



Ponts Connectés Projet CAHPREEX

FALAISE Y. ¹, CHATAIGNER S. ¹, GAILLET L. ¹, SARR C. ¹, LESCOP B. ²,
RIOUAL S. ², BOUZAFFOUR K. ², PITTET R. ³, DABERT J.L. ³, NAUD F. ³,
GUARINI P.Y. ⁴, LHOTE P.A. ⁴, BASSIL A. ⁴

¹ Université Gustave Eiffel, Département MAST, Laboratoire SMC :
yannick.falaise@univ-eiffel.fr, sylvain.chataigner@univ-eiffel.fr,
laurent.gaillet@univ-eiffel.fr, cheikh.sarr@univ-eiffel.fr

² Université de Bretagne Occidentale, LabSTICC : stephane.rioual@univ-brest.fr,
lescop.benoit@univ-brest.fr, karim.krimbouch@gmail.com

³ APRR AREA Infrastructures et concessions : JeanLuc.DABERT@aprr.fr,
Romain.PITTET@aprr.fr, Frederic.NAUD@aprr.fr

⁴ Artelia, BU Mobilités & Infrastructures, Branche Routes Autoroutes
Ouvrages d'art : pierre-yves.guarini@arteliagroup.com, pierre-alain.lhote@quadric.arteliagroup.com,
antoine.bassil@quadric.arteliagroup.com

Plan de la présentation

Contexte général du projet

Appel à projet Ponts Connectés

Généralités sur le Projet CAHPREEX

Éléments de contexte

Contenu technique du projet

Axe A - Détection de la corrosion au niveau des réparations de manchon sur précontrainte extérieure

- Le capteur
- Les essais en laboratoire
- Les essais sur ouvrage

Conclusion / Perspective

Questions

Chronologie avant projet

14 Août 2018 – Effondrement du pont de Gênes en Italie

25 septembre 2018 – Création d'une commission d'enquête sénatoriale pour une mission d'information sur le sujet de la sécurité des ponts en France

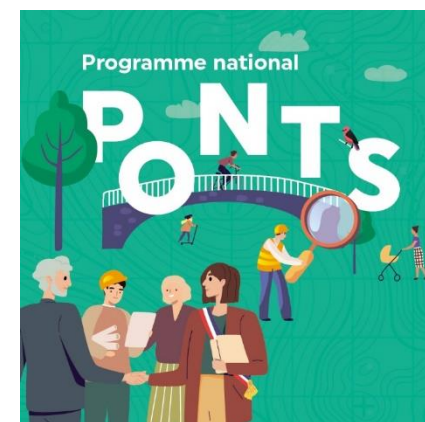
27 juin 2019 – Restitution du rapport de la commission. Conclusion : « Situation extrêmement préoccupante » d'après Hervé Maurey à la tête de cette commission.

Novembre 2019 – Un pont suspendu s'effondre à Mirepoix-sur-Tarn dû à un convoi en forte surcharge (1)

Début 2020 – Pandémie Covid19

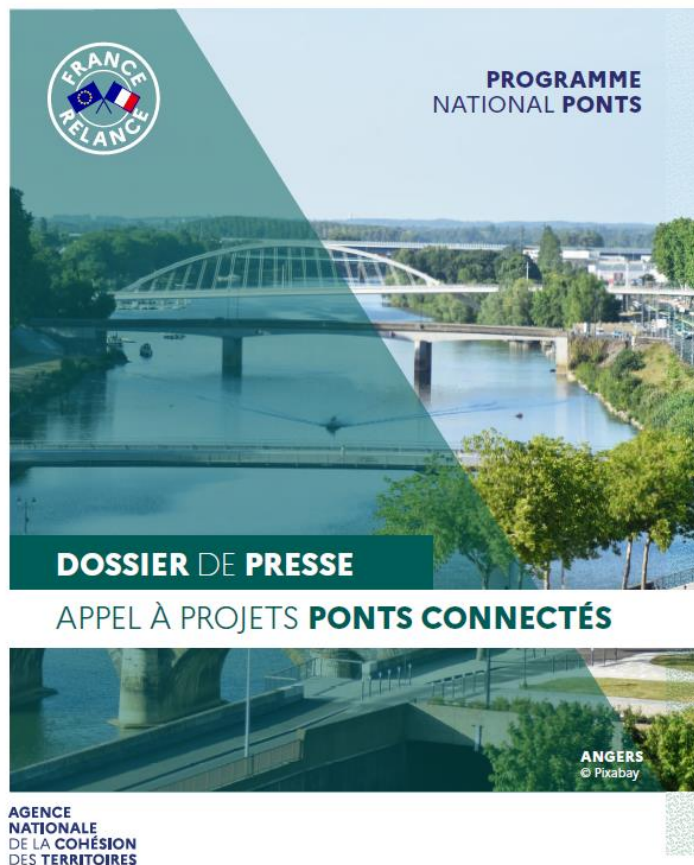
Fin 2020 – Mise en place du plan France Relance pour relancer rapidement l'économie et accélérer les transformations écologique, industrielle et sociale du pays. (2)

