

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

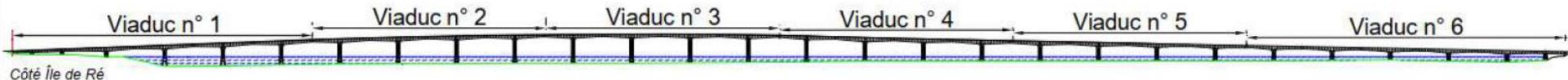
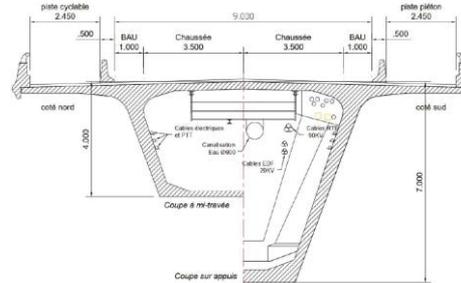
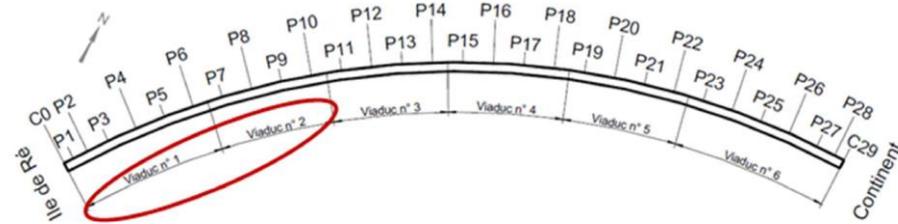
03
SURVEILLANCE
CONTINUE

▷ 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 PRECONTRAINTE

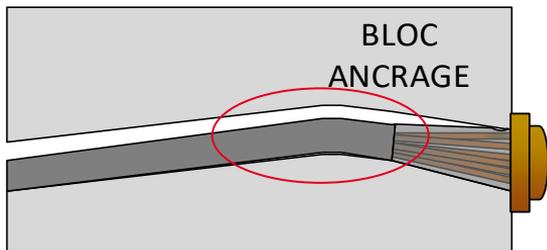
▷ CORROSION DES ANCRAGES



Zones de transition

Points hauts à défaut d'injection

Risque de vieillissement prématuré



BLOC ANCRAGE

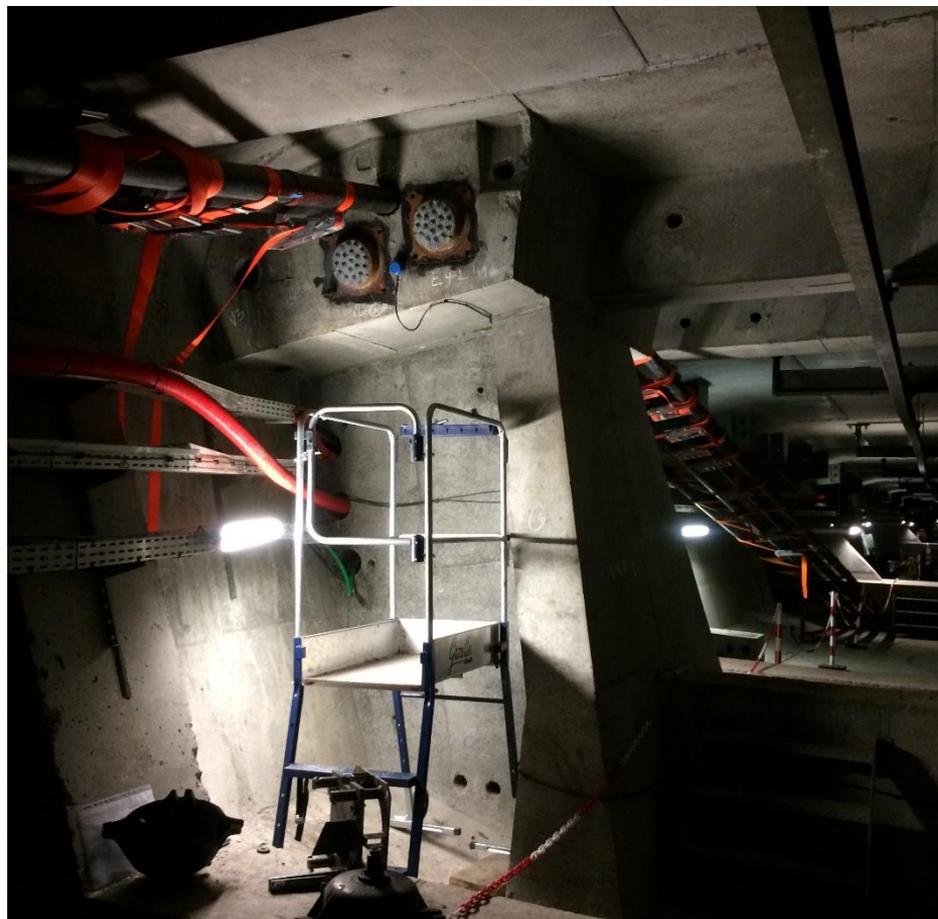
▷ DIFFICULTÉES D'INSPECTION ET DE SURVEILLANCE

