Titre de stage de Master 2
Proposé pour l'année 2013 - 2014

« Simulation numérique des phénomènes thermohydrauliques et de diffusion des espèces dans l'assemblage par fusion laser, d'aciers de nature différente »

Contexte et état de l'art

Le sujet de Master qui servira de **travail préparatoire à une thèse CIFRE (2014-2017)**, se positionne dans le contexte des fortes contraintes de réduction de masse des véhicules automobiles. Le recours à de nouveaux aciers est une solution clé, car il permet de réduire l'épaisseur des pièces mécaniques tout en préservant leurs prestations notamment en termes de sécurité. Cependant, la composition et les propriétés physiques de ces nouveaux aciers rendent problématique leur assemblage avec des aciers « standards » par des procédés de soudage utilisés habituellement. Un sujet de stage de Master est donc proposé conjointement par l'équipe LTM du **laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB UMR CNRS 6303)** et par **ArcelorMittal Atlantique & Lorraine R&D Montataire** et dont le but est de comprendre les phénomènes de migration simultanée des divers éléments des matériaux assemblés à partir de simulation numérique thermohydraulique et de données expérimentales.

L'ICB rassemble des physiciens et des chimistes (environ 250 permanents) concernés par les sciences des matériaux, de l'optique, des nanosciences. Les recherches de l'équipe LTM (13 permanents) sont essentiellement organisées autour de l'étude des phénomènes physiques liés aux procédés d'assemblage des matériaux tels que soudage, soudo-brasage,... et structuration de surface par sources lasers et/ou arc électrique). Les travaux de l'équipe couplent les aspects expérimentaux à travers l'analyse des effets des traitements sur les matériaux (caractérisations métallurgique, chimique et mécanique), l'instrumentation des procédés (visualisation rapide, thermométrie, thermographie IR, spectroscopie) et la modélisation multiphysique, afin de comprendre les phénomènes intervenant dans les procédés de traitement des matériaux, les simuler, les modéliser.

Les cas de **soudage hétérogène**, modélisés à ce jour, traitent principalement les couples de matériaux très hétérogènes, comme Cu-Ni, Ti-Fe etc.... La modélisation des mécanismes de formation de la soudure et du résultat de ces mécanismes, dépend du diagramme de phases du couple ainsi que du procédé employé pour l'assemblage. Une série de modèles traitant le cas particulier du soudage des matériaux immiscibles en phase liquide (cuivre-inox) à été développée au sein de l'ICB [1][2][3]. Des méthodes spécifiques ont été employées pour tracer l'évolution temporelle de l'interface entre deux phases liquides qui coexistent dans la zone fondue. Le cas, plus compliqué, traitant les couples formant des phases intermétalliques lors de la solidification de la zone fondue est très peu abordé (par exemple [4]), principalement à cause de la complexité de la modélisation des phases au cours du refroidissement.

Objectifs et programme

L'étudiant devra, dans un premier temps, réaliser une étude bibliographique sur la simulation du soudage laser et la simulation du soudage hétérogène.

Ensuite, viendra une phase de maîtrise des simulations numériques, mises en œuvre sous **COMSOL** et existantes au sein du LTM, couplant la **thermique et la mécanique des fluides** en régime stationnaire, du soudage de deux métaux différents en bord à bord.

L'insertion du module de COMSOL permettant de traiter **la diffusion des espèces concentrées**, sera, par la suite, mise en œuvre et complètera le modèle thermohydraulique. ArcelorMittal fournira un couple d'aciers de compositions chimiques très différentes, dont les propriétés thermophysiques sont connues, et pour lesquels des soudures laser en mode continu auront été réalisées dans des conditions opératoires différentes.

Les validations du modèle complet – mesures seront menées grâce à des résultats expérimentaux tels que la géométrie de la zone fondue, les analyses microstructurales et chimiques.

Références

- [1] Tomashchuk I., 2010, Assemblage hétérogène cuivre-inox et TA6V-inox par les faisceaux de haute énergie : compréhension et modélisation des phénomènes physico-chimiques, PhD thesis, Université de Bourgogne, France.
- [2] Tomashchuk I., Sallamand P., Jouvard J.M., 2012 Applied Mathematics and Computation, doi:10.1016/j.amc.2012.01.039
- [3] Tomashchuk I., Sallamand P., Jouvard J.M., Grevey D., 2010 Computational Materials Science, 48 827-836
- [4] Gnauk J., Wenke R., Frommeyer G. 2005 Materials Science and Engineering A 413-414 490-49