

VÉRIFICATION DU BON TENSIONNEMENT DE TIRANTS ACTIFS DANS DES BARRAGES EN SERVICE

Christine NORET, Géraldine MILESI (Tractebel
Engineering / Coyne et Bellier

Alexis PIRON (EDF/DTG), François MOREL
(EDF/CIH)

Symposium du CFBR du 29 janvier 2015 à Grenoble (ENSE3)



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. REX Barrage de ROCHON

3. REX Barrage d'ESCH-SUR SURE

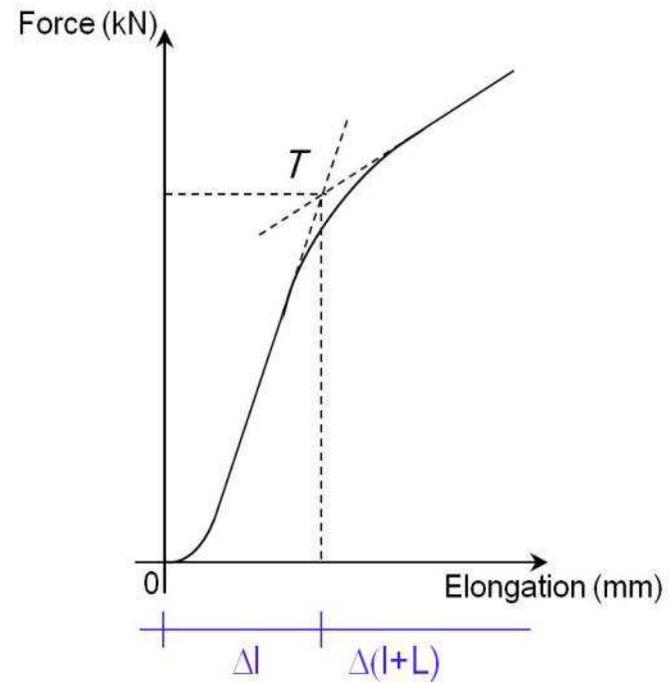
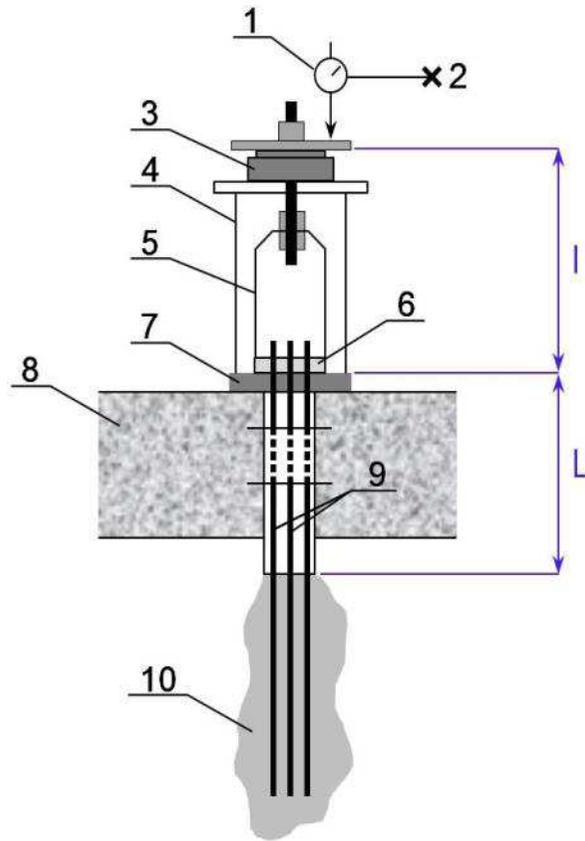
4. REX Barrage de PONTABOULANT