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

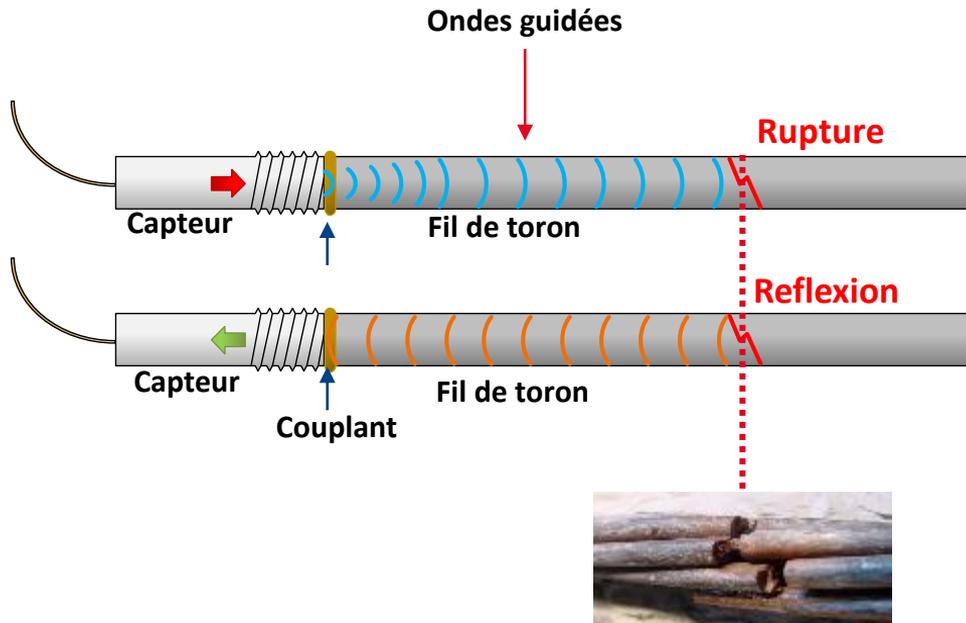
Surveillance acoustique : suivi en temps réel des ruptures de fil



