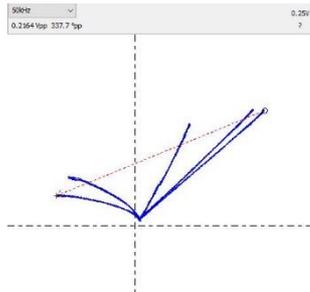
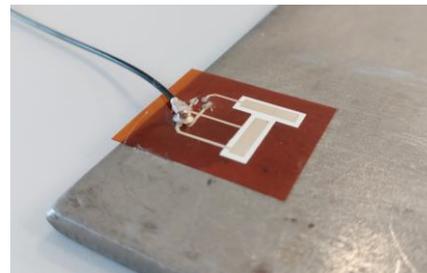


Fabrication par Impression de Capteurs miniaturisés Courants de Foucault, Magnétiques et Ultrasons pour le monitoring, banc de test/essais



Printed Eddycurrent sensor



Printed Ultrasonic sensor



Sommaire

1. Motivations et objectifs du développement
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

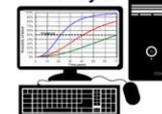
- En tant que systèmes de monitorings (réseau de capteurs), de surveillance de structures (évolution dans des zones critiques) et analyses santé matière



Acquisition et transmission des données



Analyse



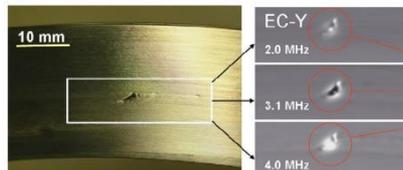
B) Développement pour ces micro capteurs d'une électronique embarquable multi capteurs avec communication sans fil vers l'extérieur



Défauts et analyses recherchés

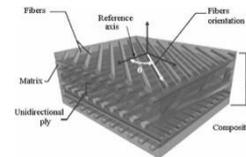
Défauts structurels

Fissures, inclusions, porosité, délaminage, épaisseur

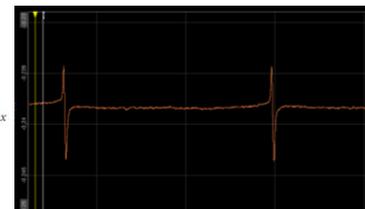
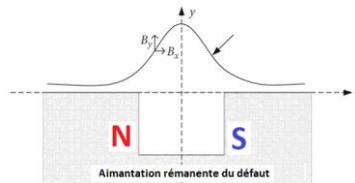


Analyse matière

Corrosion, densité, compactage, orientation fibre



Mesure environnement, champ magnétique de fuite



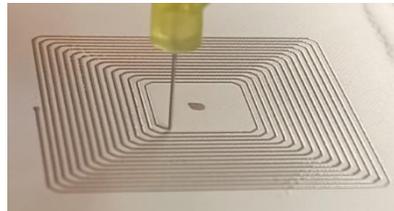
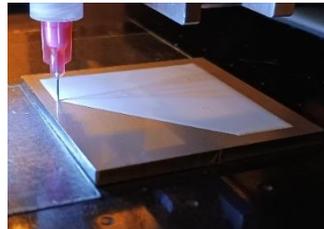
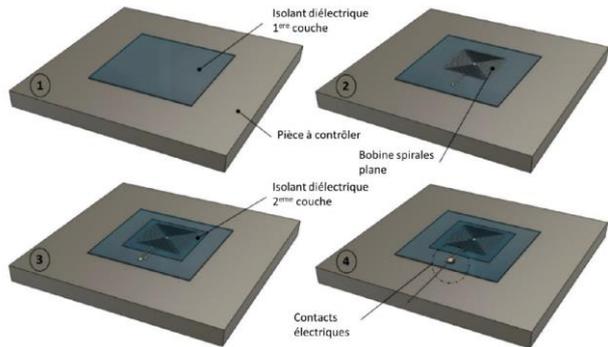
**Impression par distribution
Jet d'encre**

