



# IMG C

## LA DURABILITÉ DE LA PRÉCONTRAINTÉ EXTÉRIEURE

Journée Technique  
Vendredi 27 septembre 2018  
FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS





# Contrôle non destructif de précontrainte extérieure par méthode magnétique

*Application aux viaducs de Sylans et des Glacières*

**Bastien VAURIGAUD,**  
**Hélène CHEMINEAU**  
Cerema Sud Ouest

Equipe projet Sylans

Cerema Centre Est : GERMAIN Didier - GUYOT Fabien

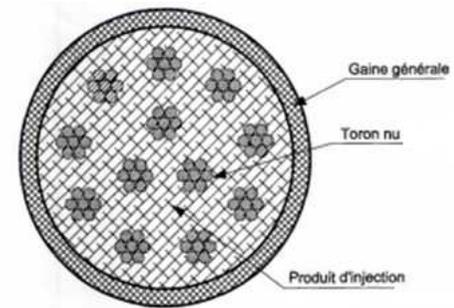
Cerema Sud Ouest : CHEMINEAU Hélène - CHERRIER Jean-François - LANHER  
Alexandre - PAJAK David - PIEDNOIR Rémi - SCOUFLAIRE Jonathan -  
VAURIGAUD Bastien - YOU Youthy

# Contexte

- 2015 : rupture « sous manchon » d'un câble de précontrainte sur le viaduc de Sylans

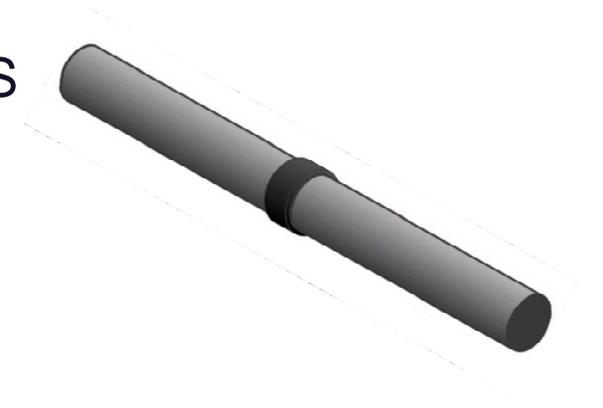


# Contexte



4

- Caisson ouvert
- Précontrainte extérieure câbles fils clairs 12xT15S
- Gaines PEHD injectées au coulis de ciment
- Manchons électro-soudés



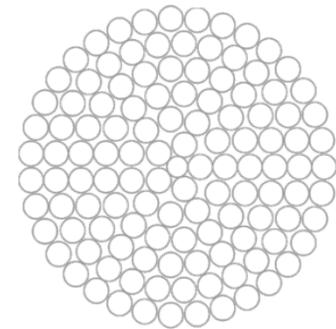
# Contexte

- Mise en évidence d'une pathologie/endommagement potentiellement non détectable par simple inspection visuelle
- Besoin de contrôle non-destructif en partie courante des gaines de précontrainte extérieure :
  - **quantifier** et **localiser** des endommagements en partie courante et sous manchons
- Prévion des risques de rupture brutale
- Anticipation des opérations de maintenance sur les câbles

**-> 2015-2018 : lancement avec APRR puis SANEF de phases tests sous le label Tremplin Carnot de différents modes et appareils de contrôle en laboratoire et sur site**

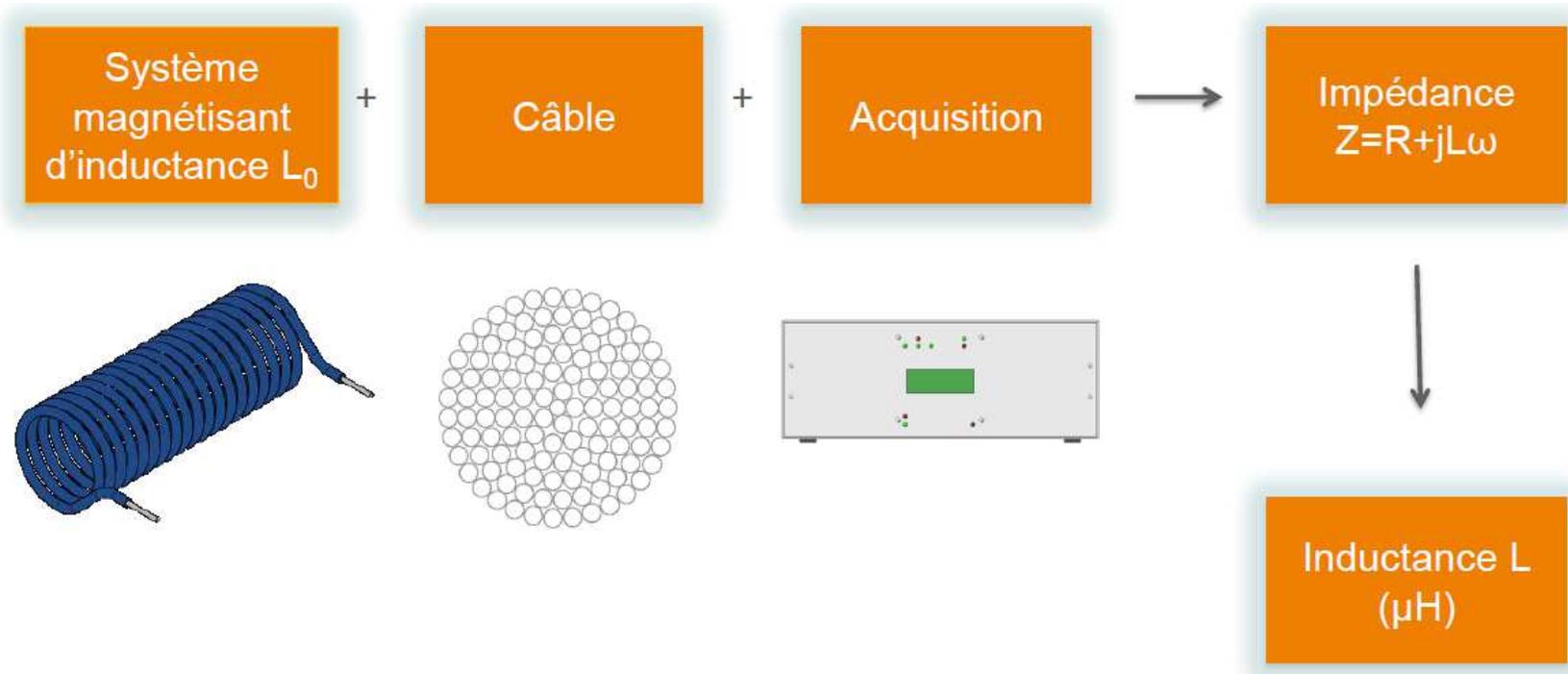
# Contrôle non destructif des câbles monotorons multi-couches

