis PIRON © EDF

Tête démontable nécessitant un « déclavetage »



Alexis PIRON © EDF

Tête démontable ne touchant pas aux clavettes

L'INSTRUMENTATION

| v | N _A | v | N _A |
|---------|----------------|-----------|----------------|
| 1 à 10 | 1 | 93 à 110 | 9 |
| 11 à 20 | 2 | 111 à 130 | 10 |
| 21 à 30 | 3 | 131 à 150 | 11 |
| 31 à 40 | 4 | 151 à 170 | 12 |
| 41 à 50 | 5 | 171 à 190 | 13 |
| 51 à 64 | 6 | 191 à 210 | 14 |
| 65 à 78 | 7 | 211 à 230 | 15 |
| 79 à 92 | 8 | 231 à 250 | 16 |

Au-delà de 250 tirants un dispositif de contrôle supplémentaire doit être prévu par tranche de 20 tirants.

Tableau 8.2 : nombre d'appareils de contrôle en fonction du nombre v de tirants dans chaque catégorie



Alexis PIRON © EDF



26 tirants, 3 instrumentés



Alexis PIRON © EDF

19 tirants, tous instrumentés

| 8



L'INSTRUMENTATION

Appareils de contrôle :

- Propriétés recherchées :
 - Fiables, simples, robustes et adaptés à la traction maximale exercée
- Différentes technologies sur le marché :
 - Cellules hydrauliques
 - Cellules électriques (cordes vibrantes, jauges de contrainte)
 - Cellules à magnétostriction inverse
 - Cellules à fibre optique
- Évaluation de la traction avec une précision au plus égale à 10 % par rapport à l'effort déduit de la **pression du vérin** (corrigé des frottements) **qui est pris comme référence**
- Possibilité d'automatiser le système

L'INSTRUMENTATION

Mise en œuvre :

- Prévoir l'espace suffisant pour implantation et accessibilité
- S'assurer de la planéité des surfaces d'appui et leur perpendicularité par rapport au tirant
- Selon les sites, prévoir une protection contre la foudre et/ou la submersion
- Prévoir la protection contre la corrosion
- Cheminement, étanchéité, protection du câble électrique
- S'assurer de la possibilité de périodiquement calibrer et de remplacer l'appareil de contrôle dans le temps



Photo 8.7 : Tête d'ancrage avec capot équipée d'un appareil de contrôle
(© François Morel-EDF)



Photo 8.8 : Tête d'ancrage instrumentée avec protection de type P
(© Soletanche Bachy)

L'INSTRUMENTATION

Exemples de montage d'un appareil de contrôle :

- Légende :
- 1 : Appareil de contrôle
 - 2 : Plaque d'appui
 - 3 : Plaque de répartition
 - 4 : Capot de protection du bloc d'ancrage
 - 5 : Cire anticorrosion (ou équivalent)