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

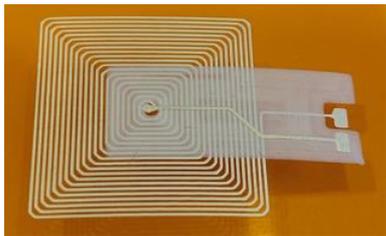
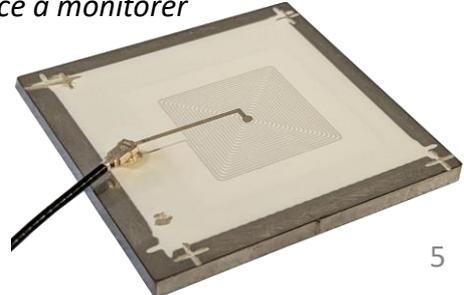
Structure du capteur



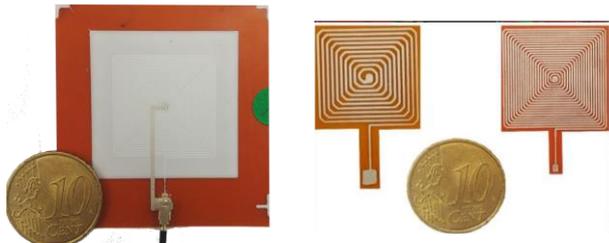
Pièce à contrôler



Impression sur pièce à monitorer



Impression sur support souple Polyimide

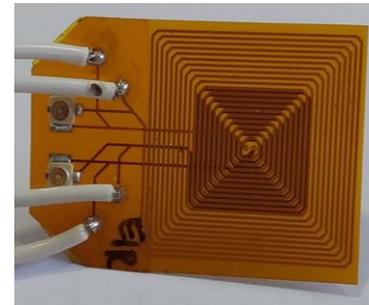
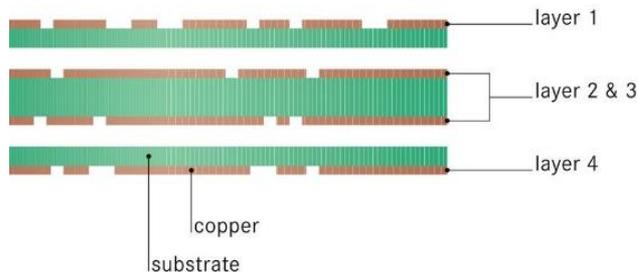
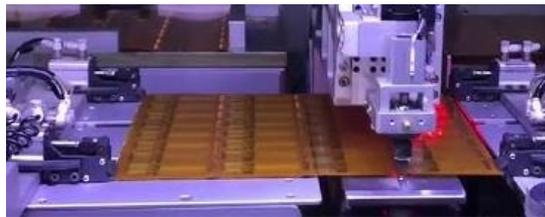


Impression PCB Flex

- 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

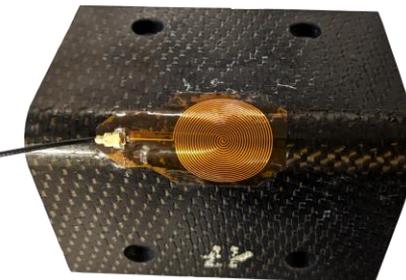
Matériaux : Encre diélectrique (isolation)
 Encre conductrice (bobines et connexions)

