

Proposition de Sujet de thèse

Ecole Doctorale : SPI

Unité de recherche : IRDL CNRS UMR 6027

Localisation : IRDL Université Bretagne Sud Lorient

« Détermination de la diffusivité thermique des métaux liquides, sans contact et à très haute température »

Directeur (IRDL) : M. Carin

Co-directeurs (IRDL) : M. Courtois, T. Pierre

Contact : mickael.courtois@univ-ubs.fr

Financement envisagé : 50% ARED, 50% CDE

Les procédés industriels liés à la métallurgie tels que la sidérurgie, le soudage, la fabrication additive, impliquent l'utilisation de la matière – bien souvent des métaux, des alliages métalliques – non seulement sous sa forme solide, mais également liquide. Tout le savoir-faire et la compréhension développés autour d'un procédé sont les fruits d'investissement financier important et de temps passé à la mise au point des procédés. Ainsi, pour des raisons évidentes d'économie, l'approche complémentaire, voire substitutive, d'un procédé par des modèles numériques est de plus en plus courante, avec notamment l'attrait croissant pour les jumeaux numériques. Ces modèles ont donc la volonté de reproduire aussi fidèlement que possible la réalité d'un procédé, mais aussi d'être prédictifs via des études paramétriques. Dans les applications telles que le soudage ou la fabrication additive, les physiques impliquées sont nombreuses (thermique, mécanique des fluides, métallurgie, électromagnétisme...) et les températures élevées impliquant le changement de phase de la matière. Or, les modèles ne fonctionnent pas sans les propriétés de la matière, lesquelles, vu les variations de températures mises en jeu, peuvent évoluer très fortement. Cependant, le constat actuel est que ces propriétés restent inconnues pour bon nombre de corps élémentaires ; c'est en effet le cas pour les conductivités thermiques du fer, du nickel ou du niobium, éléments couramment utilisés dans les industries métallurgiques. Le verrou est en partie dû à l'extrême difficulté des expériences à développer.

De ce constat, le projet proposé vise à développer un nouveau dispositif pour mesurer les propriétés thermiques de métaux/alliages métalliques à l'état liquide (température supérieure à 2 000 °C). Les principales propriétés thermiques concernées sont la conductivité thermique, la diffusivité, l'effusivité et la capacité calorifique ; ces quatre propriétés sont reliées entre elles et la connaissance de deux permet de connaître les deux autres.

Dans ce projet, nous nous concentrerons sur la diffusivité thermique. Une expérience innovante (des premiers essais ont prouvé sa faisabilité) a été développée. Un mince film de métal (environ 200 µm) porté à l'état liquide et maintenu horizontalement grâce à sa propre tension de surface est excité brièvement par un chauffage laser sur sa face supérieure. Durant toute la durée de l'expérience, les champs de température en faces endroit et envers sont mesurés. L'estimation de la diffusivité thermique (par techniques inverses) s'effectuera par l'ajustement d'un modèle théorique rendant compte de l'évolution de la température locale du film liquide au cours du temps avec la température expérimentale correspondante.

Si la classique méthode flash – adaptée à l'expérience – est utilisée pour estimer la diffusivité thermique, la pertinence et l'originalité de cette expérience est que le film liquide a l'avantage de ne pas être pollué par un quelconque support, mais aussi qu'étant à l'état liquide, les mouvements de fluide sont fortement réduits. Comme la finesse du film de métal liquide implique une durée d'expérience inférieure à la seconde, une caméra haute vitesse d'acquisition (10 000 images/s) sera utilisée. Enfin, l'approche théorique de l'expérience sera développée selon différentes échelles : du modèle analytique « simple » purement conductif rendant le temps d'estimation de la diffusivité par méthodes inverses relativement court, jusqu'au développement de code numérique multiphysique impliquant également la mécanique des fluides liée aux mouvements du bain liquide. Les trois volets expérimentaux, analytiques et numériques sont donc présents dans ce projet.



Acte de candidature

Le candidat doit déposer sa candidature sur le site <https://theses.doctorat-bretagneloire.fr/> dès sa parution et/ou auprès des futurs encadrants. Le dossier devra notamment inclure les pièces suivantes :

- CV du candidat
- Relevé de notes M1 et M2, ou équivalent
- Lettre de motivation du candidat
- Lettre de recommandation