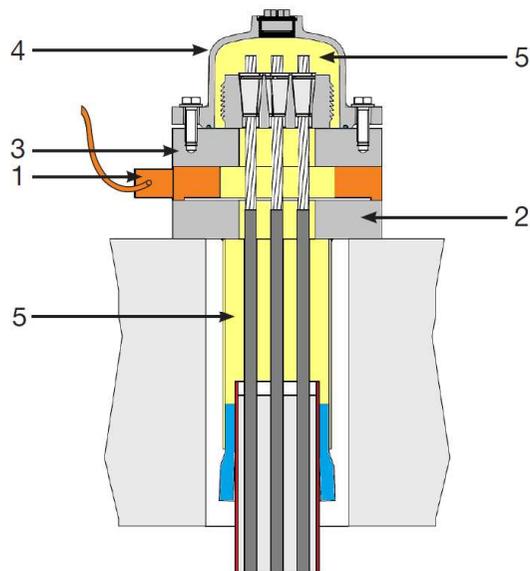
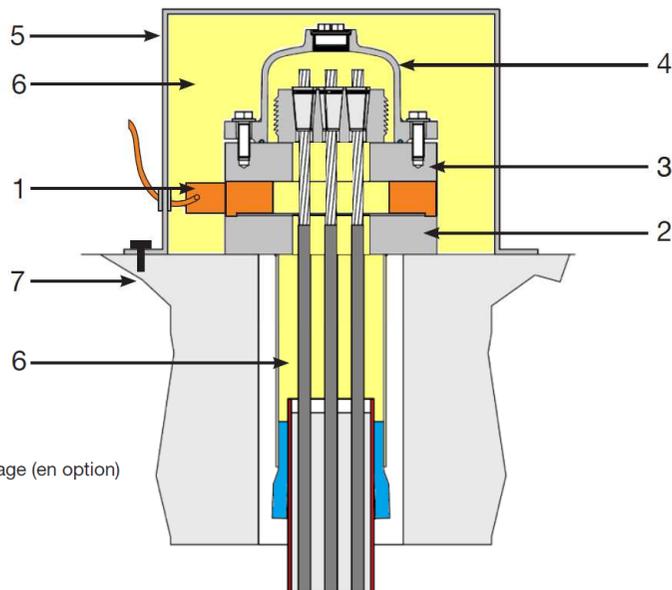


Figure 8.5 : Exemple de montage d'un appareil de contrôle sur une tête d'ancrage à l'air libre

- Légende :
- 1 : Appareil de contrôle
 - 2 : Plaque d'appui
 - 3 : Plaque de répartition
 - 4 : Capot de protection du bloc d'ancrage (en option)
 - 5 : Capot englobant la cellule
 - 6 : Cire anticorrosion (ou équivalent)
 - 7 : Dispositif de fixation



Exemple de montage d'un appareil de contrôle sur une tête d'ancrage confinée

L'INSTRUMENTATION

Réception sur site :

- Certificat d'étalonnage
- Vérification du « zéro » avant installation
- Profiter des paliers (essai de contrôle, mise en tension) pour réaliser un deuxième niveau de vérification en comparant l'effort appliqué par le vérin et la lecture de l'appareil de contrôle
- « *Si un écart supérieur à 10% entre la lecture de l'appareil de contrôle et l'effort déduit de la pression du vérin est constaté sur l'un des trois derniers paliers ou points de mesure, il convient d'analyser l'origine de cet écart (défaut de positionnement de l'appareil de contrôle, dysfonctionnement de l'appareil de contrôle...). Si l'appareil de contrôle est jugé défectueux, il doit être remplacé* »

Vérification métrologique :

- S'assurer son bon fonctionnement et l'absence de dérive
- Méthode : le **pesage**
- Quand : périodicité définie dans le dossier de maintenance ou équivalent
- Dérive si $(e_2 - e_1)/e_1 > 10\%$ avec :
 - e_1 = écart entre appareil de contrôle et vérin lors de l'installation
 - e_2 = écart entre appareil de contrôle et vérin lors suite au pesage

LE PESAGE

Prescriptions :

- « *Interdire l'accès de la zone d'essai aux personnes qui ne sont pas concernées,*
- *Confier l'opération à du personnel formé et entraîné,*
- *Utiliser du matériel en bon état,*
- *Vérifier que les têtes de tirants ne présentent pas de défaut apparent. »*

Objectifs :

