

# VIADUC DE L'ILE DE RÉ

Structural Health Monitoring – Uscan & surveillance acoustique

SHM France 2023 **Stéphane JOYE**  
Nantes, 14 Mars 2023

# ▷ SOMMAIRE

**01**  
VIEILLISSEMENT DES  
CÂBLES PRÉCONTRAINTS

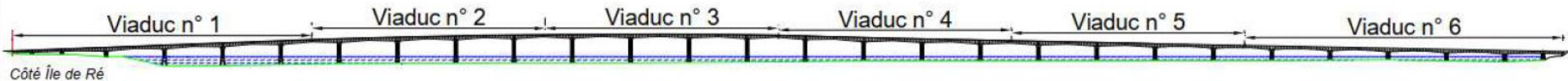
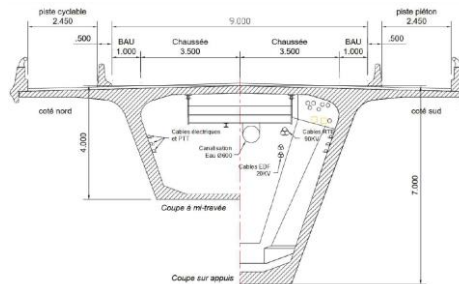
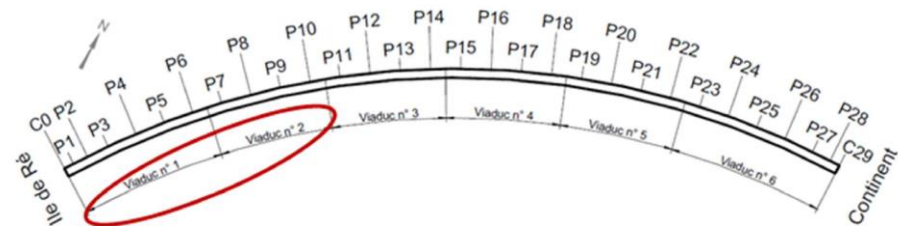
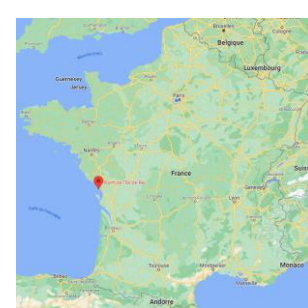
**02**  
SÉCURISATION, DIAGNOSTIQUE  
& TRAVAUX DE REMPLACEMENT  
INITIAUX

**03**  
SURVEILLANCE  
CONTINUE

# ▷ L'OUVRAGE



- ▶ Construction en **1988**
- ▶ **2930m**, 6 viaducs, 29 travées,
- ▶ Encorbellement à précontrainte extérieures
- ▶ **218** câbles 19T15
- ▶ **17000** véhicules/jrs moy
- ▶ Rupture d'un câble en sept **2018**
- ▶ Viaducs 1 & 2 sécurisés en **2019**  
85 ancres inspectés, 283 capteurs acoustiques installés  
6 câble déjà remplacés et **20** ruptures détectées depuis 2019



