# Sujet de master, équipe ondes et imagerie, LMA (2019-2020)

## Titre du Stage :

Amélioration du Contrôle Non Destructif (CND) des soudures TIG. Etude de l’influence du soudage en position sur la propagation ultrasonore.

## Contexte :

Les démonstrations de sûreté des dispositifs industriels complexes (réacteurs nucléaires, ITER, chimie…) repose en partie sur les contrôles des structures, et notamment sur l’examen non destructif périodique des parties soudées, essentiellement en acier inoxydable austénitique. La détection, la localisation et la caractérisation des défauts potentiels par des méthodes ultrasonores constituent des problématiques complexes. En effet, la nature hétérogène et anisotrope de ces soudures épaisses multipasses induit de fortes perturbations dans la propagation du faisceau acoustique (déviation, division, atténuation, bruit) qui faussent les diagnostics. La prédiction exacte de la propagation des ondes ultrasonores dépend donc de la connaissance fine de la structure cristalline, propre à chaque soudure.

Des travaux du LMA sur le sujet ont permis des avancées dans la prévision 2D d’une structure soudée multipasses réalisée par électrode enrobée (modèle MINA), mais aussi plus récemment dans le cas du procédé de soudage TIG. Ces modèles exploitent ainsi les informations contenues dans le cahier de soudage (ordre d’enchaînement des passes, énergie de soudage, géométrie du chanfrein…) afin de modéliser, sur la base de phénomènes physiques (gradient thermique, compétition cristalline, forme des passes, …), la distribution spatiale de la croissance cristalline dans le plan perpendiculaire au sens de soudage (2D). L’orientation locale est alors prévue, à une échelle inférieure à celle de la passe de soudage. La prévision de la propagation ultrasonore est ensuite obtenue via ces orientations et un jeu de constantes d’élasticité (Cij) propre au métal soudé. Pour l’aspect propagation, on s’appuie sur un modèle éléments finis déjà éprouvé type ATHENA (code EDF).

Le modèle de description de soudure actuel correspond à une distribution spatiale de la croissance cristalline dans le plan perpendiculaire au sens de soudage (2D), ce qui est suffisant quand on envisage des soudures réalisées à plat. Pour le soudage en position (corniche, plafond, montante), les effets de gravité induisent des inclinaisons 3D de la texture, et la modélisation 2D peut alors ne plus suffire pour simuler correctement la propagation ultrasonore. Des travaux précédents réalisés au LMA ont déjà abordé la problématique de l’inclinaison 3D de la texture, dans le cas de soudures en position, réalisées à l’électrode enrobée.

## Sujet de stage :

L’étudiant devra tout d’abord s’approprier ces différents travaux. Le modèle de description de soudure TIG (2D), qui est en cours de développement, sera ensuite éprouvé dans le cas de soudures réalisées à plat.

Il s’agira alors de prendre en compte les aspects métallurgiques spécifiques au soudage TIG en position, issus de l’analyse d’une soudure étalon type corniche. Une analyse macrographique permettra d’obtenir la distribution spatiale de la croissance cristalline. Le modèle de description de soudure TIG sera ensuite évalué sur la soudure corniche afin de relever les écarts d’orientations de grains.

La prédiction de la propagation des ondes ultrasonores sera réalisée via le modèle ATHENA, et sera comparée à des mesures expérimentales afin d’évaluer les écarts, confirmant (ou non, selon les cas) la nécessité de produire une modélisation 3D, de la structure cristalline, dans le cas de soudures réalisées en position.

Selon le temps imparti, l’effet de la présence de contraintes résiduelles dans les soudures sera étudié (aspect bibliographie), notamment en soudage TIG, car elles peuvent influencer la propagation ultrasonore de manière non négligeable.

Compétences recherchées : matériaux, propagation des ondes acoustiques, analyse numérique, langage de programmation (Matlab), éléments finis

## Laboratoire d’accueil :

Le LMA est une Unité Mixte de Recherche du CNRS (UMR 7031) rattachée à Aix-Marseille Université (AMU). L’effectif du LMA est d’environ 120 personnes (chercheurs, enseignants-chercheurs, ITA, doctorants et post doctorants). Le stage se déroulera à l’antenne d’Aix-en-Provence (IUT Aix-Marseille) spécialisée dans le contrôle non destructif depuis plus de 20 ans.

## Encadrants :

Dr. Cécile Gueudré, Maître de Conférences HDR, équipe ondes et imagerie, LMA, cecile.gueudre@univ-amu.fr

Dr. Marie-Aude Ploix, Ingénieur Chercheur, équipe ondes et imagerie, PROTISVALOR/LMA, marie-aude.ploix@univ-amu.fr

Pr. Gilles Corneloup, Professeur des Universités, équipe ondes et imagerie, LMA, gilles.corneloup@univ-amu.fr

M. Quentin Marsac, Doctorant CEA/LMA 3ème année, quentin.marsac@cea.fr