5. REX Lacs NOIR et BASTO

6. CONCLUSION

INTRODUCTION

- Principe des tests

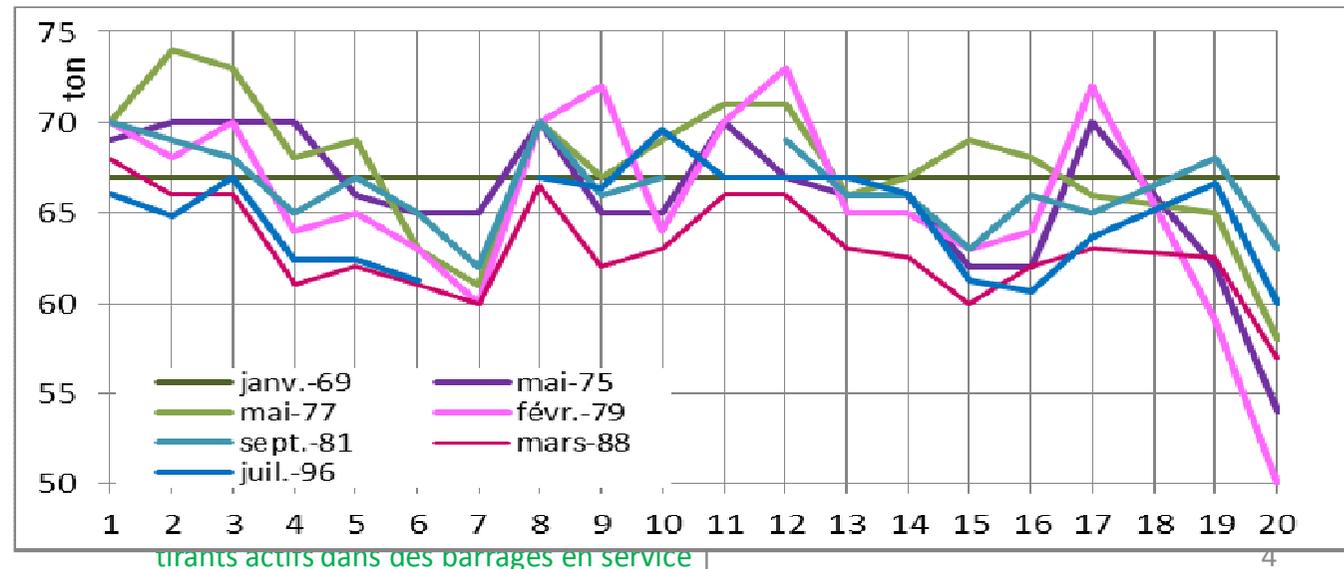


BARRAGE DE ROCHON

- Voûte mince (h=33m – 1969) – Seychelles



- Contexte : 20 barres type Macalloy (1969) (f=35, L=18m, 67t)

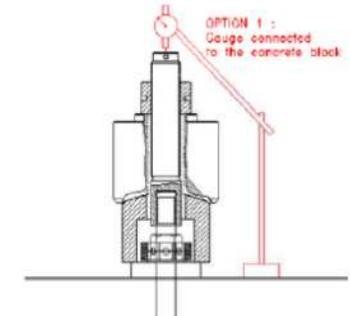
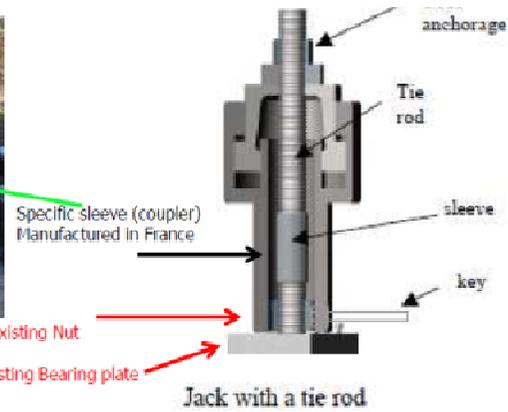


BARRAGE DE ROCHON

- Campagne 2013 par Freyssinet

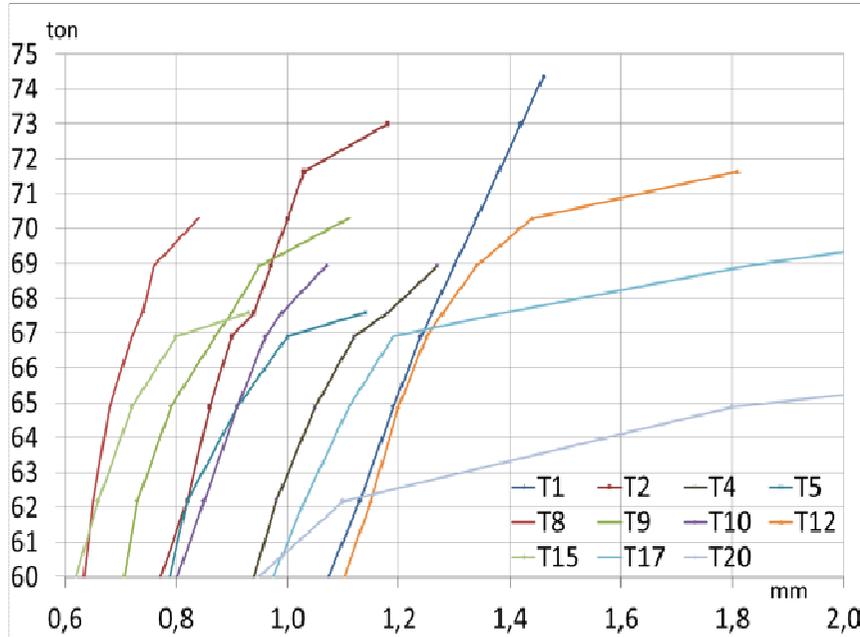


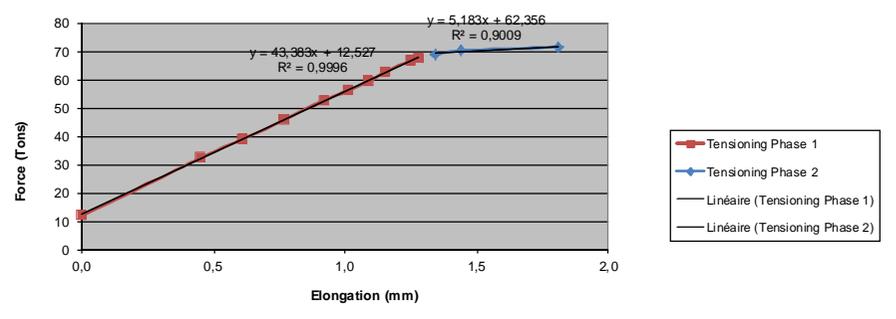
Key,
Nut locking ring
Jack support
« chevêtre »



vérification du bon tensionnement de tirants actifs dans des barrages en service |