# ▷ APPROCHE GÉNÉRALE

De la sécurisation au remplacement des cables et le suivi dans le temps

Calcul des seuils

Sanglage,  
access et  
travaux  
préparatoire  
s

Inspections  
USCAN

Sécurisation

Suveillance  
acoustique  
des  
ruptures live

Comité des  
risques

Remplacem  
ent des  
cables

Suivi de la  
surveillance  
acoustiques

# VIEILLISSEMENT DES CÂBLES DE PRECONTRAÎNTE

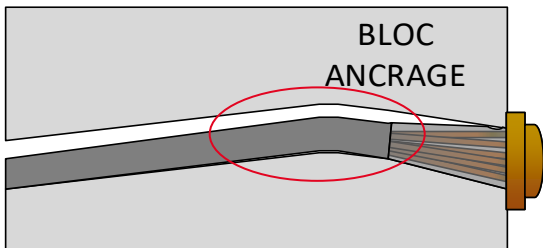
## ▷ CORROSION DES ANCRAGES



Zones de transition

Points hauts à défaut d'injection

Risque de vieillissement prématuré



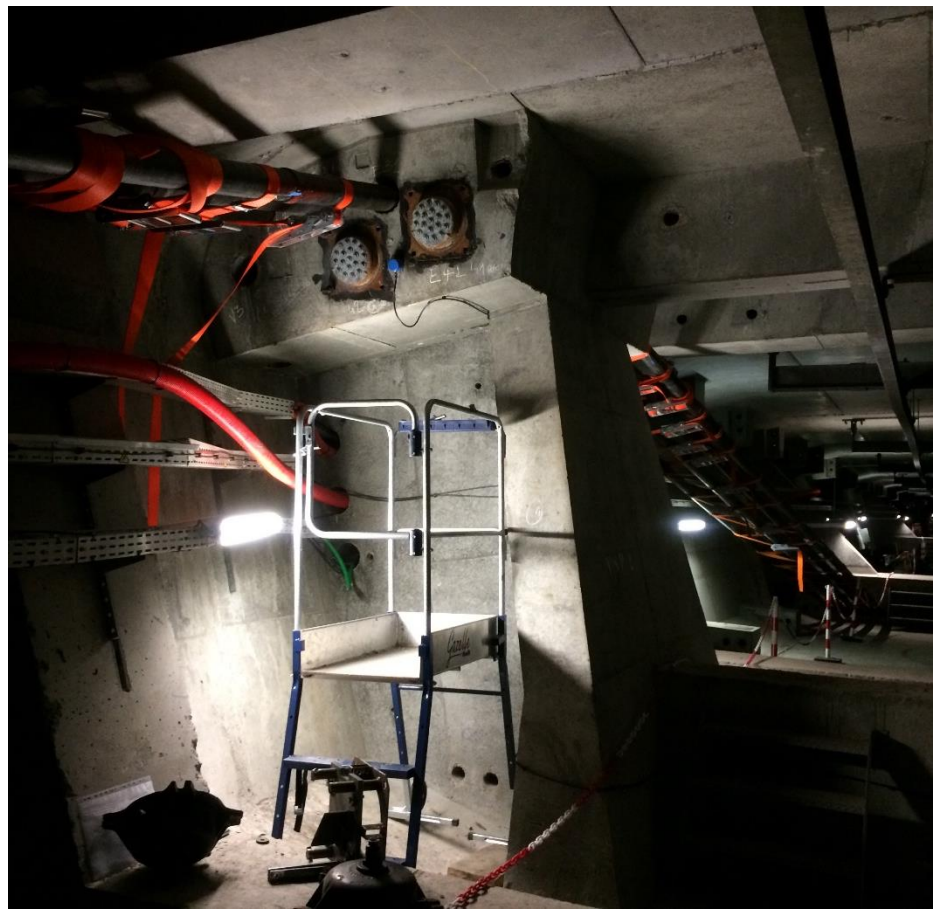
# ▷ DIFFICULTÉES D'INSPECTION ET DE SURVEILLANCE