Début 2021 Création du programme national Ponts pour recenser et évaluer les ouvrages des collectivités. **En complément, un appel à projet Ponts Connectés est lancé.**(2)



Appel à projet Ponts Connectés

« soutenir l'innovation en matière de **surveillance des ponts** et développer des outils **pratiques, performants et peu onéreux.** »



Recherche très appliquée, TRL (Technology Research Level) 5 à 7

Notre projet

CAHPREEX

Capteurs **A**utonomes pour le **H**aubanage et la **PRE**contrainte **EX**térieure

Début 2021 – fin 2023

Subvention de 400k€ répartie entre les différents partenaires

Consortium

- Artelia – Maitrise d'œuvre en travaux de surveillance et de réparation OA
- APRR – Gestionnaire d'ouvrages
- Université de Bretagne Occidentale LABSTICC– Spécialistes Technologie RFID
- Université Gustave Eiffel - Laboratoire Structures Métalliques et à Câbles
Laurent Gaillet, Sylvain Chataigner, Cheikh Sarr et Yannick Falaise



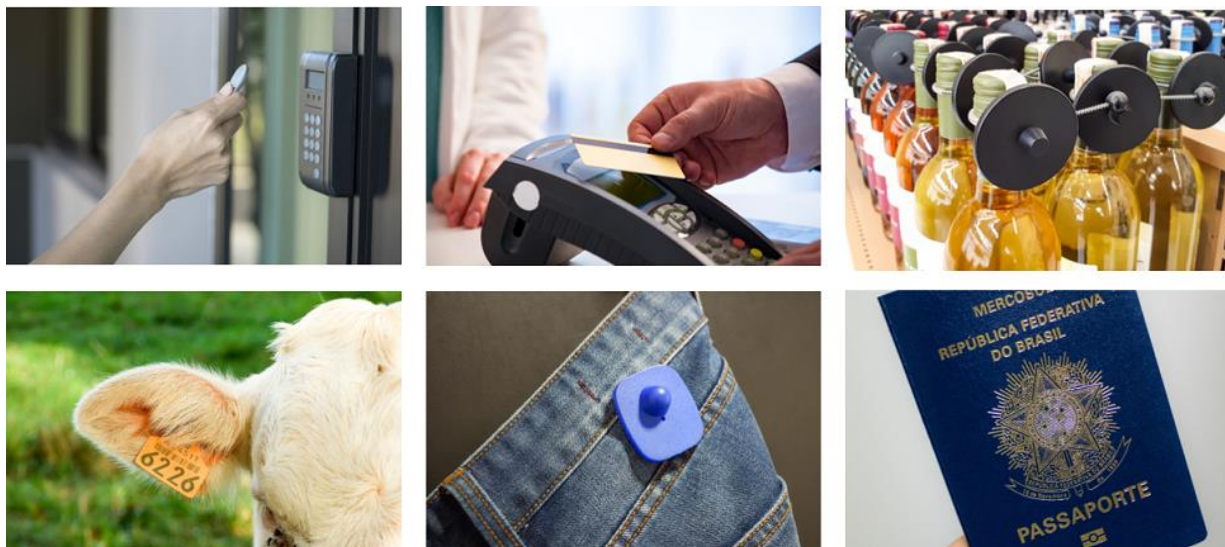
Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Éléments de contexte

