



**HAL**  
open science

## 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>**

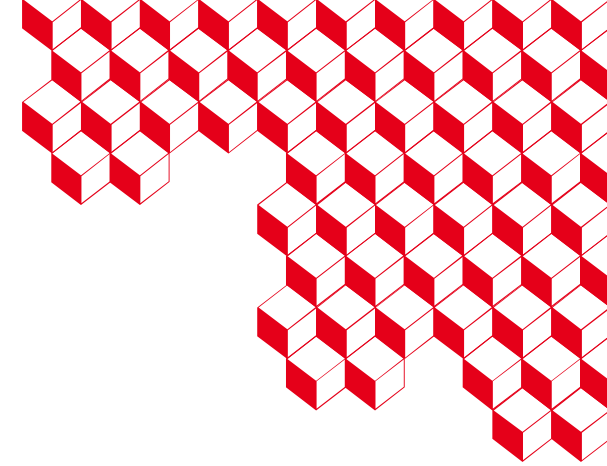
Submitted on 25 Apr 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



# 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

# SOMMAIRE

## 1. INTRODUCTION

- Présentation du contexte (besoins, objectifs)

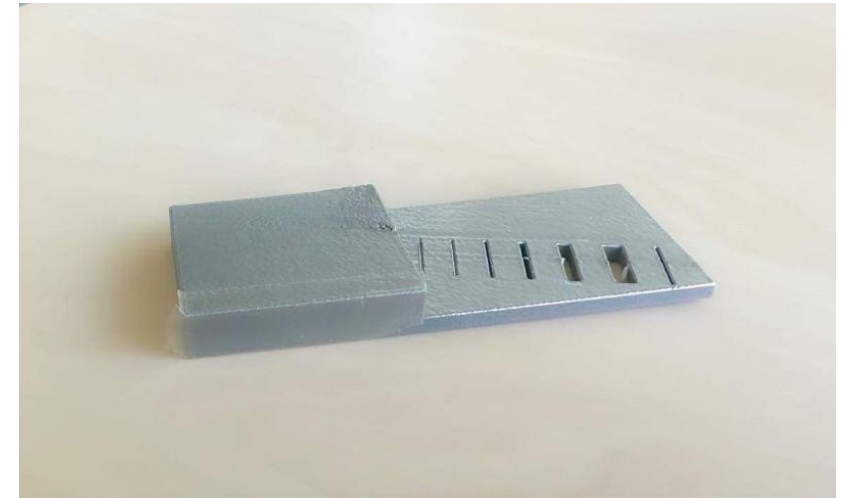
## 2. DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE CONTRÔLE