- Evaluation du **degré d'oxydation** par méthode électromagnétique (B5-4) <sup>(1)</sup>
- Evaluation des **défauts de section** dans les câbles par auscultation magnétique (B5-5) <sup>(1)</sup>



(1) Cahiers interactifs Ifsttar-Cerema, Auscultation des Ouvrages d'Art  
<http://www.ifsttar.fr/collections/CahiersInteractifs/CII1/index.html>

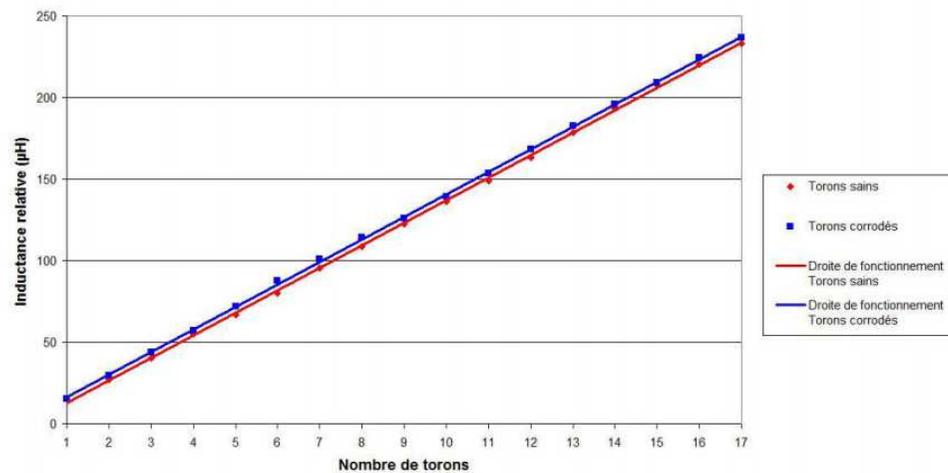
# Evaluation du degré d'oxydation (B5-4)



# Evaluation du degré d'oxydation (B5-4)

- Facilité de manutention
- Défaut de sensibilité: incapacité de détection avec certitude de pertes de section inférieures à 3 à 4 torons

-> abandon des expérimentations sur ce matériel



# Détection de défauts de section (B5-5)

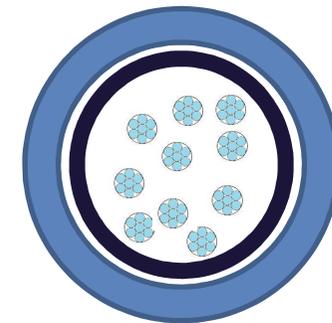
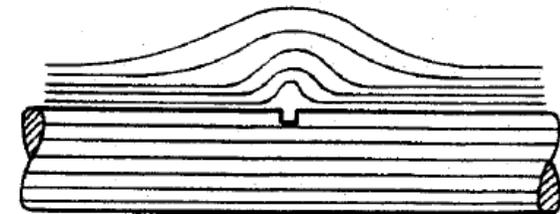
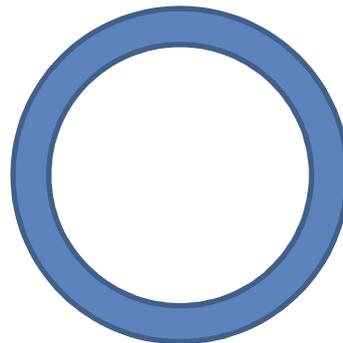
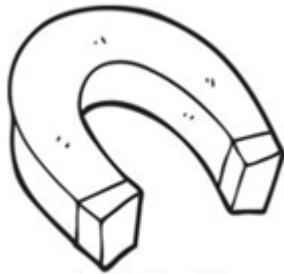
Systeme  
magnétisant

