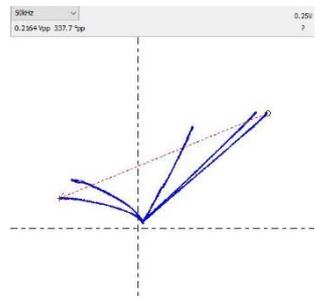
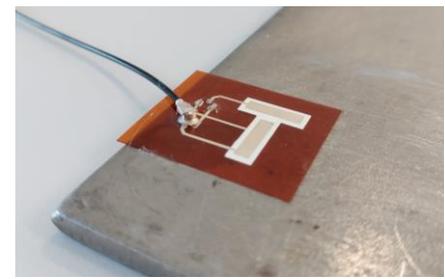


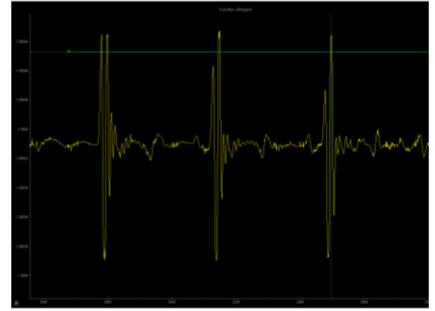
Développement et fabrication par Impression de Capteurs miniaturisés Courants de Foucault, Magnétiques et Ultrasons pour le monitoring.



Printed Eddycurrent sensor



Printed Ultrasonic sensor



Projet RAPID – CMICA

Partenaires :



Sommaire

1. Motivations et objectifs du projets
2. Mode de fabrication pour les différents types de capteurs
3. Applications et Performances pour des applications SHM
4. Electroniques, mode de mesures et IHM associé
5. Perspective d'Intégration des capteurs lors de la fabrication de matériaux et composants

A) Prototypage et tests de capteurs miniaturisés de type Magnétiques, courants de Foucaults, Ultrasonores pouvant être utilisés :

- En contrôles et mesures actives

Exemple cas d'applications



Instrumentation banc de test système propulsif



Suivi usure de palier de pompe par particules abrasives et corrosives

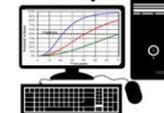
- En tant que systèmes de monitorings (réseau de capteurs), de surveillance de structures (évolution dans des zones critiques) et analyses santé matière



Acquisition et transmission des données



Analyse

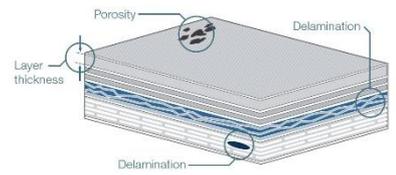
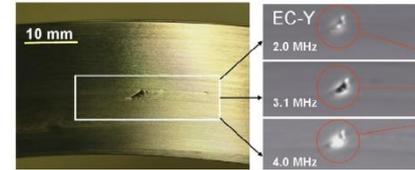
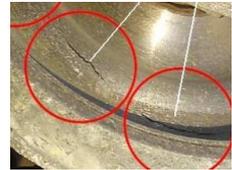


B) Développement pour ces micro capteurs d'une électronique embarquable multi capteurs avec communication sans fil vers l'extérieur

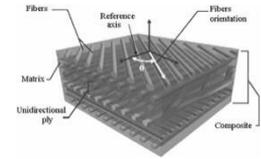


Défauts et analyses recherchés

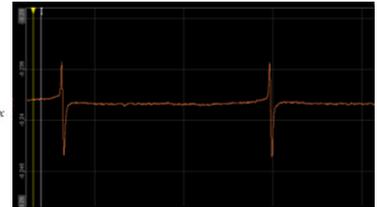
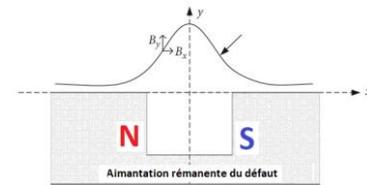
Défauts structurels Fissures, inclusions, porosité, délaminage, épaisseur



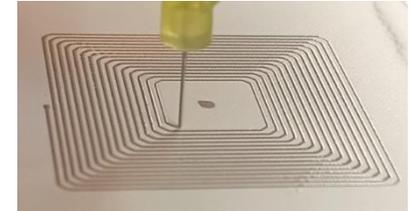
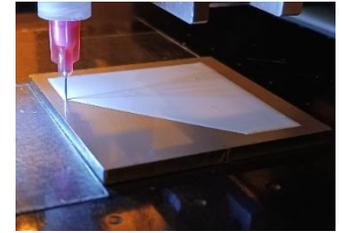
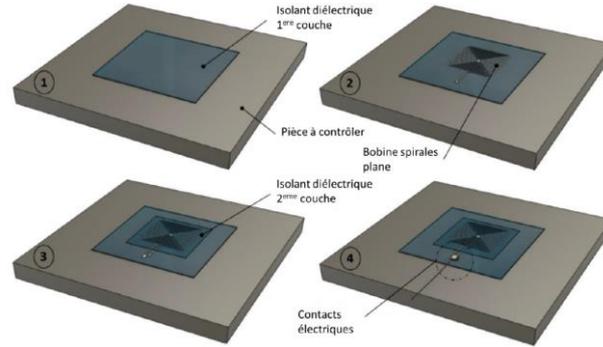
Analyse matière Corrosion, densité, compactage, orientation fibre



