

THÈSE CIFRE – Optimisation de jantes en composite réalisées par un procédé de type RTM-Lourd (H/F)

Début de la thèse : janvier 2027 – **Durée :** 36 mois

Lieu de travail : Éguilles / Marseille – Bouches-du-Rhône

Entreprise : C-Inertia

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UMR 7031 – Aix-Marseille Université / CNRS

Financement : CIFRE – ANRT

Champs scientifiques : Sciences de l'ingénieur · Mécanique · Matériaux composites · Modélisation numérique

Mots-clés : *Composites thermodurcissables · Fibres de carbone · RTM · RTM-Lourd · Procédés composites · Jonctions composites · Éléments finis · Fatigue · Vieillissement · Optimisation structurale · Jumeau numérique*

Description du sujet

Contexte

La réduction de la masse des véhicules constitue un enjeu majeur pour améliorer leurs performances et leur efficacité énergétique. Les matériaux composites à fibres de carbone présentent, grâce à leur excellent rapport rigidité/résistance sur masse, un fort potentiel pour le développement de composants automobiles et motocyclistes allégés [1,2].

La roue est un composant particulièrement stratégique : sa masse et son inertie de rotation influencent directement les performances dynamiques du véhicule [3]. Plusieurs industriels développent aujourd'hui des jantes en composite, principalement à partir de matériaux préimprégnés. L'approche développée par **C-Inertia** se distingue par l'utilisation d'un procédé de type **RTM-Lourd**, spécifiquement pensé pour une production industrielle à grande série.

C-Inertia est une PME innovante fondée en 2021 et implantée à Éguilles (13). L'entreprise développe et fabrique des jantes de moto en composite à fibres de carbone. Son procédé, protégé par brevet, associe injection de résine et compression et intègre un principe original de jonctionnement entre les rayons et la couronne de la jante. Les premiers prototypes ont passé avec succès les essais de certification des jantes de moto.

Cette technologie soulève toutefois plusieurs questions scientifiques concernant le lien entre **procédé de fabrication, défauts, propriétés mécaniques et comportement structural**. Les procédés RTM peuvent notamment générer des porosités, des variations locales de taux de fibres, des désorientations ou des ondulations des renforts, dont l'influence sur les performances mécaniques peut être significative [4–6].

La thèse vise à lever ces verrous afin de développer des **méthodes de conception et de dimensionnement robustes**, tout en permettant l'optimisation de la masse et de la durabilité des jantes.

Objectifs scientifiques

L'objectif principal sera d'établir une compréhension quantitative de la chaîne :

procédé → défauts → propriétés mécaniques → comportement structural → durée de vie

Les travaux s'articuleront autour de trois axes principaux.

1. Procédé, défauts et propriétés mécaniques

Le doctorant caractérisera les matériaux composites obtenus par le procédé RTM-Lourd et étudiera l'influence des paramètres de fabrication sur leurs propriétés.

Les travaux porteront notamment sur :

- la caractérisation mécanique des empilements composites ;
- l'identification et la quantification des défauts issus du procédé ;
- l'étude des ondulations et désorientations de fibres ;
- la caractérisation des zones complexes de jonction rayon/couronne ;
- le développement de critères de dimensionnement et de modèles simplifiés utilisables en bureau d'études.

2. Fatigue et durabilité

Les jantes sont soumises à des sollicitations cycliques importantes et à des environnements sévères : humidité, sels, hydrocarbures, UV et variations de température.

Le doctorant étudiera le comportement en **fatigue et vieillissement thermo-hygrométrique**, avec une attention particulière portée aux zones de jonction. L'objectif sera d'identifier les mécanismes d'endommagement et les facteurs d'abattement nécessaires à un dimensionnement représentatif de la durée de vie [7].

3. Modélisation et optimisation

Les résultats expérimentaux alimenteront des modèles éléments finis permettant de prédire le comportement des jantes. Les simulations seront confrontées aux essais réalisés sur éprouvettes et structures complètes, notamment par jauges de déformation, corrélation d'images et suivi de marqueurs.

La corrélation essais/calculs permettra ensuite d'optimiser les jantes existantes en termes de **masse, rigidité, résistance et topologie**. Les solutions optimisées seront prototypées et testées chez C-Inertia.