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Technologie RFID

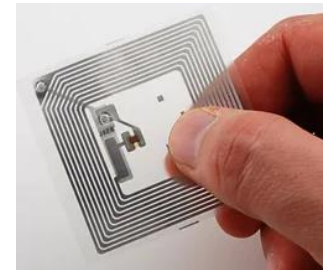
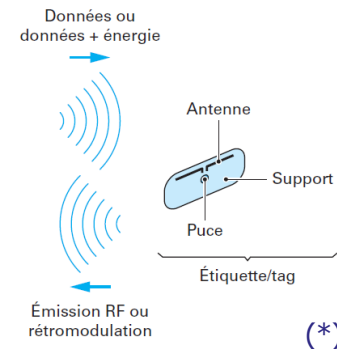
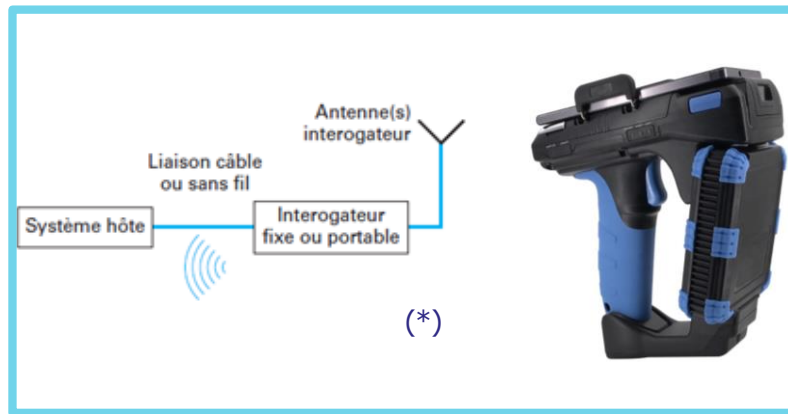
La **R**adio **F**requency **I**Dentification est l'utilisation de la communication radio pour l'identification et la reconnaissance sans fil des objets physiques.



Source : Site internet Redsen Consulting

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

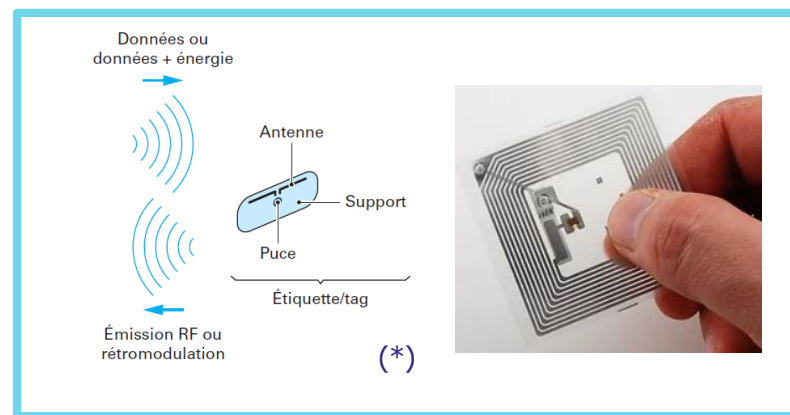
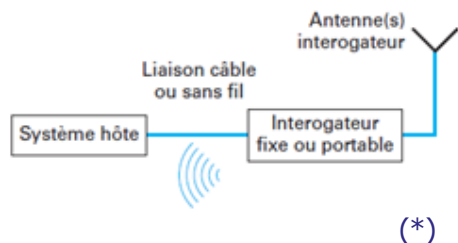
Technologie RFID – Interrogateur



- Système portable sur batterie ou système fixe avec PC + antenne déportée
- 1 interrogateur pour toutes les étiquettes RFID de même fréquence
- Coût environ 400€ + smartphone
- Possibilité de modifier l'application Android

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Technologie RFID – Étiquette/tag



- Possibilité de téléalimentation
- Chaque puce est identifiée par un numéro de série
- Faible encombrement
- Faible Coût tag <1€

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Technologie RFID – Différentes technologies

4 classifications pour choisir les tags RFID:

- Fréquence de fonctionnement (125kHz, 868MHz, 2.4GHz, 5.7GHz, 13.56GHz...)
- Émetteur RF propre ou rétromodulation d'un signal (RFID active ou passive)
- Type de données stockées dans la puce (ID ou autre information)
- Protocole de communication (ITF *Interrogator Talk First* ou TTF *Tag Talk First*)

Quelques applications dans le domaine des structures

Indicateur de maintenance prédictive pour peinture anticorrosion sur éolienne offshore – SMC

Capteurs immergés dans le béton – UBO publi=> **Développement d'un capteur de corrosion autonome RFID pour la surveillance des infrastructures**