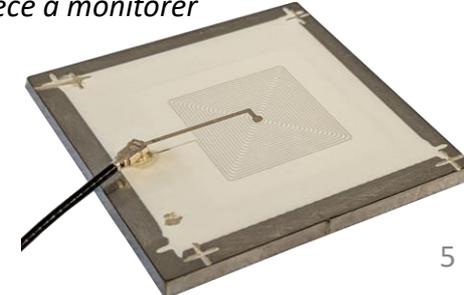
Mesure environnement, champ magnétique de fuite



**Impression par distribution
Jet d'encre**



Impression sur pièce à monitorer

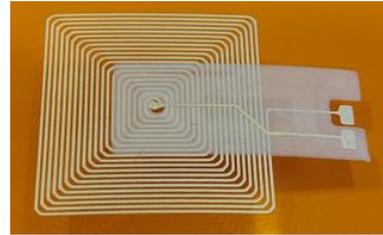


Matériaux : Encre diélectrique (isolation)
Encre conductrice (bobines et connections)

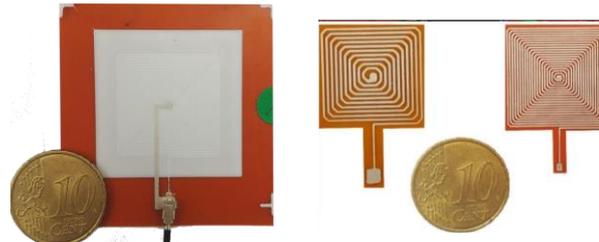
Structure du capteur



Pièce à contrôler



Impression sur support souple Polyimide

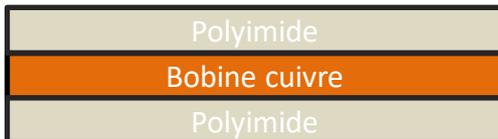


Impression PCB Flex

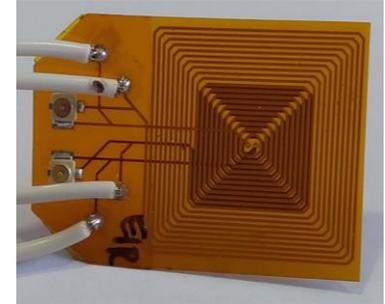
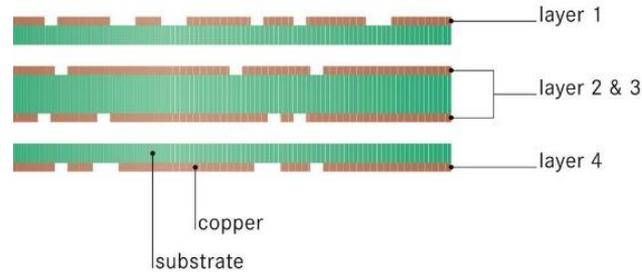
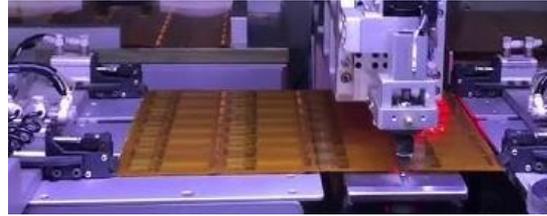
- Fines couches laminées et empilées
- Trous traversant métallisés (VIA) pour connexion entre les couches
- Motif créé à partir masque photolithographique puis Gravure de motifs complexes / procédé chimique ou laser

Matériaux : Encre diélectrique (isolation)
Encre conductrice (bobines et connexions)

Structure du capteur

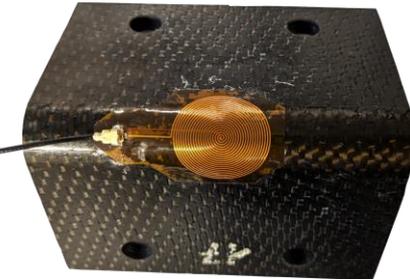


Pièce à contrôler



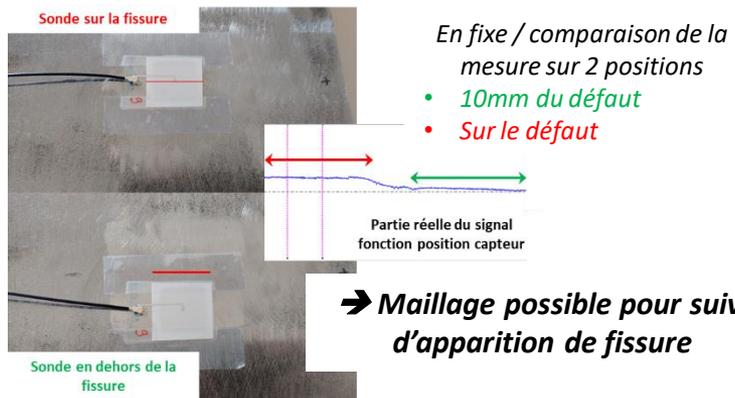
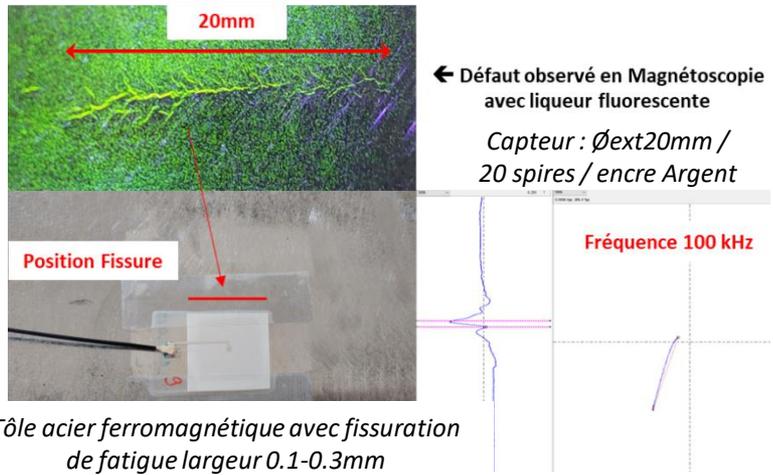
Large gamme de motif

