

## ○ Historique & Contexte

Développement d'une technique innovante de soudage par induction des matériaux composites à matrice thermoplastique. Premières études de faisabilité réalisées en 1996, en partenariat avec Airbus Group.

L'objectif est de lever les verrous technologiques bloquant le développement à grande échelle du soudage par induction des composites dans les secteurs aéronautique et automobile en rupture avec les techniques classiques (induction plus rapide et beaucoup moins énergivore).

## ○ 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 compréhension de la circulation des courants induits dans des structures très fortement hétérogènes, l'instrumentation de problèmes électrothermiques fortement couplés et la validation des codes de calcul développés par l'équipe.

## ○ Objectifs

- Lever des verrous technologiques qui bloquent le développement à grande échelle du soudage des composites thermoplastiques pour les secteurs aéronautique et automobile

- Réaliser des essais expérimentaux permettant de valider les modélisations multi-physiques et multi-échelles du soudage par induction des matériaux composites

- Comprendre et intégrer la dynamique des changements de phases des résines thermoplastiques soumises à un chauffage inductif rapide

- Maîtriser l'instrumentation du procédé (thermocouples, réseaux de Bragg, caméra IR)

## ○ Verrous scientifiques

- Verrou 1 : Maîtrise de l'interaction d'une onde électromagnétique BF avec des matériaux complexes, fortement anisotropes, hétérogènes, multicouches avec position aléatoire de certains constituants

- Verrou 2 : Design inducteur pour la maîtrise de la zone de transfert de puissance électromagnétique afin de permettre un chauffage homogène

- Verrou 3 : Instrumentation électrique et thermique en milieux fortement perturbés

## ○ Points forts

- Unique centre de compétences à proposer à la fois les outils de modélisation pour le dimensionnement des installations et les capacités expérimentales qui leur sont associées

- Partenariat avec les 2 IRT sur le soudage par induction des matériaux composites (Jules Verne à Nantes et Saint-Exupéry à Toulouse)

- Partenariat avec les principaux donneurs d'ordres de l'industrie aéronautique (Airbus depuis 1996, Daher, Stelia, Hutchinson, Safran, ...)

- Savoir-faire unique sur la compréhension des phénomènes de percolation électrique dans les matériaux stratifiés à fibres longues

## ○ Mise en oeuvre

- Lieu d'hébergement : site IREENA / IRT Jules Verne, site Airbus Nantes

- 3 générateurs induction à l'IREENA

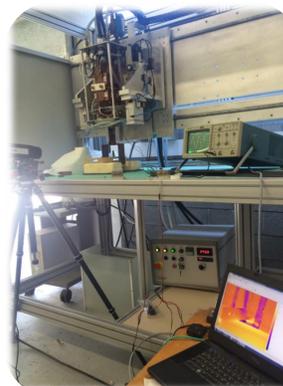
- ✓ Triode 20kW, 30kHz-100kHz
- ✓ MOS 12kW, 100kHz-300kHz
- ✓ MOS 6kW, 500kHz-2MHz

- Matériels disponibles

- ✓ Centrale d'acquisition thermocouples 32 voies
- ✓ Caméra infrarouge 250Hz
- ✓ Système de positionnement de tête de soudage avec asservissement optique
- ✓ Système d'acquisition Réseau de Bragg (en partenariat avec le GEM pour consommable)
- ✓ Système de mise sous vide



Banc 3D Airbus MP16 / IREENA



Banc 1D IREENA



Banc 3D IRT JV / IREENA V1



Banc 3D IRT JV / IREENA V2

- 50 m<sup>2</sup> occupés à l'IREENA (3 espaces autour de 3 générateurs induction)

- > 200k€ d'investissement IREENA (Projet Région, PIA Sideffect, Pôle Compétitivité MP16, FEDER), > 5M€ sur autres plateformes

- 7 thèses impliquées (1 en cours et 6 soutenues)

- 40 publications associées (15 ACL, 25 ACTI)

## ○ Quelques chiffres clés

## ○ Résultats

Parmi les apports de la plateforme en terme de production scientifique :

- 3 dépôts de brevet + 2 brevets en cours de dépôt

- D. Trichet, F. Chotard, J. Fouladgar, « Induction welding process for welding two parts using at least one susceptor comprising discontinuous conductive elements, and assembly of at least two parts obtained using said induction welding process », Patent number: US 2020/0156326 A1, Date of Patent: May 21, 2020, Applicant: Airbus Operations (SAS)

- Communication scientifique (revues ou conférences internationales ; communication en salon (JEC), SAMPE, ...)

## ○ Partenaires

- Académique : InductiNet, Université de Bouira (Algérie), LTEN, GEM, Université de Sogang (Séoul, Corée du Sud), Kharkiv Polytechnic Institute (Ukraine), IRT Jules Verne

- Industriel : AIRBUS Group, STELIA, HUTCHINSON, Cetim, AviaComp, DAHER, LATECOERE

## ○ Bilan & Perspectives

- Expertise unique sur l'interaction des ondes BF avec des matériaux à fibres de carbone stratifiés

- Amélioration de la focalisation de la puissance par la fonctionnalisation électrique et magnétique du composite ou de l'outillage

- Intégration des matériaux à point de Curie dans les nouvelles générations de procédés d'élaboration