

Doctorat CIFRE - Conception de collecteurs électriques pour trains à batteries

Réf ABG-132753 Sujet de Thèse

15/07/2025

Cifre

Institut FEMTO-ST / Dept. Energie

Lieu de travail Belfort - Bourgogne-Franche-Comté - France

Intitulé du sujet Doctorat CIFRE - Conception de collecteurs électriques pour trains à batteries

- Sciences de l'ingénieur
- Energie

Champs scientifiques • Physique

Mots clés Thermique, Electrotechnique, Comsol, modélisation, expérimentation

Description du sujet

Objectifs

LA SNCF mène depuis 5 ans des actions pour le développement des trains à batteries en France. Ce cas d'étude est un verrou technologique qui mérite une investigation particulière, car les températures atteintes dans de telles conditions sont trop importantes et conduisent à une déterioration du fil de contact et/ou de la bande de captage.

Dans les cas les plus graves, cela peut conduire à une rupture du fil de contact, on parle alors de captage à l'arrêt. Des études précédentes ont permis d'explorer les limites du contact classique fil de contact / bande de captage tant en statique qu'en dynamique.

Afin d'envisager ces forts courants, il faut désigner de nouveaux systèmes de collection du courant désignés sous le terme générique "Liaison Aérienne de Contact" (LAC). Les points suivants peuvent être abordés :

- Un design novateur du contact caténaire-pantographe en multipliant les points de contact. Ainsi, on peut envisager les systèmes à double fil, à double pantographe, avec une ligne aérienne de contact faisant office de radiateur ou toute combinaison de ces systèmes.
- Un profil de recharge optimisé permettant d'éviter les points chauds.
- Des matériaux novateurs côté fil et bande. Les fils de contact sont déjà des cuivres alliés et les bandes de captage sont en carbone imprégnées avec des composés métalliques.
- Des radiateurs à section optimisée permettant de dissiper plus efficacement la chaleur produite à l'interface.
- Un ajustement des efforts mécaniques dans le cas spécifique du rechargeement à fort courant comme la force d'appui du pantographe ou la tension mécanique du fil.
- L'étude des interfaces bandes-fil et fil-radiateur avec la prise en compte d'un matériau d'interface de type graisse de contact.

Objectifs scientifiques

La compréhension du contact électrique entre le fil de contact et la bande de captage est un phénomène complexe. Outre les aspects mécaniques étudiés auparavant, il faut considérer les phénomènes électriques et thermiques.

Dans la littérature, les configurations étudiées sont toujours "classiques" c-à-d. une liaison pantographe caténaire avec un seul fil de contact et une seule bande captage. De plus, une modélisation électro-thermique de ce type de système nécessite une connaissance fine des caractéristiques du contact électrique : la surface de contact, la force d'appui, la nature des matériaux, les résistances thermiques et électriques de contact.

Dans le cadre d'un train à batteries, les niveaux d'intensité envisagés sont très élevés (~1000 A). La technologie standard pantographe - caténaire n'est plus adaptée pour ce niveau de courant. La conjonction d'un fort courant et d'un train à l'arrêt impose des contraintes thermiques trop importantes au fil de caténaire.

Le développement d'un outil de simulation des transferts de chaleur au sein d'une LAC nécessite la mise en place d'une modélisation multiphysique qui demande de prendre en compte de façon conjointe :

- l'ensemble des phénomènes de transfert (conduction, convections naturelle et forcée, rayonnement) de façon instationnaire.
- les caractéristiques du contact (Cf. ci-dessus).
- le profil de courant spécifique à la recharge des batteries du train avec un fort appel de puissance.

Afin de diminuer les échauffements, 2 axes de travail sont envisageables : d'une part une optimisation géométrique du profilé (ailettes, ajourage, inserts en cuivre ...) et d'autre part la modification du nombre de points de contact entre fil et bandes.

La modélisation des phénomènes électro-thermiques dans des géométries complexes nécessite l'usage d'un logiciel de simulation multiphysique 3D complet. Le logiciel COMSOL® sera utilisé afin d'obtenir la température en régime transitoire de l'ensemble du système. Sur la base des résultats de modélisation, un ensemble d'essais expérimentaux seront réalisés par la SNCF et le laboratoire.

Prise de fonction :

01/12/2025

Présentation établissement et labo d'accueil

Institut FEMTO-ST / Dept. Energie

L'institut FEMTO-ST (Franche-Comté Électronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies) est une Unité Mixte de Recherche associée au CNRS (UMR 6174). Actuellement l'institut FEMTO-ST regroupe des compétences variées et complémentaires, et cultive la pluridisciplinarité, le souci de l'excellence scientifique et de l'innovation à travers 7 départements de recherche.

L'effectif total de FEMTO-ST est aujourd'hui d'environ 750 personnes dont 325 permanents (230 chercheurs ou enseignants chercheurs et 95 ingénieurs, techniciens et administratifs). Les recherches sont conduites avec l'aide de 225 doctorants qui reçoivent ainsi une formation de haut niveau par la recherche. Le département Énergie mène des travaux sur les systèmes d'énergie et est organisé en deux équipes :

- L'équipe THERMIE (Thermique Ecoulements instRuMentation et Énergie),
- L'équipe SHARPAC (Systèmes électriques Hybrides, ActionneuRs électriques, systèmes Piles A Combustible)

Site web :

<https://www.femto-st.fr/fr>

Intitulé du doctorat

Doctorat Sciences pour l'Ingénieur

Pays d'obtention du doctorat

France

Etablissement délivrant le doctorat

UNIVERSITE FRANCHE-COMTE BESANCON

Ecole doctorale

Sciences physiques pour l'ingénieur et microtechniques - SPIM

Profil du candidat

- Compétences scientifiques requises : thermique, électrotechnique, Comsol, modélisation, expérimentation
- Outils logiciels utilisés : Comsol, Ansys-Fluent, Python
- Compétences de lecture et rédaction en anglais.

Date limite de candidature

15/09/2025

Eléments à fournir pour la candidature

Lettre de motivation, CV, résultats académiques (Bac+3 à Bac+5), attestation de niveau d'anglais, 1 lettre de recommandation au maximum.