Capteurs multicouches
1 à 4 empilements bobine cuivre
250 spires surface 30x30mm
Épaisseur 500µm (4couches)

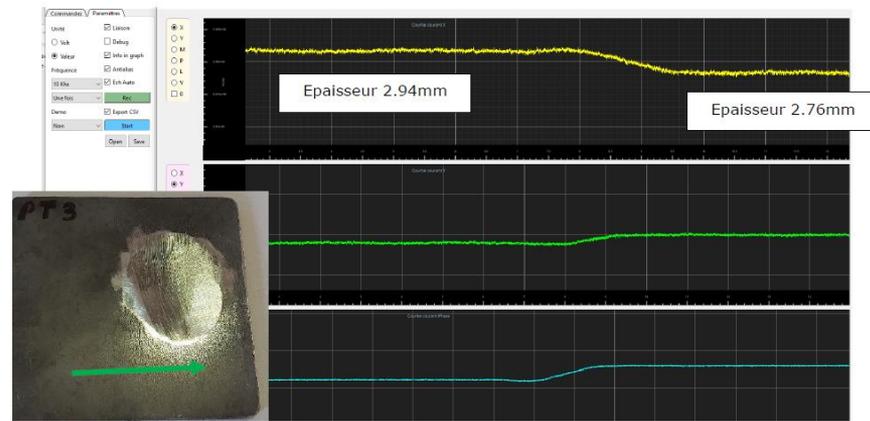
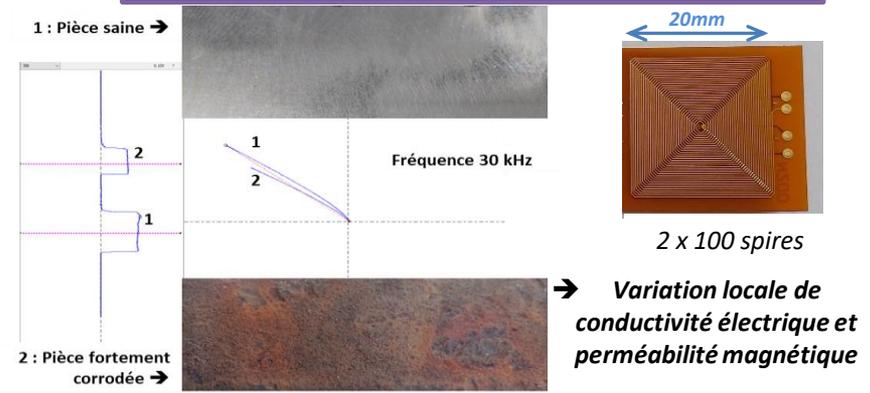


Capteur souple
Epouse forme pièce

Détection de fissure « naturel »



Suivi processus de corrosion et vieillissement acier ferromagnétique



Capteurs CF imprimés – Applications

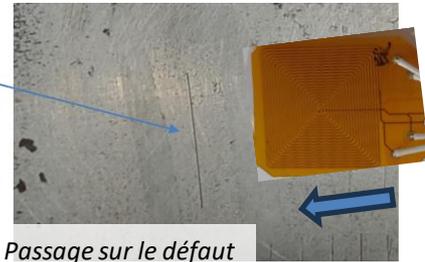
Détection de fissure calibrée

Fissure débouchante de longueur 50mm
Largeur 200µm – profondeur 1mm

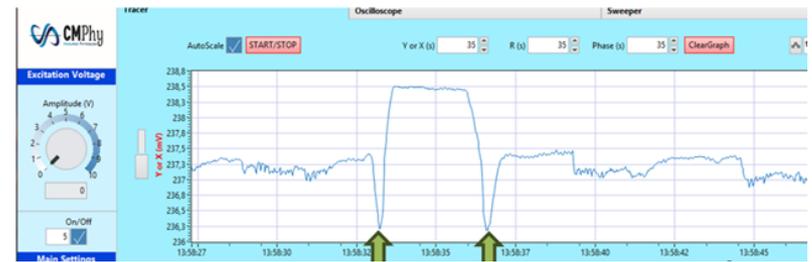
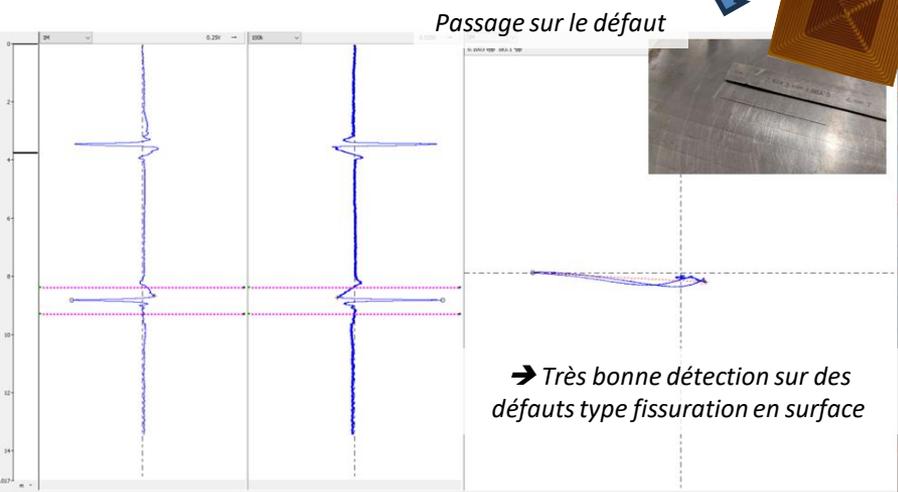
→ Capteur fin et souple : facile à mettre en forme et positionner sur une tuyauterie