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

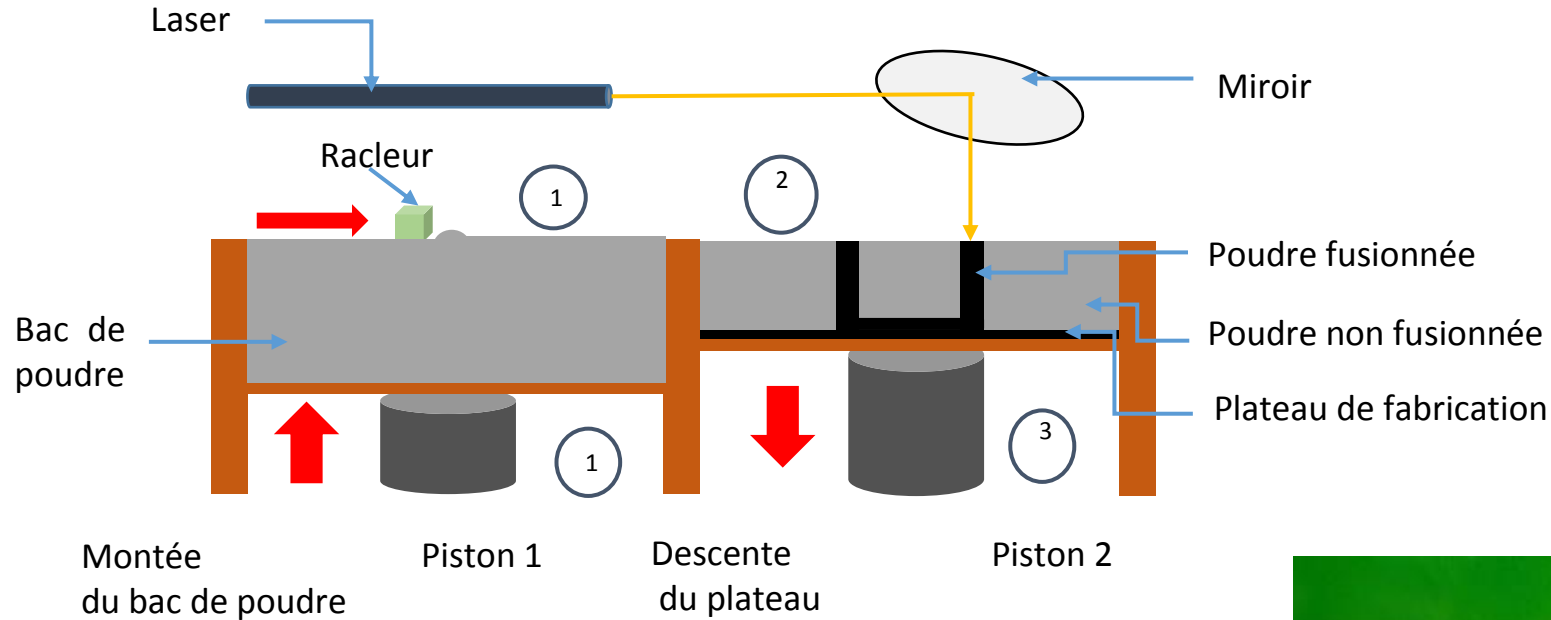
## 3. ESSAIS RÉALISÉS

- Discussion des résultats expérimentaux
- Développement capteur multiéléments

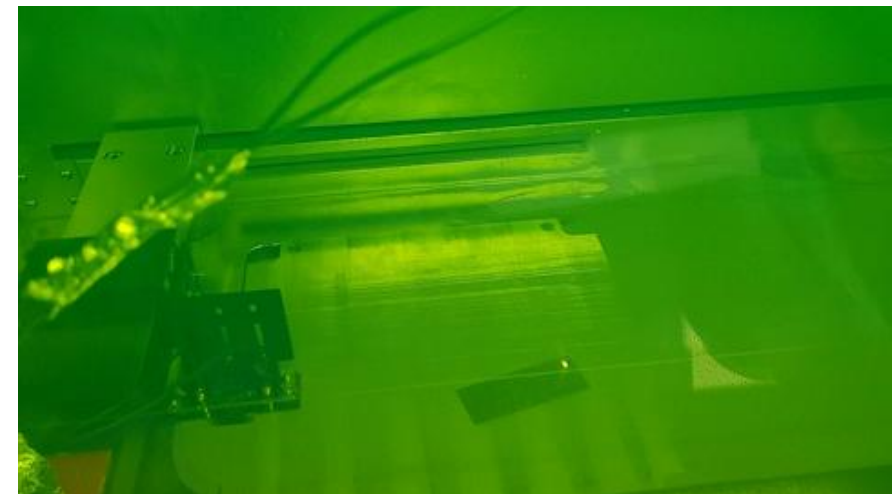
## 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES



# Contexte – Principe L-PBF



- ① Dépôt de la 1<sup>ère</sup> couche
- ② Fusion de la poudre sélectionnée
- ③ Nouvelle couche déposée



# Contexte

## Besoins :

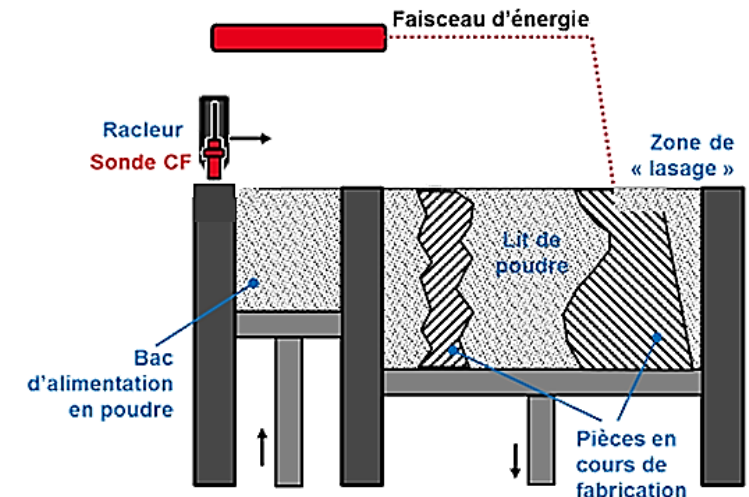
- Surveillance du processus, contrôle des pièces en cours de fabrication
  - Détection des défauts
  - Analyse de la porosité