K. Bouzaffour¹, B. Lescop¹, P. Talbot¹, F. Gallée², S. Rioual¹

¹Univ Brest, CNRS, Lab-STICC, CS 93837, 6 avenue Le Gorgeu, 29238 Brest Cedex 3, France

²LabSTICC- Institut-Mine-Telecom-Atlantique, Brest, France

HAL Id: hal-03215677

<https://hal.univ-brest.fr/hal-03215677>

Submitted on 4 May 2021

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A

Détection de corrosion au

 niveau des réparations de

 manchon sur précontrainte

 extérieure



Axe B

Détection de la présence

 d'eau à l'intérieur des culots

 d'ancrage de haubanage et

 de précontrainte



Axe C

Mesure des déformations

 transversales des gaines de

 précontrainte extérieure



Source : CEREMA – Note d'information n°3

 Ouvrages d'art nov2018

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Détection de corrosion au niveau des réparations de manchon sur précontrainte extérieure

Un manchon est une jonction entre deux gaines plastique
Ces gaines servent notamment à protéger les câbles de l'environnement extérieur

Pathologies rencontrés : élément singulier, défaut étanchéité => corrosion

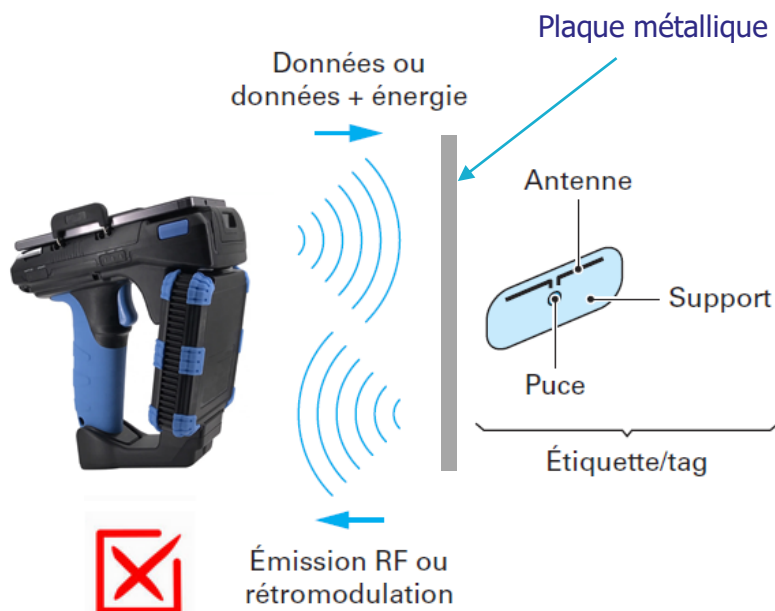
Problématique : Connaitre l'agressivité du milieu à l'intérieur de la gaine sans endommager

Contraintes : Faible espace, courbe, mesure au travers d'un élément plastique, au contact des matériaux du câble (coulis / cire pétrolière / graisse / acier), quantité importante