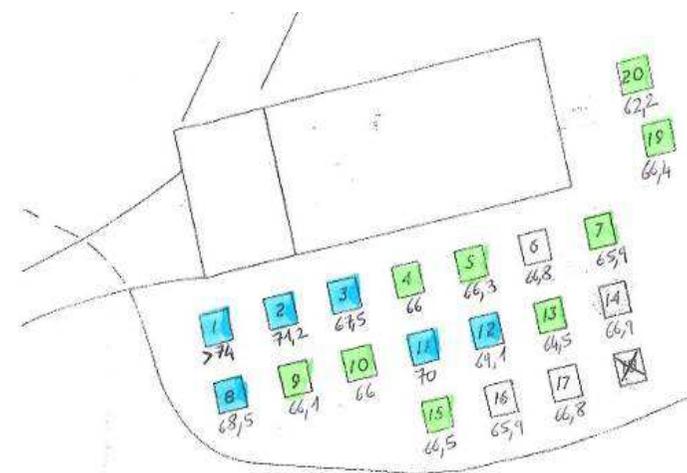
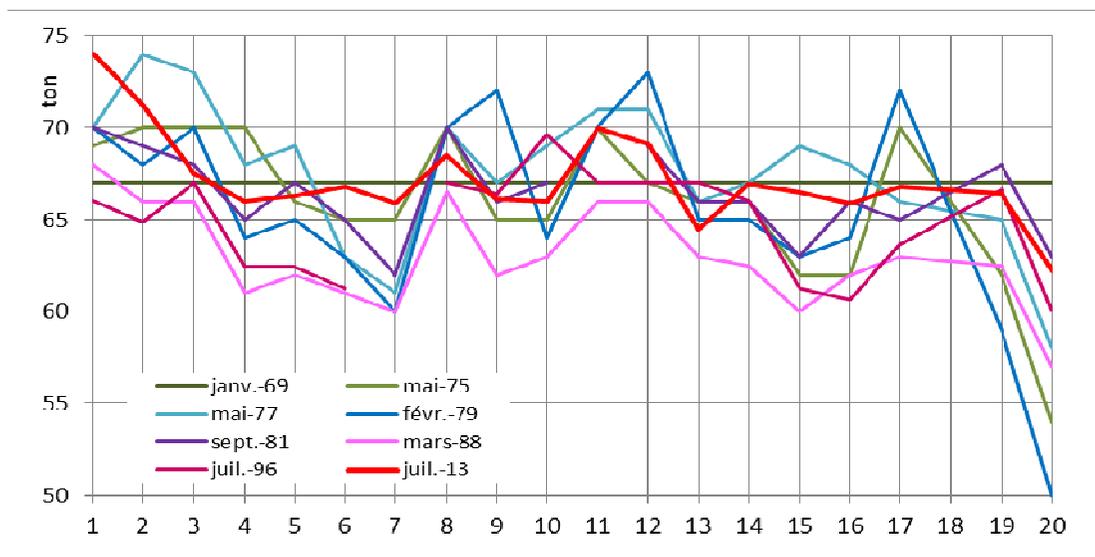
BARRAGE DE ROCHON



		GROUND ANCHORS		FMT N° : N/A		
		PRESTRESSING WORKS				
		BARS - LOAD MESUREMENT & RETENSION		Date : 7-sept-13 15h00		
Location : Rochon Dam - Seychelles			TENDON N° : 12			
Reference documents :		Procedure n° : Rochon Dam - FC - TN03	ITP n° : NA	ICL n° : NA		
		Drawing n° : D208 - Howard Humphreys and sons, September 1969				
Technical characteristics		Bar Nominal diameter : 1"3/8 = 34.945 mm	Type of anchorage : Plate/washer/ Nut	Type of Jack : SSVH94T		
Side	MATERIALS			EQUIPEMENT		OPERATOR Luc Bilau
	Plate / Nut / Coupler ldt n°	Jack n°	Manometer n°		Name :	
Side ☉	NA	NA	NA	6509	NA	NA
Side ☉	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Specified final force		67 Tons		Equivalent final pressure in the stressing Jack		505 Bars
Stressing until 67T	Pressure in the Jack at stressing (Bar)	Pressure in the Jack after 1 minute (Bar)	Equivalent applied force (Tons)	Measured elongation difference (mm)		
	100	100	12	0.0		
	250	250	32	0.45		
	300	300	39	0.61		
	350	350	46	0.77		
	400	400	53	0.92		
	425	425	56	1.01		
	450	450	59	1.09		
	475	475	63	1.15		
	505	505	67	1.25		
	510	510	68	1.28		
	HOLD POINT				Calculated Residual Force :	
Case 2 & 3 if initial Force > 67 T				69.1 Tons		
				1,304424084		
HOLD POINT						
Locking and pressure release						
Nut Locking						
0						
						

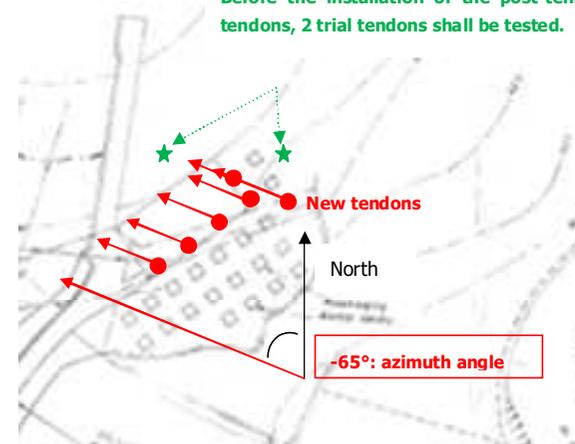
vérification du bon tirants actifs dans des

BARRAGE DE ROCHON



- **Renforcement de la stabilité de la culée par ajout de tirants actifs additionnels**

Before the installation of the post-tensioned tendons, 2 trial tendons shall be tested.