## 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

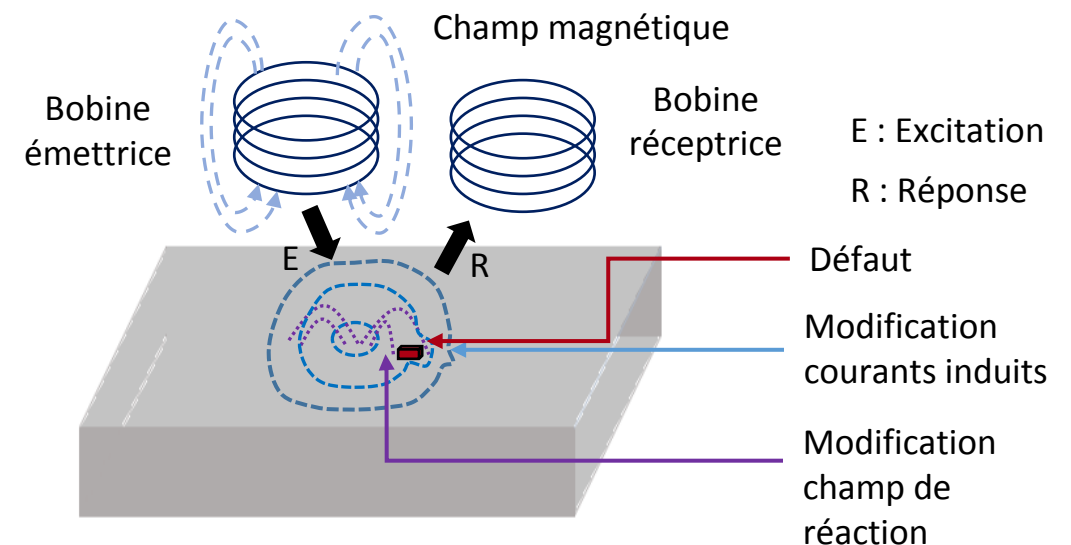
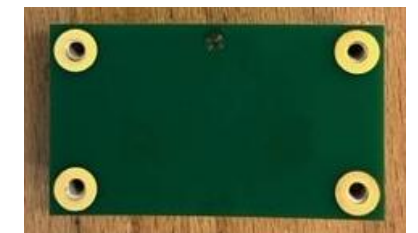
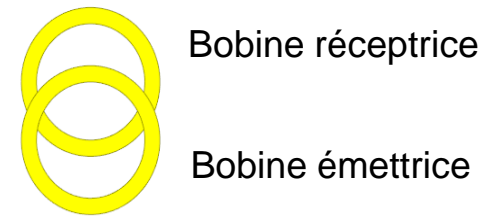


# Etude du capteur courants de Foucault

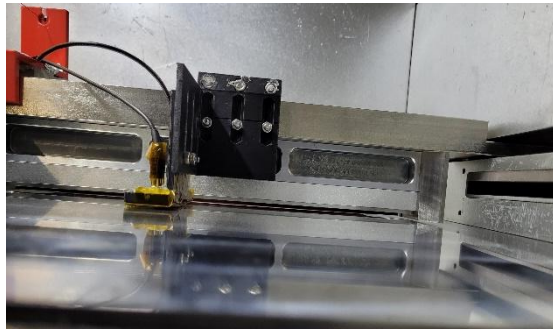
## Caractéristique du capteur courants de Foucault :

- 1 élément = 2 bobines
- Mode émission/réception séparé
- $\varnothing=3\text{mm}$  avec recouvrement
- Capteur gravé sur PCB
- Fréquence de travail : 1MHz
- Tension : 8V

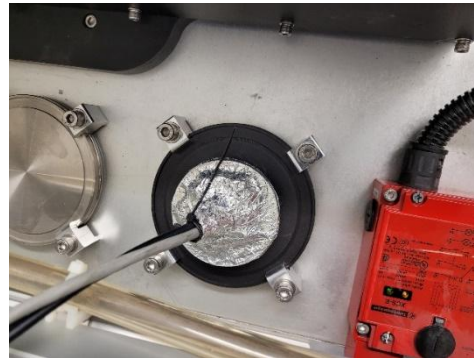
➔ À cette fréquence: étude de quelques couches supérieures déposées