Structure du capteur



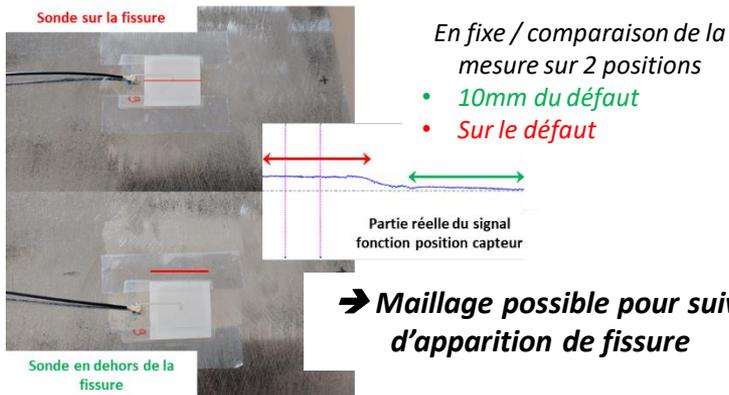
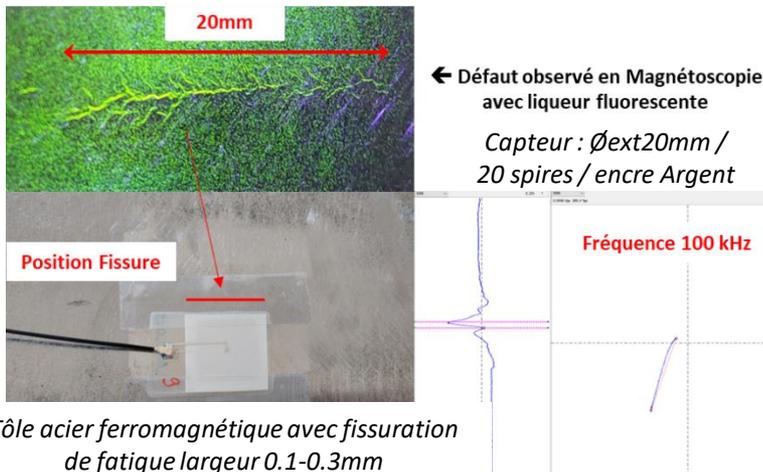
Large gamme de motif

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

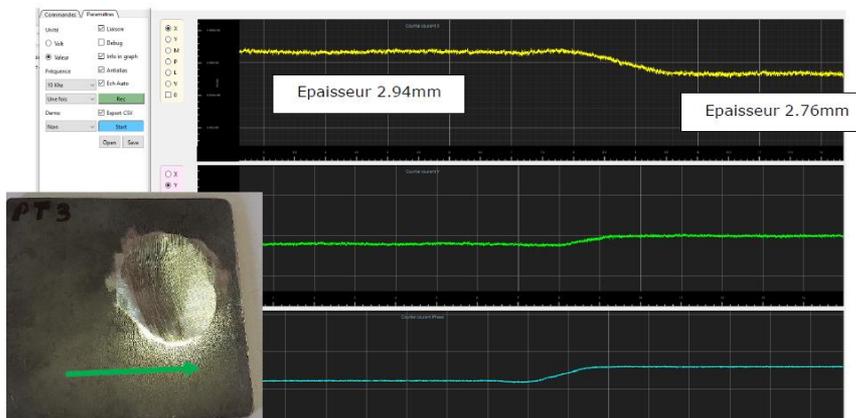
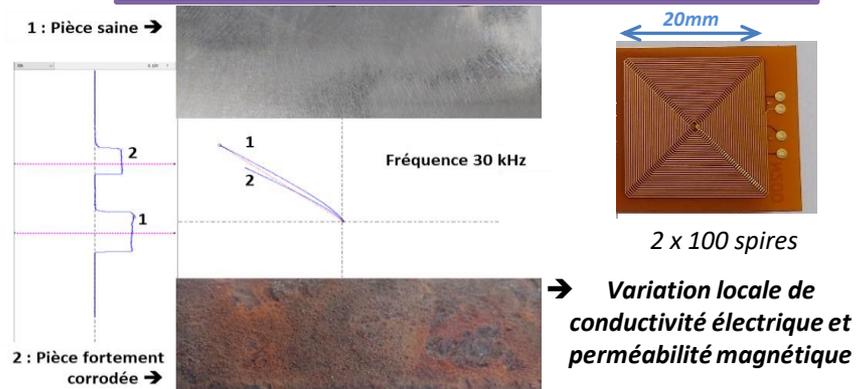


Capteur souple
 Epouse forme pièce

Détection de fissure « naturel »



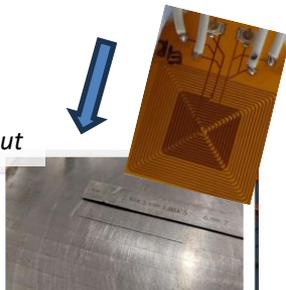
Suivi processus de corrosion et vieillissement acier ferromagnétique