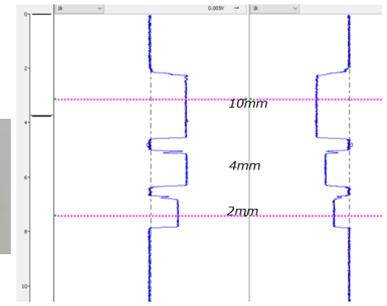
Maquette tuyauterie EDF / Framatome



Passage sur le défaut

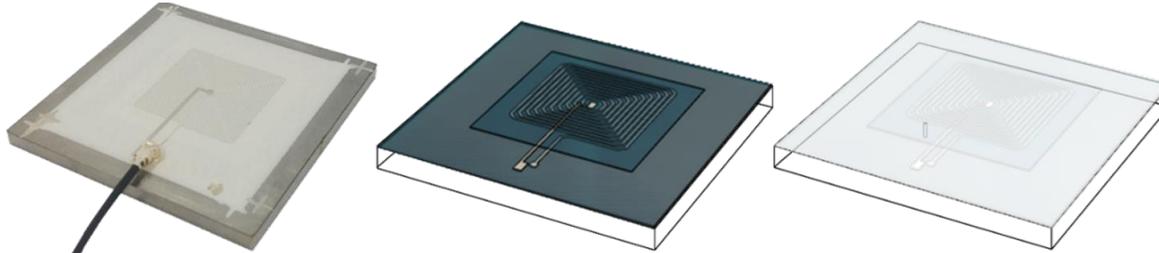


→ Suivi en ligne d'épaisseur acier inoxydable

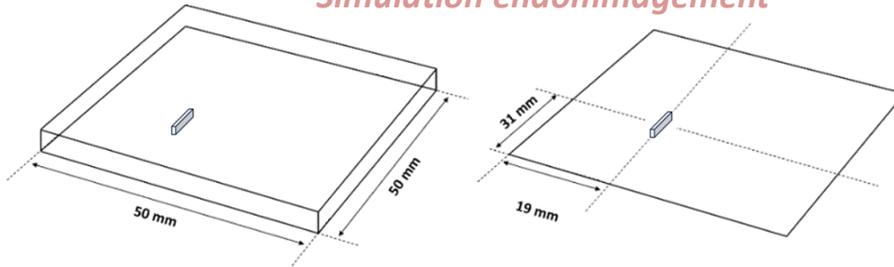


Épaisseur acier inoxydable

Capteurs CF imprimés sur pièce



Simulation endommagement



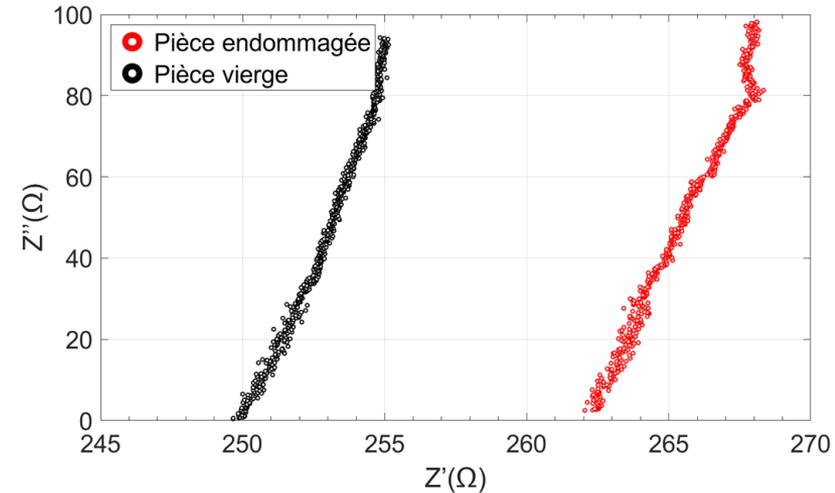
Dimensions défaut :
 Longueur : 3 mm
 Largeur : 1 mm
 Profondeur : 2,5 mm