Pas d'accès dans les zone dégardées

**Pas d'accès** au travers des massifs d'ancrages pour inspection

**USCAN** : Inspection ultrasonores depuis l'extrémité des câbles pour détection des fils rompus

**Surveillance acoustique** : suivi en temps réel des ruptures de fil

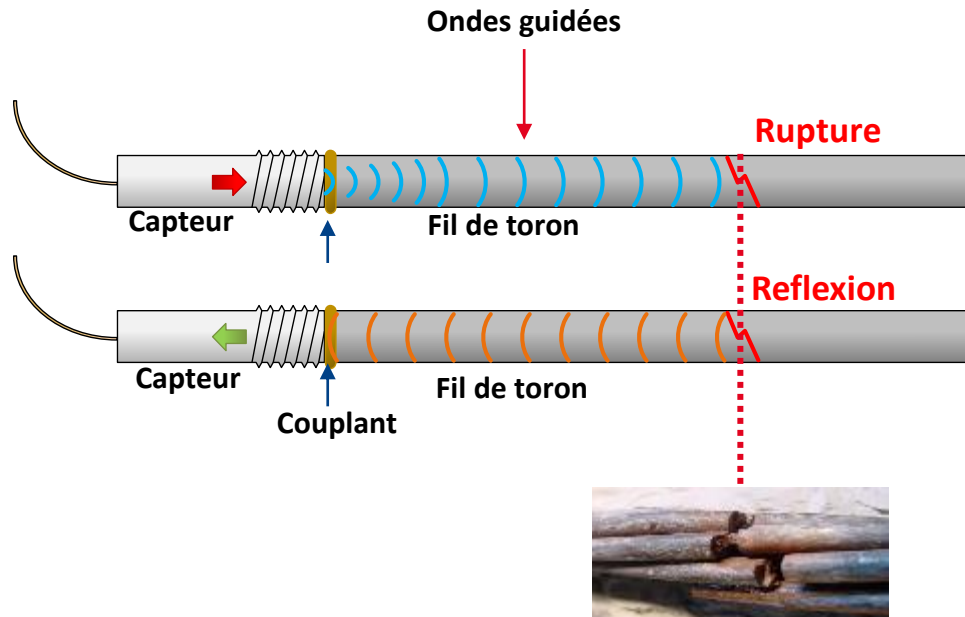


# DIAGNOSTIQUE ET TRAVAUX DE REMPLACEMENT INITIAUX



# ▷ RÉFLECTOMÉTRIE PAR ONDES GUIDÉES

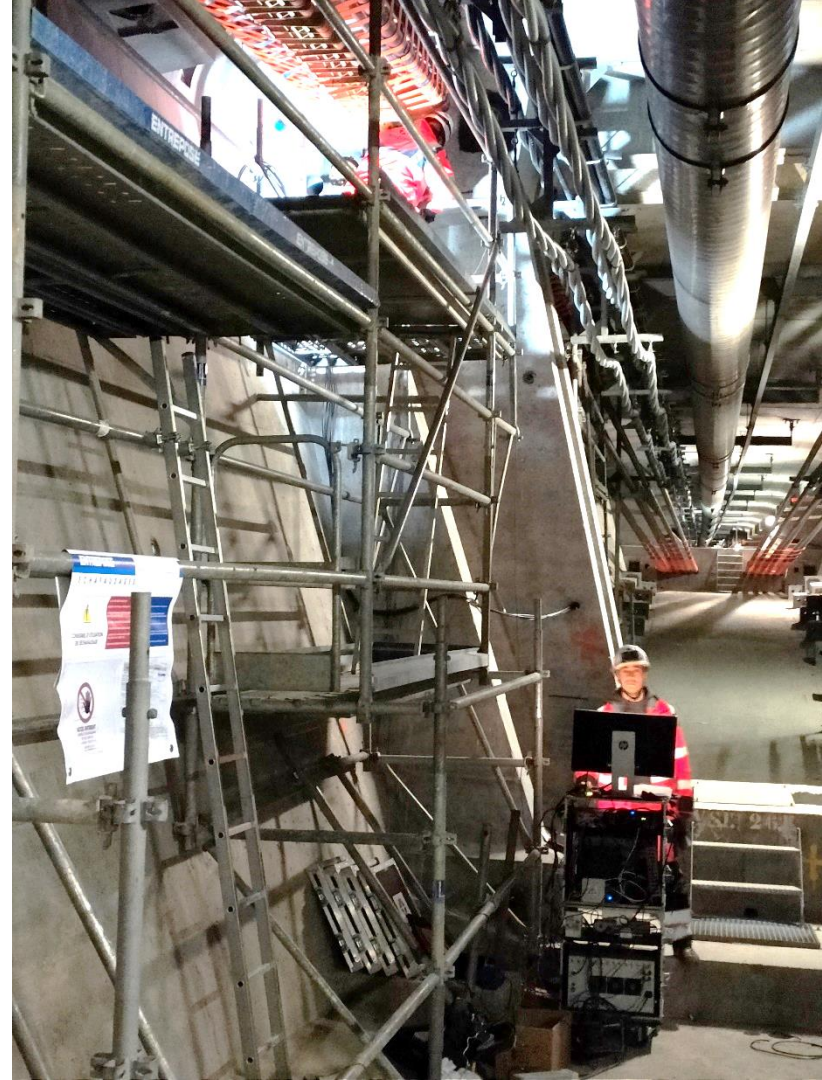
Mesure fil à fil pour la détection de défauts



