

## INTITULE DE LA THESE

- Intitulé de la thèse : Conception et optimisation d'un outillage de mise en œuvre des composites à haute dynamique thermique via l'utilisation de mousses métalliques à porosité contrôlée.
- Établissement d'enseignement supérieur où sera inscrit le doctorant : Université de Nantes
- École doctorale : Sciences Pour l'Ingénieur
- Laboratoire où s'effectuera la thèse : Laboratoire de Thermique et d'Énergie de Nantes : LTeN (UMR 6607)
- Cadre de la thèse : Cette thèse s'inscrit dans le cadre des programmes Perform (Programme de Recherche Fondamentale et de Ressourcement sur le Manufacturing ) de l'IRT Jules Vernes en collaboration avec le Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes.
- Début : 1 septembre 2021

## PRESENTATION DU LTEN ET DE L'IRT JULES VERNES

### Présentation du LTEN

Le Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (LTeN) est une unité mixte de recherche de l'Université de Nantes et du CNRS. L'effectif du laboratoire est d'environ 70 personnes. L'unité a une identité forte en thermique, reconnue comme telle au niveau national et international, ainsi que par le tissu industriel. Le laboratoire est implanté au sein de Polytech Nantes, école d'ingénieurs de l'Université de Nantes et est au cœur de l'INSIS du CNRS ; les verrous scientifiques et technologiques qui y sont étudiés sont suscités par les applications. L'environnement est favorable à l'épanouissement d'une dynamique appuyée sur le triptyque classique enseignement- recherche-industrie. Le LTEN est constitué de deux axes thématiques fortement complémentaires :

Axe TTMI : Transferts thermiques dans les matériaux et aux interfaces : Cet axe de recherche vise à développer un ensemble de connaissances sur les transferts thermiques intervenant au sein de matériaux et dans leurs procédés d'élaboration ou de mise en forme. Les matériaux considérés vont des polymères et composites au verre en passant par les métaux.

Axe TFSE : Transferts dans les Fluides et Systèmes Energétiques : Les activités de recherche menées dans cette équipe se caractérisent par une composante expérimentale forte et par une approche pluridisciplinaire qui permet d'intégrer dans une même démarche des travaux portant à la fois sur l'intensification des transferts dans des fluides newtoniens et non-newtoniens et sur l'optimisation des systèmes et procédés énergétiques.

Ce poste de doctorant s'inscrit dans l'axe thématique TTMI du LTEN.

### Présentation de l'IRT JULES VERNE

L'Institut de Recherche Technologique Jules Verne est un centre de recherche industriel mutualisé dédié au manufacturing. Sa mission est de développer des solutions innovantes pour l'usine du futur et d'en accélérer le transfert vers l'industrie.

Centré sur les besoins de 4 filières industrielles stratégiques, aéronautique, automobile, énergie renouvelable et navale ses 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.

Ses recherches portent sur 3 axes majeurs :

- Conception intégrée produit/process (modélisation et simulation des procédés et structures),
- Procédés innovants (procédés composites, procédés métalliques, assemblage multimatériaux),
- Systèmes de production flexibles et intelligents (robotique, cobotique, réalité virtuelle et augmentée).

Pour proposer des solutions globales allant jusqu'à des démonstrateurs à l'échelle 1, l'IRT Jules Verne s'appuie sur un ensemble d'équipements exclusifs.

Ce poste de doctorant s'inscrit dans l'axe thématique 1 « Conception intégrée Produits & Procédés » et 2 « Procédés innovants » de l'IRT JV

## CONTEXTE ET DESCRIPTIF DE LA THESE

La mise en forme des matériaux composites nécessite un apport et une évacuation contrôlés de la chaleur dans la pièce afin de garantir sa qualité tout en permettant une productivité maximale.

Dans les procédés nécessitant un outillage pour le formage des matériaux (thermoestampage, RTM, Injection TP pour le surmoulage), les canaux de régulation doivent se situer le plus proche possible de la surface de la cavité moulante. Néanmoins ce positionnement doit respecter une certaine limite pour respecter des critères de tenue mécanique de l'outillage et éviter le marquage thermique des pièces. Dans le cas où des cycles rapides de température doivent être appliqués, l'épaisseur de l'outillage est ainsi fortement contraignante et engendre une consommation énergétique importante en termes de chaleur fatale. Les approches de type « conformal cooling » ont pu apporter des solutions sur ces aspects, mais la réalisation des canaux complexes limite actuellement les possibilités de ce type d'approche sur des outillages présentant des surfaces importantes.