DIAGNOSTIQUE ET TRAVAUX DE REMPLACEMENT INITIAUX

▷ RÉFLECTOMÉTRIE PAR ONDES GUIDÉES

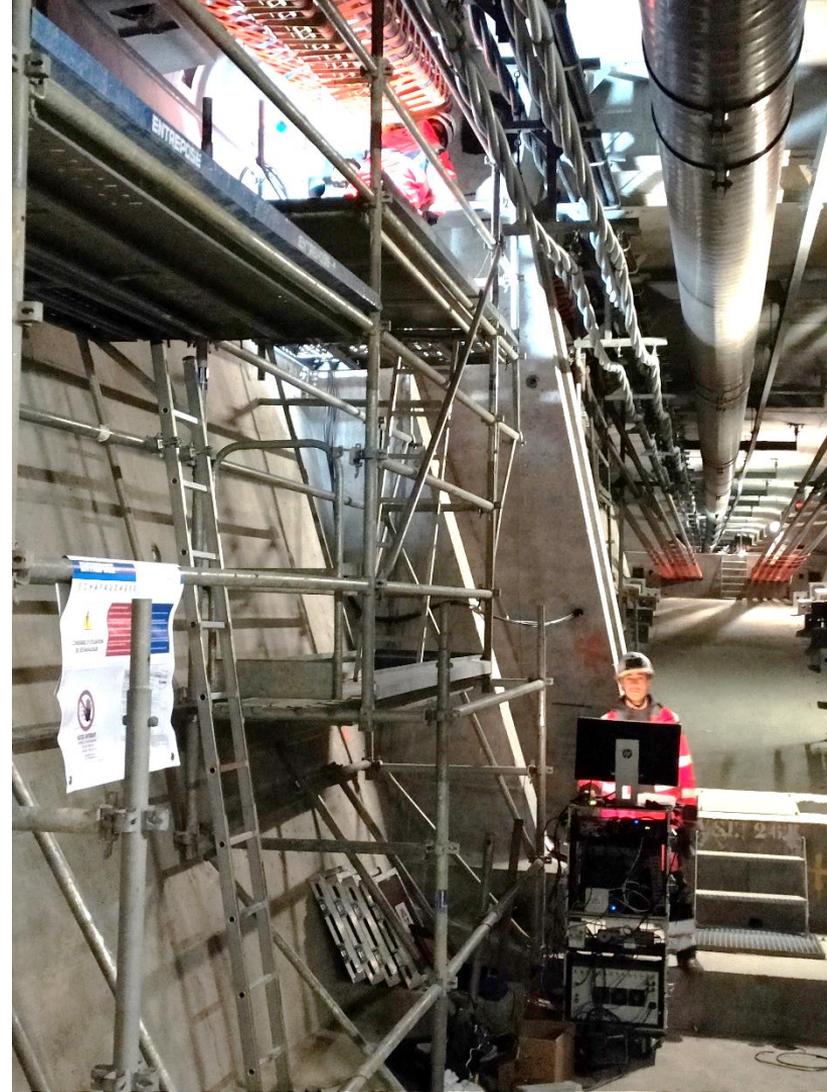
Mesure fil à fil pour la détection de défauts



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

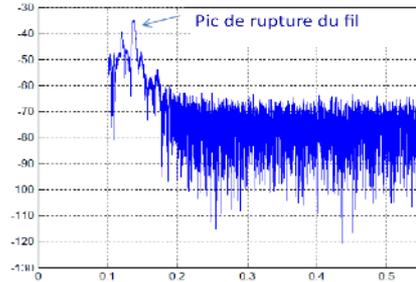
- ▶ Conception de matériel d'inspection US protégé conçu pour résister à un **environnement de chantier**
- ▶ Sanglage et organisation des **accés**
- ▶ Préparation des fils : repérage et **polissage miroir** des extrémités
- ▶ **Précision** : Paramétrage et Calibration sur témoin
- ▶ **Répétitivité**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



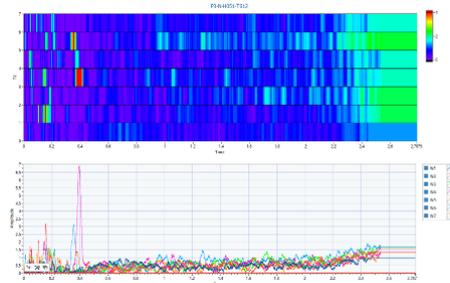
▷ PROCESSUS ET ANALYSE



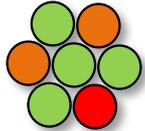
Mesure au niveau du fil



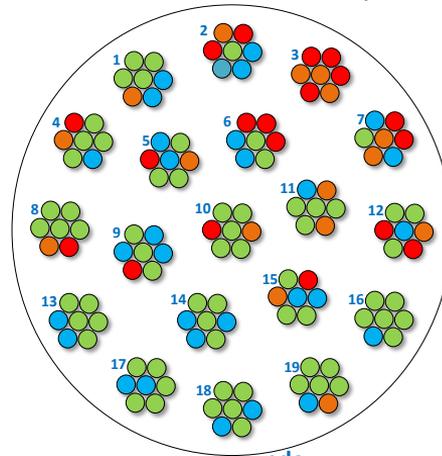
Interprétation directe du signal renvoyé