$$Z = Z' + jZ''$$

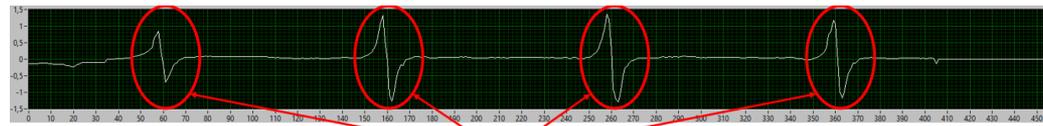
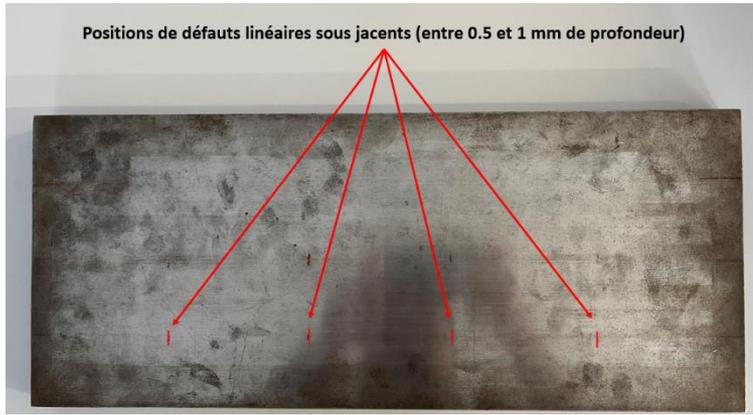
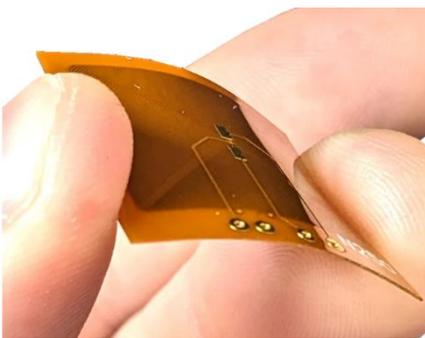
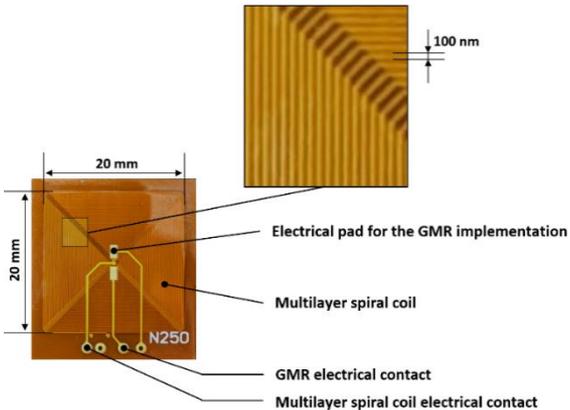
Z' partie réelle de l'impédance

Z'' partie imaginaire de l'impédance

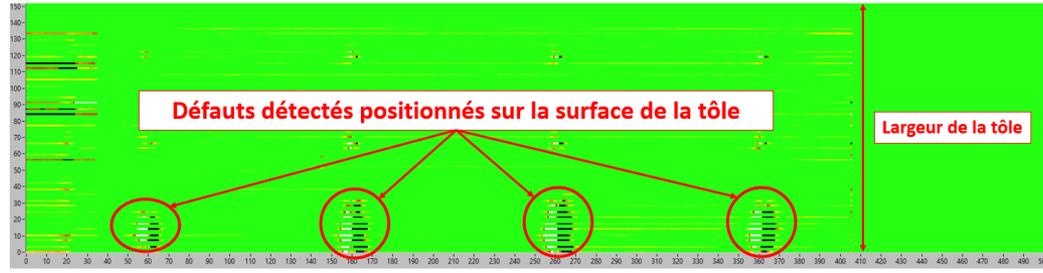
Analyse Impédance avec Balayage en fréquence 0 → 5MHz



Détection de fissure sous jacente longueur 20mm



Indications correspondant aux défauts détectés en fonction du temps



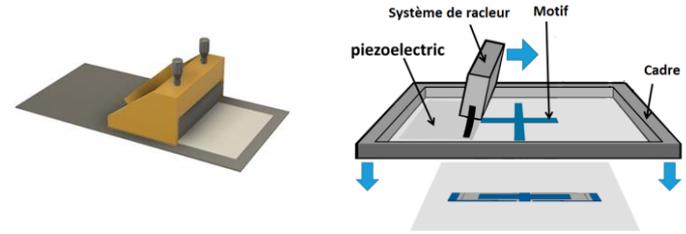
Défauts détectés positionnés sur la surface de la tôle

Largeur de la tôle

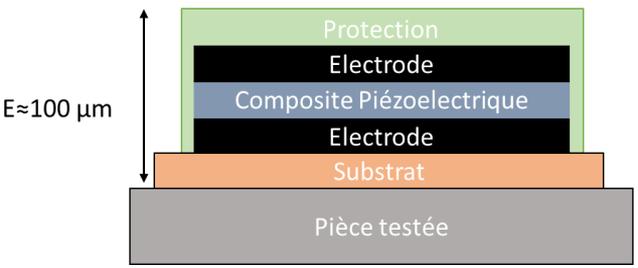
Longueur de la tôle

Capteurs Ultrason – Mode de fabrication

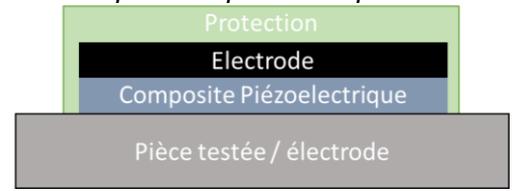
Sérigraphie



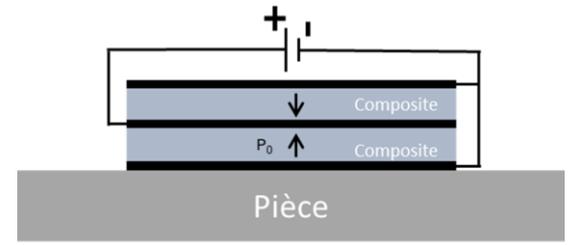
Capteur collable



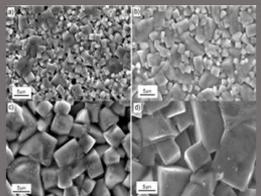
Capteur Imprimé sur pièce



Capteur Mono ou Multi Stacks

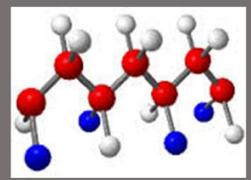


Particules



PZT, BaTiO₃,
LiNbO₃, etc.