+

Capteur de  
champs  
magnétique

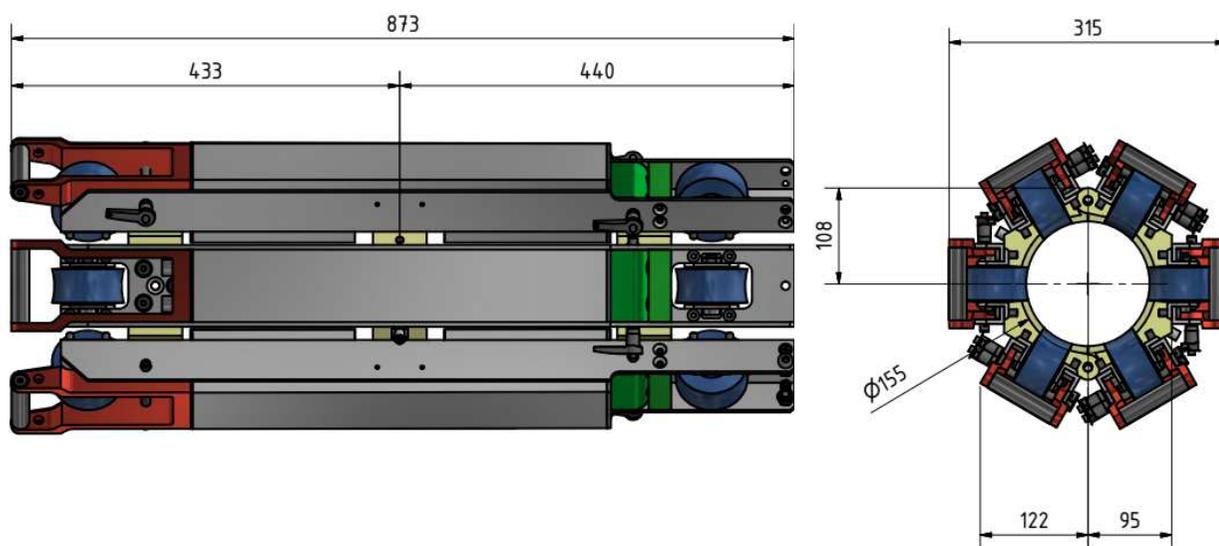
→

Détection de  
« champs de fuite »  
en présence de  
défauts



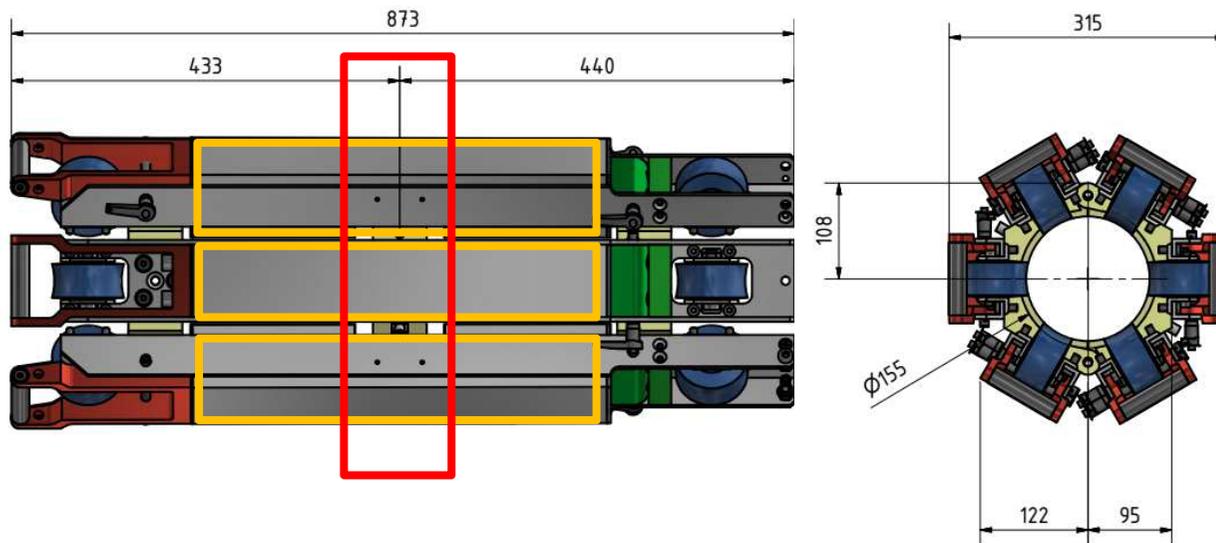
## Détection de défauts de section (B5-5)

- Test avec un appareil de contrôle (ROTEC) destiné aux câbles monotorons de grands diamètres
- Expérimentation avec le Cerema Centre-Est en laboratoire sur tronçons de câbles déposés avec endommagement naturel et artificiel puis sur site



# Détection de défauts de section (B5-5)

- Test avec un appareil de contrôle (ROTEC) destiné aux câbles monotorons de grands diamètres
- Expérimentation avec le Cerema Centre-Est en laboratoire sur tronçons de câbles déposés avec endommagement naturel et artificiel puis sur site



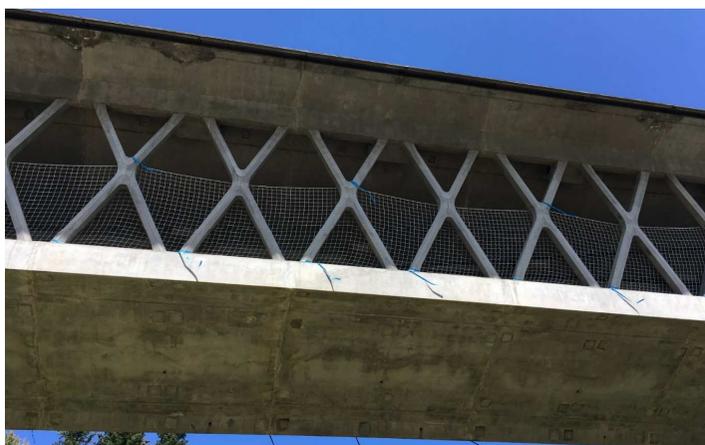
# Conclusion des phases expérimentales

- Capacité à détecter la présence de défauts pour des pertes de sections à partir de 1%
- Détection de zones d'initiation de corrosion
- Difficultés à quantifier précisément l'ampleur des dégradations, notamment le pourcentage de perte de section

# Protocole d'intervention

## Analyse de sécurité préalable

- Inspection exhaustive de l'état des câbles
- Analyse de l'impact d'une rupture de câble
- Analyse des risques liés au travail en hauteur
- Analyse des risques liés à la manutention des matériels
- Moyens d'accès aux câbles et manutentions