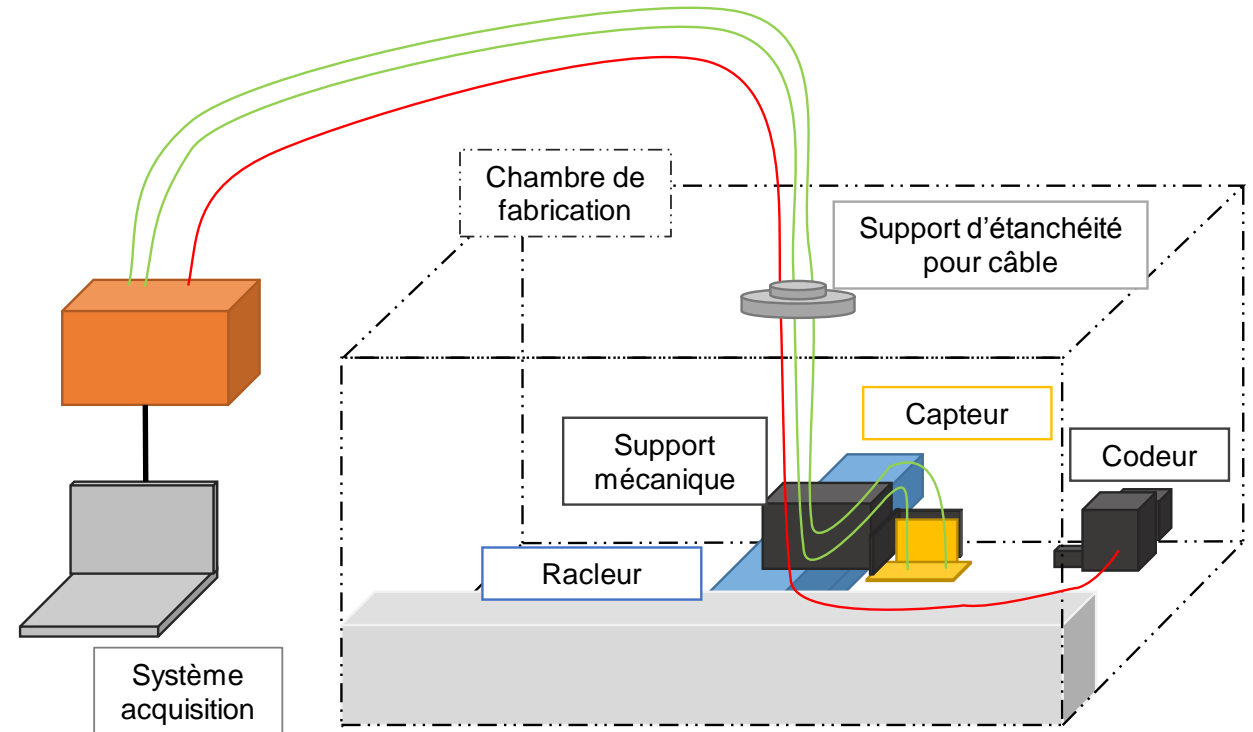
# Montage et dispositif expérimental



Fixation capteur au support mécanique

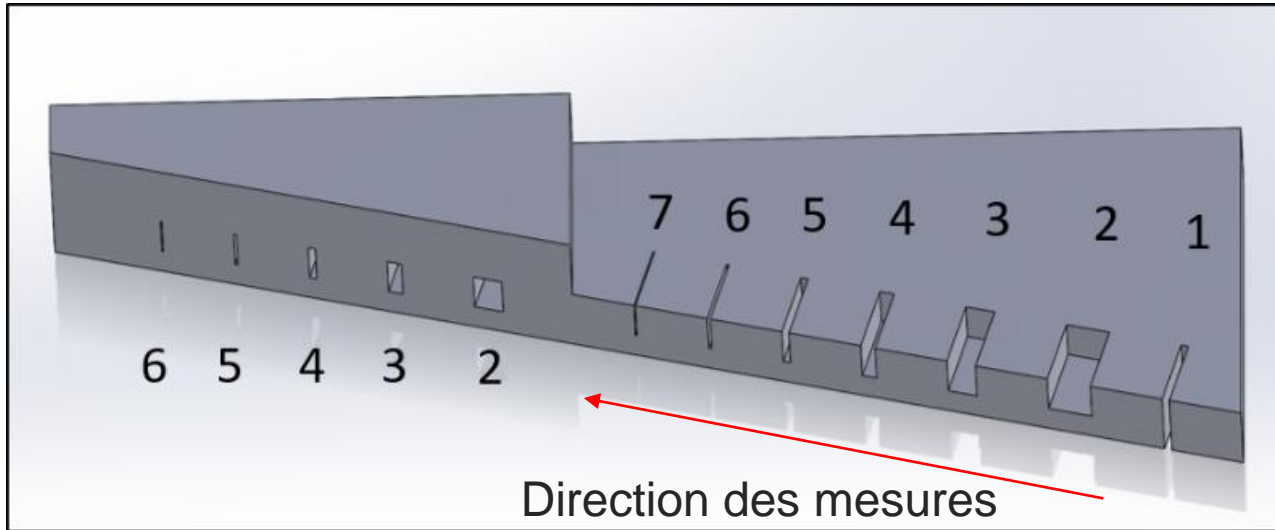


Support d'étanchéité



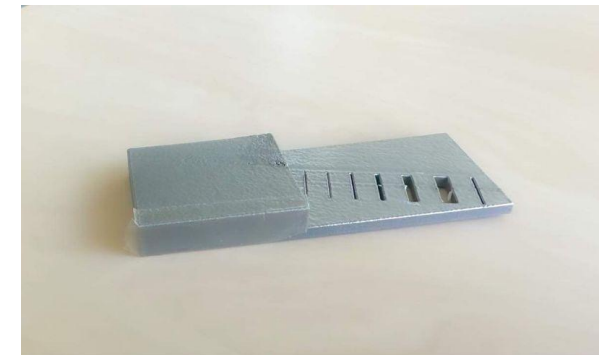
- Machine L-PBF Farsoon FS271 M
- Poudre AlSi7Mg fournie par Toyal FS271
- Paramètres principaux du processus : puissance du laser = 200 W, vitesse de balayage = 1000 mm/s, pas = 0,17  $\mu\text{m}$ , épaisseur de couche = 30  $\mu\text{m}$

