

Analyse multi-échelles de la recyclabilité du cuivre des caténaires ferroviaires

Sujet de Thèse

Financement public/privé

LAMIH UMR CNRS 8201 / Université Polytechnique Haut-de-France

Lieu de travail : Valenciennes - Les Hauts de France - France

Intitulé du sujet : Analyse multi-échelles de la recyclabilité du cuivre des caténaires ferroviaires

Champs scientifiques : Sciences de l'ingénieur ; Matériaux ; Physique.

Mots clés : Caténaire ; Recyclabilité ; Surfaces ; Topographie ; Contact électrique.

Description du sujet

Analyse multi-échelles de la recyclabilité du cuivre des caténaires ferroviaires : vers des outils d'aide à la décision pour une économie circulaire des infrastructures électriques.

Le cuivre est un matériau stratégique pour la transition énergétique, au cœur des infrastructures électriques et ferroviaires. Les caténaires ferroviaires représentent un gisement important de cuivre, renouvelé régulièrement du fait de l'usure mécanique, électrique et environnementale. Bien que le cuivre soit souvent présenté comme « recyclable à l'infini », la réalité industrielle montre que la qualité du cuivre recyclé, les pertes matière et les impacts environnementaux dépendent fortement de l'état initial du matériau et des procédés de recyclage mis en œuvre.

Aujourd'hui, les décisions relatives à la fin de vie des caténaires (réemploi, recyclage matière, déclassement) reposent majoritairement sur des critères macroscopiques (âge, masse, composition chimique globale), sans prise en compte fine de l'endommagement multi-échelle du matériau. Cette approche limite l'optimisation de la circularité de la filière et la capacité des acteurs publics et industriels à orienter leurs choix vers les solutions les plus sobres en ressources et en énergie.

Dans ce contexte, le projet de thèse vise à développer une approche intégrée de la recyclabilité du cuivre des caténaires, fondée sur une analyse multi-échelles reliant l'état du matériau aux performances des procédés de recyclage et aux impacts environnementaux à l'échelle de la filière.

La problématique centrale de la thèse est la suivante : Comment caractériser et quantifier, de manière multi-échelles, la recyclabilité réelle du cuivre des caténaires ferroviaires afin d'optimiser les procédés de recyclage et d'éclairer les décisions industrielles et publiques en faveur d'une économie circulaire des infrastructures électriques ?

Cette problématique se décline en plusieurs questions scientifiques :

1. Quels indicateurs microstructuraux, morphologiques et fonctionnels sont pertinents pour décrire l'état de dégradation du cuivre des caténaires ?
2. Existe-t-il des seuils ou des régimes d'endommagement au-delà desquels la recyclabilité du cuivre est significativement altérée ?
3. Comment relier quantitativement l'état initial du matériau aux performances des procédés de recyclage (rendement matière, consommation énergétique, qualité du cuivre secondaire) ?
4. Comment traduire ces connaissances en outils d'aide à la décision pour les acteurs de la filière ferroviaire et du recyclage ?

Prise de fonction : 01/09/2026

Nature du financement : Financement public/privé

Précisions sur le financement : AAP ADEME 2026

Présentation établissement et labo d'accueil

Le LAMIH UMR CNRS 8201 (Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines) est une unité mixte de recherche entre l'Université Polytechnique Hauts de France (UPHF) et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), spécialisé dans le transport et la mobilité humaine.

Le LAMIH est un laboratoire pluridisciplinaire et acteur de recherche reconnu dans les domaines du transport et de la mobilité : véhicules non polluants, transport intelligent, aide à la conduite, éco-conduite, allègement des structures, logistique des transports, mobilité pour tous et mobilité intelligente. Il dispose d'une compétence forte dans tout ce qui touche l'homme en interaction avec les systèmes techniques.

Le laboratoire est organisé en 4 départements : Automatique, Informatique, Mécanique, Sciences de l'Homme et du Vivant (SHV).

Site web : <https://www.uphf.fr/lamih>

Etablissement délivrant le doctorat : Université Polytechnique Hauts-de-France

Ecole doctorale : 635 - ED PHF

Profil du candidat

- Avoir validé ou être en cours de validation d'un diplôme Bac+5
- Coursus ingénieur matériaux apprécié
- Bonne maîtrise de l'anglais (lu, écrit, parlé)
- Appétances pour les sciences appliquées
- Connaissances du domaine ferroviaire et/ou électrique très appréciées

Date limite de candidature : 29/05/2026

Éléments à fournir pour la candidature :

- CV + Lettre de motivation
- Dernier relevé de notes
- 1 Lettre de recommandation

Contacts :

eddy.chevallier@uphf.fr

maxence.bigerelle@uphf.fr