# Protocole d'intervention

## Analyse d'adaptation du matériel

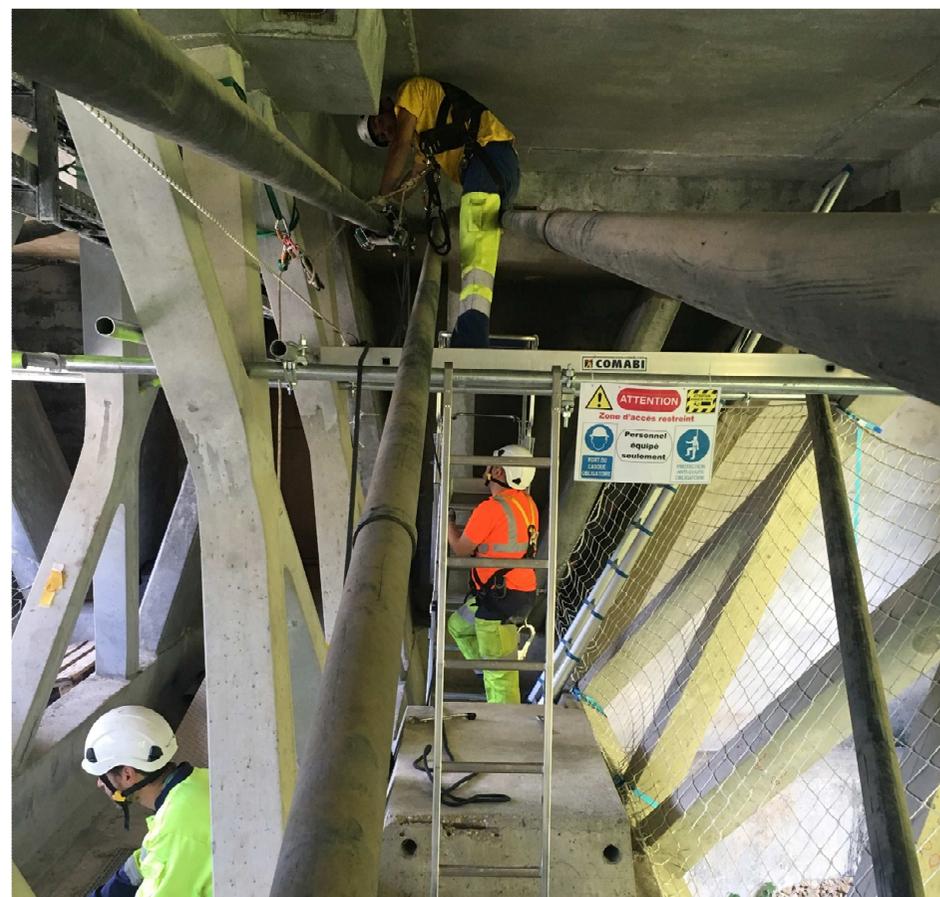
- Adaptation de l'aimantation à la section métallique du câble
- Absence de tube/feuille métallique
- Adaptation du diamètre du châssis et du capteur de champs au diamètre du câble et des manchons
- Adaptation de la configuration des câbles :
  - distances inter-câbles
  - distance au parement
  - longueur de mesure pour vitesse minimale de la bobine de mesure



# Protocole d'intervention (Sylans)

## Cerema Sud Ouest et Centre Est

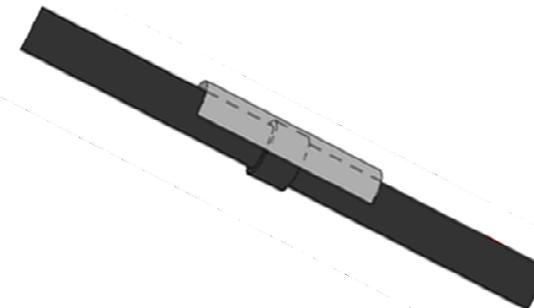
- 1 équipe « accès-tubage »
- 1 équipe « mesure »
- Temps important consacré aux accès et montage-démontage de l'appareil
- Pas de quantification « au linéaire » mais « au tronçon »