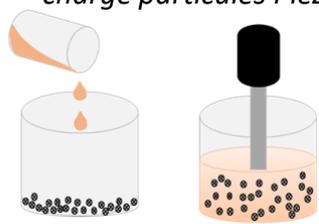
Matrice



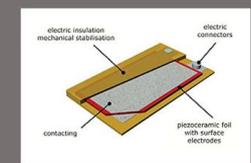
PU, Polyimide,
Epoxy, etc.

Fréquence paramétrable via l'épaisseur encre piézo composite

Puissance (coeff d33) et flexibilité du capteur paramétrable fonction de la charge particules Piézo électrique

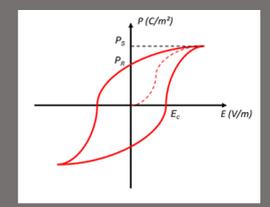


Mise en œuvre



Dépôt,
polymérisation

Polarisation

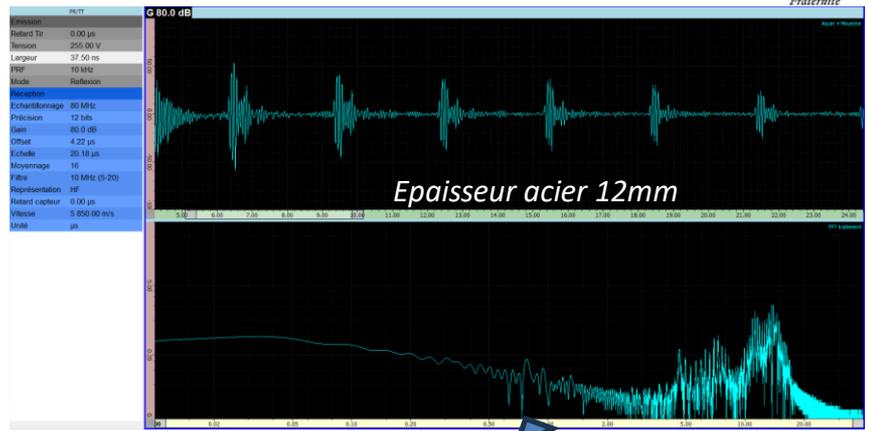
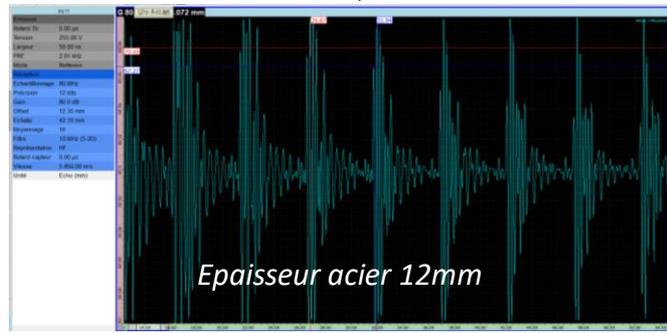
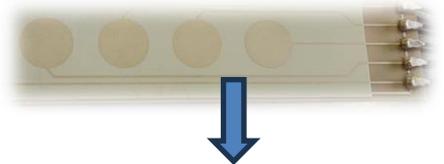


Température,
temps, champ électrique, etc.

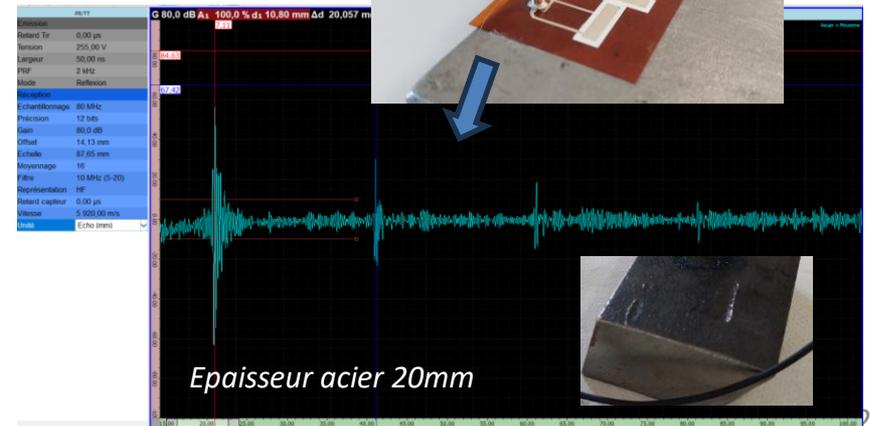
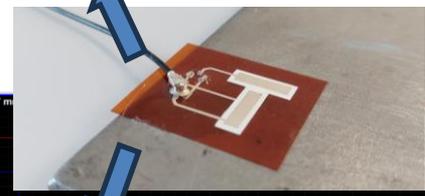
Capteurs Ultrason – Application mesure épaisseur

**Capteur collé encre base BaTiO3
Autocollant (double face)**

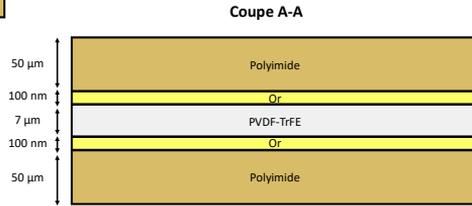
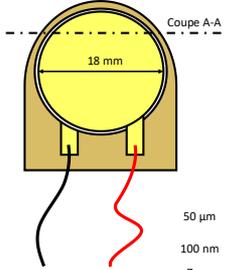
Multi Sensor