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*

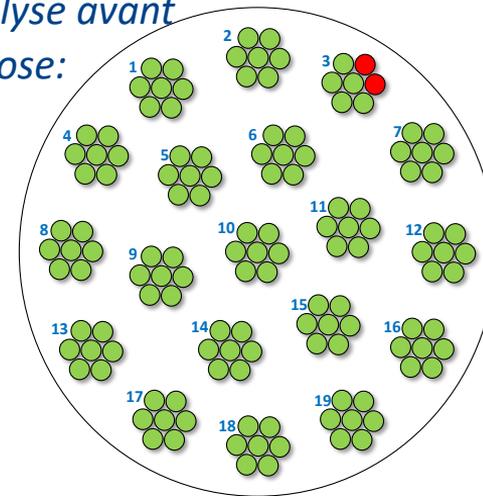


▷ ETUDE DE CAS

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

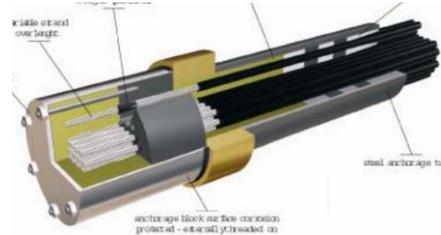
Environnement

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

Modes de rupture

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

HAUBANS



PRECONTRAINT



▷ 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

REINFORCEMENT 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

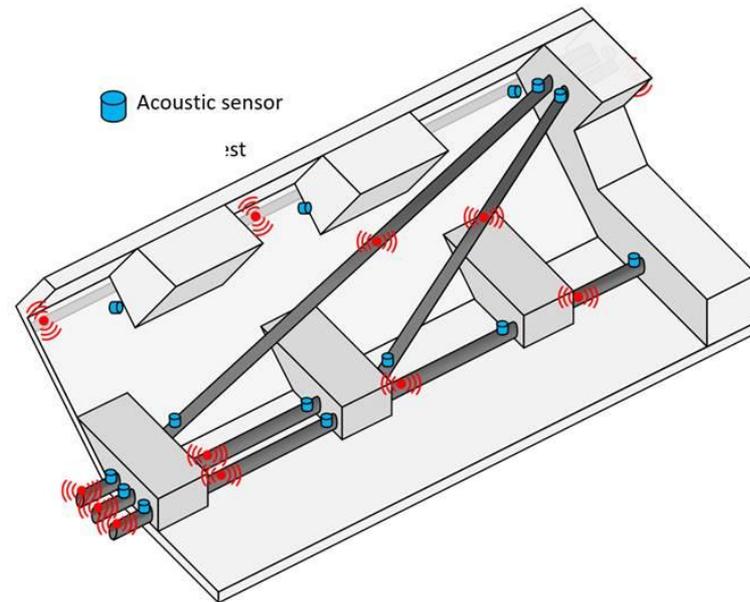
▷ LA SURVEILLANCE ACOUSTIQUE

Suivi de l'état des ancrages dans le temps

Instrumentation acoustique des ancrages et câbles

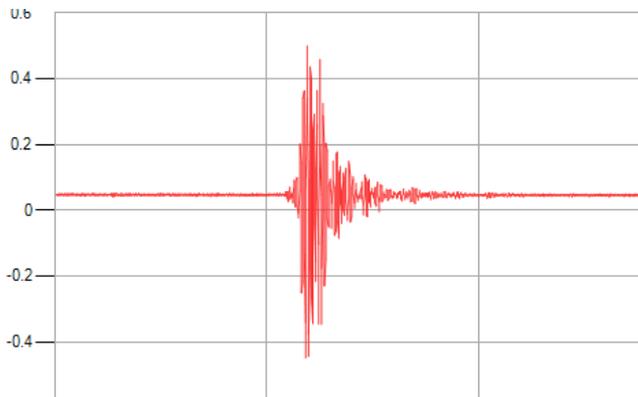
- ▶ Localisation longitudinale des « zones » de concentration de ruptures
- ▶ Détection des ruptures lorsqu'elles se produisent
- ▶ Suivi de leur fréquence d'apparition dans le temps