# Protocole d'intervention (Sylans)

## Cerema Sud Ouest et Centre Est

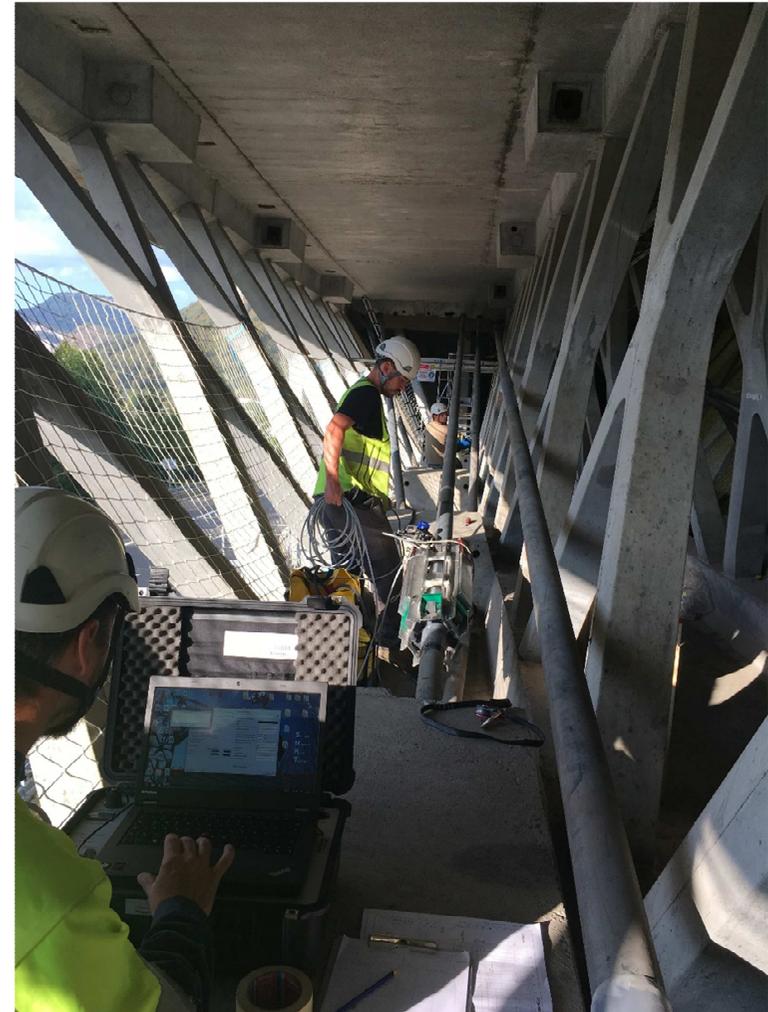
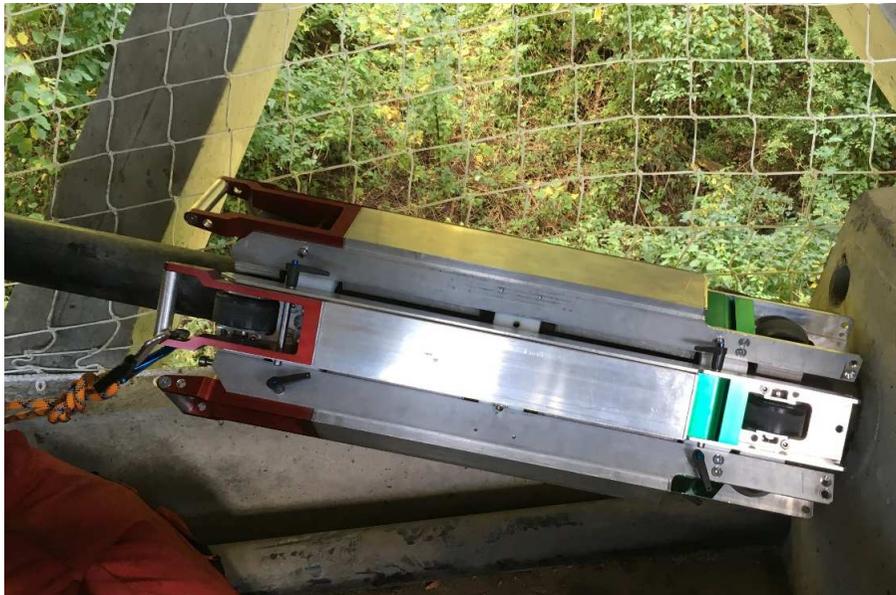
- Tubage de manchons