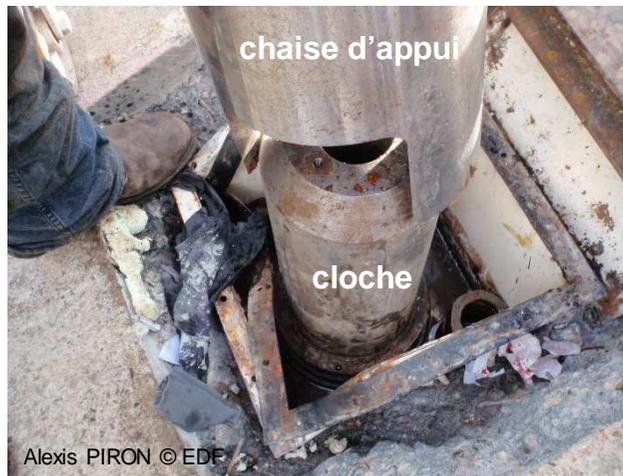
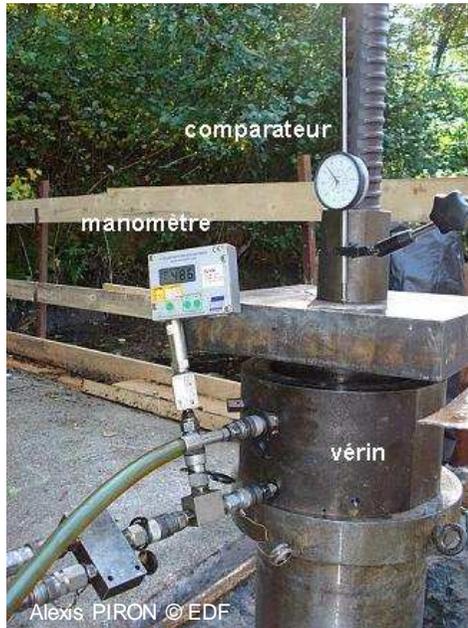
- **Mesure de la traction**
- Critiquer l'appareil de contrôle
- Possibilité de requalifier le tirant (palier d'épreuve)
- Ajustement de la traction si besoin

Quand ? :

- Périodiquement pour le contrôle (spécifié dans le dossier de maintenance des ouvrages)
- « *Déclenché par une évolution anormale des efforts dans les tirants constatée par les appareils de contrôle et/ou par une anomalie de comportement de la structure ancrée ».*