*Profondeur d'investigation dépendante de la puissance d'émission*

## ▷ MISE EN OEUVRE

- ▶ Conception de matériel d'inspection US protégé conçu pour résister à un **environnement de chantier**
- ▶ Sanglage et organisation des **accés**



## ▷ MISE EN OEUVRE

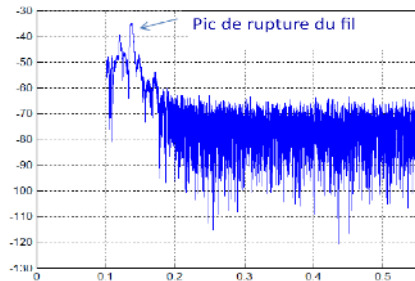
- ▶ Conception de matériel d'inspection US protégé conçu pour résister à un **environnement de chantier**
- ▶ Sanglage et organisation des **accés**
- ▶ Préparation des fils : repérage et **polissage miroir** des extrémités
- ▶ **Précision** : Paramétrage et Calibration sur témoin
- ▶ **Répétitivité** : suivi de l'évolution des



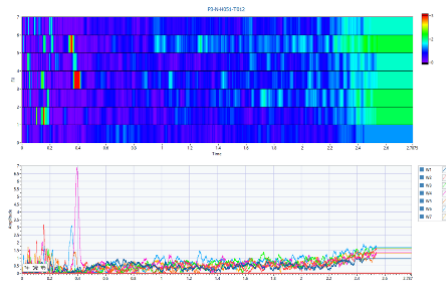
# ▷ PROCESSUS ET ANALYSE



Mesure au niveau du fil



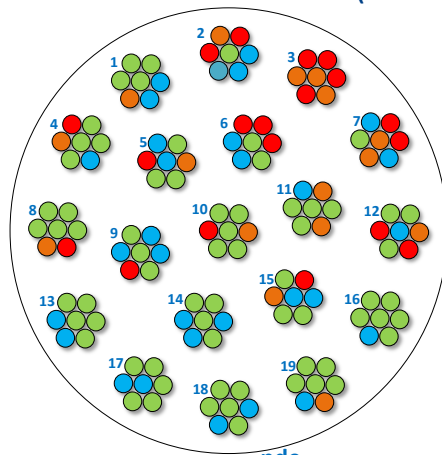
Interprétation directe du signal renvoyé



Analyse générale (sur 7 fils du toron)



Résultat pas toron



Résultat par ancrage

## ▷ QUE DÉTECTONS NOUS?

Inspection visuelle de câble démontés : *Identification des fils rompus*

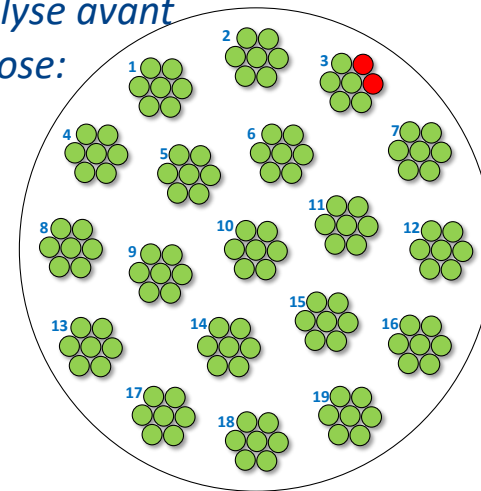


# ▷ ETUDE DE CAS

Comparatif CND et visuelle



Analyse avant  
dépose:



**1 zone de corrosion  
sur les 60 cm de  
câble mis à nu.**

# ▷ AJUSTEMENTS DES PARAMÈTRES EN FONCTION DU TYPE DE CÂBLES

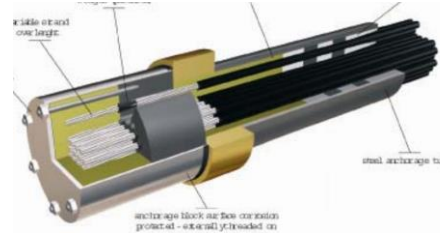
## Environnement

- ▶ Cable de hauban : individuellement gainé
- ▶ Cable précontraint : injecté au coulis de ciment