# Protocole d'intervention (Sylans)

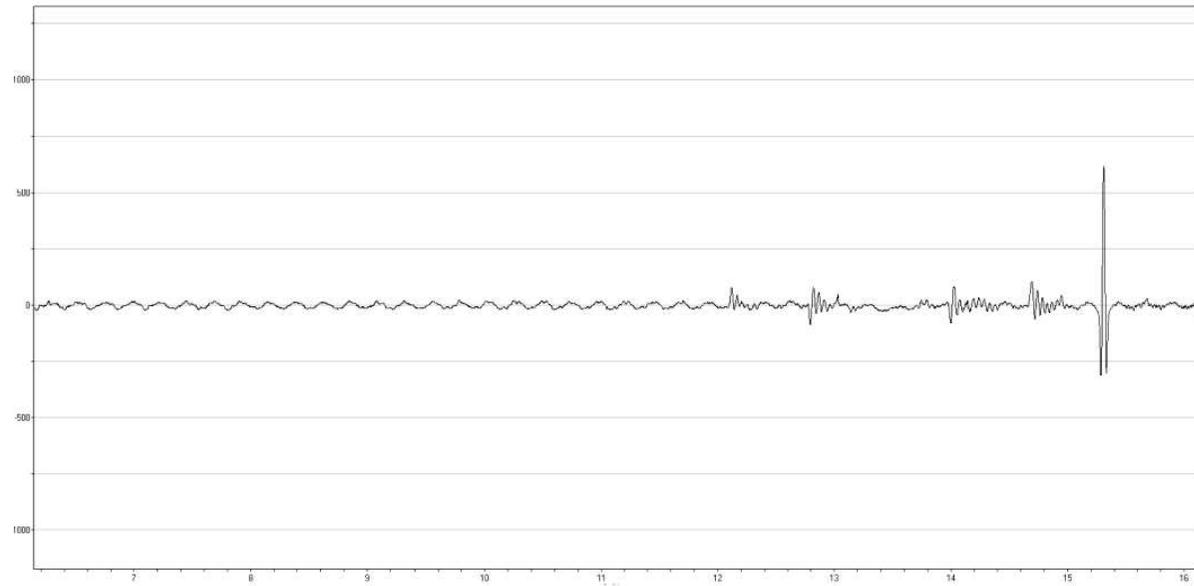
## Cerema Sud Ouest et Centre Est

- Mesure



# Résultats de mesures

## Câble sain+fil test

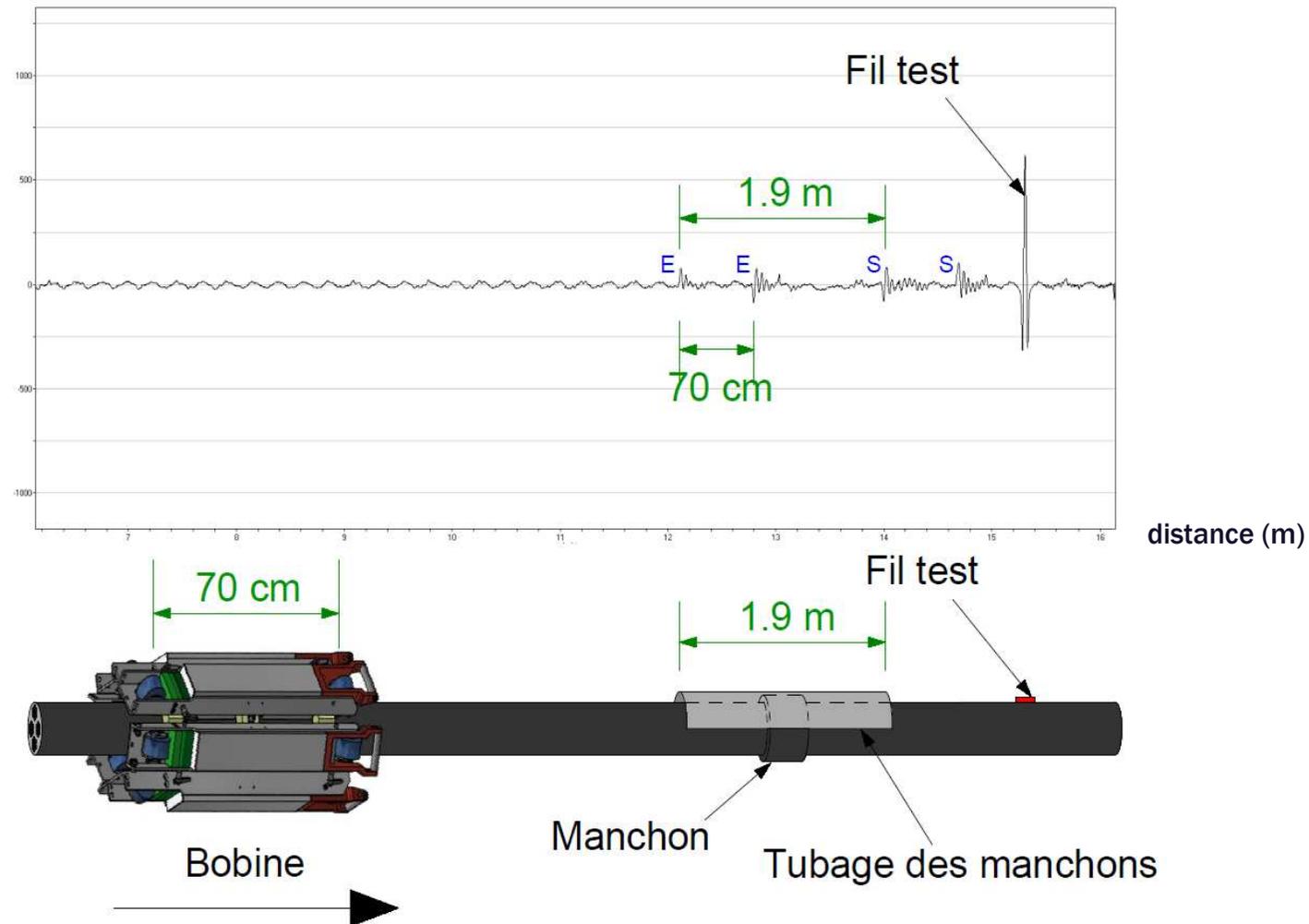


distance (m)



