

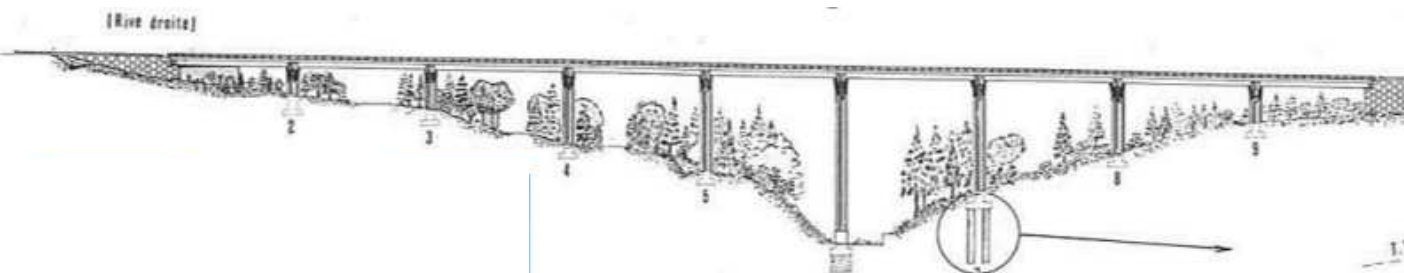
# Les enjeux actuels des mouvements de terrains

## Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

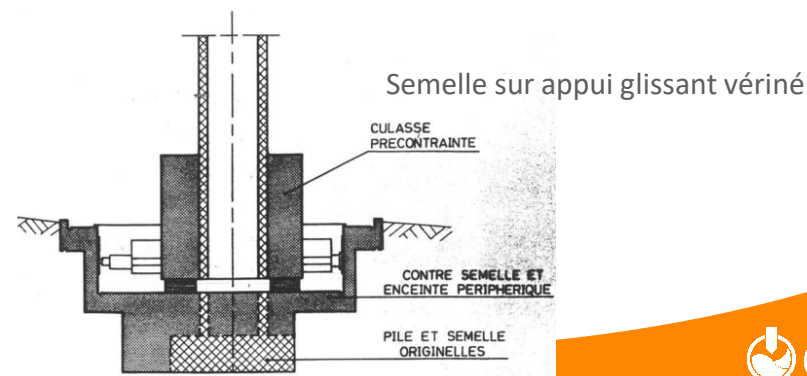


# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Le site et l'ouvrage existant



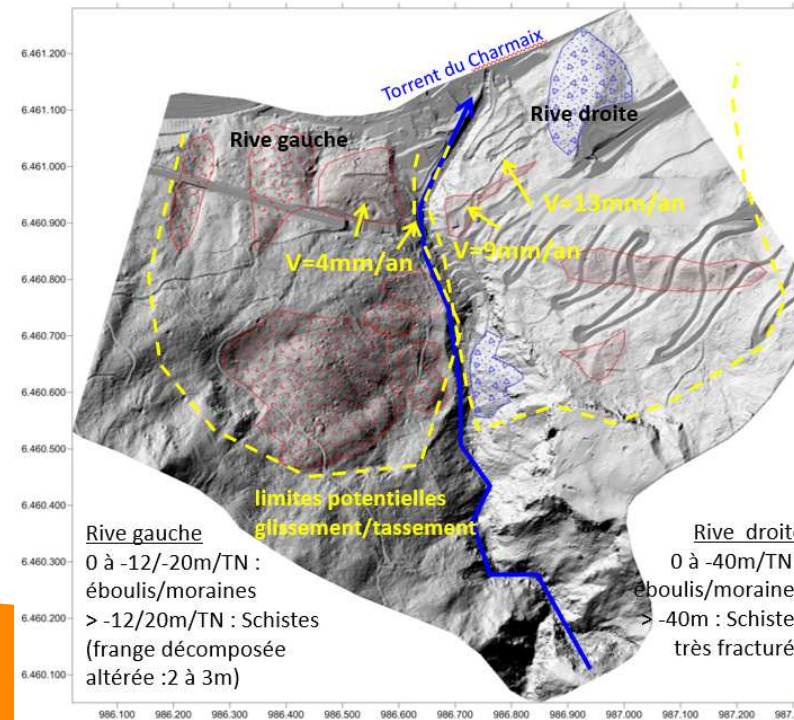
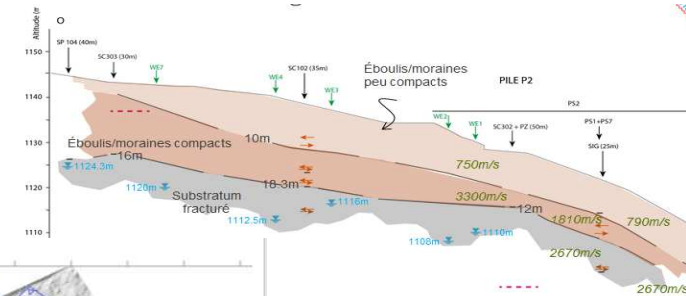
- Ouvrage construit en 1978
- 9 travées isostatiques de 40 m
- 7 piles fondées superficiellement ; 1 sur pieux
- Versant instable
- 1985 : reprise de semelles sur appuis glissants vérinés pour recalage tablier
- Durée de vie limitée à 40 ans => reconstruction du viaduc nécessaire



# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Contexte géotechnique

- ▶ Éboulis- moraine sur schistes anthraciteux altérés en tête du Houiller
- ▶ Nappe de versant au sein de l'ébouillis /moraine
- ▶ Versant instable : surfaces de glissement dans les terrains de couverture et dans les schistes altérés
- ▶ Vitesse moyenne (sur 35 ans) :
  - 4 mm /an RG
  - 9 à 13 mm/an RD

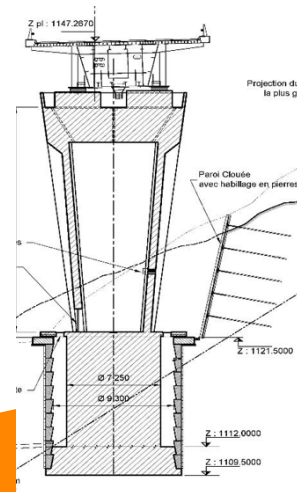
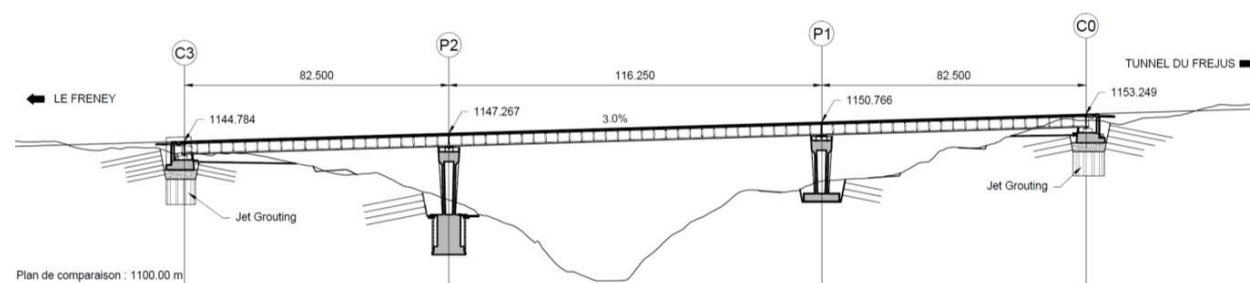




# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Nouveau viaduc (implanté en amont de l'ouvrage existant)

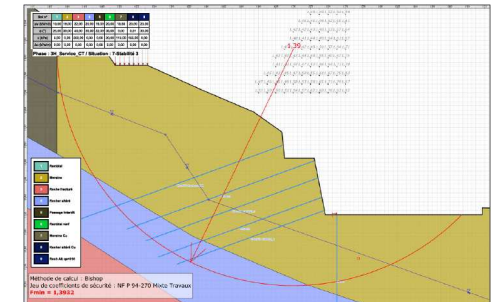
- Ouvrage courbe de 281 m
- 1 puits P2 virolé au rocher
- Recalage possible des appareils d'appuis
- Soutènements amont de grande hauteur (versant instable)