vérification du bon tensionnement de tirants actifs dans des barrages en service |

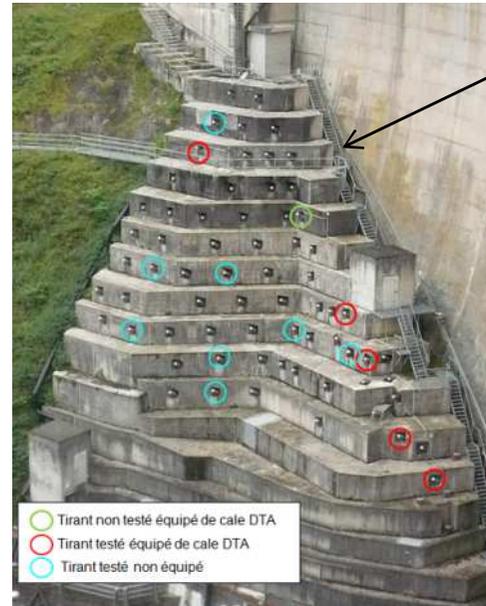
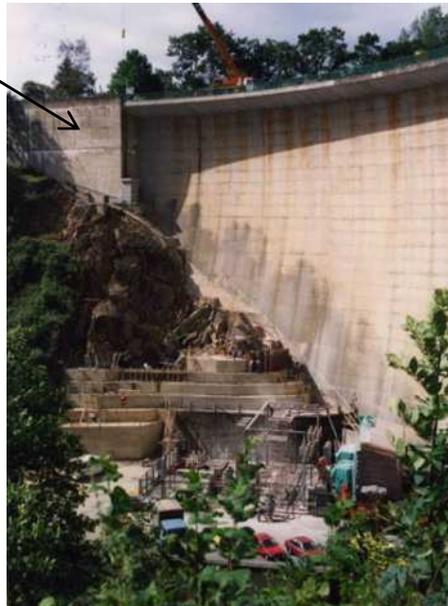
01/2015

Barrage d'Esch-sur-Sûre

■ Contexte :

- Voûte mince (h=50m – 1957) – P&C Luxembourg
- RD confortée par confinement du rocher et ancrage de la culée en 1993

15 tirants
verticaux
4000 kN



- 66 tirants inclinés 900kN
- 7 torons T15 gainés graissés
- $L_{\text{scellement}} = 7 \text{ m}$
- $L_{\text{libre}} = 1 \text{ à } 13 \text{ m}$
- 6 tirants équipés de cale d'auscultation (~10% des tirants)

- En 2009 (16 ans après mise en place) : contrôle visuel de l'ensemble des têtes des tirants inclinés et contrôle de la tension de 15 d'entre eux (23%)

Vérification du bon tensionnement de
tirants actifs dans des ouvrages en service

| 01/2015

Barrage d'Esch-sur-Sûre

■ Inspection visuelle (66 tirants) :

- Absence de corrosion (plaque d'appui, clavette, torons)
- Bon maintien de la graisse de protection : renouvellement à l'identique
- Vieillesse des joints d'étanchéité des capots de protection : remplacement
- Suintement d'eau au niveau de certaines têtes : réalisation de forages drainants pour assainir l'environnement des tirants



Capot de protection - Joint d'étanchéité



Suintement d'eau

Vérification du bon tensionnement de tirants actifs dans des ouvrages en service



Badigeonnage de graisse puis gainage des torons

Barrage d'Esch-sur-Sûre

■ Pesage des tirants :

- Pesage de 15 tirants dont 5 équipés de cales d'auscultation DTA (coussin hydraulique à corde vibrante)
- Pesage réalisé pour chacun des 7 torons constituant les tirants pris individuellement (facilité d'accès, sur-longueurs suffisantes)
- Charge mesurée = charge nécessaire pour sortir la clavette de la tête d'ancrage



Pesage d'un toron

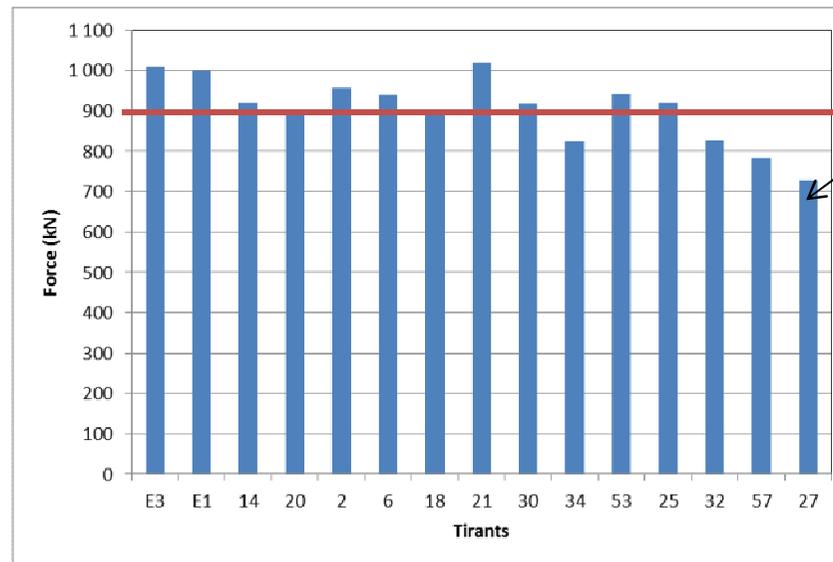


Cale d'auscultation

Barrage d'Esch-sur-Sûre

■ Pesage des tirants :