Détection de fissure calibrée

Fissure débouchante de longueur 50mm
Largeur 200 μ m – profondeur 1mm

Passage sur le défaut



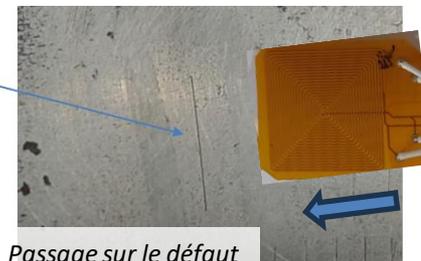
→ Très bonne détection sur des défauts type fissuration en surface

Epaisseur acier inoxydable

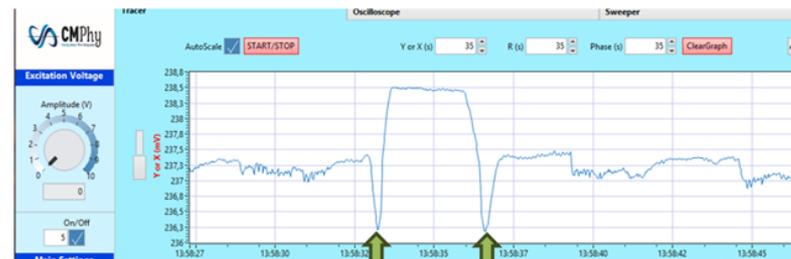
→ Capteur fin et souple : facile à mettre en forme et positionner sur une tuyauterie



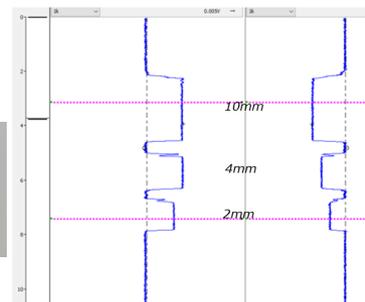
Maquette tuyauterie EDF / Framatome



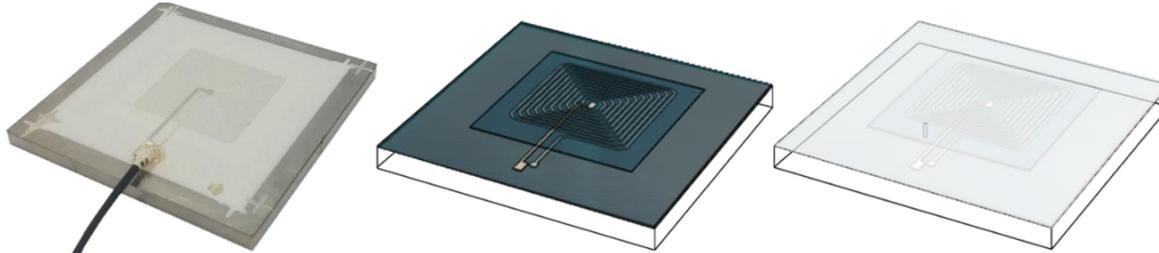
Passage sur le défaut



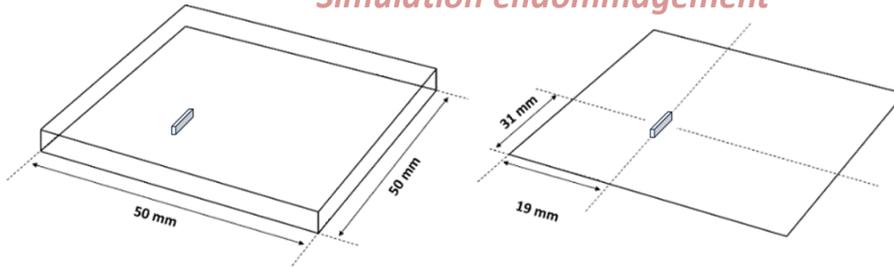
→ Suivi en ligne d'épaisseur acier inoxydable