## Modes de rupture

- ▶ Cable de hauban : fatigue + corrosion
- ▶ Cable précontraint : corrosion

HAUBANS



PRECONTRAITE



# ▷ TRAVAUX DE REMPLACEMENT DE CÂBLE

DETENTE CONTROLÉE

Reprise de la tension des câbles:

- ▶ Mordache
- ▶ barres de tension
- ▶ Vérins

Découpe entre les mordache

Relâchement des vérin

Ecartement des mordaches

Structure de renforcement au cantilever





# ▷ TRAVAUX DE REMPLACEMENT DE CÂBLE

## REFORCEMENT STRUCTUREL

Cas particulier des câbles de cantilever :

- ▶ Retrait d'un câble = résistance temporaire insuffisante
- ▶ Structure de renforcement aux bec en cantilever
- ▶ Pour soutenir le viaduc pendant le remplacement



*Figure 17 Chèvre métallique installée au niveau du cantilever V1/V2*

# SURVEILLANCE ACOUSTIQUE CONTINUE

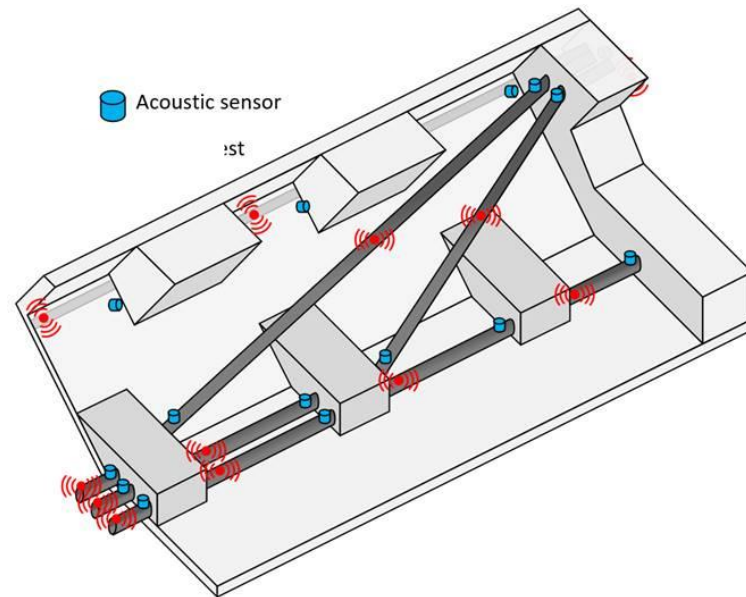
# ▷ LA SURVEILLANCE ACOUSTIQUE

Suivi de l'état des ancrages dans le temps

## Instrumentation acoustique des ancrages et câbles

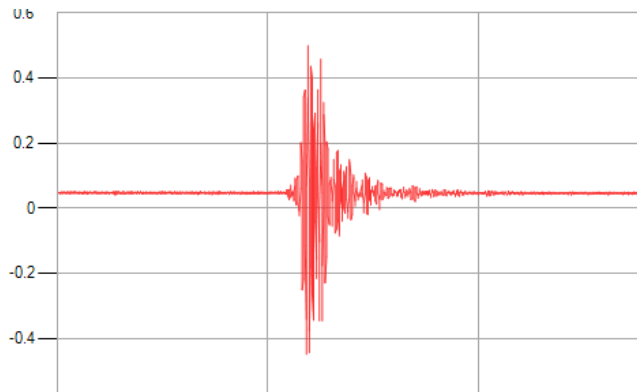
- ▶ Localisation longitudinale des « zones » de concentration de ruptures
- ▶ Détection des ruptures lorsqu'elles se produisent
- ▶ Suivi de leur fréquence d'apparition dans le temps