Mono Sensor

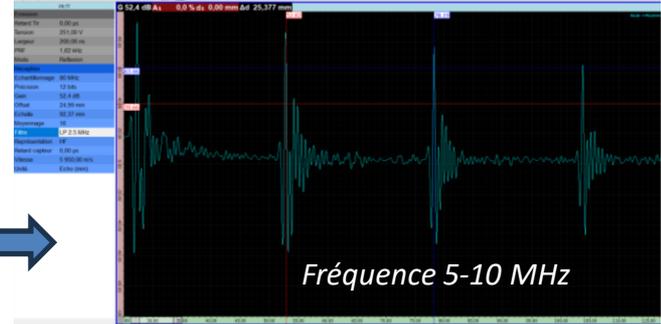
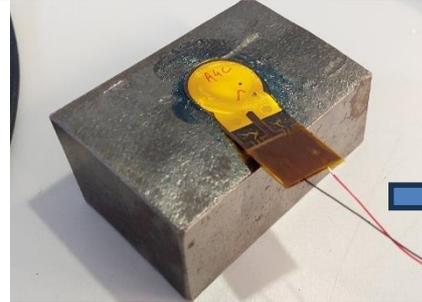


Capteur collé - encre base PVDF « boosté » Couplage graisse / gel

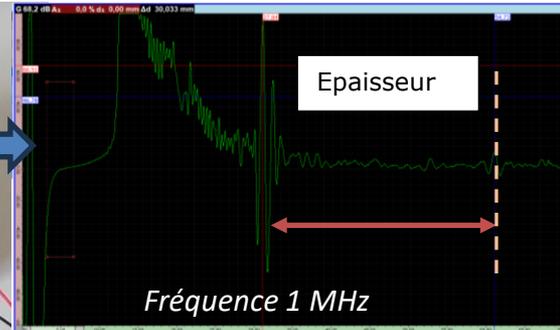
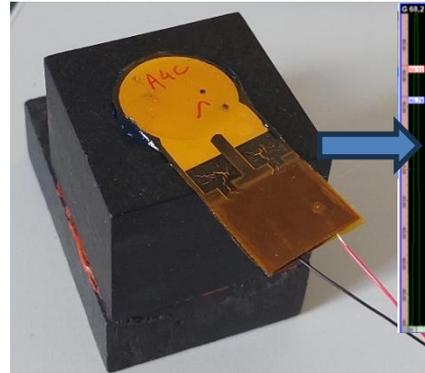
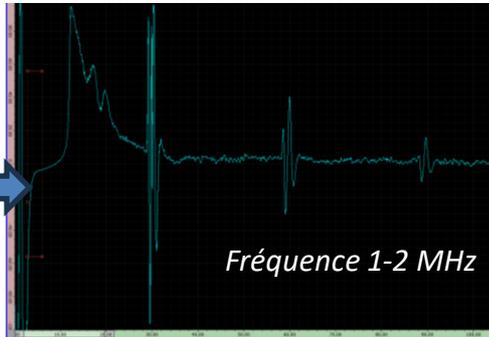


Encre PVDF permet d'obtenir des capteurs US fin très souple et solide

Mesure sur morceau de tube acier d'épaisseur de 25mm

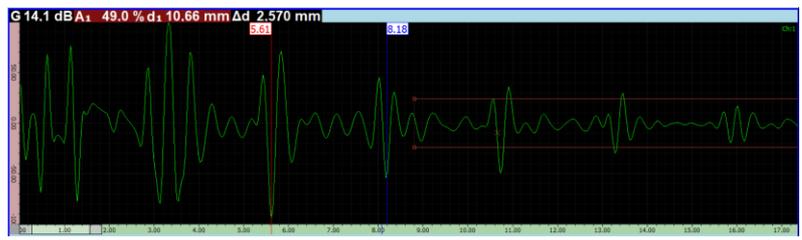
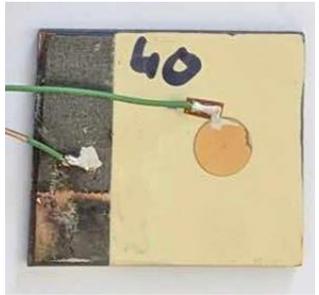
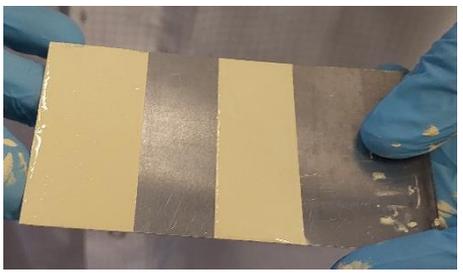


