

Etude combinatoire des transformations de phases dans les aciers : synergies entre les méthodes expérimentales haut débits et l'intelligence artificielle.

Cadre : projet collaboratif entre le laboratoire SIMAP (Grenoble) et ArcelorMittal Research (Maizières les Metz) financé par le plan de relance

Post doctorat de 2 ans. Condition : thèse soutenue en 2019-2020 ou 2020-2021, candidat français ou candidat ayant obtenu sa thèse dans une université française

Sujet :

Un projet récemment conduit au SIMaP a montré le fort potentiel des méthodes hauts-débits pour l'étude accélérée des transformations de phases dans les aciers, en particulier de leur cinétique. Dans ces travaux, une méthodologie basée sur des couples de diffusions et la diffraction in situ de rayons X synchrotron résolue en temps et en espace, a permis de cartographier dans l'espace des compositions d'alliage la cinétique de la transformation de l'austénite en ferrite. Ainsi, une base de données des cinétiques de transformations d'une richesse sans précédent a été acquise, bien plus rapidement que par les méthodes traditionnelles dépendantes de nombreuses élaborations distinctes. Cette quantité sans précédent de données amassées a permis de calibrer et valider un modèle à base physique de la transformation, de type *solute drag*. Ce faisant, il est par contre apparu que ce genre de simulation est l'étape limitante de l'étude, même pour des traitements isothermes qui sont pourtant les plus favorables en termes de temps de calcul. Les traitements anisothermes, plus représentatifs de conditions industrielle, supposent quant à eux des temps de calculs inenvisageables en pratique. Les méthodes d'intelligence artificielle (IA) sont envisagées comme l'outil adapté pour venir compléter ce type de modélisation et ramener la vitesse des calculs en phase avec celle de l'acquisition des données expérimentales.

Les travaux du post-doctorant consisteront donc d'une part à la mise en place d'un code d'IA pour améliorer, et notamment accélérer, le code existant de simulation de la transformation de l'austénite en ferrite. Des méthodes d'apprentissage machine, basées à la fois sur les résultats du modèle et de l'expérience, seront mises en œuvre. En parallèle, le travail expérimental consistera à compléter la base de données expérimentales en réalisant des mesures suivant l'approche haut-débit développée précédemment, qui incluront notamment des traitements anisothermes. Ces données expérimentales seront à la fois incluses dans la démarche de calibration du modèle à base physique, et directement dans l'apprentissage machine. Les résultats de ces deux actions seront ensuite mis à profit afin de calibrer systématiquement les grandeurs thermodynamiques nécessaires au modèle et de l'appliquer à des traitements anisothermes quelconques. Cette modélisation de la transformation austénite-ferrite lors du refroidissement pourra dans un second temps être couplée à d'autres modules métallurgiques afin de pouvoir décrire les transformations de phases mises en jeu lors du recuit des aciers AHSS, HF and HSHF. Cette intégration sera faite dans le laboratoire d'ArcelorMittal avec les modules déjà existants. La seconde partie de la mission consistera à étendre la méthode expérimentale sur des aciers laminés à froid afin de pouvoir étudier les mécanismes métallurgiques mis en jeu lors de la chauffe. Une fois la méthode expérimentale mise au point, elle sera appliquée à l'effet de la chimie (carbone & éléments substitutionnels) sur les cinétiques de restauration. Très peu de données sont aujourd'hui disponibles dans la littérature sur ce sujet et il n'existe aucun modèle physique pour la restauration des structures cubiques centrés. Cette cinétique sera suivie par des essais in situ de diffraction de rayons X synchrotron afin de pouvoir capturer la densité de dislocation, qui est la variable interne clef de ce mécanisme.

Encadrement universitaire :

Hugo Van Landeghem (SIMAP) hugo.van-landeghem@grenoble-inp.fr

Alexis Deschamps (SIMAP) alexis.deschamps@grenoble-inp.fr

Massih-Reza Amini (LIG) massih-reza.amini@univ-grenoble-alpes.fr

Encadrement industriel :

Frédéric Bonnet (ArcelorMittal) frederic.bonnet@arcelormittal.com