



Descriptif de fonction :		N° Fiche : DER/
Titre de la fonction exercée : Doctorant : « Maitrise de la qualité des interfaces dans les procédés composites à matrice thermoplastique »		
Direction : DER (Direction de l'Expertise et de la Recherche)	Service : Procédés & Matériaux Composites	
Fonction du N+1 : RERT	Lieu de Travail : LTEN, déplacements ponctuels à l'IRT JV (Bouguenais)	
Type de contrat : CDD (doctorant)	Date de début : 01/10/23	
Durée du contrat : 3 ans	Statut : Cadre	

Présentation de l'IRT JULES VERNE

L'IRT Jules Verne est un centre de recherche mutualisé dédié au développement des technologies avancées de production et vise l'amélioration de la compétitivité de filières industrielles stratégiques. Le cœur d'activité de l'IRT consiste à transposer et intégrer des développements scientifiques matures ou des concepts techniques émergents dans les processus industriels liés à la production et la fabrication.

L'IRT est centré sur les besoins de 4 filières industrielles stratégiques :

- Aéronautique (Airbus, Daher, Stelia, Safran, Dassault Aviation, Zodiac, Latécoère,...),
- Automobile (PSA, Renault, Faurecia, Plastic Omnium, Valeo, ...),
- Energie renouvelable (General Electric, Siemens,...)
- Navale (Naval Group, Chantiers de l'Atlantique...).

Les équipes mènent des recherches en mode collaboratif en s'associant à des entreprises qui développent et déploient des solutions pour l'usine du futur (machines et équipements de production, outillages, robots, logiciels de production, ...) ainsi qu'aux meilleurs académiques dans le domaine du manufacturing.

Au sein de l'IRT Jules Verne, la R&D est organisée autour de trois domaines, la **Conception Intégrée Produits/Procédés**, Les **Procédés Innovants de Fabrication** et les **Systèmes Flexibles et intelligents** dans lesquelles les Equipes de Recherche Technologiques (ERT) Modélisation et Simulations, Procédés Composites, Procédés additifs & Métalliques (PMM), Contrôle & Monitoring et Robotique & Cobotique travaillent en synergie pour proposer les innovations et briques technologiques nécessaires au développement des technologies avancées de production.

Créé en 2012, les chiffres clés de l'IRT Jules Verne sont les suivants :

- 75 membres et partenaires industriels et académiques.
- 25 M€ de chiffre d'affaires annuel, et un portefeuille cumulé représentant 130 M€ de projets de recherche depuis sa création.
- 110 personnes et 15 M€ d'équipements de recherche structurants.
- 35 brevets déposés.

Présentation du contexte

L'équipe de recherche technologique Procédés & Matériaux Composites, composée d'une vingtaine de personnes (Docteurs, Ingénieurs & Techniciens), est en charge de développer et déployer des technologies innovantes dans les cinq thématiques de la feuille de route de l'IRT Jules Verne :

- La mobilité dans l'espace industriel
- La flexibilité de la production
- L'assemblage
- Les procédés de préformage et formage
- Les procédés de fabrication additive

L'ERT PMC développe en particulier des activités et des compétences dans les technologies de Préformage textiles, de Formage ainsi que d'Assemblage de Composites Thermodurcissables et Thermoplastiques et d'hybrides Composites/Métal. Pour cela, l'ERT PMC s'appuie sur des relations de confiance établis avec des industriels clés (Airbus, Faurecia, GE, Naval Group, Safran, ...), des académiques (Université de Nantes, Ecole Centrale de Nantes, Institut Mines Telecom Atlantique, CNRS,...), des centres techniques comme le CETIM ou le CTI-PC.

L'équipe est chargée de repérer et de relier un large spectre de compétences issues de disciplines scientifiques variées (exploitation et transfert des résultats scientifiques) et de secteurs industriels différents (fertilisation croisée et transfert technologique entre filières) pour élaborer des réponses innovantes aux enjeux technologiques de l'IRT Jules Verne. Les développements technologiques sont à mettre en perspectives avec les 4 secteurs d'activités industriels clés de l'IRT JV : l'aéronautique, l'automobile, les énergies renouvelables et la construction navale.

Les projets menés dans l'ERT PMC sont de natures variées allant des projets collaboratifs multi partenaires industriels de l'IRT JV, de la recherche sur contrat mono partenaire et sur des projets européens. L'ERT PMC est investie dans des projets de R&D de taille variable allant de la prestation à des projets de plusieurs millions d'euros.