LE PESAGE

Matériel spécifique



LE PESAGE

Mode opératoire, tracé et interprétation

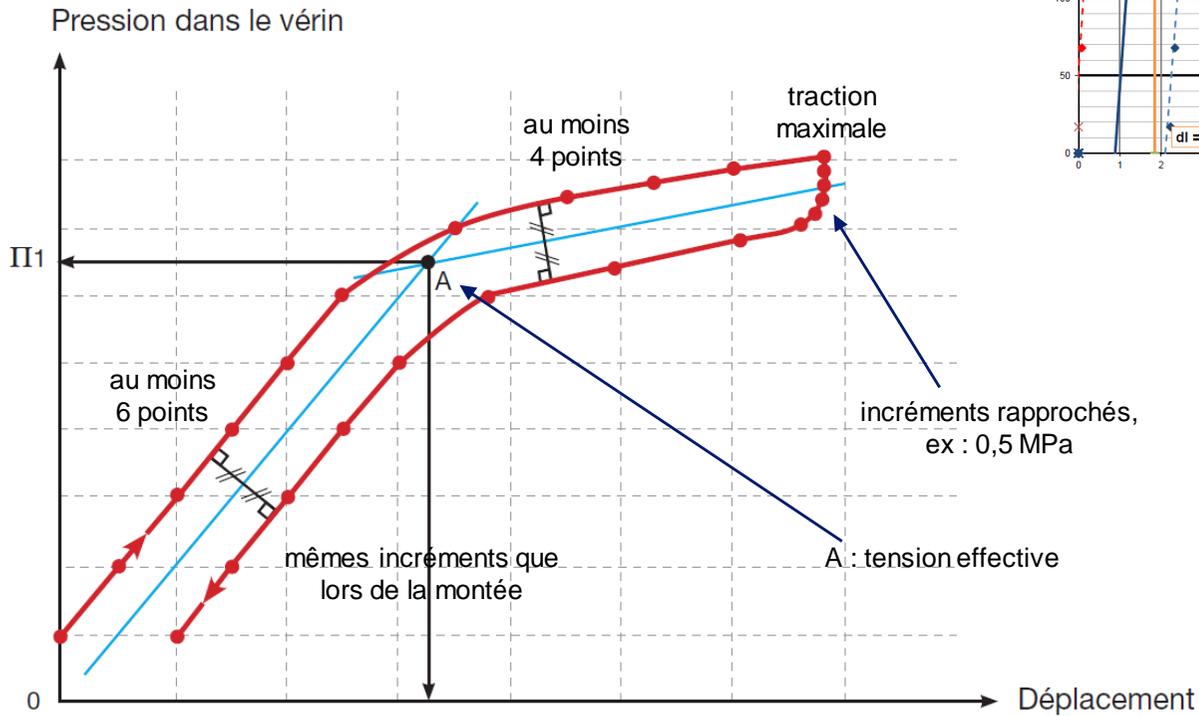
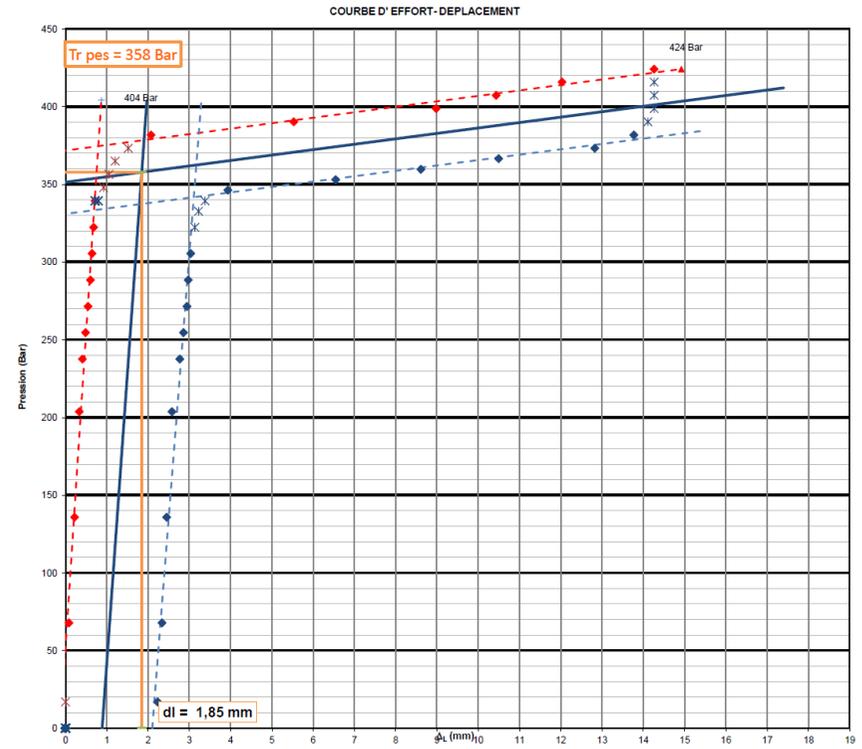


Figure 8.12 : exemple de courbe de pesage



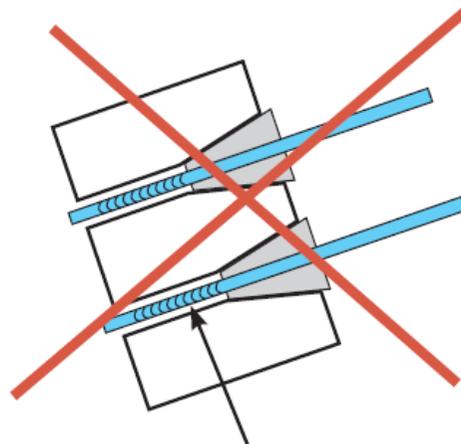
Exemple de courbe de pesage sur un tirant 7T15, T=1045 kN



