

COLUMBO : Caractérisation et contrôlabilité multi-échelles par ultrasons-laser des composants WLAM : vers une surveillance en ligne basée sur la physique et augmentée par l'apprentissage automatique

Date de début du projet : 1er janvier 2022

Durée : 48 mois

Description du projet

La mise en œuvre industrielle de composants élaborés par fabrication additive (FA) métallique possède un fort potentiel de croissance dans divers domaines exigeants tels l'aéronautique, l'automobile, le médical ou le nucléaire. Le souhait de réaliser des pièces structurales implique qu'elles doivent être soumises à des contrôles non-destructifs (CND) et qu'il est primordial de maîtriser le procédé pour obtenir une microstructure favorable. La mise en œuvre d'une stratégie de surveillance CND en ligne amènerait un contrôle efficace et optimal en agissant sur les paramètres FA pour éviter les dérives ou en rebutant au plus tôt les pièces défectueuses. Or, malgré les études développées sur l'influence des paramètres FA sur les microstructures résultantes, les connaissances actuelles demeurent incomplètes, notamment pour le récent procédé fil-laser (WLAM) dont les avantages suscitent un intérêt industriel croissant. La disponibilité d'une méthode en ligne de caractérisation non-destructive locale permettrait, en conséquence, une avancée significative.

COLUMBO démontrera la contrôlabilité par ultrasons-laser (UL) de pièces WLAM en quantifiant

les paramètres matériaux qui rendent ces analyses possibles et en définissant les grandeurs caractéristiques détectables, afin de prouver la faisabilité d'une stratégie de surveillance en ligne. Les méthodes CND par ultrasons, éprouvées par leur sensibilité fondamentale aux caractéristiques mécaniques locales, constituent des approches de choix pour le contrôle de défauts (ZAT, porosités ou fissures) et la caractérisation multi-échelle des microstructures. Les techniques UL permettent une inspection sans-contact dans les environnements hostiles de la FA. Enfin, l'utilisation des ondes de Rayleigh est appropriée pour inspecter successivement les couches déposées. Cependant, l'efficacité d'une telle procédure CND est garantie sous réserve d'une interprétation physique pertinente et d'une exploitation optimale des données du contrôle in situ en temps réel. Or, les pièces WLAM constituent un défi en raison des phénomènes de diffusion ultrasonore liés à leurs microstructures atypiques très marquées (enchevêtrements de grains colonnaires et équiaxes). Les signaux associés, bien que potentiellement riches d'informations, sont complexes à interpréter. Le verrou scientifique à lever est la maîtrise de la corrélation entre les paramètres procédés, les caractéristiques de la microstructure obtenue et sa signature ultrasonore.

COLUMBO lèvera ce verrou en développant des modélisations/simulations multi-échelles/multi-physiques du procédé WLAM et de la propagation ultrasonore dans les pièces élaborées, avec confrontation aux données de caractérisation et mesures expérimentales. Grâce à la complémentarité fabrication/essais-mesures/calculs entre les partenaires, la méthodologie consiste à établir un 'benchmark' hybride des pièces sur mesure choisies et élaborées avec des microstructures de complexité croissante via des paramètres procédés identifiés et classifiés, permettant d'avancer progressivement dans la compréhension des phénomènes impliqués, la modélisation des mécanismes physique et la quantification des grandeurs mesurables. Le but final est une exploitation optimale des données du contrôle in situ en temps réel à l'aide de modèles simplifiés basés sur l'apprentissage automatique.

Pour atteindre cet objectif ambitieux et d'actualité, COLUMBO réunit un consortium de cinq partenaires dont les compétences remplissent la chaîne complète d'expertises requises : de la modélisation/simulation du procédé, jusqu'au test pendant le processus de construction, en passant par la modélisation/simulation du CND par UL et la caractérisation (EBSD, MEB), avec l'assimilation et l'inversion des données par l'apprentissage automatique. Cette complémentarité et cet équilibre entre modélisation théorique/numérique et validation expérimentale constituent le point clé de la rigueur et de la réussite du projet.

[Description du projet sur le site de l'ANR \(https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE08-0026\)](https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE08-0026)

[Description du projet COLUMBO \(site web dédié\) \(https://columbo-project.cea.fr/?page_id=75\)](https://columbo-project.cea.fr/?page_id=75)

Partenaires et financeurs

Coordinateur du projet : Jérôme Laurent (LIST)

- › ICMMO : Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'orsay
- › ARMINES CEMEF : Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels
- › LURPA : Laboratoire universitaire de recherche en production automatisée
- › CEA LIST : Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies
- › MSSMAT : Laboratoire de mécanique des sols, structures et matériaux
- › ANR : Agence nationale de la recherche