- Tension moyenne des 15 tirants = 906 kN (bon maintien de la charge initiale ~ 900kN)
- Tension min. = 729 kN et Tension max. = 1019 kN
- 2 torons d'un même tirant (n°27) présentent une tension faible (11 kN et 73 kN au lieu ~130 kN). Mauvaise mise en tension d'origine ?
- Remise en tension de ces 2 torons effectuée

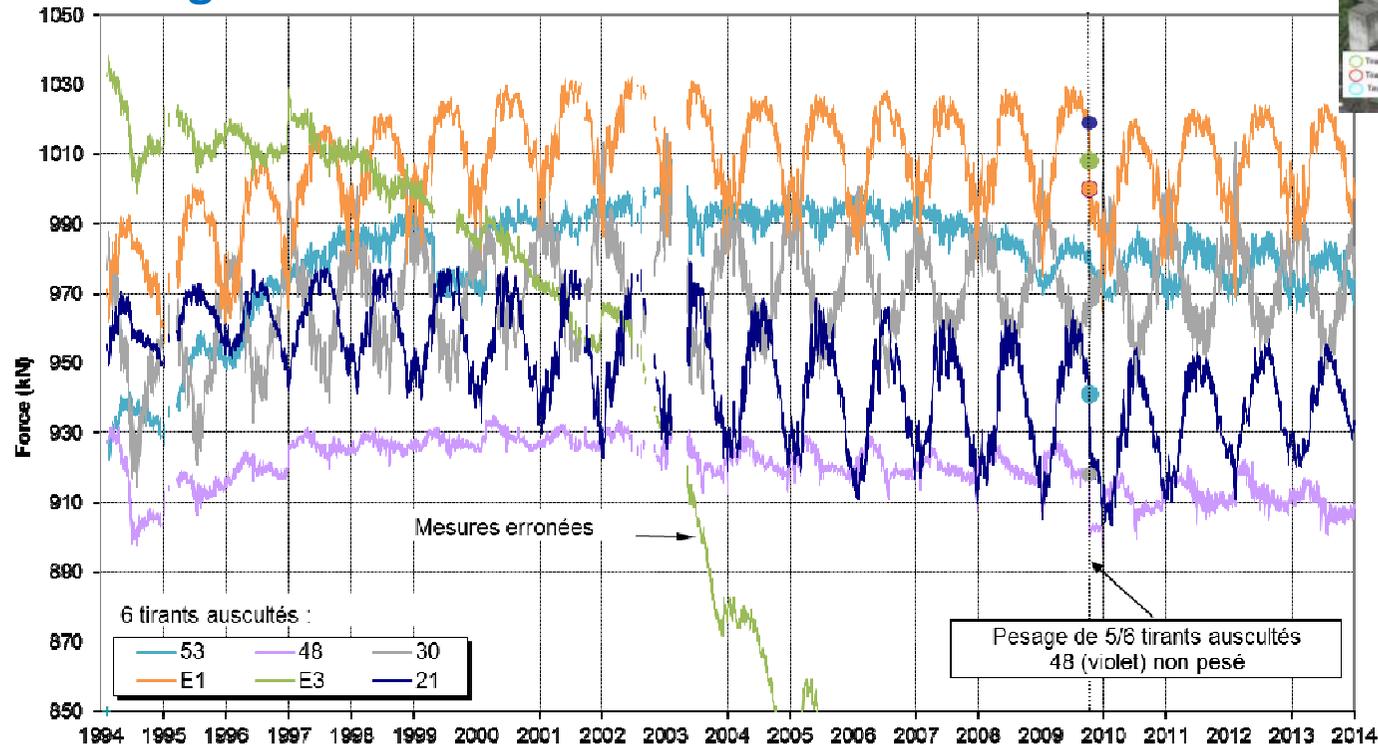


Remise en tension

Vérification du bon tensionnement de
tirants actifs dans des ouvrages en service |
01/2015

Barrage d'Esch-sur-Sûre

■ Pesage des tirants :