Capteurs CF imprimés sur pièce



Simulation endommagement



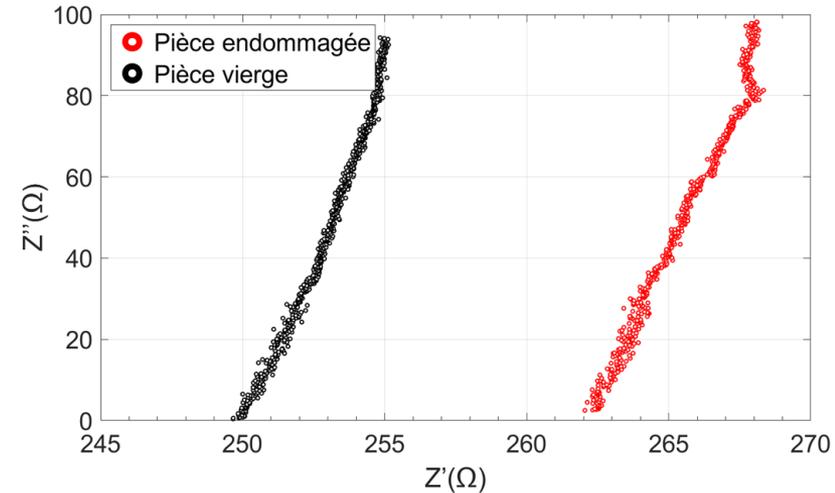
Dimensions défaut :
 Longueur : 3 mm
 Largeur : 1 mm
 Profondeur : 2,5 mm

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

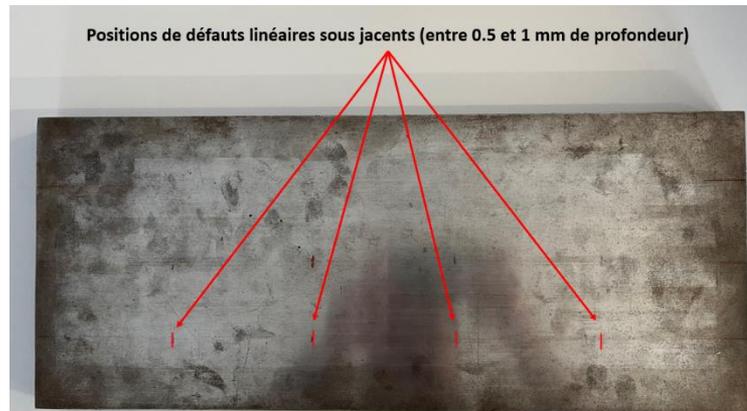
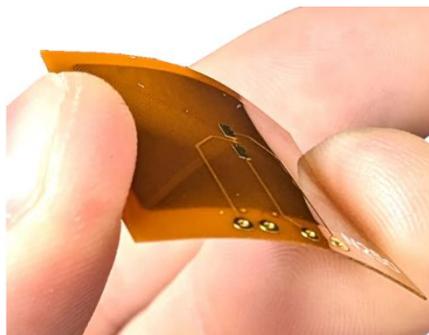
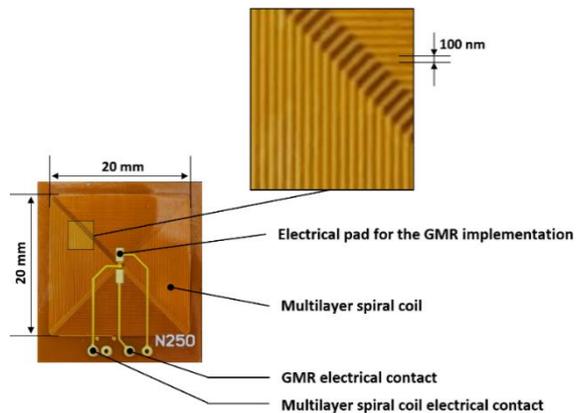
Z' partie réelle de l'impédance

Z'' partie imaginaire de l'impédance

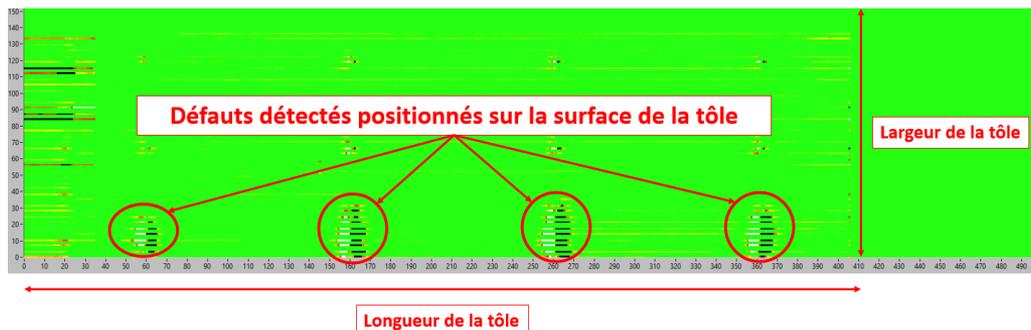
Analyse Impédance avec Balayage en fréquence 0 → 5MHz