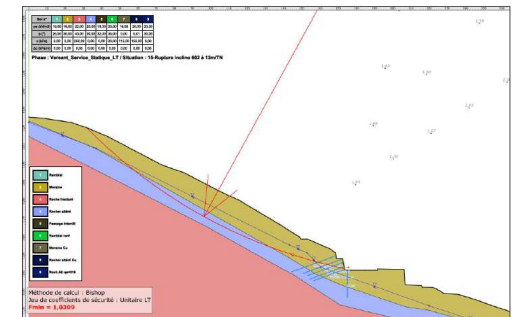
# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Conception et dimensionnement des murs de soutènement

- Murs cloués (ancrages au rocher évité / mouvement de versant)
- 5 murs cloués de 5 à 15 m de hauteur en site instable (4 à 13 mm /an avant travaux)
- Clous HA 40 jusqu'à 26 m de profondeur
- Drains subhorizontaux de grande longueur ( jusqu'au rocher altéré)
- Dimensionnement des clous (cercles de glissement) aux coefficients de sécurité normatif (NF 94-270) dans la zone des 3H
- Plus stabilité d'ensemble du versant non dégradée (en cours et après travaux)



Zone des 3H

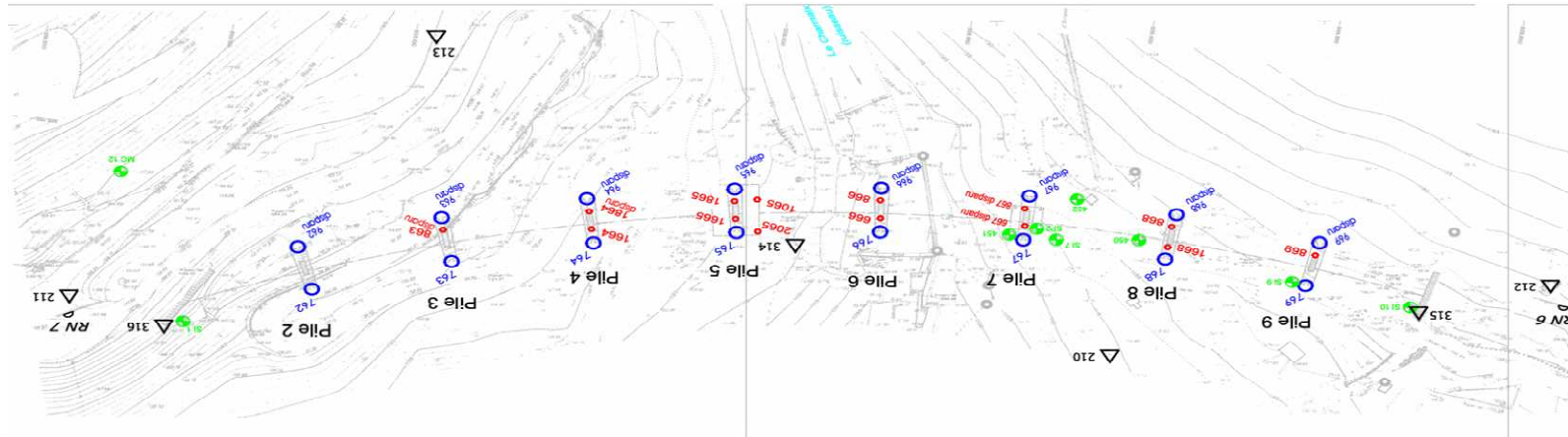


Versant

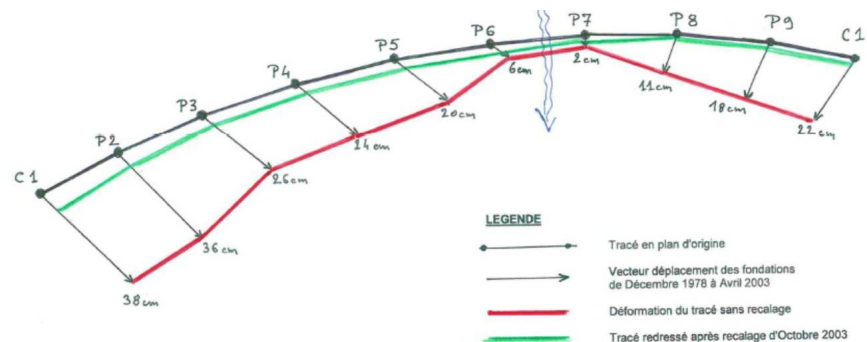
# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Dispositif de surveillance avant travaux :