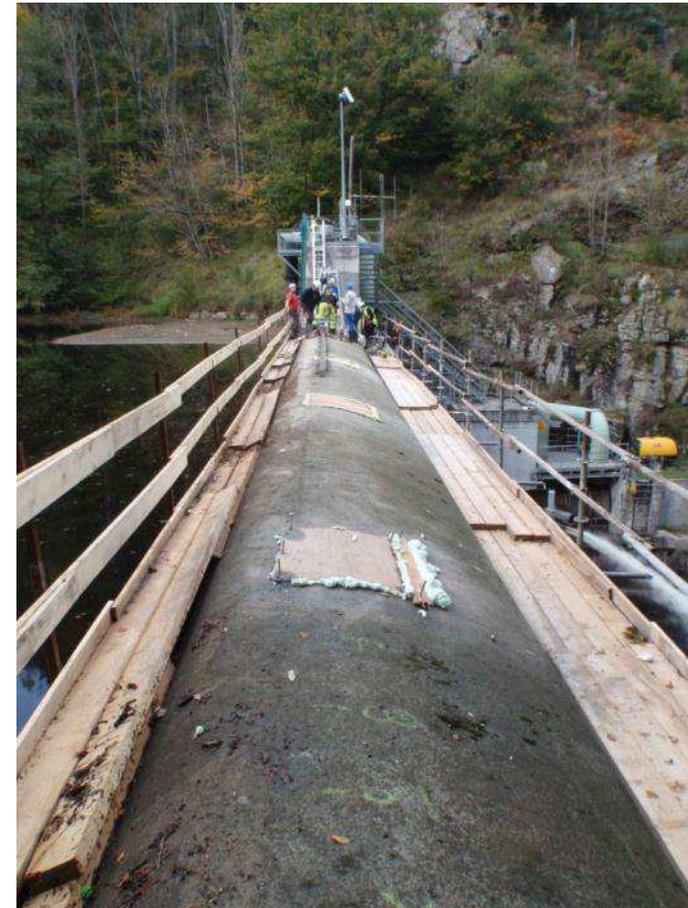


- Charge mesurée par pesage cohérente avec les mesures d'auscultation (écarts -8% à +5%) à l'exception du tirant E3 dont le capteur dysfonctionne (impossibilité de changer le capteur car non démontable)
- Le tirant 48 ausculté n'a pu être pesé (longueur résiduelle des torons trop faible)

Pontabouland

■ Contexte

- 19 tirants 12T15.7 verticaux (1997)
- 4 cellules Glötzl hydrauliques (VHD)



T_s	1672 kN
T_e	2090 kN
T_b	1800 kN

Pontabouland

- Protection des têtes d'ancrage à la cire pétrolière



tête d'ancrage
filetée



cellule GLÖTZL
non protégée

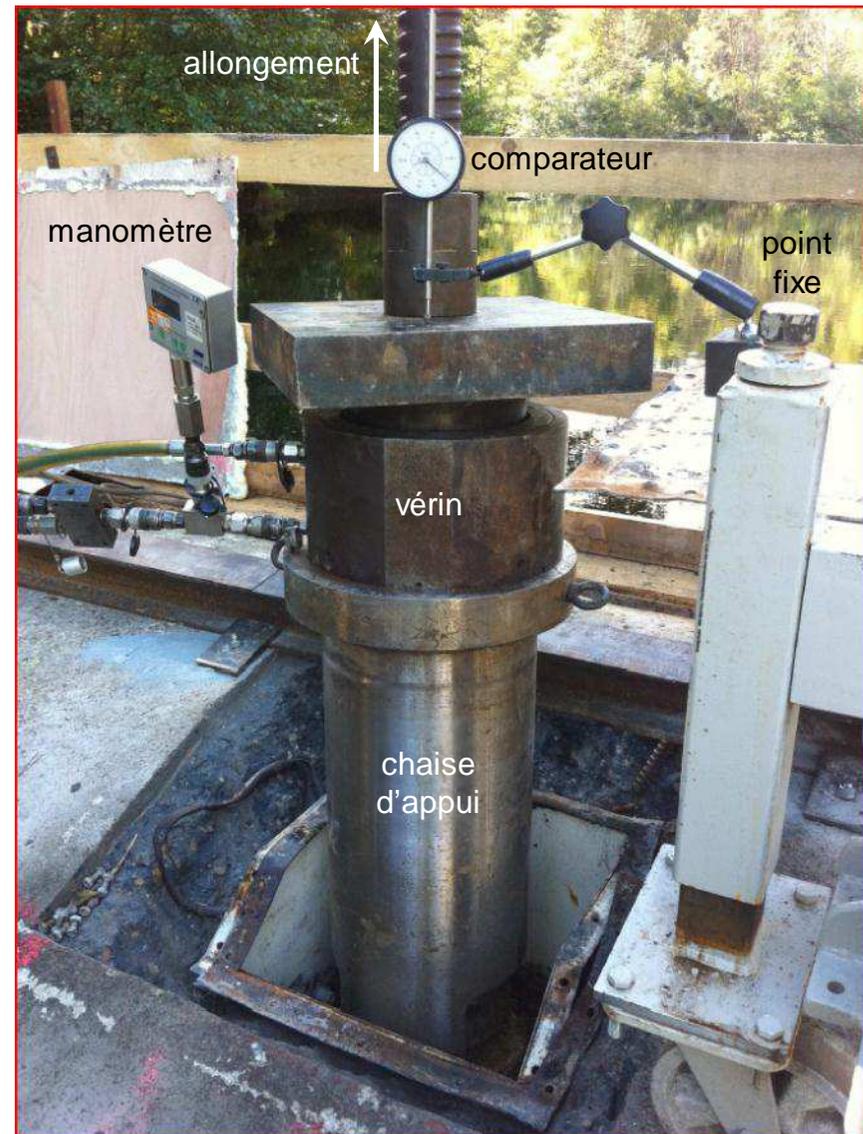
plaque d'appui
corrodée

vérification du bon tensionnement de
tirants actifs dans des barrages en service |