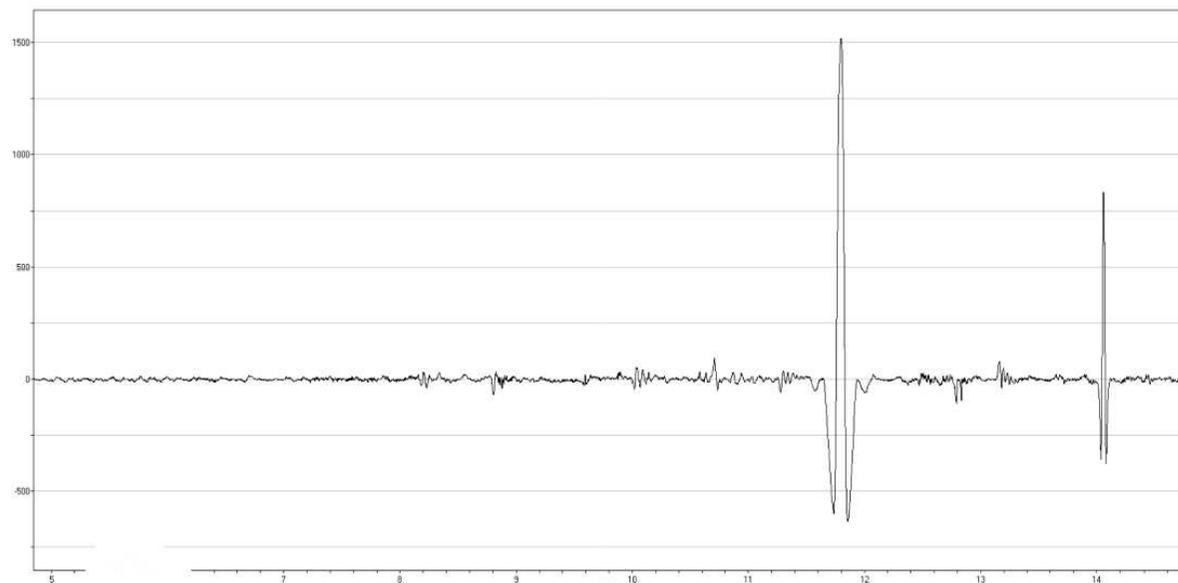
# Résultats de mesures

## Câble sain+fil test

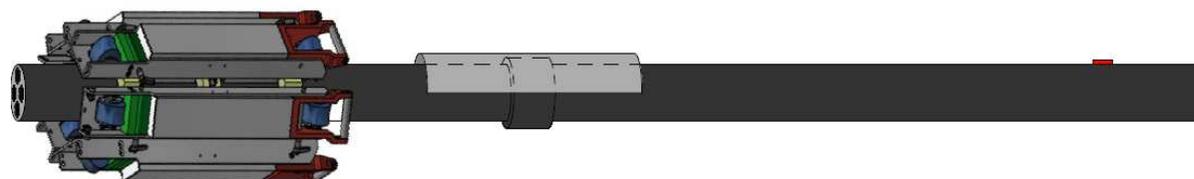


# Résultats de mesures

## Défaut sens identique fil test

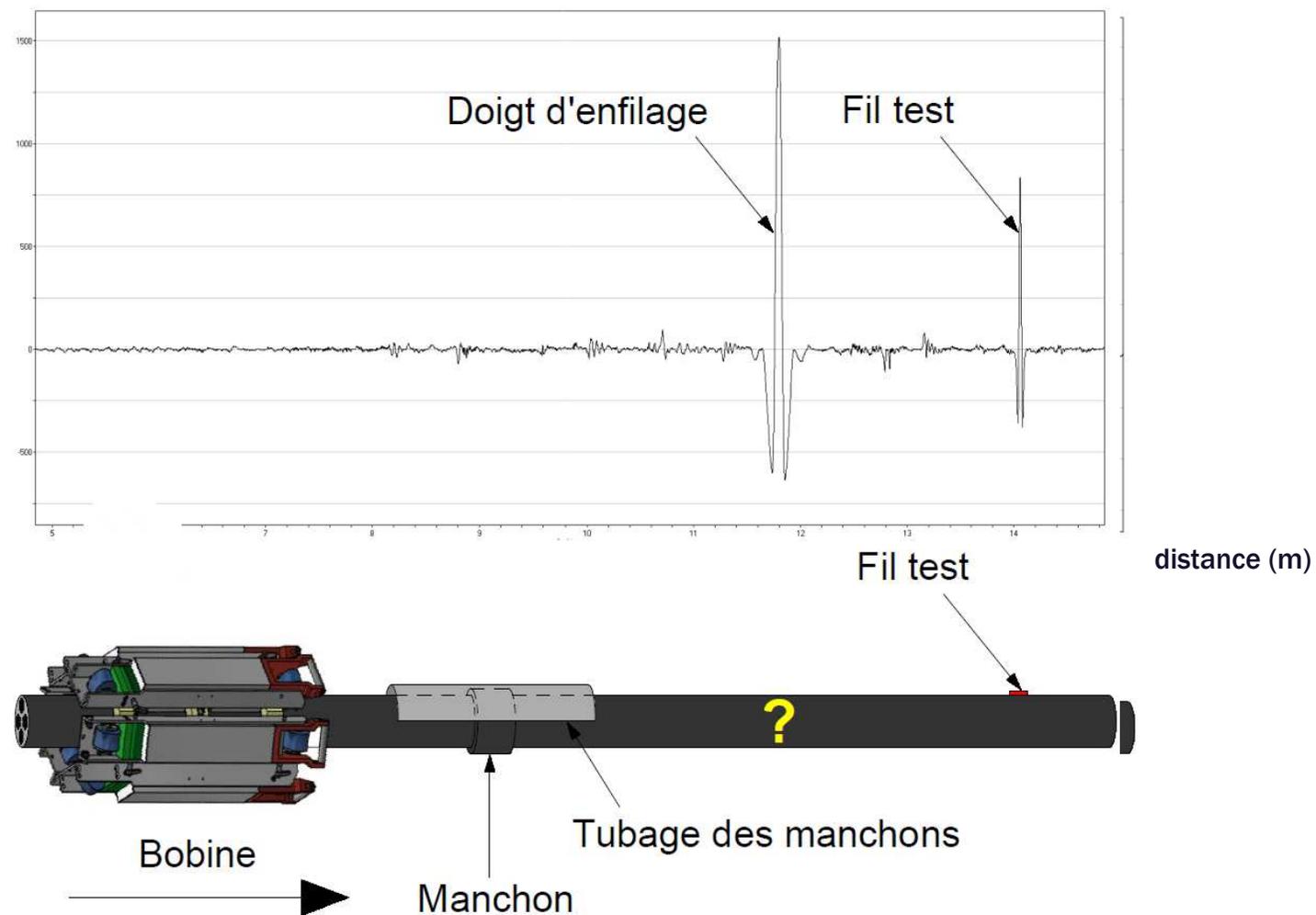


distance (m)