Détection de fissure sous jacente longueur 20mm

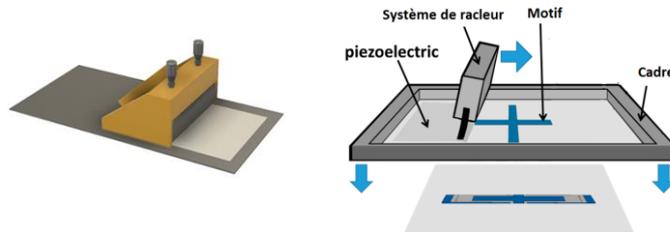


Indications correspondant aux défauts détectés en fonction du temps

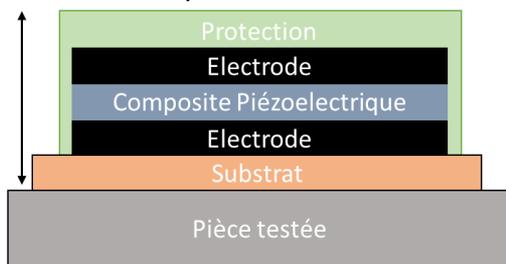


Capteurs Ultrason – Mode de fabrication

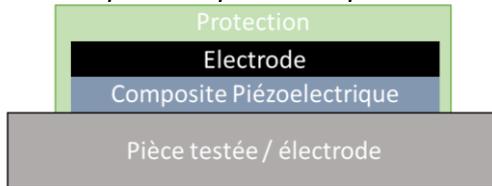
Sérigraphie



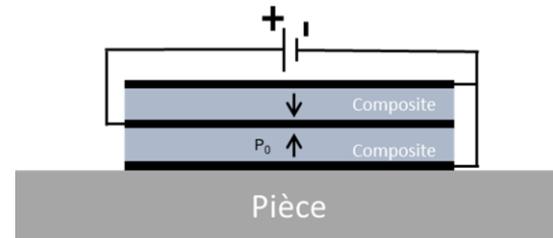
Capteur collable



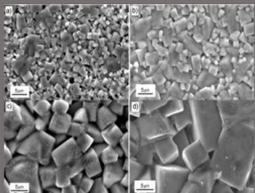
Capteur Imprimé sur pièce



Capteur Mono ou Multi Stacks

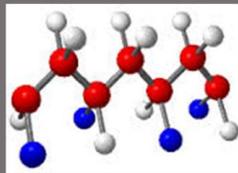


Particules



PZT, BaTiO₃,
LiNbO₃, etc.

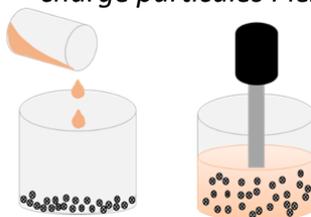
Matrice



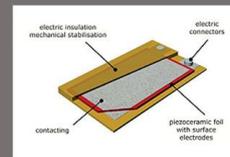
PU, Polyimide,
Epoxy, etc.