Une alternative à cette approche est l'utilisation de mousses métalliques. Ces structures poreuses peuvent être intégrées dans les outillages au plus près de la surface limitant ainsi l'inertie thermique et être parcourues par le fluide de régulation. Cette solution offre ainsi un très bon temps de réponse de l'outillage lorsqu'il est soumis à des variations de température.

L'ambition de la thèse proposée est de répondre à ce challenge en étudiant la faisabilité d'un moule à faible inertie thermique réalisé tout ou partie à base de mousse métallique. L'utilisation de mousse métallique permettra de maîtriser finement et localement les transferts thermiques entre le moule et la pièce, notamment par l'adaptation des porosités. Dépendamment des contraintes liées aux procédés, deux objectifs pourront être visés :

- Dans le cas d'une pièce thermoestampée, la solution d'outillage à faible inertie thermique permettrait, même sur un cycle court, de faire varier temporellement sa température de surface depuis la température de la préforme après préchauffage jusqu'à la température de « solidification ». Cette solution permettrait d'éviter une

solidification prématurée de la surface de la pièce au contact de l’outillage permettant ainsi d’augmenter la déformabilité des préformes et conduirait à une meilleure maîtrise de la géométrie et de l’état de santé matière.

- Dans le cas de pièces présentant des variations d’épaisseur, le moule pourra être constitué de mousses à porosité variable, permettant de concentrer localement les puissances à apporter ou évacuer.

Cette thèse reposera sur une analyse numérique thermo-hydraulique complétée par des essais sur une maquette pour validation des hypothèses de simulation. Le modèle numérique devra être fidèle mais aussi raisonnablement simple pour pouvoir permettre une optimisation multicritère. A partir de la connaissance du lien entre la structuration d’une mousse et sa capacité d’échange thermique, l’optimisation visera à définir la distribution optimale de pores dans l’outillage de façon à obtenir la distribution de température souhaitée sur la pièce composite en fonction de l’espace et/ou du temps. Les verrous scientifiques à traiter dans la thèse concerneront les points suivants :

A l’échelle de la structure poreuse :

- Simulation numérique des transferts thermiques en régime transitoire couplés à l’écoulement.
- Détermination d’un milieu homogène équivalent permettant de lier taille de pore/ capacité d’échange thermique.

A l’échelle de l’outillage :

- Modélisation/caractérisation des transferts thermiques dans une structure à porosité hétérogène et à flux thermiques pariétaux variables.
- Simulation et optimisation thermique permettant de déterminer la distribution de porosité pour atteindre un niveau thermique ou des variations de température dans la pièce.
- Analyse thermomécanique de l’outillage pendant les cycles de chauffage/refroidissement.
- Position optimale du distributeur-collecteur.

**COMPETENCES ATTENDUES**

Savoir Connaissances théoriques	Savoir-faire Compétences méthodologiques & organisationnelles	Savoir-être Compétences relationnelles & comportementales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferts thermiques</li> <li>• Mécanique des fluides / CFD</li> <li>• Matériaux Composites</li> <li>• Méthodes &amp; Simulations numériques</li> <li>• Anglais : courant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maîtrise des méthodes de la recherche, tant théoriques que numériques (et idéalement expérimentales)</li> <li>• Maîtrise de la communication orale et écrite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigueur et sens de l’organisation</li> <li>• Flexibilité et réactivité</li> <li>• Qualités relationnelles</li> <li>• Capacité à travailler en équipe mixte</li> <li>• Ouverture et curiosité</li> <li>• Prise d’initiative</li> <li>• Autonomie</li> </ul>

## CANDIDATER

Les candidats devront adresser :

- Leur CV actualisé
- Une lettre de motivation
- Les relevés de notes de Master et/ou ingénieur
- Une lettre de recommandation (optionnelle)

Contact : Vincent Sobotka ([vincent.sobotka@univ-nantes.fr](mailto:vincent.sobotka@univ-nantes.fr)), Nicolas Baudin ([nicolas.baudin@univ-nantes.fr](mailto:nicolas.baudin@univ-nantes.fr)), Denis Edelin ([denis.edelin@icam.fr](mailto:denis.edelin@icam.fr))