# Résultats de mesures

## Défaut sens identique fil test



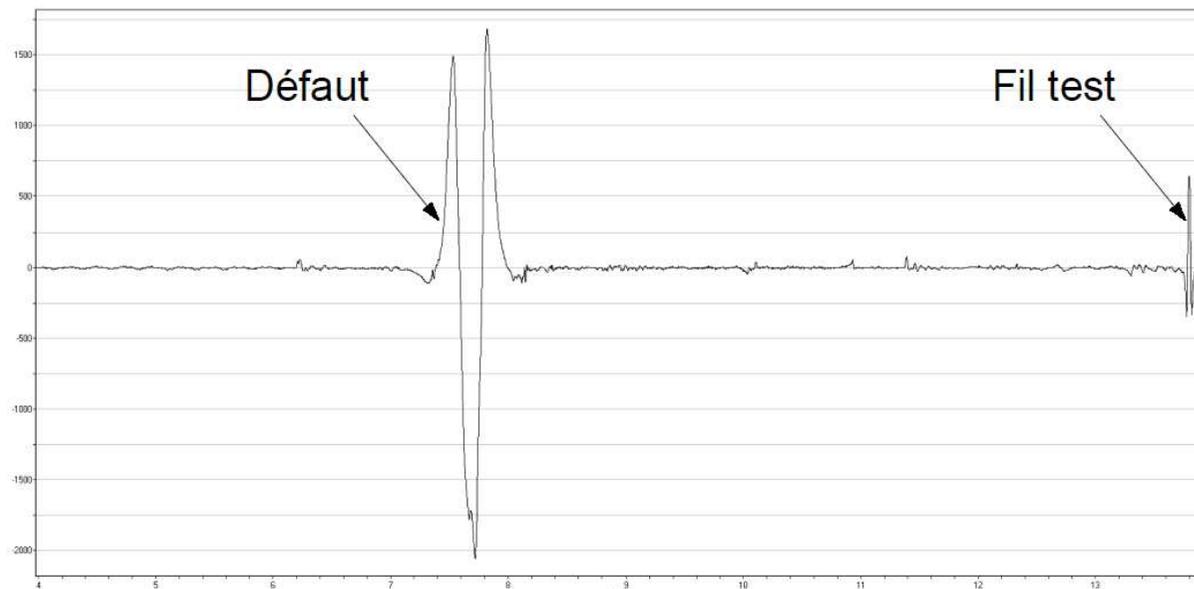
# Résultats de mesures

## Défaut sens identique fil test



# Résultats de mesures

## Défaut sens opposé au fil test



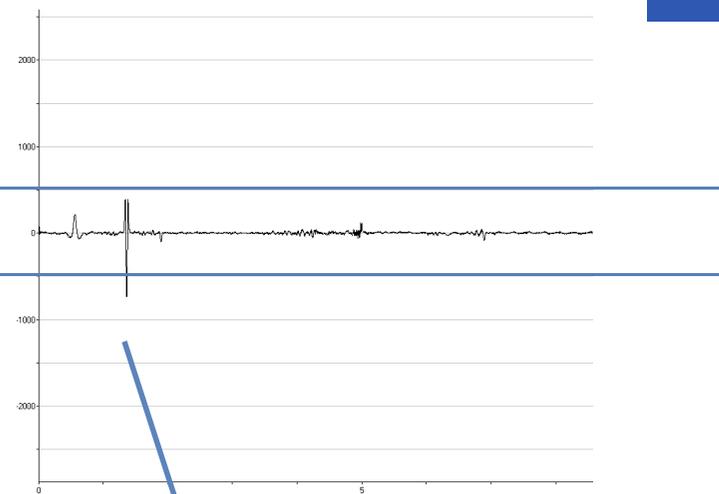
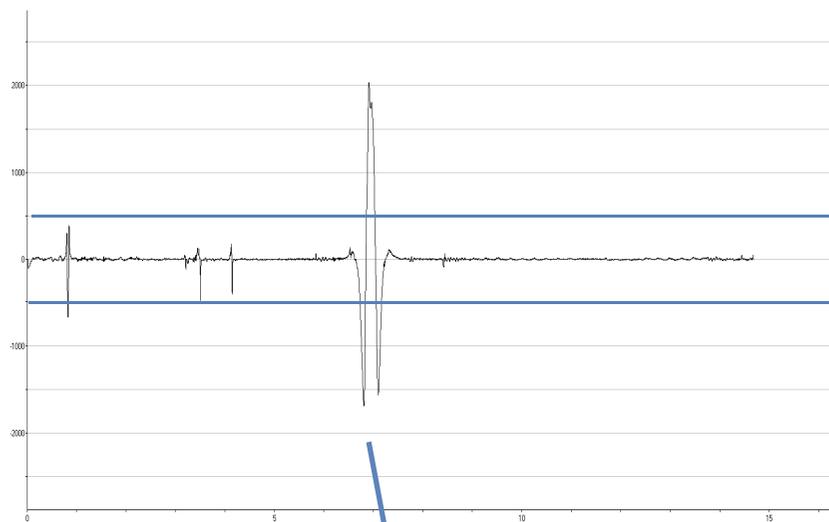
# Résultats de mesures

## Défaut sens opposé au fil test



# Résultats de mesures

## Evaluation de l'endommagement



# Possibilités

- Méthode fiable et non destructive de détection de défauts de section
- Détection de fortes pertes de section et de zones d'initiation de corrosion
- Bon ordre de grandeur de l'évaluation de l'endommagement validé grâce aux essais en laboratoire et aux ouvertures de fenêtres (Cerema Centre-Est)
- Contrôle en partie courante et manchons
- Faible nombre de défauts mais 1 défaut majeur (1/500) : nécessité de mesures exhaustives

# Limites

- Difficultés à quantifier précisément l'ampleur des dégradations (pourcentage de perte de section indéterminé)
- Insuffisant, sans hypothèses supplémentaires, pour un recalcul théorique en état dégradé
- Impossibilité de contrôle aux ancrages, déviateurs, zones avec tubage/feuille métallique ou élément magnétique
- Difficultés de manutention et d'adaptation aux différentes configurations des câbles rencontrées sur site

# Perspectives

- Possibilités d'affiner la quantification de la détection par des campagnes de tests sur échantillons pré-endommagés et préfabriqués en laboratoire + REX de dépose ou ouverture de câbles sur site
- Adaptation au contrôle de haubans de type multi-torons parallèles
- Développement d'un matériel modulable et de manutention simplifiée (réduction de la qualité de détection ?)

# Merci de votre attention

**Bastien VAURIGAUD**, Cerema Sud Ouest

[bastien.vaurigaud@cerema.fr](mailto:bastien.vaurigaud@cerema.fr)

**Hélène CHEMINEAU**, Cerema Sud Ouest

[helene.chemineau@cerema.fr](mailto:helene.chemineau@cerema.fr)



Equipe projet Cerema Sylans-Glacières

Cerema Centre Est : GERMAIN Didier - GUYOT Fabien

Cerema Sud Ouest : CHEMINEAU Hélène - CHERRIER Jean-François - LANHER Alexandre  
- PAJAK David - PIEDNOIR Rémi - SCOUFLAIRE Jonathan - VAURIGAUD Bastien - YOU  
Youthy