

## Thèse en Collaboration entre ECAM Strasbourg-Europe/IREPA LASER/ICube

**Sujet :** Auto-adaptation en temps réel du cordon de soudure en fabrication additive.

**Mots clés :** laser, Fabrication additive, simulation, expérience, contrôle qualité, caractéristique mécanique du cordon, santé matière, mise en forme du faisceau, efficacité énergétique, IA, apport de matière

**Objectif - Résumé :** Pouvoir anticiper la difficulté à choisir le bon système face à la multiplicité des possibilités au niveau des faisceaux laser et de leur mise en forme (temporellement et spatialement). L'objectif à terme étant de déterminer les meilleures stratégies de mise en forme et de déplacement de faisceau pour obtenir les meilleures soudures.

Combiner les travaux de simulation et les données issues des capteurs, développer des algorithmes intelligents pour améliorer, compléter, renforcer les modèles de simulation et/ou corriger les résultats.

**Le thésard devra développer une IA intégrant la totalité des données (capteurs, simu (dynamique et thermique), CND) pour proposer des formes de trajectoires et une dynamique du faisceau en temps réel.**

### Contexte:

Aujourd'hui il y a beaucoup de solutions offertes en soudage métallique :

- Différentes longueurs d'onde
- Différents diamètres de faisceau
- Différentes répartitions énergétique (gaussien, top hat, multicoeur de fibre, ...)
- Différents mouvements sur la trajectoire (ligne droite, vobulation oscillation (carré, triangulaire, sinusoïdale, 8,  $\square$ , ...)
- On voit apparaitre une variation de la position du point focal en dynamique, et de la forme de focalisation.

Les solutions sont tellement variées que l'expérience n'est plus suffisante pour trouver les bons paramètres. L'utilisation des capteurs, CND et corrélation avec la simulation, pourrait donner des informations directes des résultats de santé interne du cordon

D'autre part :

- La simulation sur la dynamique des bains présente la formation des porosités
- Les capteurs sont de plus en plus évolués et permettent de voir la forme du keyhole en plus des informations déjà bien connues qui permettent de suivre la qualité en production, les caméras sont également de plus en plus précises.
- La tomographie permet quant à elle la détection en 3D des défauts, entre autres la porosité

### Objectif :

Les solutions techniques disponibles sont de plus en plus variées mais il n'existe pas aujourd'hui d'assistance au choix pour les utilisateurs. Cette thèse va permettre d'associer des briques technologiques déjà disponibles au service de l'application de soudage. D'autre part il semble possible aujourd'hui de prédire la présence de porosités au travers d'informations croisées simulation de la dynamique du bain et analyse OCT.

► Mieux connaître la dynamique du bain:

- Avec et sans oscillation
- Lors d'une variation dynamique de la répartition énergétique
- En vue de mieux anticiper la formation de porosité
- Adapter les travaux déjà existant en FA pour le soudage (mode keyhole, mouvement du faisceau, éventuellement ajout de métal (pour pièce de grande dimension)

- ▶ Utiliser les capteurs (informations disponibles de suite) pour le réglage du process en ayant assuré une corrélation capteur/simulation numérique

**Le thésard devra développer une IA intégrant la totalité des données (capteurs, simu (dynamique et thermique), CND) pour proposer des formes de trajectoires et une dynamique du faisceau en temps réel.**

**Encadrement :**

- Directeur : Grégoire Chabrol (ECAM Strasbourg-Europe)
- Co-directeur : Sylvain Lecler (INSA/ICube)
- CO-encadrant : Didier Boisselier (IREPA LASER), Frédérique Machi (IREPA LASER), Rabih Amhaz (ECAM Strasbourg-Europe), Cédric Bobenrieth (ECAM Strasbourg-Europe), Nathalie Al Makdessi (ECAM Strasbourg-Europe)