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

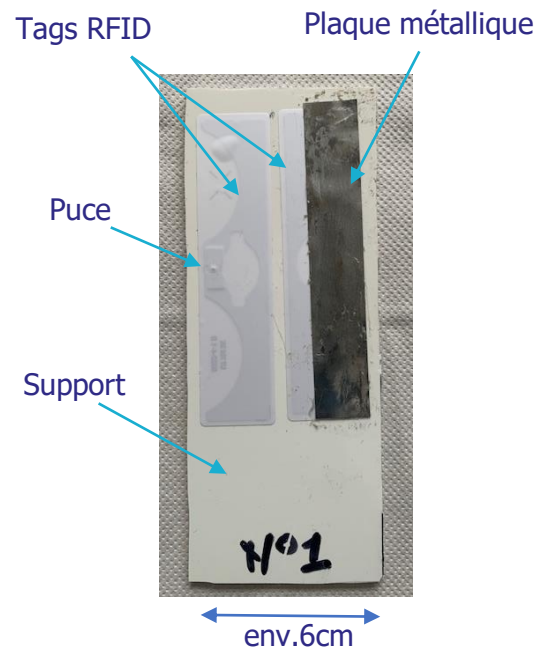
Axe A – Fonctionnement du capteur

Détournement de la technologie



Capteur =
2 tags + 1 plaque métallique

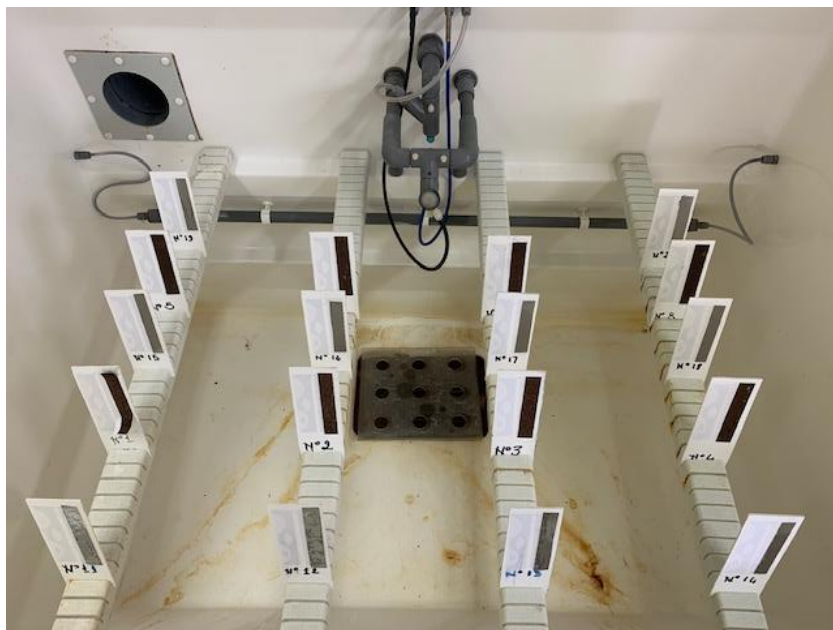
Tag référence + tag sensible



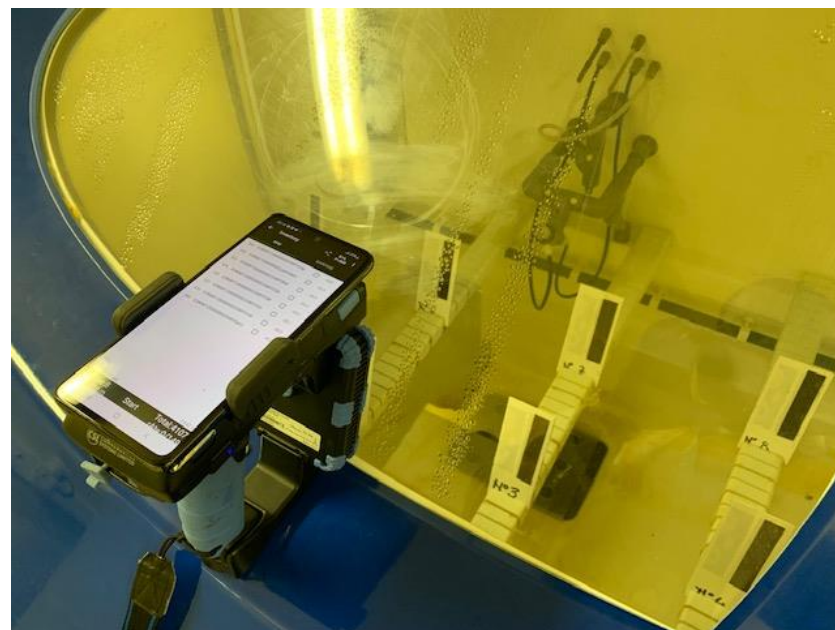
Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Essais en laboratoire