## Ecoute des ruptures dans les zones inaccessibles



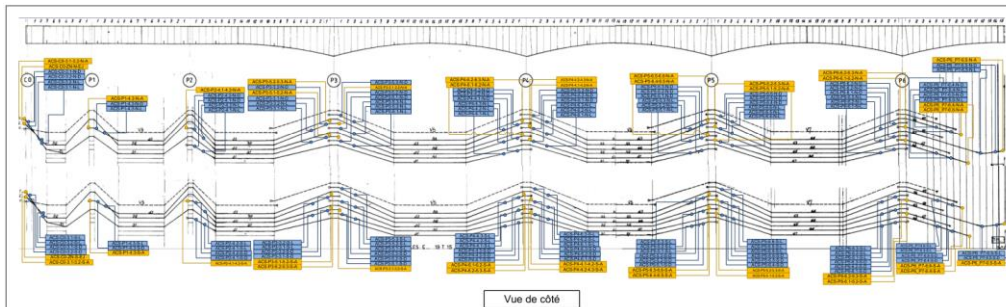
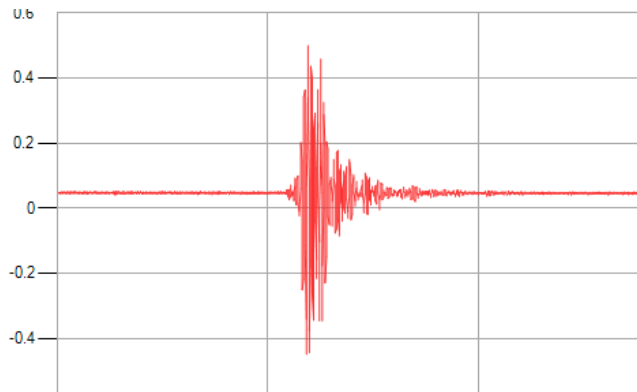
# ▷ LE PRINCIPE

Suivi de l'état des ancrages dans le temps



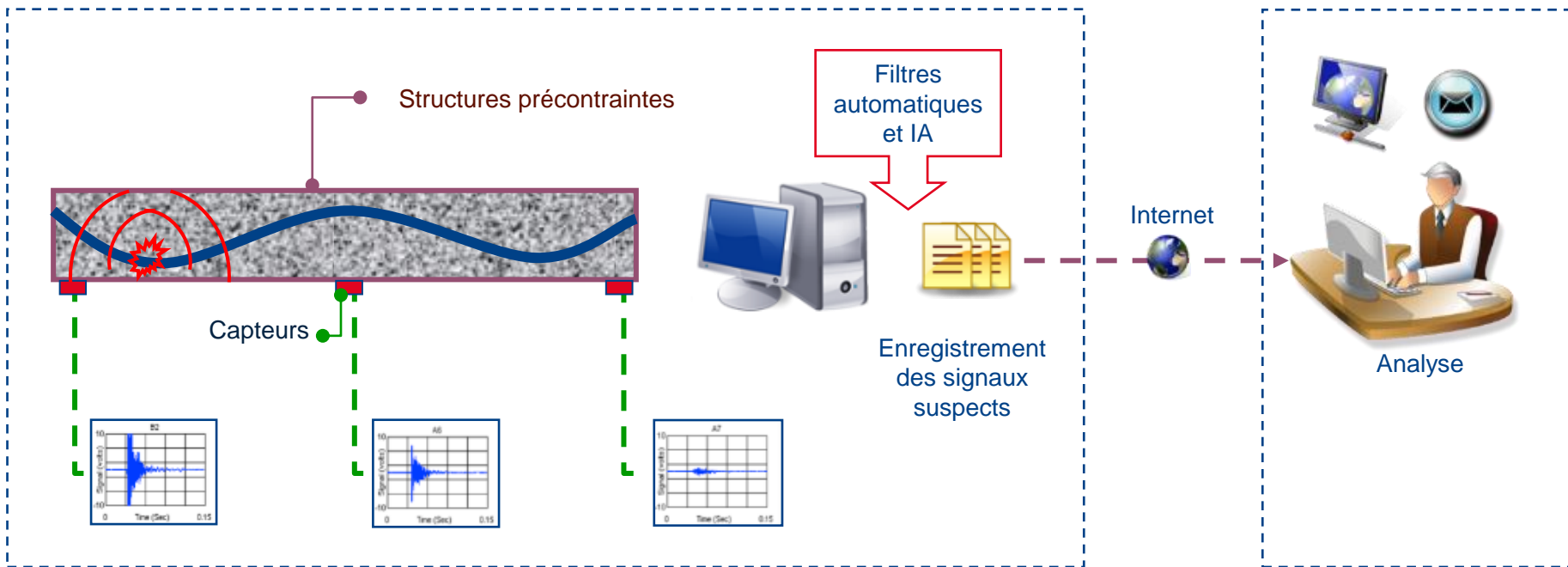
# ▷ LE PRINCIPE

Suivi de l'état des ancrages dans le temps



# ▷ PROCESSUS

## Détection de ruptures



Détecte les fils rompus dans la précontrainte intérieure ou extérieure, les câbles de haubans ou câbles de ponts suspendus.