*Fréquence paramétrable via l'épaisseur
encre piézo composite*

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

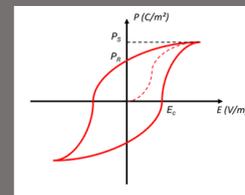


Mise en œuvre



Dépôt,
polymérisation

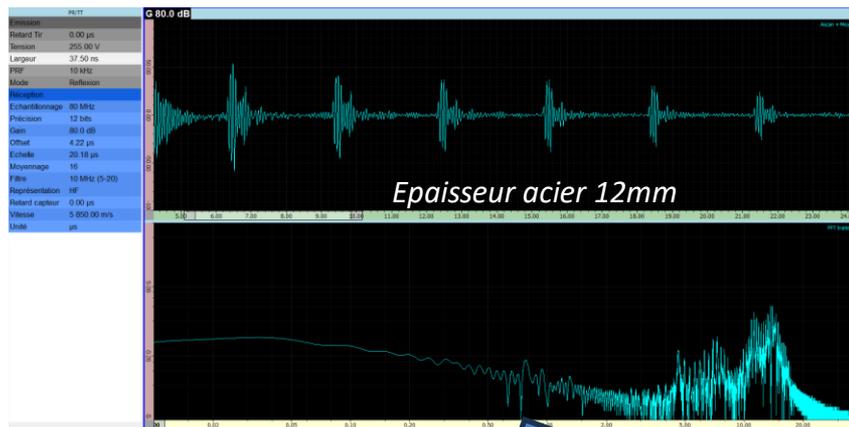
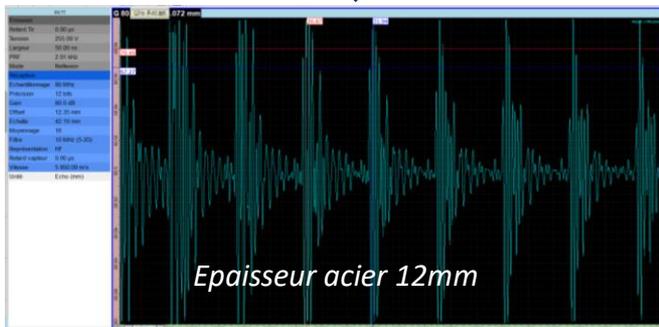
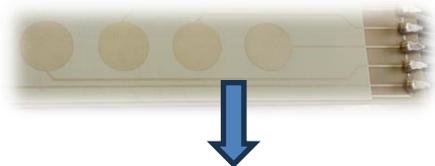
Polarisation



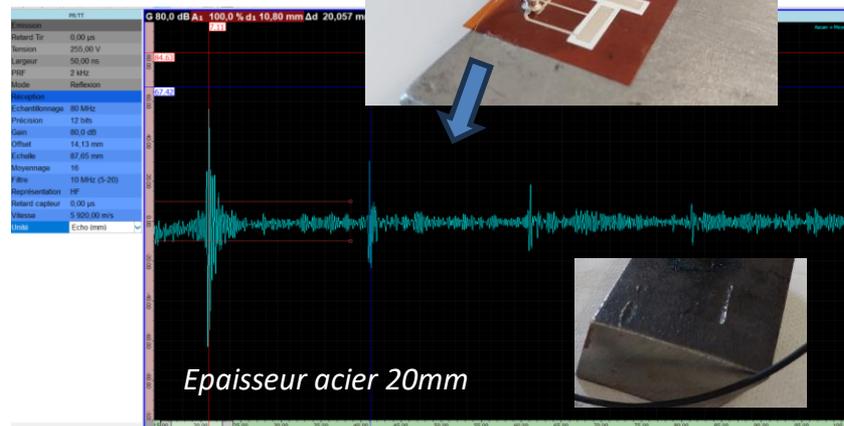
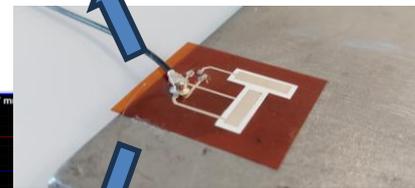
Température,
temps, champ
électrique, etc.

**Capteur collé
Autocollant (double face)**

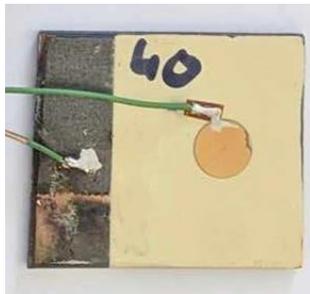
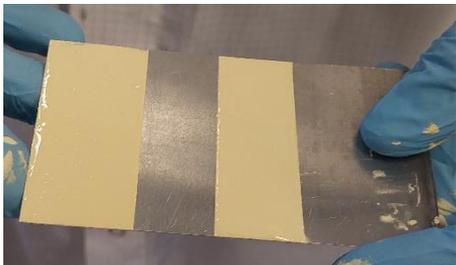
Multi Sensor



