

## INGENIEUR(E) R&D – Post-doctorat

### « Vers une différenciation automatique des constituants des aciers par EBSD »

Poste en CDD d'1 an – Temps plein  
Basé 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 le centre de recherche d'Industeel (ArcelorMittal) et le LEM3, coordonnée par le pôle Elaboration de l'IRT M2P.

*Industeel, filiale d'ArcelorMittal, employant environ 2200 collaborateurs, est un producteur d'aciers au carbone et inoxydables, spécialisé dans la fabrication de produits et de demi produits de grandes dimensions à destination de 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.*

*L'IRT M2P est un centre de recherches mutualisées créé en juin 2013, associant des industriels et des établissements de recherches et d'enseignements supérieurs qui est positionné sur les technologies avancées d'élaborations, transformations et caractérisations des matériaux. Organisé en 3 pôles d'activités (Elaboration, Traitement et revêtement de surfaces, Composite & Assemblage), il compte aujourd'hui plus de 90 salariés répartis sur 4 sites (Metz, Porcellette, Uckange et Duppigheim).*

#### **Contexte :**

Les aciers de nouvelle génération ont des microstructures complexes et multi-phasées. 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. Par ailleurs, la distinction des bainites inférieures et supérieures requière des observations à fort grossissement mais qui ne sont pas statistiquement représentatives.

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.

Le projet SERAPHIA ambitionne d'appliquer des algorithmes de type « Machine Learning » voir de « Convolutional Neuronal Network » pour améliorer l'identification automatique des phases dans les cartes EBSD et contribuer à un suivi qualité de la production de ces aciers.

### **Objectifs :**

En collaboration avec Industeel-ArcelorMittal, il s'agit de développer une base de données de microstructures EBSD d'états métallurgiques de référence et de l'utiliser pour entraîner des algorithmes visant à reconnaître les différentes phases.

Les 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 codes 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
- Mettre en place un algorithme capable de reconnaître les phases dans les cartes EBSD, en s'appuyant sur des bibliothèques existantes et en développant si besoin des partenariats avec des équipes spécialisées dans le domaine.

### **Compétences recherchées :**

Le candidat devra être titulaire d'une thèse en Sciences des Matériaux ou plus généralement en Sciences de l'ingénieur avec des compétences en programmation et en analyse statistique des données. Le candidat devra être motivé pour découvrir et approfondir les approches d'intelligence artificielle pour l'analyse des données et l'analyse d'image. Une expérience en EBSD serait un plus.

Le poste est à pourvoir à partir de novembre 2020 (de préférence avant mars 2021)

Rémunération proposée : > 37k€

### **Pour nous transmettre votre candidature complet (CV et lettre de motivation):**

- LEM3 : Lionel GERMAIN - [lionel.germain@univ-lorraine.fr](mailto:lionel.germain@univ-lorraine.fr)  
Nathalie GEY – [nathalie.gey@univ-lorraine.fr](mailto:nathalie.gey@univ-lorraine.fr)
- IRT M2P : Pierre-Emmanuel ABA-PEREA - [pierre-emmanuel.aba-perea@irt-m2p.fr](mailto:pierre-emmanuel.aba-perea@irt-m2p.fr)

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

### **Références bibliographiques :**

- [1] K. Tsutsui, H. Terasaki, T. Maemura, K. Hayashi, K. Moriguchi, et S. Morito, « Microstructural diagram for steel based on crystallography with machine learning », *Comput. Mater. Sci.*, vol. 159, p. 403- 411, mars 2019, doi: 10.1016/j.commatsci.2018.12.003.
- [2] D. L. Naik, H. U. Sajid, et R. Kiran, « Texture-Based Metallurgical Phase Identification in Structural Steels: A Supervised Machine Learning Approach », *Metals*, vol. 9, n° 5, Art. n° 5, mai 2019, doi: 10.3390/met9050546.
- [3] S. M. Azimi, D. Britz, M. Engstler, M. Fritz, et F. Mücklich, « Advanced Steel Microstructural Classification by Deep Learning Methods », *Sci. Rep.*, vol. 8, n° 1, p. 2128, déc. 2018, doi: 10.1038/s41598-018-20037-5.
- [4] J. Goulden, K. Mehnert, K. Thomsen, et H. Jiang, « A Method for Separating Crystallographically Similar Phases in Steels using EBSD and Machine Learning », *Microsc. Microanal.*, vol. 23, n° S1, p. 110- 111, juill. 2017, doi: 10.1017/S1431927617001234.
- [5] D. S. Bulgarevich, S. Tsukamoto, T. Kasuya, M. Demura, et M. Watanabe, « Automatic steel labeling on certain microstructural constituents with image processing and machine learning tools », *Sci. Technol. Adv. Mater.*, vol. 20, n° 1, p. 532- 542, déc. 2019, doi: 10.1080/14686996.2019.1610668.
- [6] M. Ben Haj Slama, N. Gey, L. Germain, K. Zhu, et S. Allain, « Key Parameters to Promote Granularization of Lath-Like Bainite/Martensite in FeNiC Alloys during Isothermal Holding », *Materials*, vol. 11, n° 10, p. 1808, sept. 2018, doi: 10.3390/ma11101808.