

Thèse de doctorat « Développement et calibration en condition cryogénique d'un capteur H₂ ortho-para basé sur la conductivité thermique et développement de modèles prédictifs de connaissances et comportements »

Nature du contrat : CDD de droit public de 36 mois / temps plein-temps
Catégorie : non cadre
Filière : CHERCHEUR
Domaine activité : recherche
Lieu de travail : Saint-Etienne (42)
Date de prise de fonction souhaitée : 01/10/2026
Unité : Mines Saint-Etienne/ Centre SPIN – Laboratoire LGF
Rattachement hiérarchique : (Maitre-assistant) Riadh LAKHMI

Rejoindre [Mines Saint-Étienne](#), c'est s'engager dans une institution où la **science et l'innovation bâtissent un avenir plus durable**. Une école d'excellence où chacun a **l'opportunité de révéler son plein potentiel** et de **contribuer à relever les défis de demain**.

Classée parmi les meilleures écoles d'ingénieurs en France et reconnue mondialement, notre école, membre de l'Institut Mines-Télécom, forme les talents de demain tout en contribuant activement à relever les grands défis industriels, numériques et environnementaux. Avec nous, vous intégrez une communauté de 500 collaborateurs, 2500 étudiants, et participez à un projet ambitieux : conjuguer excellence académique, recherche d'avant-garde et impact sociétal positif.

L'[Institut Mines-Télécom](#) fédère les grandes écoles françaises autour des défis industriels majeurs, numériques, énergétiques et écologiques. Avec ses 8 Grandes Écoles publiques et 2 écoles filiales, il est le premier institut public dédié aux ingénieurs et managers. Ensemble, nous imaginons et construisons un avenir durable, en formant les acteurs qui façonneront les transitions de demain.

Ce que nous attendons de vous

En tant que **doctorant**, vous êtes au cœur de nos missions de recherche et innovation et, dans une moindre mesure de nos missions d'enseignement. Vous serez affecté au centre SPIN – LGF (Laboratoire Georges Friedel, UMR CNRS 5307). Au sein de ce centre, vous conjuguez passion scientifique et impact sociétal.

Le centre SPIN (Science des Procédés Industriels et Naturels), qui sera fortement impliqué dans la thèse, développe, au sein de Mines Saint-Etienne, son expertise dans le domaine du Génie des Procédés appliqué aux systèmes dispersés : grains, particules, gouttes, bulles, milieux poreux. Il possède également des compétences en développement de capteurs et d'instrumentation.

Le doctorat se fera en collaboration avec l'Institut NEEL (Grenoble) où des déplacements seront effectués régulièrement sur la 2^{ème} partie de la thèse. L'Institut Néel est un laboratoire de recherche en physique de la matière condensée situé à Grenoble. Il s'agit d'une unité propre de recherche du CNRS (UPR 2940) créée en 2007 avec des thématiques de recherche autour du magnétisme, de la

photonique, de l'électronique quantique, des fluides quantiques et de la supraconductivité. L'institut possède notamment des compétences autour de la cryogénie et la cadre technique pour la réalisation de tests de mesure d'hydrogène en condition cryogénique.

La société ALFA LAVAL experte de renommée mondiale dans la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance d'échangeurs de chaleur brasés, de boîtes froides, d'échangeurs de type « core-in-drums » et de pompes cryogéniques Cryomec® sera également impliquée dans le projet. Elle apportera, notamment, son expertise dans le domaine de la cryogénie et permettra le test des capteurs dans des installations industrielle.

Contexte : L'hydrogène liquide est caractérisé par plusieurs limitations et défis importants qui restreignent son utilisation actuelle. L'un d'entre eux réside dans la perte énergétique par ébullition cryogénique associée au stockage, au transport et à la manipulation de l'hydrogène liquide, qui peut consommer jusqu'à 40 % de l'énergie de combustion disponible. L'hydrogène moléculaire existe sous deux formes allotropiques (isomères de spin), l'ortho-hydrogène et le para-hydrogène, différenciées par l'état du spin nucléaire des protons dans chaque atome d'hydrogène. Pour une température donnée, le rapport d'équilibre entre les concentrations d'ortho-hydrogène et de para-hydrogène : $[H_2, para]_{eq}$ et $[H_2, ortho]_{eq}$ peut être calculée, mais la cinétique de la conversion exothermique peut prendre des semaines lorsque la température est rapidement abaissée. C'est pourquoi il est important pour le secteur industriel de l'hydrogène de disposer d'une méthode fiable de mesure in situ de cette concentration.

