



## Entreprises, pour proposer un sujet de thèse soutenue

par le dispositif CIFRE, merci de remplir les champs suivants, et d'envoyer le document à : [cifre@anrt.asso.fr](mailto:cifre@anrt.asso.fr)

● Nom de l'entreprise : [ARCELOR MITTAL STAINLESS & NICKEL ALLOYS](#)

● Ville et code postal : [BP1 58160 IMPHY](#)

● Nom du laboratoire académique partenaire (si déjà connu): [Institut Jean Lamour– Ecole des Mines de Nancy - Laboratoire de Science et Génie des Matériaux et de Métallurgie \(LSG2M\) - Equipe 'Procédés d'Elaboration'](#).

● Numéro de reconnaissance du laboratoire : [UMR 7198](#)

● Descriptif de la thématique de recherche (*sans aucun caractère confidentiel*) :

La Société « Stainless & Nickel Alloys », qui appartient au groupe ArcelorMittal, élabore dans son usine d'Imphy des aciers Maraging à hautes performances mécaniques. Dans cette famille, l'alliage « Durimphy » est utilisé pour la fabrication de courroies de boîte de vitesse automatique. Cette application, est particulièrement exigeante en terme de résistance à la fatigue, sa fabrication requiert l'emploi de la refusion sous vide (procédé VAR = Vacuum Arc Remelting) pour réduire au maximum la teneur en inclusions néfastes. Dans l'objectif toujours constant d'accroître les performances mécaniques de ses produits, Imphy cherche à améliorer la propreté inclusionnaire des lingots refondus, en se concentrant sur les inclusions de nitrure de titane TiN, principales responsables des limites en fatigue.

Le travail de recherche proposé combine deux études à deux échelles différentes :

- l'échelle macroscopique du procédé de refusion à l'arc sous vide, en développant des simulations qui utiliseront le logiciel SOLAR,
- l'échelle mésoscopique des inclusions, en étudiant leur genèse, leur évolution en taille et leur trajectographie.
- 

En ce qui concerne le procédé de refusion à l'arc sous vide, des simulations numériques seront mises en œuvre à partir de l'ensemble des conditions opératoires et des propriétés thermophysiques de l'alliage, qui devront être collectées. Une attention particulière sera portée sur le comportement de solutés tel l'azote dissous, en prenant en compte les mécanismes possibles de volatilisation sous vide à la surface du bain liquide et de rejet de soluté au front de solidification. Ce travail nécessitera une collaboration étroite avec l'atelier de refusion d'Imphy, pour suivre des opérations industrielles de refusion et collecter les données opératoires et les mesures.

Le comportement dynamique d'une population d'inclusions solides dans l'écoulement du bain d'acier liquide sera calculé suivant une approche lagrangienne, en simulant l'effet d'une éventuelle turbulence de l'écoulement sur la trajectographie des particules par une méthode stochastique. Les processus d'agglomération des particules seront évalués et intégrés si nécessaire. Les mécanismes de croissance ou de dissolution des inclusions de TiN par transfert de matière et réaction de surface seront décrits et introduits pour prédire l'évolution de la taille des inclusions. Enfin, un effort important sera fourni pour simuler la précipitation et la croissance des inclusions au front de solidification, qui sont provoquées par l'abaissement de la température et le rejet de solutés.

L'association de modèle général du comportement des inclusions de TiN et de la simulation du procédé doit permettre à terme de déterminer les conditions opératoires susceptibles de conduire à une amélioration sensible de la propreté inclusionnaire.

### **Lieux de réalisation**

Le travail se déroulera en grande partie à l'Institut Jean Lamour de l'Ecole des Mines de Nancy avec des campagnes d'essais sur le site industriel à Imphy (Région Bourgogne). Des réunions régulières auront lieu avec l'industriel.

**Compétences souhaitées** : Génie des procédés, mécanique des fluides et mécanique des fluides numérique, phénomènes de transport, physico-chimie. Des connaissances sur la méthode numérique des volumes finis sont les bienvenues.

● Date de recrutement : **Septembre 2009**

● Adresse e-mail à laquelle le candidat doit envoyer sa candidature :

[joelle.pitoutbyczek@arcelormittal.com](mailto:joelle.pitoutbyczek@arcelormittal.com)