Afin d'aider les partenaires industriels à garder une longueur d'avance technologique, l'IRT Jules Verne a créé le programme PERFORM (Programme de Recherche Fondamentale et de Ressourcement sur le Manufacturing) qui stimule le développement de la recherche amont par le financement de grappes de thèses de doctorats portant sur des problématiques industrielles identifiées. Le programme est cogéré par l'IRT Jules Verne et ses partenaires industriels et académiques.

Laboratoire d'accueil

Créé en 1967, le Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (LTEN), Unité Mixte de Recherche du CNRS (UMR 6607) regroupe aujourd'hui près de 75 personnes sur le site de Polytech Nantes. Il est structuré en 2 axes de recherche : Transfert dans les Fluides et les Systèmes Energétiques (TFSE) et Transfert Thermique dans les Matériaux et aux Interfaces (TTMI). Dans ce dernier axe, une équipe s'est spécialisée, depuis plus de 30 ans, dans le contrôle et la maîtrise thermique des procédés d'élaboration de polymères et composites.

Le laboratoire est notamment reconnu pour son expertise dans l'analyse fine des phénomènes multi-physiques mis en jeux lors de l'élaboration de matériaux. Il a ainsi développé, toujours en interaction avec le monde industriel, des bancs d'essais originaux permettant de caractériser les phénomènes physiques au plus près des conditions réelles des procédés. Avec cette vision du thermicien, des outils et méthodes allant de la caractérisation au recyclage des composites à matrice polymère, en passant par l'optimisation et le contrôle du procédé, sont mis au service des utilisateurs et de grands codes de calcul.

Nos travaux font l'objet de collaborations scientifiques avec d'autres centres tant à l'échelle française qu'à l'échelle internationale. Ainsi le laboratoire a développé depuis plusieurs années une expertise dans le domaine de la qualification des interfaces de composites à matrice thermoplastique.

Missions principales

Description du sujet de thèse

- Intitulé de la thèse : « Développement anisotherme de l'adhésion entre deux composites thermoplastiques – Modélisation, caractérisation et application à des procédés industriels. »
- Etablissement d'enseignement supérieur où sera inscrit le doctorant : Nantes Université
- Ecole doctorale : SIS (Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes)
- Laboratoire où s'effectuera la thèse : LTEN
- Directeur de la thèse : LE CORRE Steven

L'utilisation de matériaux composites à matrice thermoplastique pour la fabrication de pièces aéronautique représente une solution pertinente pour répondre aux défis environnementaux puisque ces matériaux permettent de réduire la masse des avions et donc de réduire leurs émissions de CO2. De plus, les matériaux thermoplastiques

laissent entrevoir des perspectives, de réparabilité et de recyclage, inenvisageables avec des matrices thermodurcissables.

Toutefois, la mise en œuvre (consolidation, soudage, surmoulage, ...) des matériaux composites à matrice thermoplastique hautes performances représente un vrai défi puisqu'elle fait intervenir des phénomènes physiques complexes et couplés. Interviennent d'une part des phénomènes volumiques (mécanique, thermique, transformations physico-chimiques...) ; et d'autre part des phénomènes interfaciaux d'adhésion (contact intime, coalescence, cicatrisation...). Ainsi il convient d'aborder des problématiques aussi diverses que la rhéologie, la thermomécanique et la physico-chimie (reptation, fusion, cristallisation, co-cristallisation, vieillissement, adhésion).

En particulier, les procédés de dépose de bande (Automatic Fibre Placement AFP), de soudage et de surmoulage doivent être maîtrisés pour qu'un jour l'utilisation des matériaux composites à matrice thermoplastique hautes performances puissent se généraliser. Ces procédés nécessitent de maîtriser le développement de l'adhésion entre deux polymères thermoplastiques en conditions thermiques anisothermes et à dynamique rapide (chauffage et refroidissement rapides).

Le laboratoire de thermique et énergie de Nantes développe depuis une dizaine d'année des activités fortes autour de l'adhésion polymères/polymères, qu'ils soient renforcés au non. Des modèles récents ont été développés sur les différentes étapes, mais sous des conditions encore trop éloignées des procédés industriels [AVE20, AVE21]. Les travaux ont jusqu'ici été effectués sur deux substrats en conditions thermiques homogènes et symétriques (même température, même vieillissement, même empilement). De plus, les cycles de chauffage et de refroidissement sont encore relativement lents (quelques secondes) par rapport à des procédés rapides (surmoulage sur substrat froid, AFP, estampage...) [LEP22, LEM22].