Tâches :

- Les tests seront réalisés dans un premier temps dans des conditions non cryogéniques et avec des mélanges gazeux binaires plus simples à mettre en œuvre. A partir d'un banc gaz permettant la génération de mélanges binaires (O_2/N_2 ou CO_2/N_2), une solution de mesure basé la mesure indirecte de la conductivité thermique de ce mélange gazeux binaire permettra, après étalonnage puis établissement d'un modèle de connaissance ou de comportement, de prédire la composition du mélange.
- Ces derniers modèles analytiques serviront à l'extraction des paramètres qui permettront un étalonnage pertinent et seront codés sur Pythons :
 - Le modèle de connaissance sera basé sur les équations de la mécanique des fluides et des transferts thermiques
 - Le modèle de comportement sera basé sur les méthodes d'identification de systèmes de l'automatique
- La solution de mesure est basée sur un actionneur (micro-chauffage) et un capteur (de type RTD) fabriqués, notamment, par association de sérigraphie et gravure laser. Dans la version finale de la solution de mesure, ces 2 éléments sont fixés sur un support céramique dont on voudra évaluer l'influence sur la mesure. Pour cela, les tests sur banc gaz seront effectués avec et sans support céramique.
- Par ailleurs, la conductivité thermique étant un paramètre qui dépend de la température et, afin de se rapprocher de conditions de tests cryogéniques, les mesures seront également effectuées à différentes température (T_{amb} jusqu'à $-80^\circ C$)
- Dans un cryostat qui sera réalisé à l'institut NEEL, et, après des phases d'étalonnage, de modélisation, et d'évaluation d'incertitudes, des tests de prédiction de ratio ortho/para (o/p) d'une solution d' H_2 liquide seront réalisés :

- Test sur une composition normale d'H₂ o/p à T_{amb}
- Test sur des ratio o/p quelconques entre 0 et 75 %
- Ces tests seront comparés avec les résultats de référence obtenus avec un analyseur de type RAMAN, ce qui permettra de confirmer l'absence d'erreur systématique dans les ratios prédits
- La solution de mesure ainsi développée comprenant l'actionneur, le capteur avec le support et les algorithmes de prédiction seront enfin déployés, en condition industrielle, sur un site de stockage cryogénique d'H₂.

Ce que nous recherchons

Vous êtes titulaire d'un :

- Diplôme Bac + 5 ou équivalent

Et idéalement :

- Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou de master 2 dans les domaines suivants : Sciences physiques, Transferts/mécaniques des fluides, Sciences de l'ingénieur
- Avec une expérience de stage ou professionnelle dans la recherche (goût prononcé pour la partie expérimentale)
- Junior accepté : oui

Vos atouts supplémentaires :

- La thématique du sujet étant fortement multidisciplinaire de solides connaissances en mécanique des fluides, transferts, ingénierie et en automatique seront appréciées.
- Solides connaissances numériques (notamment codage sur python)
- Goût pour l'expérimental et pour le numérique
- Aptitudes pour la communication orale et écrite (notamment en langue anglaise)

Pourquoi rejoindre Mines Saint-Étienne ?

Nous accompagnons chacun de nos collaborateurs sur le chemin de l'excellence, avec la conviction qu'ensemble, **nous pouvons avoir un impact durable et significatif sur notre monde.**

Rejoindre Mines Saint-Étienne, c'est l'opportunité de trouver :

- **Un environnement stimulant** : des moyens expérimentaux de pointe, un réseau international solide (T.I.M.E., EULIST) et des campus à taille humaine avec un environnement urbain
- **Un impact réel** : des projets de recherche contractuelle à hauteur de 11 M€/an, majoritairement avec des partenaires industriels, un centre de culture scientifique la Rotonde qui s'engage depuis 25 ans dans la médiation des sciences avec plus de 50 000 visiteurs/an
- **Une qualité de vie incomparable** : 46 /49 jours de congés et RTT, prise en charge des transports en commun à 75 %, soutien financier au covoiturage et au vélo et un baromètre social où 83 % des collaborateurs plébiscitent la qualité de vie au travail

Construisons un avenir plus durable, à travers la **science**, l'**ingénierie**, et des **projets qui font sens**.

✉ **Candidatez dès maintenant !**

Date limite de candidature : 15/04/2026

🔗 Les dossiers de candidature (CV, lettre de motivation, lettre de recommandation le cas échéant, pièce d'identité) sont à déposer sur la plateforme RECRUTEE <https://institutminestelecom.recruitee.com/o/doctorat-developpement-et-calibration-en-condition-cryogenique-dun-capteur-h2-ortho-para-base-sur-la-conductivite-thermique-et-developpement-de-modeles-predictifs-de-connaissances-et-comportements-cdd-36-mois>

Dans le cadre de sa politique Égalité, Diversité et Inclusion, l'École des Mines de Saint Etienne est un employeur soucieux de l'équité de traitement entre les candidatures.

Informations complémentaires

- Rémunération fixée selon le profil du candidat, en fonction des règles définies par le cadre de gestion de l'Institut Mines Télécom.
- Les postes offerts au recrutement sont ouverts à toutes et tous avec, sur demande, des aménagements pour les candidates et candidats en situation de handicap.
- Toute candidature peut faire l'objet d'une enquête administrative
- Composition de la direction de thèse : Patricia Derango, Guillaume Dumazer, Mathilde Rieu, Riadh Lakhmi

📞 **Contacts**

- Sur le contenu du poste :
Riadh LAKHMI – Maître-assistant
Mail : riadh.lakhmi@emse.fr
Tel. : +33 (0) 4.77.42.00.70
- Sur les aspects administratifs/RH:
Milica PETKOVIC – Gestionnaire RH
Mail : milica.petkovic@mines-stetienne.fr
Tel. : + 33 (0)4 77 42 02 08