35 ans de suivi , topographique (piles et terrain avoisinant), inclinométrique et piézométrique



Opérations de recalage du tablier entre 1986 et 2003





# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Dispositif de surveillance pendant les travaux mars 2017 – septembre 2018

### Dispositif de suivi continu des mouvements :

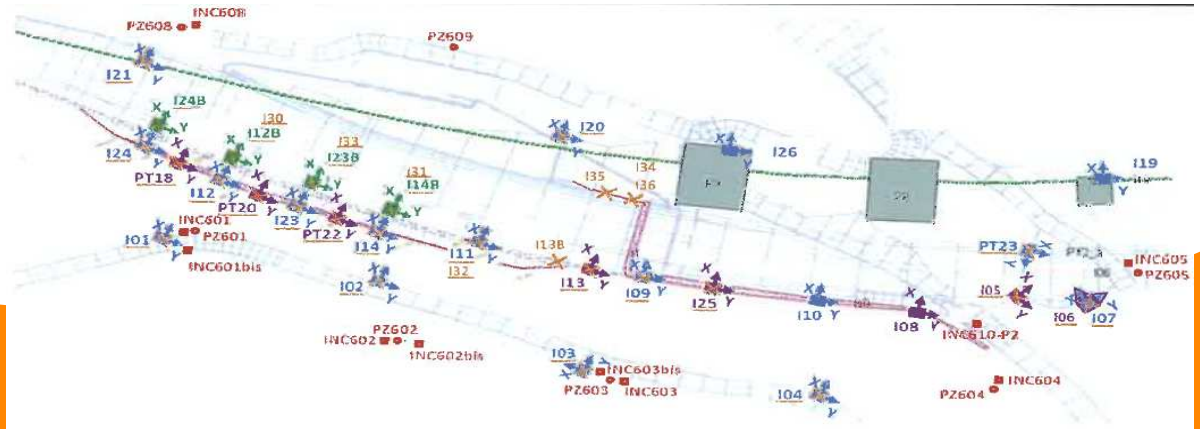
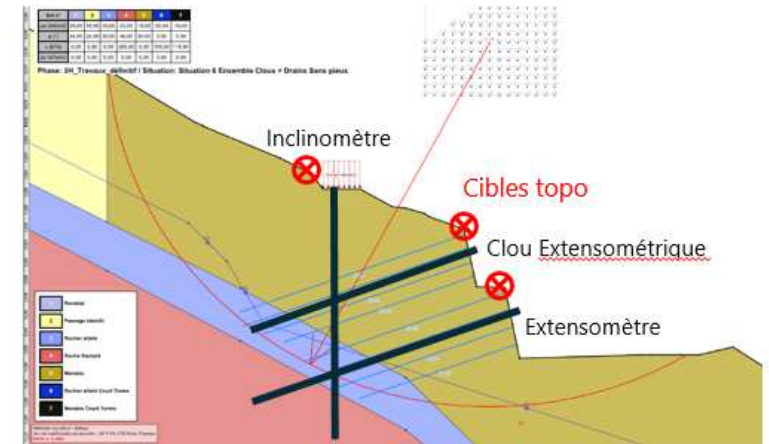
- Topographie sur **prismes** (murs et terrain avoisnants ; visées depuis le versant opposé)
- Topographie locale **automatique** depuis le viaduc existant lors des phases d'excavation sensibles
- **Inclinomètres** : mesures ponctuelles et mesures automatiques
- **Extensomètres** sur murs, scellées au rocher stable

### Evolution de l'effort dans les clous :

- **Clous extensométriques** : barres creuses Ishebeck munies de jauges de déformation