Ecoute des ruptures dans les zones inaccessibles



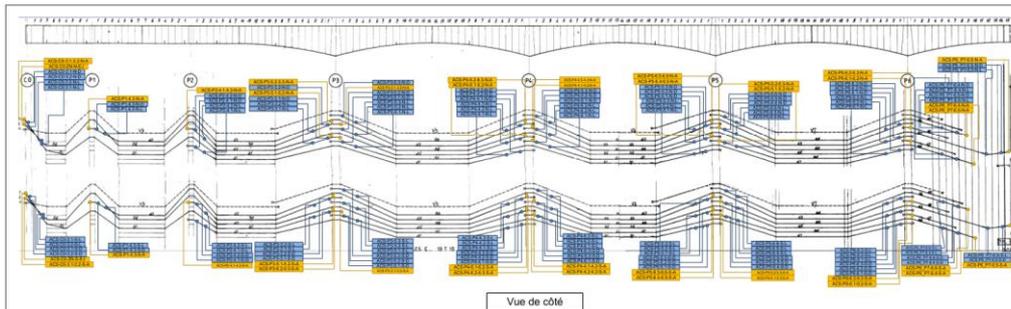
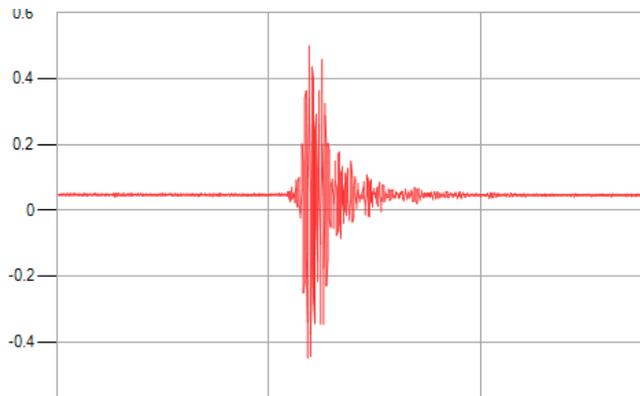
▷ LE PRINCIPE

