

## **Sujet : Rechargement par projection laser d'aubes monocristallines en superalliage base nickel.**

*Lieu du stage : Centre des Matériaux.*

*Encadrants : Thibaut GELPI et Christophe COLIN*

*Mots clefs: Rechargement laser, laser metal deposition, laser cladding, superalliage base nickel, solidification dirigée, métallurgie des poudres, mesures thermiques.*

### *Contexte de l'étude*

La réduction de la consommation, de la masse embarquée, des coûts de fabrication et des coûts de maintenance sont des objectifs primordiaux de l'industrie aéronautique. Dans cette optique, Snecma et GE ont été amenés, à travers la joint-venture CFM, à mettre sur le marché une nouvelle génération de moteur pour remplacer leur best-seller CFM56. Nommé LEAP-X, le nouveau moteur présente une consommation de carburant et une émission de CO<sub>2</sub> réduite de 15% par rapport à la précédente génération. La diminution de la consommation représente une économie substantielle pour les compagnies aériennes puisqu'il s'agit de leur premier poste de dépense. C'est la raison pour laquelle le produit est d'ores et déjà plébiscité par les aviateurs. Le LEAP-1A équipera entre autre l'Airbus A320neo, le 1B le Boeing 737MAX, et le 1C l'avion chinois COMAC C919.

La commercialisation des moteurs inclut désormais le service entretien et réparation. Ce type de contrat vise à optimiser les coûts de maintenance pour les compagnies, mais implique une internalisation de l'activité pour les motoristes. En effet, la branche maintenance de Snecma (MRO) verra son activité croître de manière significative (+60% d'ici 2018). Cet accroissement s'explique également par le fait que l'activité du LEAP viendra s'ajouter à celle de la flotte des CFM56 encore en service. C'est dans ce cadre que Snecma MRO cherche à faire évoluer ses procédés de maintenance, à travers le développement de nouvelles technologies de réparation.

L'opération de rechargement consiste à venir reconstruire les zones d'une pièce qui présente des manques de matière causés par l'usure. L'application vise ici à recharger une aube mobile haute pression en superalliage base nickel monocristallin (nuance Snecma AM1). La microstructure du rechargement devra présenter une orientation cristalline cohérente avec celle de l'aube à réparer et être exempte de tous défauts métallurgiques. L'opération de rechargement implique donc un contrôle fin des paramètres procédés. Le rechargement par Laser Metal Deposition (LMD) apparaît comme le meilleur compromis en termes de pilotage procédé, reproductibilité, vitesse de construction, et de flexibilité sur des géométries complexes. C'est la raison pour laquelle Snecma Châtellerauld cherche à développer le rechargement d'aubes monocristallines par cette technologie.

### *Objectifs du stage*

L'objectif du stage DMS consistera à expliciter les relations entre les paramètres du procédé et la qualité métallurgique du rechargement en AM1. Parmi les points durs d'ores et déjà identifiés, on rencontre avec ce matériau de la fissuration à chaud et une désorientation cristalline, ainsi qu'une défautologie propre au procédé (porosité de gaz occlus, stabilité du bain). Le stagiaire devra donc se familiariser, par l'exercice de la bibliographie, aux notions de solidification dirigée, de texturation, de superalliage base nickel, ainsi qu'à la phénoménologie du procédé LMD et des procédés connexes.

Les étroites relations entre les poudres utilisées en projection laser et la qualité du rechargement, conduiront le stagiaire à effectuer une expertise des poudres d'AM1 qui l'amènera à faire connaissance avec plusieurs techniques intéressantes de caractérisation des matériaux divisés, issues de la métallurgie des poudres. En s'appuyant sur son étude bibliographique et sur les résultats déjà capitalisés sur l'AM1 par Snecma, le stagiaire proposera un plan d'expérience de rechargement mono-cordons sur éprouvettes représentatives. Les rechargements seront réalisés sur le moyen LMD de Snecma Châtellerauld et expertisés par le stagiaire au Centre des Matériaux. Ce moyen sera équipé d'une instrumentation thermique indispensable pour appréhender les défauts liés aux contraintes thermiques. Le stagiaire devra donc se former et être autonome sur certaines techniques de caractérisation de laboratoire (préparation métallographique, MO, MEB, EDS, DRX, EBSD, dureté et ATD).

En fonction des résultats expérimentaux, plusieurs itérations entre essais de rechargement et expertises métallurgiques pourront être envisagées. Des critères objectifs seront définis et suivis pour minimiser les défauts au sein du rechargement.

Au terme de cette étude, une analyse critique ainsi qu'une bonne compréhension de la métallurgie du matériau rechargé sera nécessaire pour (i) expliciter et décrire les relations entre les paramètres du procédé, la santé matière et la microstructure brute de LMD, et (ii) proposer une fenêtre paramétrique de construction ainsi que des leviers d'amélioration.