Peut aussi être utilisé pour la détection en temps réel de la fissuration de béton

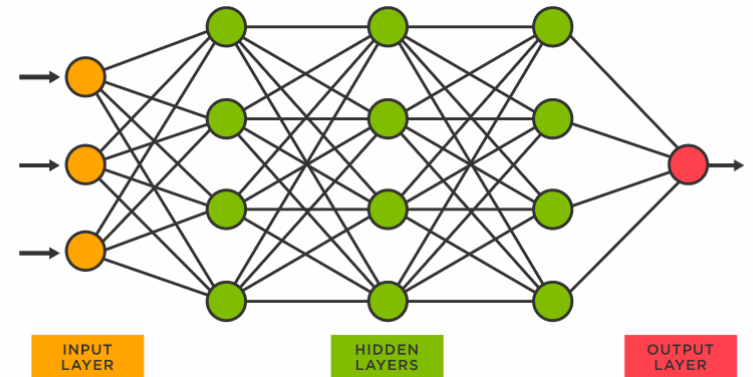
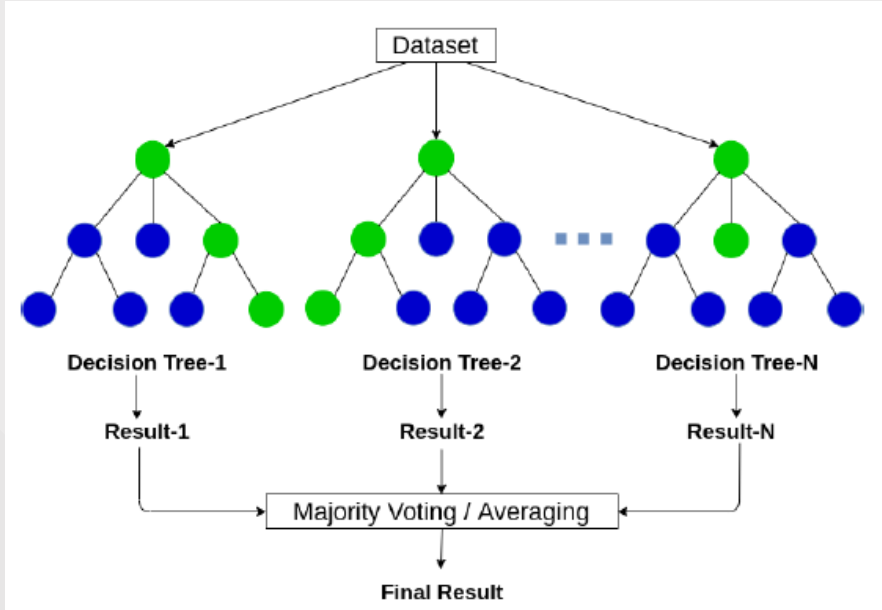
# ▷ INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## Entraînement

- ▶ avec plusieurs algorithmes
- ▶ sur signaux générés sur site ou infrastructure équivalente
- ▶ Critère acceptation 97%