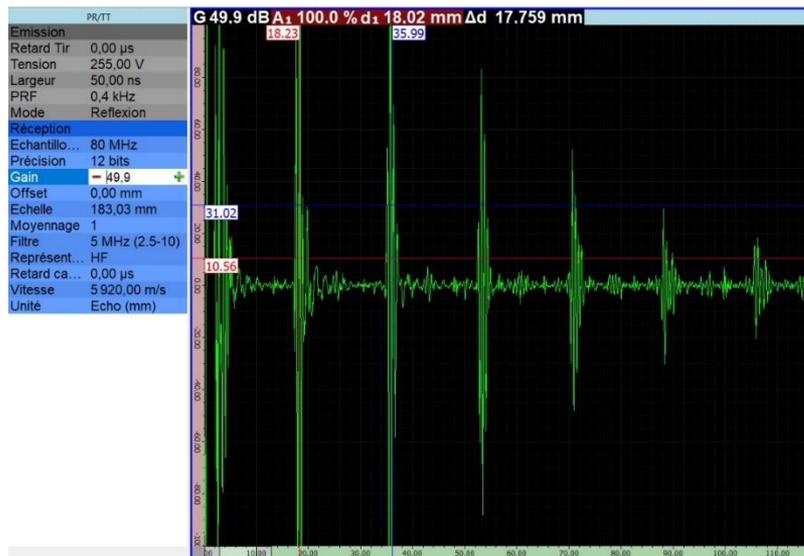
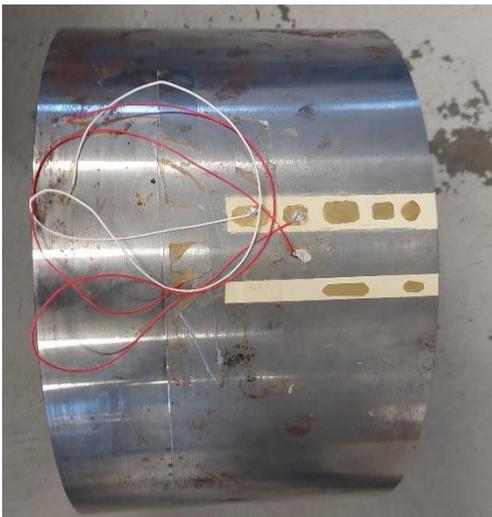
Mono Sensor

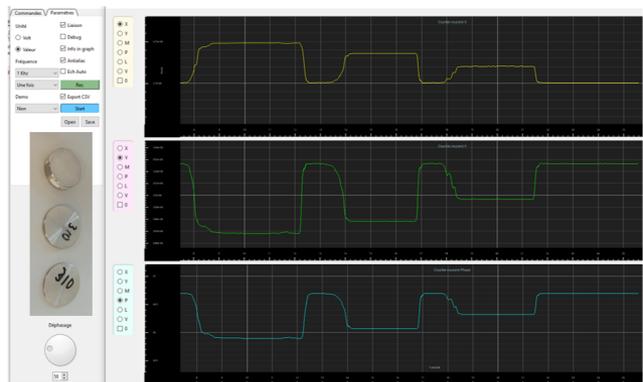


Capteur US sur tôle 2,5mm



Capteur US sur tube acier





Carte Ultrason x4voies //



Très faible
consommation
électrique 2 à 4Watts



Enregistrement des
données de façon
séquentielle et
programmable



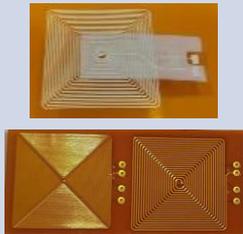
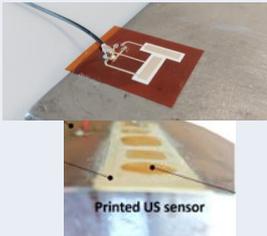
Carte Courant de Foucault
Emission réception séparées



Possibilité de passer à
X Voies parallèles

Module associé pour
stockage de données et
communication Bluetooth



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