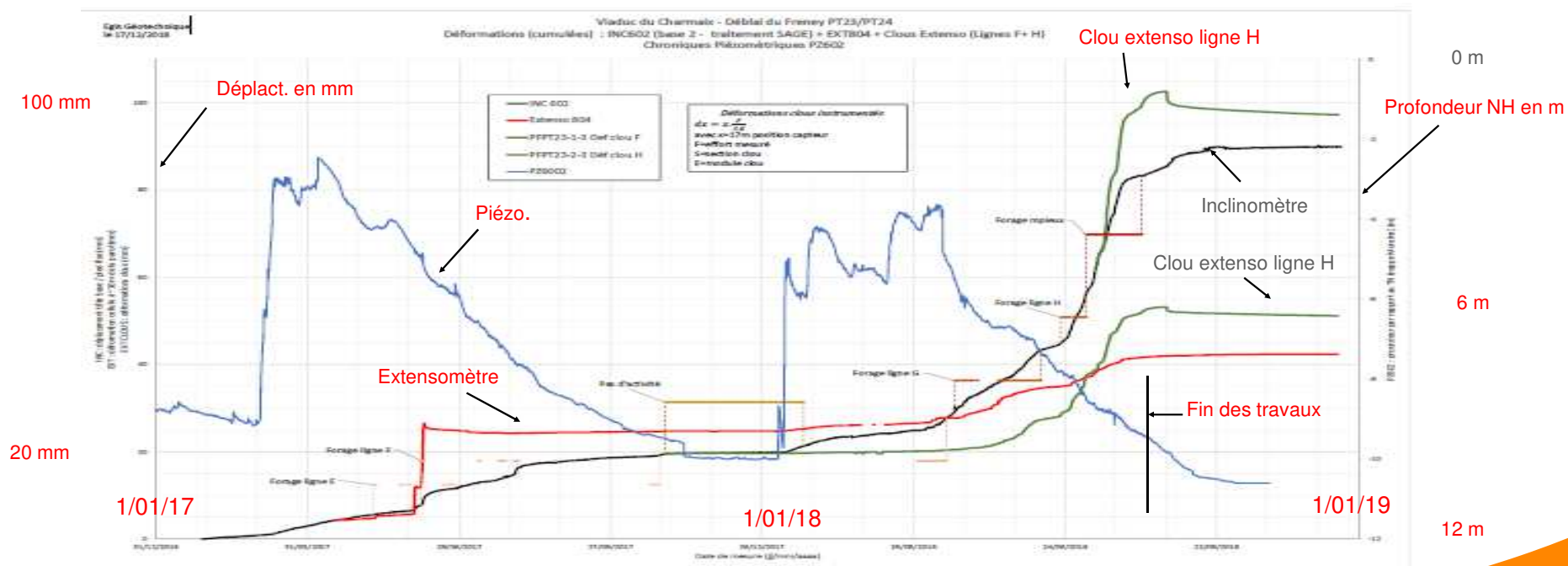
### Suivi piézométrique automatique et suivi pluviométrique

### Implantation du dispositif de surveillance en rive gauche =>



# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

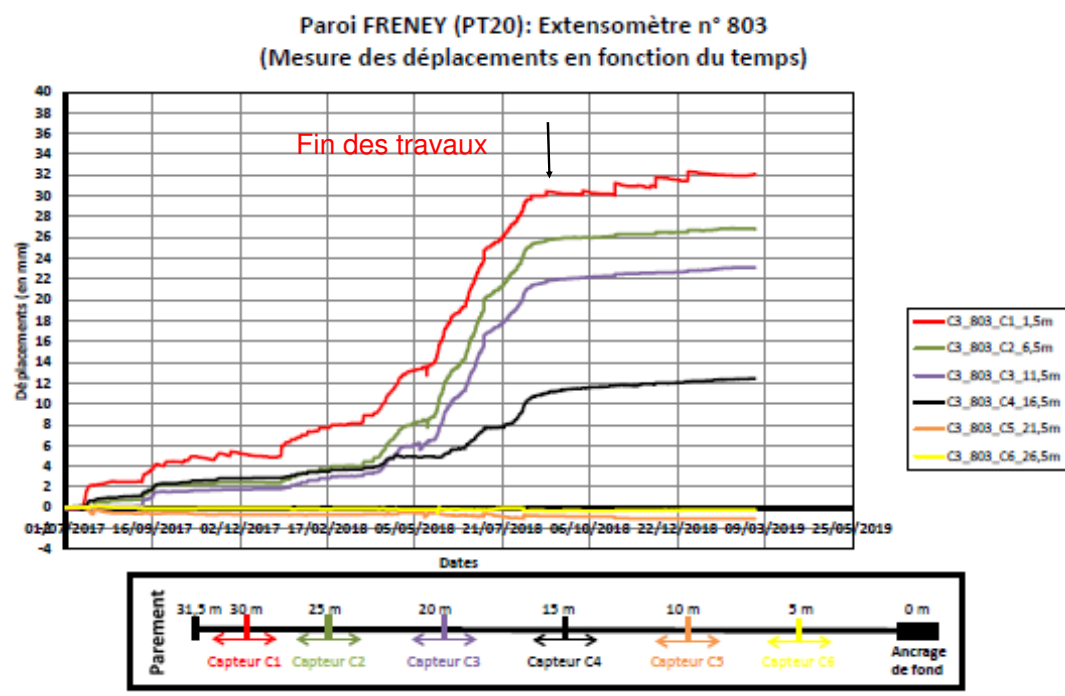
Dispositif de surveillance pendant travaux : suivi rive gauche mars 2017 à septembre 2018





# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

Dispositif de surveillance pendant travaux : extensomètres et clous extensométriques



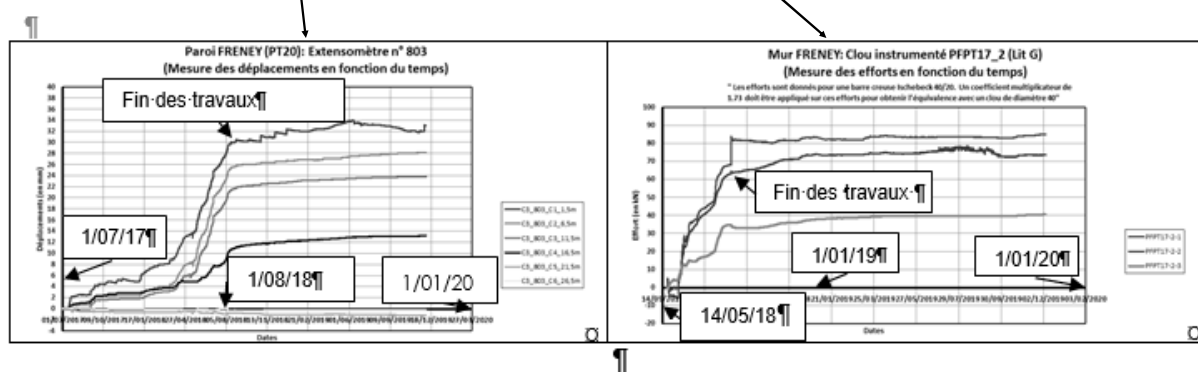
# Viaduc du Charmaix (73) : conception - réalisation des murs de soutènement en versant instable

## Dispositif de surveillance après travaux :

- Topographie sur **prismes** (murs et terrain avoisinants ; visées depuis le versant opposé) – difficulté : prismes occultés par le parement des murs
- **Inclinomètres** : mesures ponctuelles - difficulté : maintenance en état ; remplacement des inclinés HS
- **Extensomètres** sur murs, scellées au rocher stable : poursuite des mesures en automatique
- **Clous extensométriques** : poursuite des mesures en automatique
- **Piézomètres** : mesures à poursuivre
- **ENJEU** : maintenance du dispositif d'auscultation en travaux et après ; remplacement des équipements défectueux

## Suivi extensométrique après travaux (extensomètres et clous extensométriques)

- Retour aux vitesses avant travaux (< 1cm/an)



# *Construction en site instable : Enseignements*

1. Auscultation préalable impérative (temps d'auscultation – mécanisme et cinématique des mouvements)
2. Conception basée sur la compréhension des mouvements => mode de renforcement, calculs de dimensionnement
3. Travaux délicats : réactivation du mouvement en phase travaux à maîtriser (terrassment, forage, drainage...)
4. Instrumentation redondante nécessaire : efforts et déformations  
(mesures en temps réel, redondance des mesures, maintenance des équipements, seuils de vigilance, alerte, arrêt)
5. Méthode observationnelle :
  - Adaptation du planning et phasage des travaux en fonction des déformations /efforts constatés ; adaptation des renforcements => réactivité des intervenants
  - Maintenance et adaptation du dispositif de mesures (pendant et après travaux) – CCTP adapté
  - Répartition des rôles et responsabilités des intervenants à définir dès la conception (MOA – MOE-Entreprise-BE entreprise – Cext)



# *Viaduc de Monestier et viaduc du Charmaix*

Merci pour votre attention