

#### Développement de l'outil de contrôle in-situ par Courants de Foucault de pièces en cours de Fabrication pour la technique L-PBF

Romain Saddoud, Kévyn Perlin, Michel Pellat, Natalia Sergeeva-Chollet

#### ► To cite this version:

Romain Saddoud, Kévyn Perlin, Michel Pellat, Natalia Sergeeva-Chollet. Développement de l'outil de contrôle in-situ par Courants de Foucault de pièces en cours de Fabrication pour la technique L-PBF. Journées COFREND 2023, Jun 2023, Marseille, France. 28459 (6 p.), 10.58286/28459. hal-04559055

#### HAL Id: hal-04559055 https://hal.science/hal-04559055

Submitted on 25 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers. L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





Confédération Française pour les Essais Non Destructifs

### Développement de l'outil de contrôle in-situ par courants de Foucault de pièces en cours de fabrication par la technique L-PBF

Romain SADDOUD, Kévyn PERLIN, Michel PELLAT, Natalia SERGEEVA-CHOLLET



Université Paris-Saclay, CEA LIST, F-91120, Palaiseau



Université Grenoble Alpes, DTNM, CEA LITEN, F-38000, Grenoble

#### Journées COFREND 2023 – Romain SADDOUD

### SOMMAIRE

#### INTRODUCTION 1.

• Présentation du contexte (besoins, objectifs)

#### 2. DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE CONTRÔLE

- Choix du capteur
- Montage et dispositif expérimental •
- Description de la CAO de la pièce •

#### 3. ESSAIS RÉALISÉS

- Discussion des résultats expérimentaux ٠
- Développement capteur multiéléments ullet

#### **CONCLUSION ET PERSPECTIVES** 4.

![](_page_2_Picture_14.jpeg)

06/06/2023

![](_page_2_Picture_15.jpeg)

### **Contexte – Principe L-PBF**

![](_page_3_Figure_1.jpeg)

cea

### Contexte

#### **Besoins**:

 Surveillance du processus, contrôle des pièces en cours de fabrication

- Détection des défauts
- Analyse de la porosité

#### **Objectifs :**

- Développement d'une méthode de contrôle en ligne des zones fusionnées
- Amélioration de la compréhension des phénomènes et de la qualité des pièces

#### But :

Développement et réalisation des sondes adaptées pour le contrôle des pièces en cours de fabrication

![](_page_4_Picture_10.jpeg)

![](_page_4_Figure_11.jpeg)

#### Etude du capteur courants de Foucault

#### Caractéristique du capteur courants de Foucault :

- 1 élément = 2 bobines
- Mode émission/réception séparé
- Ø=3mm avec recouvrement
- Capteur gravé sur PCB
- Fréquence de travail : 1MHz
- Tension : 8V

À cette fréquence: étude de quelques couches supérieures déposées

![](_page_5_Picture_10.jpeg)

Bobine réceptrice

![](_page_5_Picture_11.jpeg)

N·D·E

![](_page_5_Figure_12.jpeg)

![](_page_5_Picture_13.jpeg)

### Montage et dispositif expérimental

![](_page_6_Picture_1.jpeg)

![](_page_6_Picture_2.jpeg)

Fixation capteur au support mécanique

![](_page_6_Picture_4.jpeg)

![](_page_6_Figure_5.jpeg)

Support d'étanchéité

- Machine L-PBF Farsoon FS271 M
- Poudre AlSi7Mg fournie par Toyal FS271
- Paramètres principaux du processus : puissance du laser = 200 W, vitesse de balayage = 1000 mm/s, pas = 0,17 μm, épaisseur de couche = 30 μm

# 

### CAO de la pièce

![](_page_7_Figure_2.jpeg)

#### Défauts

- 1 défaut ouvert d'une largeur de 0,1 mm
- **Capteur courants de Foucault** 
  - Sur le racleur, perpendiculairement aux défauts
- Mesures
  - En cours de déplacement du racleur

![](_page_7_Picture_9.jpeg)

![](_page_8_Picture_0.jpeg)

• Capteur : 2 bobines Ø=3mm, T=8V, f=1MHz

![](_page_8_Figure_3.jpeg)

- Signal provenant de la poudre dans le bac de poudre et du plateau de fabrication est mesuré
- Différence entre les deux zones correspond à la sensibilité du capteur sur la pièce métallique

![](_page_9_Figure_1.jpeg)

- Signal reçu après le dépôt de 10 couches sur la pièce de fabrication sur l'ensemble du trajet du racleur est mesuré
- Différence entre la signature du signal provenant du bac de poudre et celle du plateau de fabrication
- Aucune influence de la présence de poudre métallique sur la pièce fusionnée à partir de 10 couches fusionnées

![](_page_10_Picture_0.jpeg)

• Capteur : 2 bobines Ø=3mm, T=8V, f=1MHz

![](_page_10_Figure_3.jpeg)

Déposition et fusion de 15 couches

![](_page_10_Figure_5.jpeg)