Suivi de l'état des ancrages dans le temps



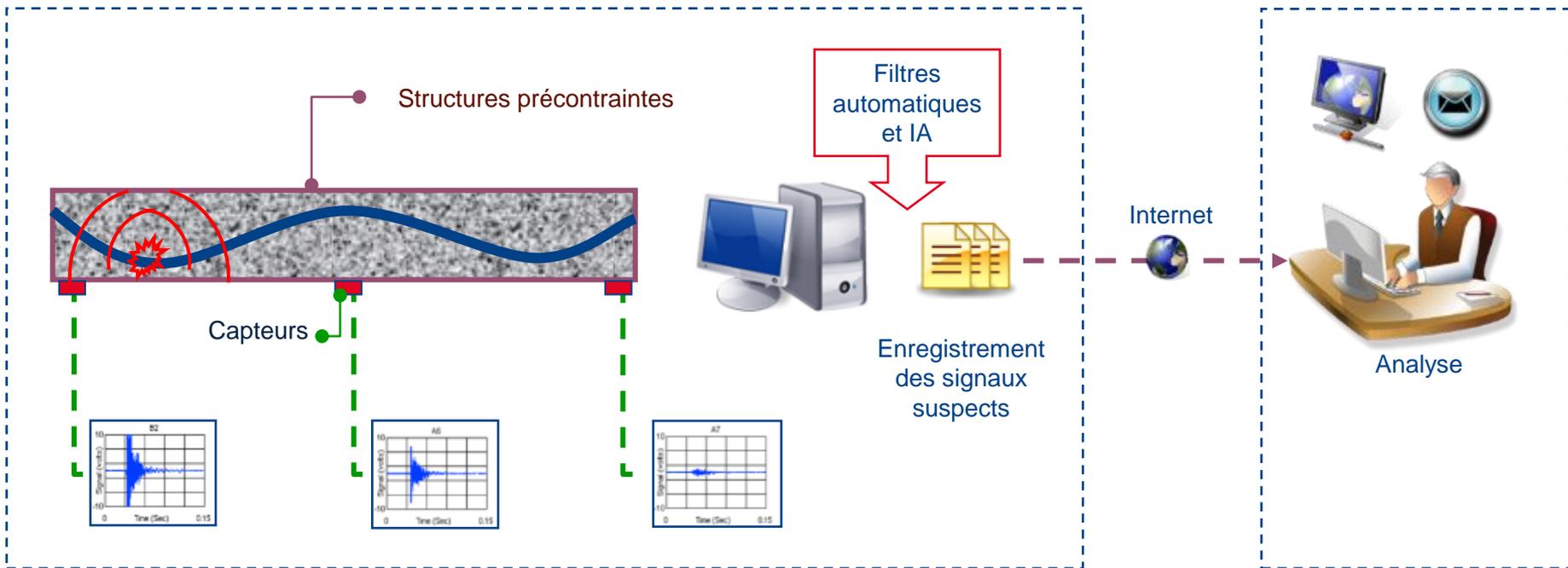
▷ LE PRINCIPE

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

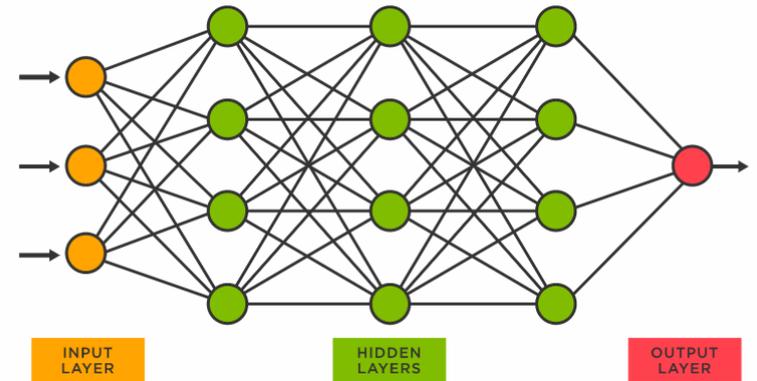
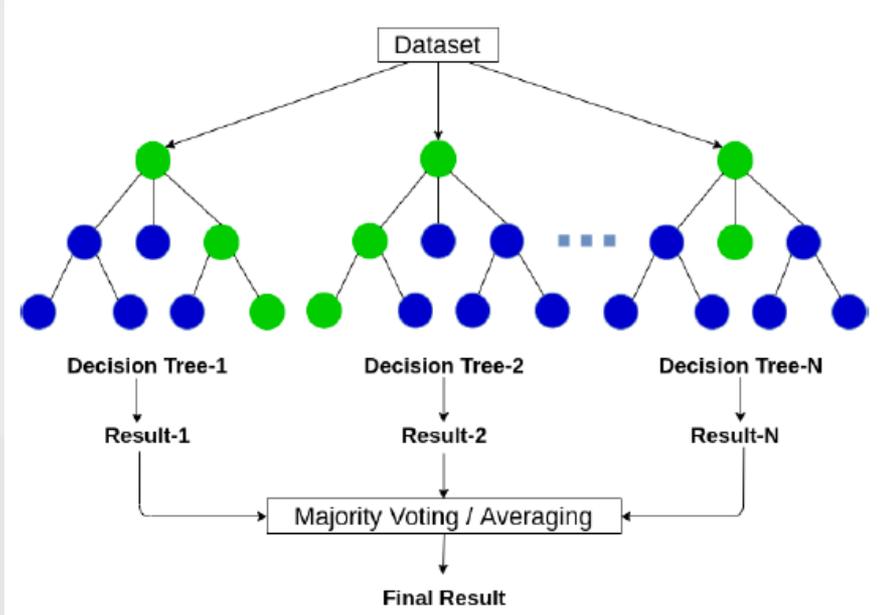
▷ INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