01/2015

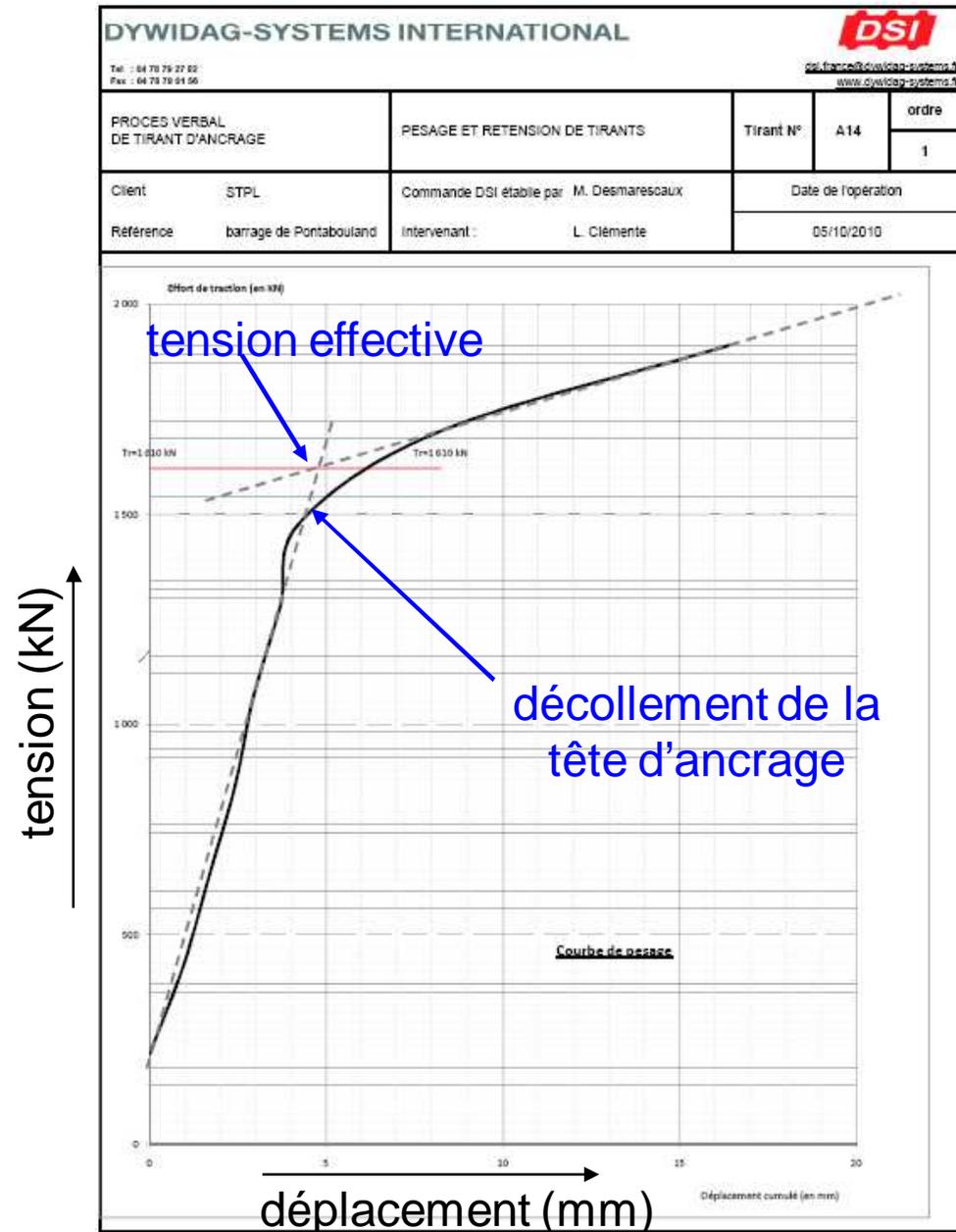
Pontabouland

- Pesage (2010-2011)



Pontabouland

- Courbe de pesage
- Critère de réception
 - Déplacement < 1,5 mm au bout de 15 min à la tension d'épreuve



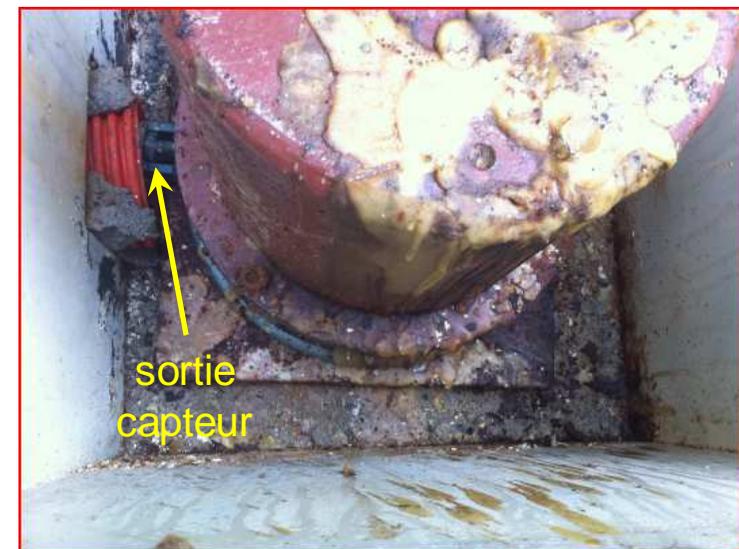
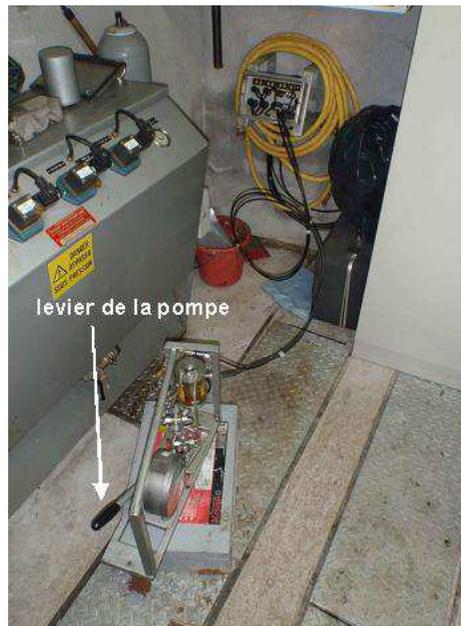
vérification du bon tensionnement de tirants actifs dans des barrages en service |