15 différentes épaisseurs de clinquant



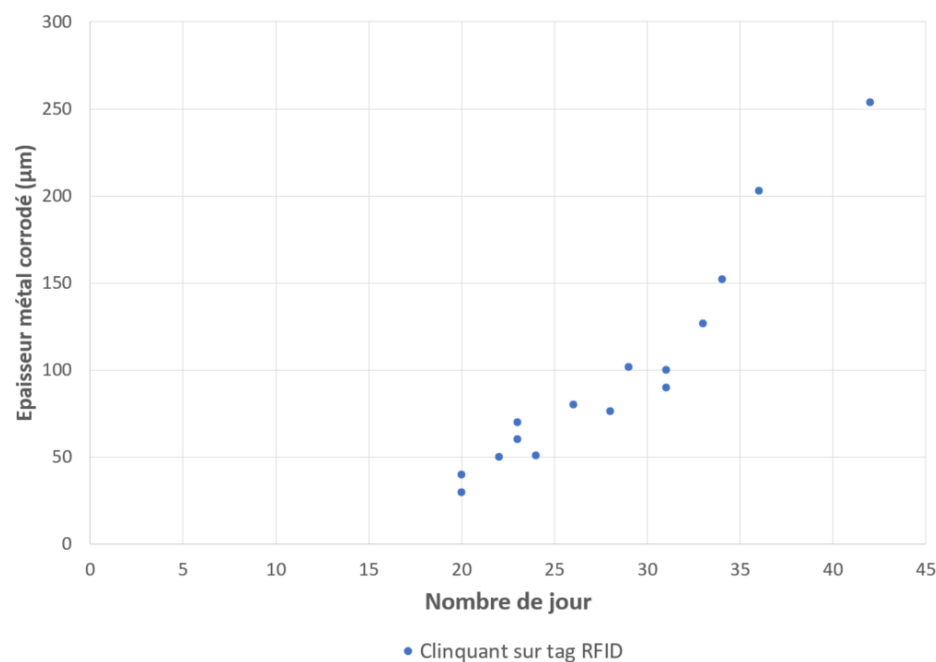
Viellissement en enceinte climatique
avec aspersion de brouillard salin



NF EN ISO 16701 - Corrosion des métaux et alliages - Corrosion en atmosphère artificielle - Essai de corrosion accéléré comprenant des expositions sous conditions contrôlées à des cycles d'humidité et à des vaporisations intermittentes de solution saline

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Essais en laboratoire



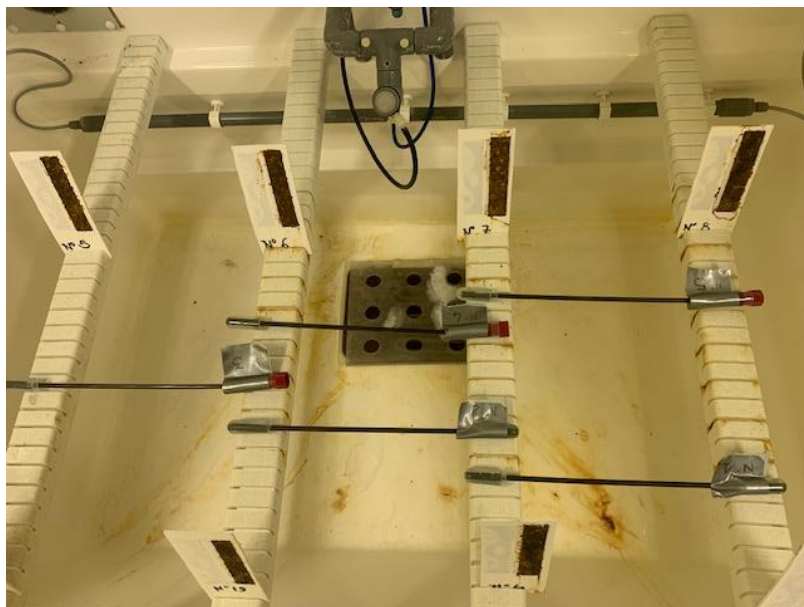
Résultats des 15 épaisseurs de clinquant

A quoi cela correspond concrètement ?

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

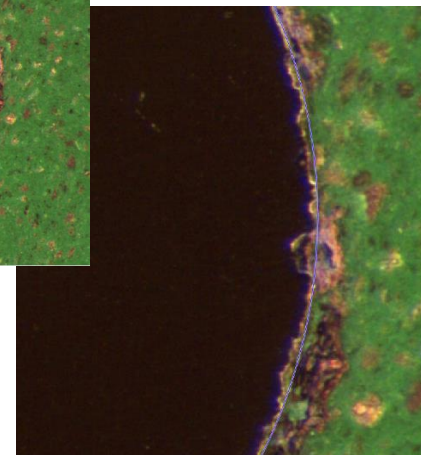
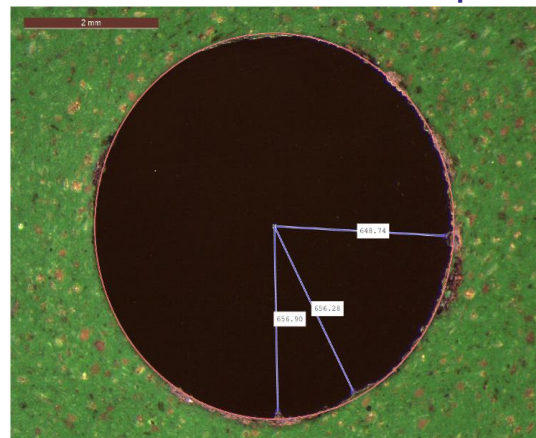
Axe A – Essais en laboratoire