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,

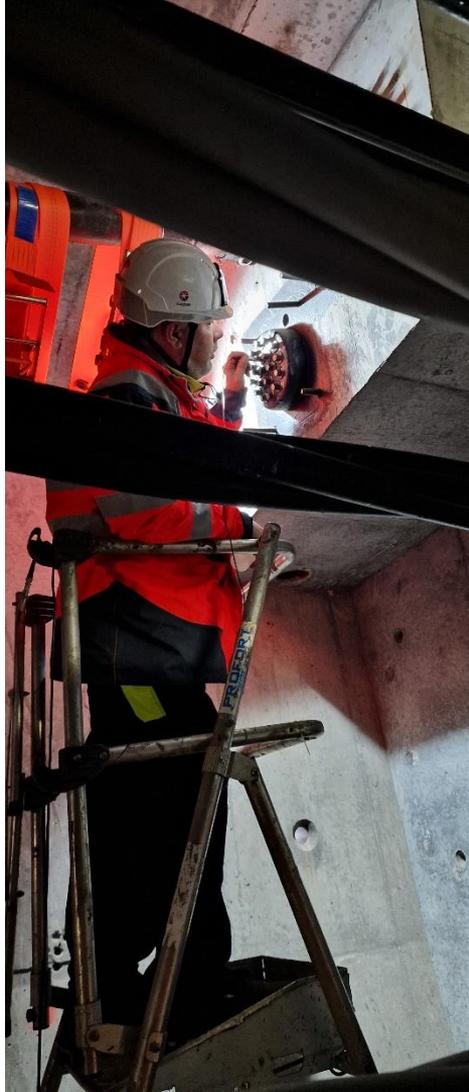
▶ soit 8224 torons

▶ soit **58 000** fils

869 capteurs acoustiques

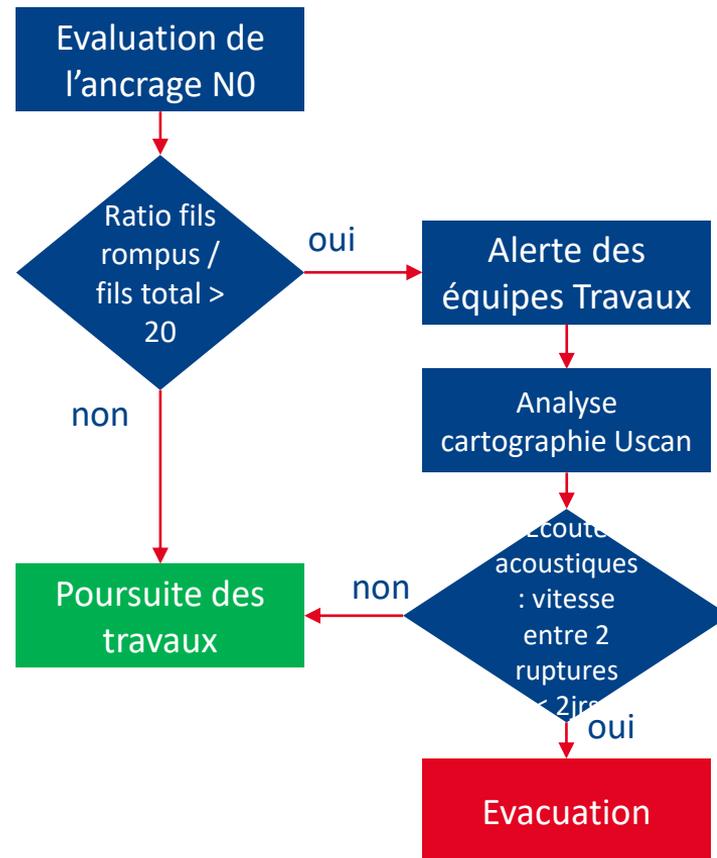
60 km de cable coaxial

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