LE PESAGE

Tête non adaptée à la reprise d'effort et absence d'instrumentation

- Même si la surlongueur est suffisante, le pesage mono-toron est déconseillé et ne peut être utilisé qu'en dernier recours
 - en aucun cas, les clavettes ne doivent être remplacées au-dessus de l'emplacement initial,
 - le vérin doit transmettre les efforts à la plaque d'appui équipant la tête d'ancrage, par l'intermédiaire d'une chaise d'appui laissant libre le mouvement du bloc d'ancrage,
 - on doit vérifier que la plaque d'appui peut reprendre la charge appliquée,
 - il faut privilégier une reprise de tous les torons simultanément



Zone mordue
dans la position
initiale des clavettes



AUTRES CONTRÔLES

Traction

- Essais non destructifs
 - requiert, préalablement, un étalonnage approprié lors de la mise en service du tirant ou lors de pesages
 - peuvent mettre en évidence une anomalie
 - ne peuvent pas remplacer le pesage pour déterminer la traction dans le tirant avec la précision requise

Pérennité

- Inspection visuelle
 - Parties apparents (capot, plaque d'appui), protection anti-corrosion, recherche de défaut d'étanchéité, état du bloc d'ancrage, si possible le bon remplissage du tube trompette par le produit anti-corrosion, état de l'appareil de contrôle, intégrité du système de protection contre la foudre

AJUSTEMENT DE LA TRACTION

Ajustement de la traction

- utilisation de cales d'épaisseur
- modification de la position de l'écrou ou de la bague fileté équipant la tête d'ancrage

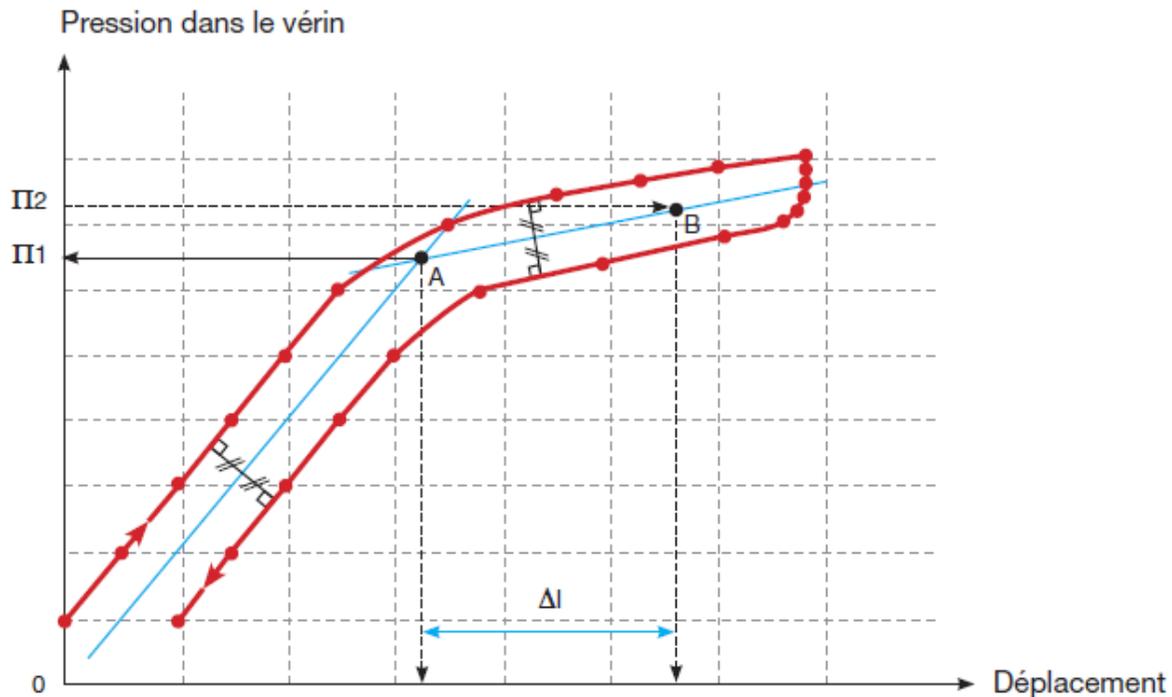


Figure 8.12 : Détermination de Δl pour la remise en tension



MERCI