Mesure polymère type silicone épaisseur 8mm

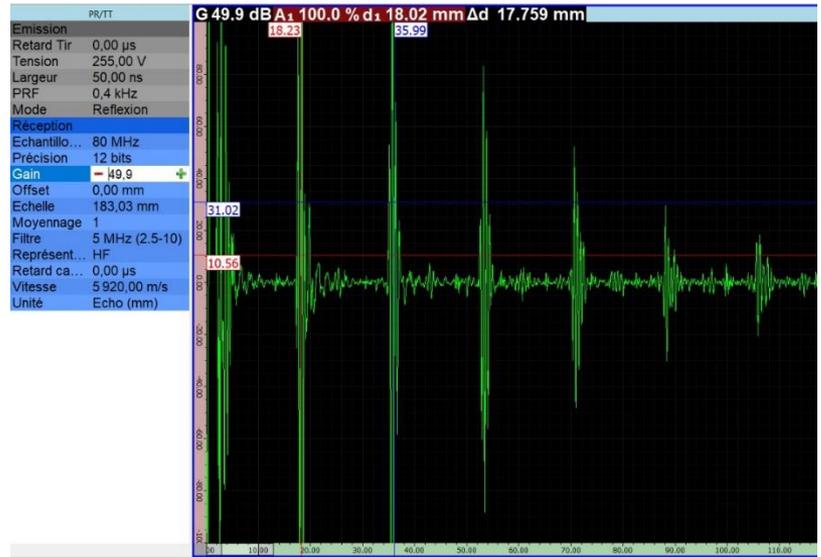


Capteurs Ultrason – Imprimé sur pièce

Capteur US sur tôle 2,5mm



Capteur US sur tube acier



Electroniques, mode de mesures et IHM associé

Carte Ultrason x4voies //



Très faible consommation électrique 2 à 4Watts



Enregistrement des données de façon séquencée et programmable



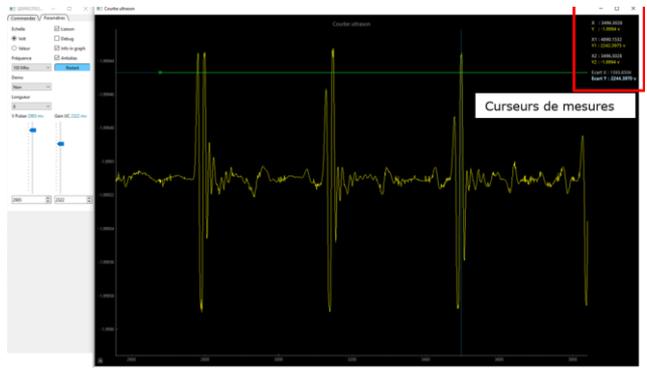
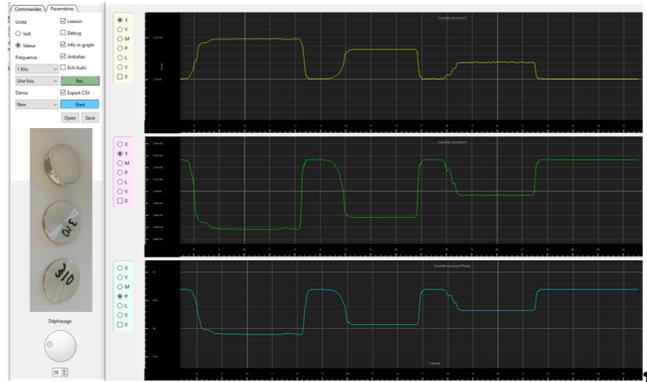
Module associé pour stockage de données et communication Bluetooth

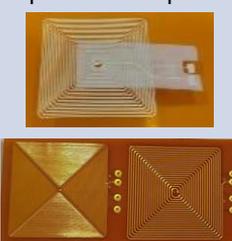
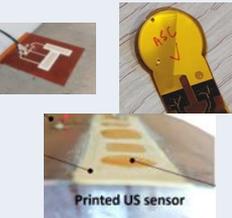


Carte Courant de Foucault Emission réception séparées



Possibilité de passer à X Voies parallèles



Type de capteurs	Dimensions, caractéristiques	Applications	Tenue mécanique et thermique	Process de fabrication
<p>Capteurs CF imprimée</p> 	<p>Diamètre 5 à 50mm – épaisseur Kapton + piste : 200µm Large piste bobine ~100µm Possible multicouches fonction techno de fabrication Large configuration possible avec multiplication nombre émetteurs et récepteurs</p>	<p>Mesure d'épaisseur sur aciers ferromagnétique (max 4mm), amagnétique (max 10mm) Détection fissure surfacique fine (150µm) ou très proche surface (1mm) matériau métallique</p>	<p>-20°C à +150°C technologie jet d'encre, sérigraphie -20°C à +250°C technologie PCB Flex</p>	<p>Automatisé, réalisation de feuilles complètes de capteurs Cadence limitée pour méthode jet d'encre et sérigraphie sur pièce</p>
<p>Capteurs US imprimés</p>  <p>Printed US sensor</p>	<p>Tout type de largeur et forme, peu se présenter sous forme de bande ou petit « patch » type timbre Épaisseur de 300 à 500µm fonction encre piézo électrique</p>	<p>Mesure d'épaisseur d'acier jusqu'à 20mm – capteur haute fréquence 5 à 20MHz</p>	<p>Ambiant à +150°C Tenue mécanique variable % charge en piézo-électrique Repolarisation régulière à prévoir dépendant structuration de l'encre piézo-composite</p>	<p>Sur pièce directement : Entièrement manuel, process actuel « artisanal » / adhésion à personnaliser fonction des matériaux (primaire d'accroche) Méthode sérigraphique pour impression sur substrat « autocollant »</p>
<p>Capteurs magnétiques GMR imprimés</p> 	<p>Taille de 10 à 50µm – épaisseur < 10µm – large gamme de mesures Multi axiale dans le plan de la pièce A souder sur support Kapton, PCB</p>	<p>Détection de fissure sous jacente par mesure rémanence magnétique Utilisation pour méthodes de caractérisation magnétique locale (mesure B-H)</p>	<p>-20°C à +100°C Non évalué mais du même type que CF imprimé sur kapton</p>	<p>Semi automatisé dépôt des couches Soudage manuel, possibilité de souder sur machine d'assemblage composants électroniques</p>

- 1) Définition du besoin de détection, mesure, contrôle, nature du matériau
- 2) Choix du type de capteur Ultrason, Courants de Foucault, Magnétique
- 3) Définition du design du capteur, empilement, encre utilisée, substrat, revêtement etc
- 4) Réalisation d'une série de micro capteur 5 / 10-20 / > 20
- 5) Fourniture et aide à la mise en œuvre