## Test sur jeux de données complémentaires

Ajustement éventuel de l'IA lors des premiers temps de mise en service



# CONCLUSION



436 ancrages inspectés,

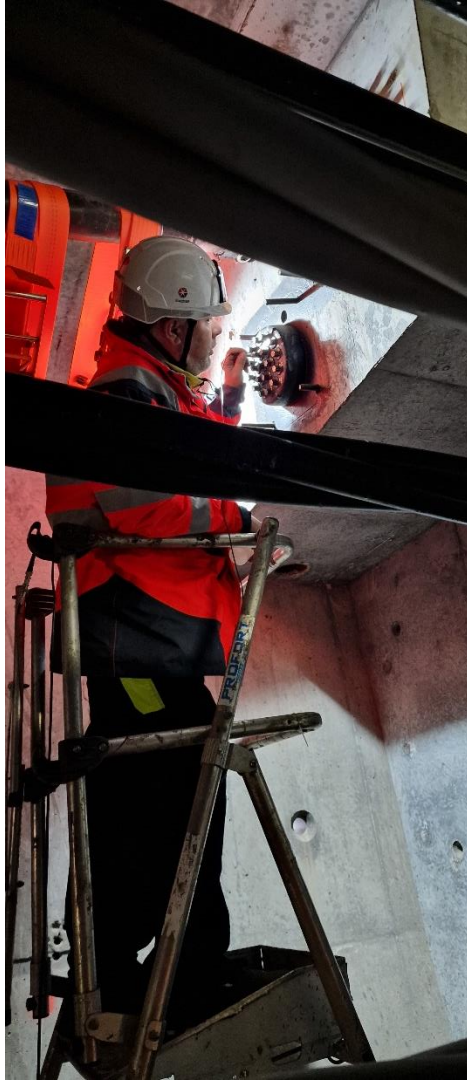
▶ soit 8224 torons

▶ soit **58 000** fils

**869** capteurs acoustiques

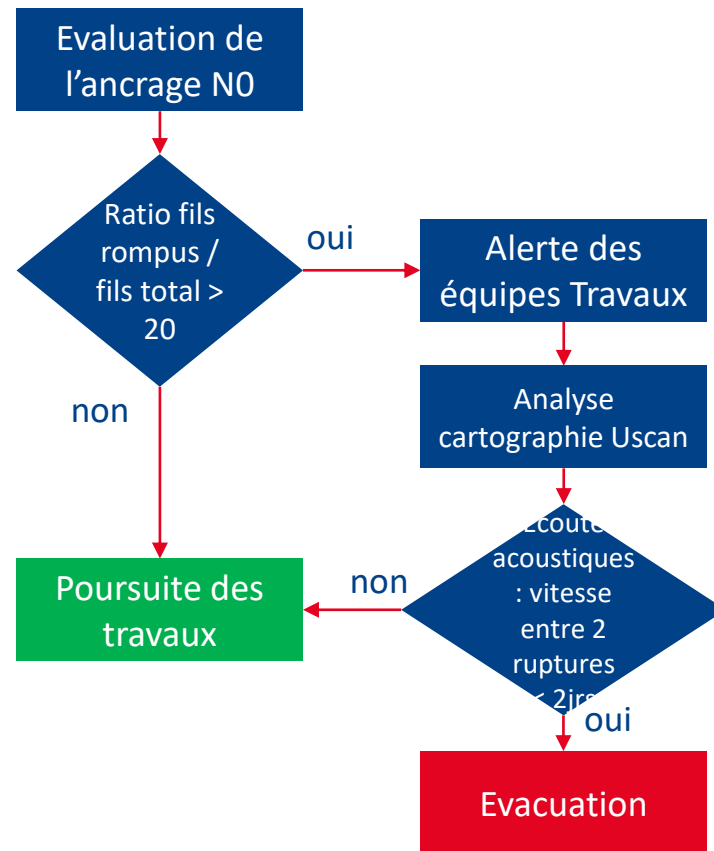
**60** km de cable coaxial

**4** mois d'installation



# LOGIGRAMME DE DÉCISION

SIMPLIFIE



## ▷ COMPLEMENTARITÉ

Inspection des ancrages par  
reflexion ultra sonore

Evaluation de l'état initial (T0)

Localisation des défauts dans les câbles

IDENTIFICATION des ancrages les plus  
dégradés (priorisation)

Surveillance acoustique

Identification des câbles et localisation  
des ruptures

Suivi de l'évolution du vieillissement

ANTICIPATION des rupture totales

Permet la MAINTENANCE PREVENTIVE  
pour une meilleure CONTINUITE DE SERVICE et GESTION DES COUTS



Zones à risque = Ancrages



Ouvrage existant = Diagnostic initial > remplacement priorisé



Suivi continue à distance



Stéphane JOYE  
Deputy General Manager, SHM  
Sixense Monitoring  
+33 6 23 60 03 38  
[stephane.joye@sixense-group.com](mailto:stephane.joye@sixense-group.com)

