

## ○ Historique & Contexte

Cette plateforme a connu deux développements majeurs :

- Un premier, dans le cadre du FUI ACCEA, qui a permis de développer des protocoles et méthodes de mesures volt-ampèremétriques,
- Un deuxième, avec le projet Smart Sensor du RFI Wise qui a rendu possible un investissement conséquent en apportant des moyens multi-techniques et de gestion de température des échantillons.

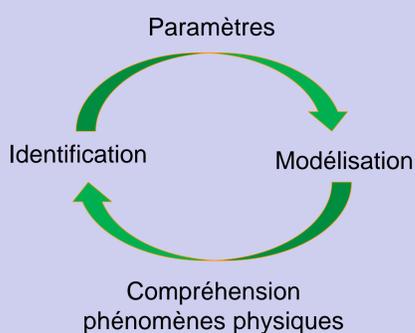
## ○ Liens aux activités du laboratoire

Cette plateforme est un outil important pour les travaux de l'équipe *Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques* (MDE) notamment sur le thème *Induction et Matériaux complexes*.

Elle a permis en particulier des développements importants sur la caractérisation des propriétés électriques des matériaux à fibres de carbone.

## ○ Objectifs

- Validation expérimentale des modélisations faites sur le Contrôle Non Destructif des matériaux composites
- Identification des conductivités électriques de matériaux à structure complexe
- Interaction Identification ↔ Modélisation
  - ✓ Mesures des propriétés électriques (ex. conductivité électrique d'un échantillon), par grandeurs intermédiaires (ex. résistance électrique)



## ○ Verrous scientifiques

- Verrou 1 : Matériaux complexes, fortement anisotropes, hétérogènes, position aléatoire de certains constituants, multi-couches
- Verrou 2 : Sensibilité des propriétés électriques à la température
- Verrou 3 : Protocole de mesures à imaginer

## ○ Points forts

- Plateforme multi technique :
  - Volt Ampèremétrie (DC, AC)
  - Impédancemétrie
  - Inducto-Thermie
  - Courants de Foucault
  - Ultrason
- Cartographie des propriétés
- Identification en fonction de la température
- Développement de protocoles de mesures dédiés aux matériaux composites et leurs constituants.

## ○ Mise en oeuvre

- Lieu d'hébergement : IREENA
- Système de mesure de  $\mu\text{Ohm}$  de chez Keithley (source 6200, nanovoltmètre 2182A)
- Impédance mètre MTZ-35 de chez Biologic
- Enceinte chauffante avec son porte-échantillon HTF 1100 de chez Bio-Logic
- Appareil Courants de Foucault multi éléments MIZ-200 de chez Zetec
- Appareil Courants de Foucault et Ultrason UE1 de chez Testia
- Système positionnement deux axes pour cartographie réalisés par CMPHY
- Chuck chauffant pour mesures 4 pointes de chez Microtest



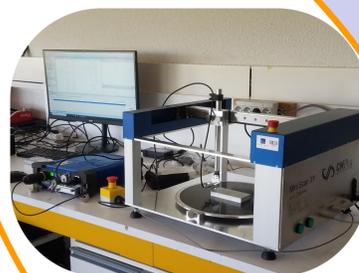
Chuck chauffant pour mesures 4 pointes

- 60 m<sup>2</sup> occupés
- 150 k€ d'investissement : F2i, Feder, Région, Fonds propres
- 4 thèses impliquées (1 en cours et 3 soutenues)
- 15 de publications associées (4 ACL, 11 ACTI ...)

## ○ Quelques chiffres clés



Impédance mètre avec enceinte chauffante



Banc CND par Courant de Foucault avec cartographie xy



Banc CND par thermo-induction

## ○ Résultats

- Mise en place de protocoles
- Meilleure appréhension des phénomènes de percolation entre les plis
- Etude pour partenaires : plaque bipolaire pour pile à combustible, Impression 3D
- Publications de référence :
  - ✓ [ACL] B. Kane, A. Pierquin, G. Wasselynck and D. Trichet, "Coupled Numerical and Experimental Identification of Geometrical Parameters for Predicting the Electrical Conductivity of CFRP Layers", IEEE Transactions on Magnetics 56 (2), January 2020
  - ✓ [ACTI] H. Chebbi, D. Prémel, A. Ba, G. Berthiau, H. K. Bui, G. Wasselynck, "Semi-Analytical modeling of eddy current inspection of multilayered, anisotropic and homogeneous media", Compumag 2019, Paris, July 2019

## ○ Partenaires

- Académique : InductiNet, GIS E-CND PdL, Université de Bouira (Algérie), NDT On Air, CEA
- Industriel : IRT Jules Verne, RFI Wise

## ○ Perspectives

- Vers le Process Monitoring
- Vers les propriétés magnétiques
- Intégration des contraintes mécaniques