Le sujet de thèse proposé vise à développer une meilleure compréhension du développement de l'adhésion en mode anisotherme (dissymétrique). L'objectif principal est d'identifier et de modéliser les cinétiques d'adhésion (degré de cicatrisation et degré de contact intime) sous conditions de chargement thermique rapide (chauffage comme refroidissement). Les modèles développés seront finalement implémentés dans des simulations de cas industriels ou semi-industriels. L'applicabilité de ces modèles à des cas industriels pourra alors être investiguée.

Rattaché(e) au responsable de laboratoire et au RERT (responsable d'équipe de recherche technologique), il/elle aura en charge les missions suivantes :

Liste des missions (non-exhaustive) :

- Réalisation du travail de thèse :
 - La 1ère année de thèse sera consacrée à la prise en main du sujet à travers notamment une étude bibliographique complète, à la prise en main du banc expérimental du LTEN et à son optimisation vis-à-vis des besoins de la thèse.
 - La 2ème année sera principalement consacrée aux campagnes expérimentales, à l'identification des cinétiques d'adhésion et à l'implémentation de ces modèles dans les codes de calcul éléments finis.
 - La 3ème année sera dédiée à la finalisation des travaux, et à la rédaction du manuscrit de thèse.
- Valorisation des résultats obtenus en participant à des conférences nationales et internationales et en publiant dans des revues scientifiques.
- Participation aux activités de l'IRT Jules Verne et du LTEN.

[LEM22] : Le Mouellic, P., Boyard, N., Bailleul, J. L., Lefevre, N., Gaudry, T., & Veille, J. M. (2022). Development of an original overmoulding device to analyse heat transfer at polymer/polymer interface during overmoulding. *Applied Thermal Engineering*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119042>

[LEP22] : Lepoivre, A., Boyard, N., Levy, A., & Sobotka, V. (2022). Methodology to assess interlayer quality in the material extrusion process: a temperature and adhesion prediction on a high performance polymer. *Additive Manufacturing*, 1–29.

[AVE21] : Avenet, J., Cender, T. A., Le Corre, S., Bailleul, J.-L., & Levy, A. (2021). Experimental correlation of rheological relaxation and interface healing times in welding thermoplastic PEKK composites. *Composites - Part A: Applied Science and Manufacturing*, 149(oct), 106489. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106489>

[AVE20] : Avenet, J., Levy, A., Bailleul, J. L., Le Corre, S., & Delmas, J. (2020). Adhesion of high performance thermoplastic composites: Development of a bench and procedure for kinetics identification. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 138(July). <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.106054>

Compétences

Savoir <small>Connaissances théoriques</small>	Savoir-faire <small>Compétences méthodologiques & organisationnelles</small>	Savoir-être <small>Compétences relationnelles & comportementales</small>
<ul style="list-style-type: none"> • Thermique • Physico-chimie des polymères • Mise en œuvre des matériaux composites • Méthodes numériques 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation thermique et physico-chimique • Modélisation numérique par éléments finis (Abaqus, Comsol, Moldflow) • Développement et utilisation d'outil numérique pour le calcul scientifique (Matlab, Python, C, etc.) • Rigueur expérimentale (campagne de caractérisation et de mesures) • Présentation aux partenaires industriels • Anglais lu, écrit, parlé 	<ul style="list-style-type: none"> • Travail en équipe • Autonomie, motivation, optimisme • Curiosité scientifique • Capacité à s'auto-former sur des sujets variés • Intérêt pour l'industrie
Profil souhaité Contact :	<ul style="list-style-type: none"> • Formation Ingénieur/Master 2 en Génie Thermique ou Matériaux Polymères et composites. • Une bonne connaissance des outils numériques et méthodes de simulations. • Une sensibilité expérimentale est nécessaire pour la caractérisation et l'instrumentation <p>Merci de bien vouloir envoyer un CV détaillé, une lettre de motivation à : recrutement@irt-jules-verne.fr ; steven.lecorre@univ-nantes.fr</p>	
	Crée par : DRH	Date :