01/2015

16

Pontabouland

- Cellules Glötzl VHD



vérification du bon tensionnement de tirants actifs dans des barrages en service |

01/2015

Pontabouland

■ Re-tension

$$\frac{\Delta F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

- ΔF = variation de la traction pour atteindre T_s (N)
- S la section de l'acier (mm^2)
- E le module d'élasticité de l'acier ($\approx 210000 \text{ N/mm}^2$)
- Δl l'allongement en mm (soit aussi l'épaisseur de cale à rajouter pour atteindre T_s)
- l la longueur libre du tirant (mm)



vérification du bon tensionnement de
tirants actifs dans des barrages en service |

01/2015

Lac Basto – Lac Noir

■ Contexte

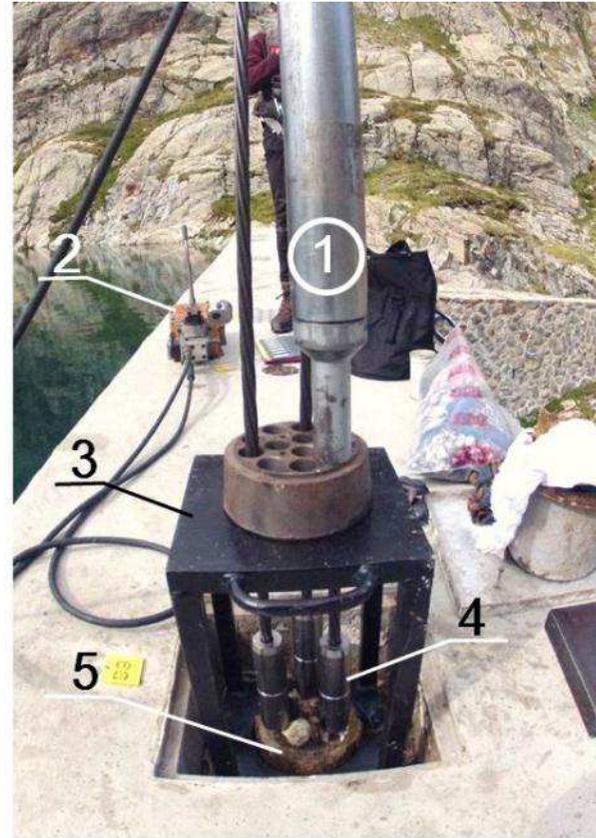
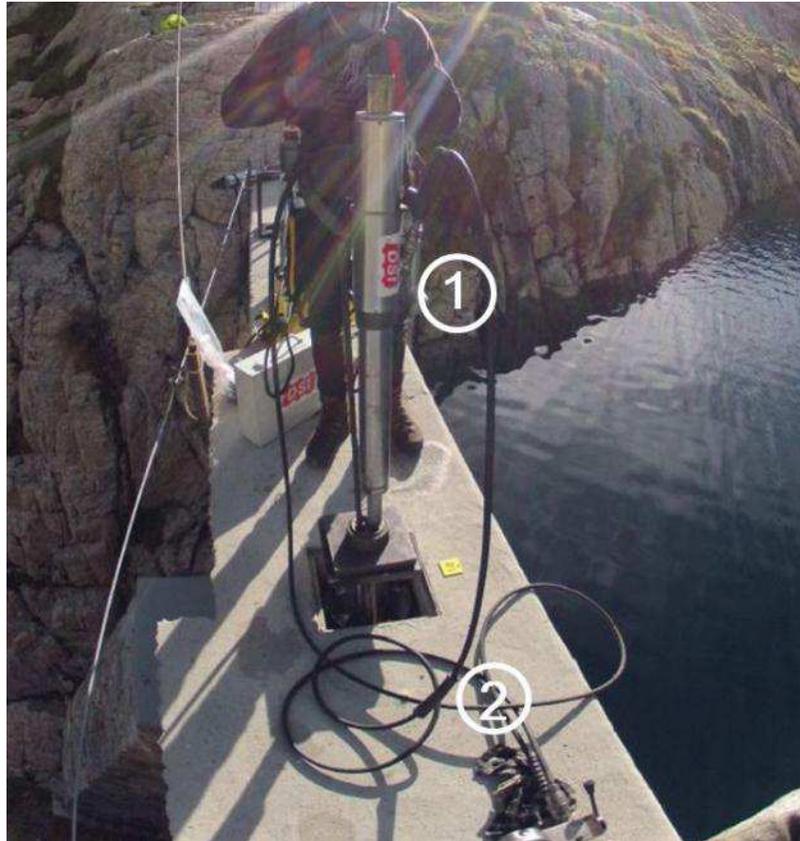
- > 2100 NGF, accès difficile !
- Lac Basto : 7 tirants 2T15 à 10T15 verticaux (1998)
- Lac Noir : 15 tirants 4T15 à 12T15 verticaux (1998)
- Pesage et mesures de nivellement tous les 5 ans



vérification du bon tensionnement de
tirants actifs dans des barrages en service |

01/2015

Lac Basto – Lac Noir



1 – vérin mono toron
2 – pompe manuelle
3 – chaise d'appui

4 – manchon
5 – tête d'ancrage filetée

CONCLUSION - PRÉCONISATIONS

- Prévoir des campagnes de pesage (périodicité < 10 voire 5 ans)
- Instrumenter les(des) tirants avec des cellules de charge – les protéger contre la corrosion et la foudre
- Installer des têtes d'ancrage « démontables »
- Dans le cas de multi-torons, laisser une sur longueur > 10 cm

MERCI