Comparaison avec des fils de précontrainte



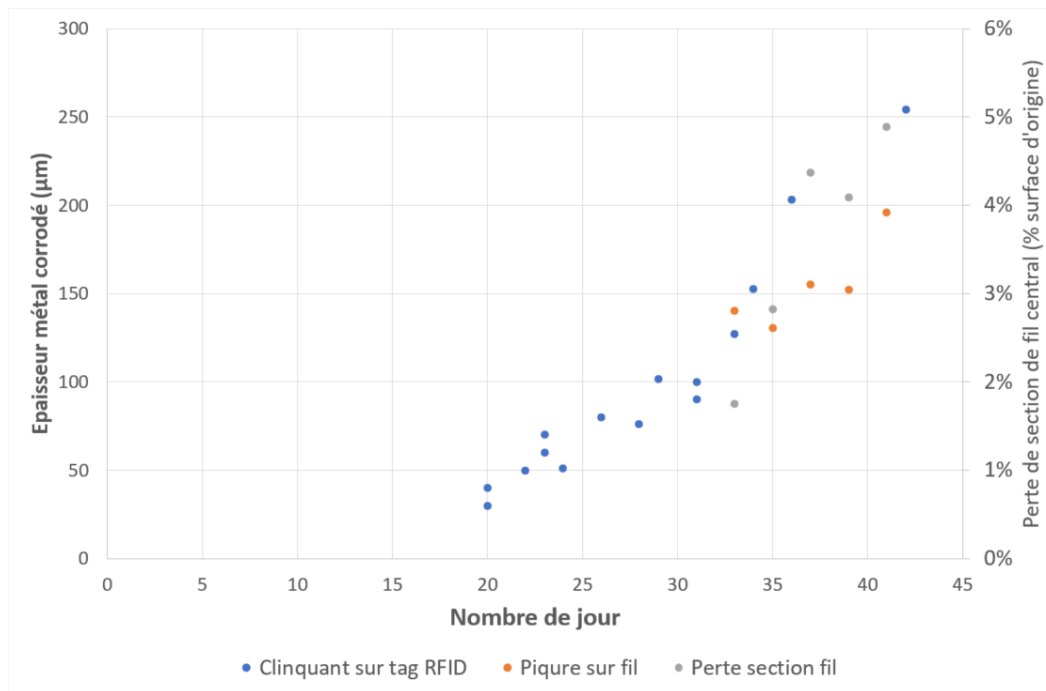
Mesure de corrosion par analyse d'image
microscope

Perte de section + profondeur de pique



Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Essais en laboratoire



Résultats des 15 épaisseurs de clinquant

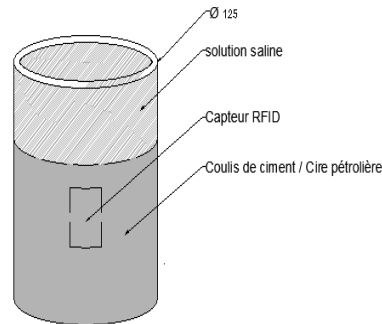
Mesures des profondeurs de piqueur

Mesures des pertes de section

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Essais en laboratoire

Prototypage en environnement d'utilisation



Compatibilité étiquette / produits



Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Axe A – Essais sur ouvrage

Essais de convenance sur réparation en conditions de chantier mars 2023



Source : Université Bretagne Occidentale

Mise en place définitive sur ouvrage APRR Sept-Oct 2023

Capteurs Autonomes pour le Haubanage et la PRécontrainte EXTérieure

Conclusions sur cet axe

Fonctionnement simple

Informations inédites

Technologie bas coût = Permet de multiplier la quantité installée

Autonomie énergétique de l'élément sensible

Faible encombrement

Interrogation possible à travers les matériaux non ferromagnétiques /!\ eau

Perspectives

Durabilité à 100 ans ?

Difficile à utiliser en présence de métal - développement particulier = augmentation des coûts

Autres applications potentielles sur les OA – des propositions ?

Merci de votre attention



Yannick Falaise



yannick.falaise@univ-eiffel.fr



02.40.84.59.72

<https://smc.univ-eiffel.fr>