

## INGENIEUR(E) R&D – Post-doctorat

### « Intelligence artificielle pour différencier les phases des aciers dans les cartes EBSD »

Poste en CDD de 2 ans– temps plein  
Basé à ArcelorMittal Global R&D à MAIZIERES LES METZ (57)  
et au LEM3 – Université de Lorraine – CNRS - METZ (57)

Nous recrutons un Ingénieur R&D Post Doc en CDD, dans le cadre d'une étude collaborative entre deux centres de recherche d'ArcelorMittal et le LEM3.

« Il est précisé que cette offre de recrutement s'inscrit dans le cadre du plan France Relance sur un projet de collaboration de recherche avec une entreprise qui sera soumis à validation de la DRARI »

**ArcelorMittal Global R&D:** ArcelorMittal unis 12 sites de recherche situés en Europe, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud. Deux de ces centres de recherche sont impliqués dans cette étude : le CRMC Le Creusot (Industeel) et le Centre de Recherche de Maizières Les Metz

**Maizières research centre** situé à Maizières-lès-Metz (France) a pour principale mission de contribuer à la compétitivité et à la pérennité des lignes de production d'ArcelorMittal par le développement ou l'amélioration de procédés ou de voies de transformation innovantes (de la sidérurgie au revêtement métallique). Les objectifs du centre de recherche sont de répondre aux besoins de nos opérations (minéralisation, amont sidérurgique, aval sidérurgique, qualité des produits, problématiques transversales). Nous sommes en mesure d'offrir de nouvelles technologies, des solutions standards, des assistances techniques et un renforcement des connaissances.

**Industeel**, filiale d'ArcelorMittal, employant environ 2200 collaborateurs, est un producteur d'aciers au carbone et inoxydables, spécialisée dans la fabrication de produits et de demi produits de grandes dimensions à destination des marchés très variés : abrasion, corrosion, cryogénie, moules et outils, énergie, pétrochimie, chantiers navals, protection terre/mer... Son Centre de Recherche de Matériaux au Creusot (le CRMC) comprend une cinquantaine d'ingénieurs et techniciens qui travaillent à améliorer l'offre Industeel pour les solutions en aciers spéciaux et qui proposent un support technique aux clients et aux usines du groupe.

**Le laboratoire LEM3** est une Unité Mixte de Recherche n° 7239 CNRS - Université de Lorraine - Arts et Métiers ParisTech d'environ 250 personnes dont 110 enseignants chercheurs et 100 doctorants et post-doctorants. Les domaines d'activité du LEM3 concernent les Matériaux, la Mécanique, l'étude des Microstructures et des Procédés. Le LEM3 se situe au niveau des meilleures équipes internationales sur de nombreux sujets, dont les développements méthodologiques avancés pour l'étude des microstructures par microscopie d'orientation.

#### **Contexte :**

Les aciers de nouvelle génération ont des microstructures complexes et multi-phases. Ils peuvent notamment comprendre de la martensite, des îlots MA (martensite + austénite), de la bainite inférieure, supérieure ou granulaire, de la ferrite et/ou de la perlite. Leurs propriétés mécaniques sont contrôlées au premier ordre par les fractions volumiques de ces phases et leur distribution. Une meilleure compréhension des corrélations entre procédé d'élaboration et microstructure est donc indispensable pour assurer un suivi qualité de leur production. L'identification et la quantification précise de ces constituants est encore aujourd'hui compliquée : Les réactifs actuels ne fonctionnent pas sur toutes les nuances et lorsque qu'ils fonctionnent, ils ne mettent en évidence qu'une ou deux phases particulières. Il faut alors combiner plusieurs attaques pour révéler l'ensemble des phases en présence.