Détection du défaut 1 d'une largeur de 0,5 mm dans la pièce après fabrication

# 

# Résultats expérimentaux

- Capteur : 2 bobines Ø=3mm, T=8V, f=1MHz
  - La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 (≈ 2mm)

![](_page_11_Picture_4.jpeg)

Défaut	Longueur (mm)	Largeur (mm)
1	10	0.5
2	10	3
3	10	2
4	10	1
5	10	0.5
6	10	0.2
7	10	0.1

Déposition et fusion de 72 couches (≈ 2,15 mm)

![](_page_11_Picture_8.jpeg)

Déposition et fusion de 87 couches (≈ 2,6 mm)

![](_page_11_Figure_10.jpeg)

Position (mm)

Cez

![](_page_12_Picture_1.jpeg)

- Capteur : 2 bobines Ø=3mm, T=8V, f=1MHz
  - La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 (≈ 2mm)

![](_page_12_Picture_4.jpeg)

Défaut	Longueur (mm)	Largeur (mm)
1	10	0.5
2	10	3
3	10	2
4	10	1
5	10	0.5
6	10	0.2
7	10	0.1

Déposition et fusion de 72 couches (≈ 2,15 mm)

![](_page_12_Picture_8.jpeg)

Déposition et fusion de 87 couches (≈ 2,6 mm)

![](_page_12_Picture_10.jpeg)

Déposition et fusion de 97 couches (≈ 2,9 mm)

![](_page_12_Figure_12.jpeg)

Position (mm)

- Capteur : 2 bobines Ø=3mm, T=8V, f=1MHz
  - La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 (≈ 2mm)

Défaut	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur de détection (mm/couches)
1	10	0.5	0.45/15
2	10	3	0.15 /5
3	10	2	0.15/5
4	10	1	0.6/20
5	10	0.5	0.6/20
6	10	0.2	0.9/30
7	10	0.1	0.9/30

- La formation des défauts se déroule pendant la fabrication de la pièce
- L'influence de la poudre à l'intérieur des défauts sur la détection est négligeable
- Les défauts surfacique ayant une largeur de 100 µm peuvent être détectés

![](_page_13_Figure_7.jpeg)

Déposition et fusion des couches 72, 87 et 97 couches

Cez

![](_page_14_Picture_1.jpeg)

Déposition et fusion de 170 couches, dont 6 couches pour la deuxième marche

![](_page_14_Figure_3.jpeg)

- Non-détection des défauts après fusion des 6 couches supplémentaires au niveau de la 2<sup>ème</sup> marche
- Les défauts recouverts de poudre non fusionnée sont toujours détectés
- Résultats intéressants avec un capteur mono-élément => Création d'un capteur multiéléments (détection sur l'ensemble de la pièce)

## Développement capteur multiéléments

- Développement du capteur CEA
- Réalisation du capteur **STATICE**
- Dimension et caractéristique du capteur multiéléments :
  - Composé 20 éléments en quinconces
  - 1 élément -> 2 bobines E/R séparées
  - Bobine Ø=3mm (même dimension capteur mono-élément)
  - Longueur du capteur = 60 mm

![](_page_15_Picture_8.jpeg)

![](_page_15_Picture_9.jpeg)

![](_page_15_Picture_10.jpeg)

![](_page_15_Picture_11.jpeg)

- Implémentation du capteur en machine Farsoon L-PBF
  - Evaluation des performances du capteur

### **Conclusion et perspectives**

- Contrôle in-situ avec un capteur courants de Foucault fixé sur le racleur a été évalué
- Evaluation des performances du capteur mono élément CF a été réalisée
- Fabrication de la pièce en AlSi7Mg a été réalisée avec les défauts définis dans la CAO de la pièce
- L'utilisation de poudre non fusionnée autour de la zone fusionnée dans le processus L-PBF n'a pas d'influence sur la surveillance in-situ. Aucune dégradation du rapport signal sur bruit n'a été observée
- Détection des défauts de l'ordre de 0,1 mm (largeur) avec le capteur courants de Foucault lors de la surveillance in-situ de la pièce

 Réalisation et évaluation des performances du capteur multiéléments en machine Farsoon L-PBF

![](_page_17_Picture_0.jpeg)

![](_page_17_Picture_1.jpeg)

## **Merci pour votre attention**

![](_page_17_Picture_3.jpeg)

Confédération Française pour les Essais Non Destructifs

#### **CEA SACLAY**

91191 Gif-sur-Yvette Cedex

France

romain.saddoud@cea.fr

Standard. + 33 1 69 08 50 47

### Campagne 09/22 Farsoon

![](_page_18_Picture_1.jpeg)

#### Défauts CAO pièce en AlSi

![](_page_18_Figure_3.jpeg)

- Réalisation de défauts sphérique 0,5 et 0,3 mm
  - Tomographie défauts non réalisées
- Entailles détectées
- Résultats bruités

![](_page_18_Picture_8.jpeg)

Cez