À terme, les travaux contribueront au développement d'un **jumeau numérique prédictif** intégrant les contraintes liées au procédé de fabrication.

Une réflexion prospective sera également menée sur les stratégies de **fin de vie et de recyclabilité** des structures composites, notamment à travers l'étude de matériaux biosourcés, de fibres alternatives ou de matrices thermoplastiques.

Environnement scientifique et industriel

La thèse sera réalisée dans le cadre d'une **convention CIFRE** entre C-Inertia et le LMA. Le doctorant sera salarié de C-Inertia et partagera son activité entre l'entreprise et le laboratoire, avec une répartition indicative de **70 % au LMA et 30 % chez C-Inertia**, soit environ deux jours par semaine en entreprise.

Le **LMA** mettra à disposition ses compétences en mécanique des composites, caractérisation expérimentale et modélisation, ainsi que les moyens de la **Plateforme Composite Marseille**, ses équipements d'essais mécaniques, sa micro-tomographie X et ses enceintes de vieillissement thermo-hydrigue.

C-Inertia mettra à disposition ses moyens de fabrication de pièces composites, son centre d'usinage, ses moyens de prototypage et ses bancs d'essais dédiés aux jantes.

Le doctorant bénéficiera d'un encadrement académique et industriel complémentaire et participera à une réunion technique mensuelle réunissant l'ensemble des encadrants.

Encadrement

Directeur de thèse : Aurélien Maurel-Pantel

Encadrement industriel : Patrick LARHER et Anthony ADNET

Profil recherché

Le candidat devra être titulaire d'un **Master 2 ou diplôme d'ingénieur en mécanique, génie mécanique, matériaux, structures ou domaine proche**.

Une formation ou une expérience en **mécanique des solides, matériaux composites, éléments finis, modélisation numérique ou mécanique expérimentale** sera particulièrement appréciée. Des connaissances en procédés composites, notamment RTM, constitueront un atout.

Nous recherchons une personne **curieuse, rigoureuse, autonome et force de proposition**, capable d'évoluer dans un environnement associant recherche académique et développement industriel.

Une appétence pour l'expérimentation, la simulation numérique et les applications automobiles/motocyclistes est attendue.

Informations pratiques et candidature

Contrat : CDD doctoral CIFRE – 36 mois

Employeur : C-Inertia

Début : janvier 2027

Localisation : Éguilles / Marseille (13)

Le dossier de candidature devra comprendre :

- CV ;
- lettre de motivation ;
- relevés de notes de Master ;
- descriptif des stages ou projets pertinents.

Candidature : Anthony.adnet@c-inertia.com ; patrick.larher@c-inertia.com ;
maurel@lma.cnrs-mrs.fr

Objet : Candidature Thèse CIFRE – Jantes composites C-Inertia / LMA – 2027

Références bibliographiques

[1] Wazeer, A., Das, A., Abeykoon, C., Sinha, A., & Karmakar, A. (2023). Composites for electric vehicles and automotive sector: A review. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 2(1), 100043.

[2] Air, A., Shamsuddoha, M., Oromiehie, E., & Prusty, B. G. (2023). Development of an automated fibre placement-based hybrid composite wheel for a solar-powered car. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 125, 4083–4097.

[3] Fitz, F., & Gadd, C. (1999). Development of a light weight passenger car wheel using conventional steels and fabrication techniques. *SAE Technical Paper 1999-01-0782*.

[4] Kulkarni, P., Mali, K. D., & Singh, S. (2020). An overview of the formation of fibre waviness and its effect on the mechanical performance of fibre reinforced polymer composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 137, 106013.

[5] Lorenz, N., Hennes, P., Fischer, K., & Hopmann, C. (2024). Surface waviness of continuous fiber-reinforced thermosets – Experimental and numerical studies considering the viscoelasticity of the resin. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 177, 107895.

[6] Hergan, P., Fauster, E., Perkonigg, D., Pinter, G., & Schledjewski, R. (2020). Flow-speed-controlled quality optimisation for one-shot-hybrid RTM parts. *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science*, 6(1), 29–37.

[7] Zanchini, M., Longhi, D., Mantovani, S., Puglisi, F., & Giacalone, M. (2023). Fatigue and failure analysis of aluminium and composite automotive wheel rims: Experimental and numerical investigation. *Engineering Failure Analysis*, 146, 107064.