Dans ce contexte, l'analyse EBSD n'a pas encore révélé tout son potentiel. La principale limitation de cette technique est qu'elle ne permet pas aujourd'hui de distinguer directement la ferrite, les bainites et

la martensite, toutes indexées en Ferrite  $\alpha$  de structure Cubique Centrée. Toutefois, le signal EBSD est sensible à certaines caractéristiques qui distinguent ces phases : la présence de défauts cristallins, l'existence et le type de relation d'orientation avec le voisinage, la distribution spatiale de micro-constituants. Dans ce cadre, plusieurs codes ont été développés au LEM3 pour exploiter les cartes EBSD afin d'extraire des descripteurs capables distinguer ces produits de transformation.

Une première étude a montré que ces descripteurs peuvent aussi être utilisés pour segmenter automatiquement les phases en s'appuyant sur des algorithmes de machine learning. En entraînant des réseaux UNET, nous avons d'abord été capable de distinguer automatiquement ferrite et martensite dans des aciers Dual Phase [1]. Puis, cette approche a été étendue aux aciers multiphasés martensite, bainite et ferrite avec une précision de plus de 90% [2]. Enfin, des méthodes non supervisées basées sur l'InfoGAN ont aussi été mises en œuvre pour distinguer les bainites inférieures et supérieures également avec une précision de 90% [3].

Fort de cette expérience, nous avons entrepris de poursuivre ces travaux pour améliorer les modèles existants et les bases de données associées.

### **Objectifs :**

Le travail postdoctoral comporte plusieurs volets :

- Enrichir les bases de données à partir d'abord de microstructures modèles contrôlées
- Poursuivre le développement des modèles de machine learning existants

Certains états métallurgiques spécifiques seront préparés par ArcelorMittal et permettront de constituer une base de données.

Le travail postdoctoral comporte plusieurs volets :

- Acquisition de cartographies EBSD des états métallurgiques fournis par ArcelorMittal
- Utilisation des modèles développés au LEM3 pour identifier les différentes phases dans ces cartes (Labélisation)
- Recherche bibliographique sur les algorithmes de Machine Learning pour déterminer les approches les plus adaptées à la problématique
- Poursuivre le développement des modèles existants ou en développer de nouveaux pour améliorer les performances de ces derniers. L'accent sera mis sur les méthodes non supervisées qui permettent de s'affranchir de la labélisation.

### **Compétences recherchées :**

Le candidat devra être titulaire d'une thèse en Sciences des Matériaux ou en Sciences de l'ingénieur avec des compétences en programmation et en analyse statistique des données (les codes actuels sont en Python et sous MatLab). Le candidat devra être motivé pour découvrir et approfondir les approches d'intelligence artificielle pour l'analyse des données et l'analyse d'image.

Le poste est à pourvoir à partir de Juillet 2022 et au plus tard le 31/09/2022

La rémunération sera évaluée selon l'expérience du candidat.

### **Candidature à transmettre sur le site du CNRS (CV et lettre de motivation) à :**

<https://bit.ly/3uq1LyI>

*(Nous répondrons à tous les candidats correspondant au profil recherché)*

### **Références bibliographiques :**

- [1] T. Martinez Ostormujof, R. R. P. Purushottam Raj Purohit, S. Breumier, N. Gey, M. Salib, et L. Germain, « Deep Learning for automated phase segmentation in EBSD maps. A case study in Dual Phase steel microstructures », *Mater. Charact.*, p. 111638, déc. 2021, doi: 10.1016/j.matchar.2021.111638.
- [2] S. Breumier *et al.*, « Leveraging EBSD data by deep learning for bainite, ferrite and martensite segmentation », *Mater. Charact.*, vol. 186, p. 111805, avr. 2022, doi: 10.1016/j.matchar.2022.111805.
- [3] X. Chen, Y. Duan, R. Houthoof, J. Schulman, I. Sutskever, et P. Abbeel, « InfoGAN: Interpretable Representation Learning by Information Maximizing Generative Adversarial Nets », *ArXiv160603657 Cs Stat*, juin 2016, Consulté le: 26 janvier 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1606.03657>