# CAO de la pièce



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

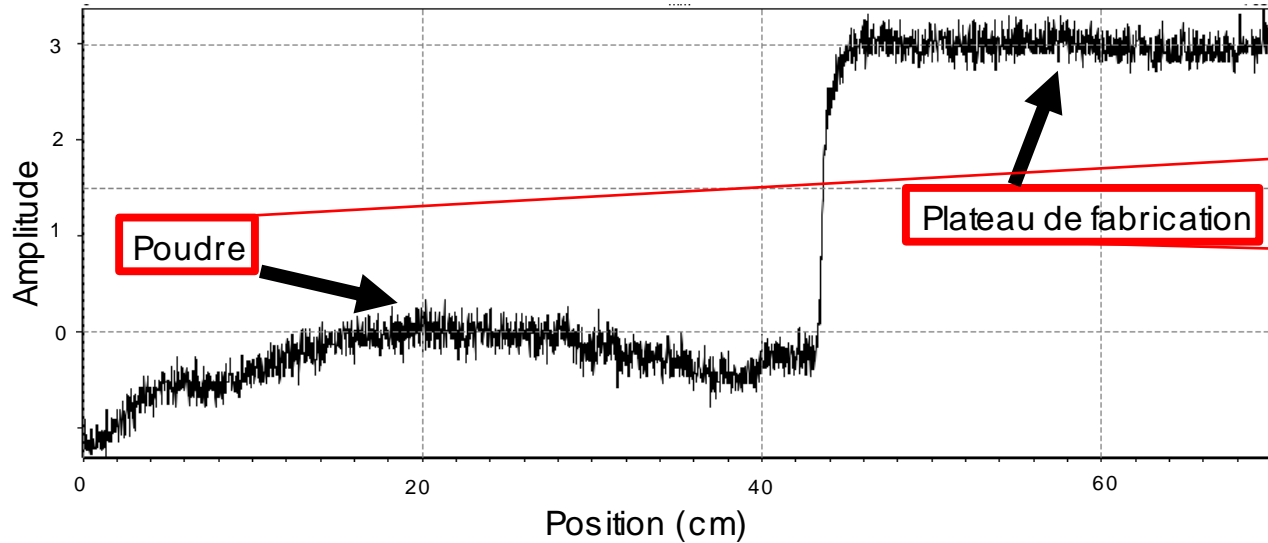
- **Défauts**
  - 1 défaut ouvert d'une largeur de 0,1 mm
- **Capteur courants de Foucault**
  - Sur le racleur, perpendiculairement aux défauts
- **Mesures**
  - En cours de déplacement du racleur





# Résultats expérimentaux

- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$

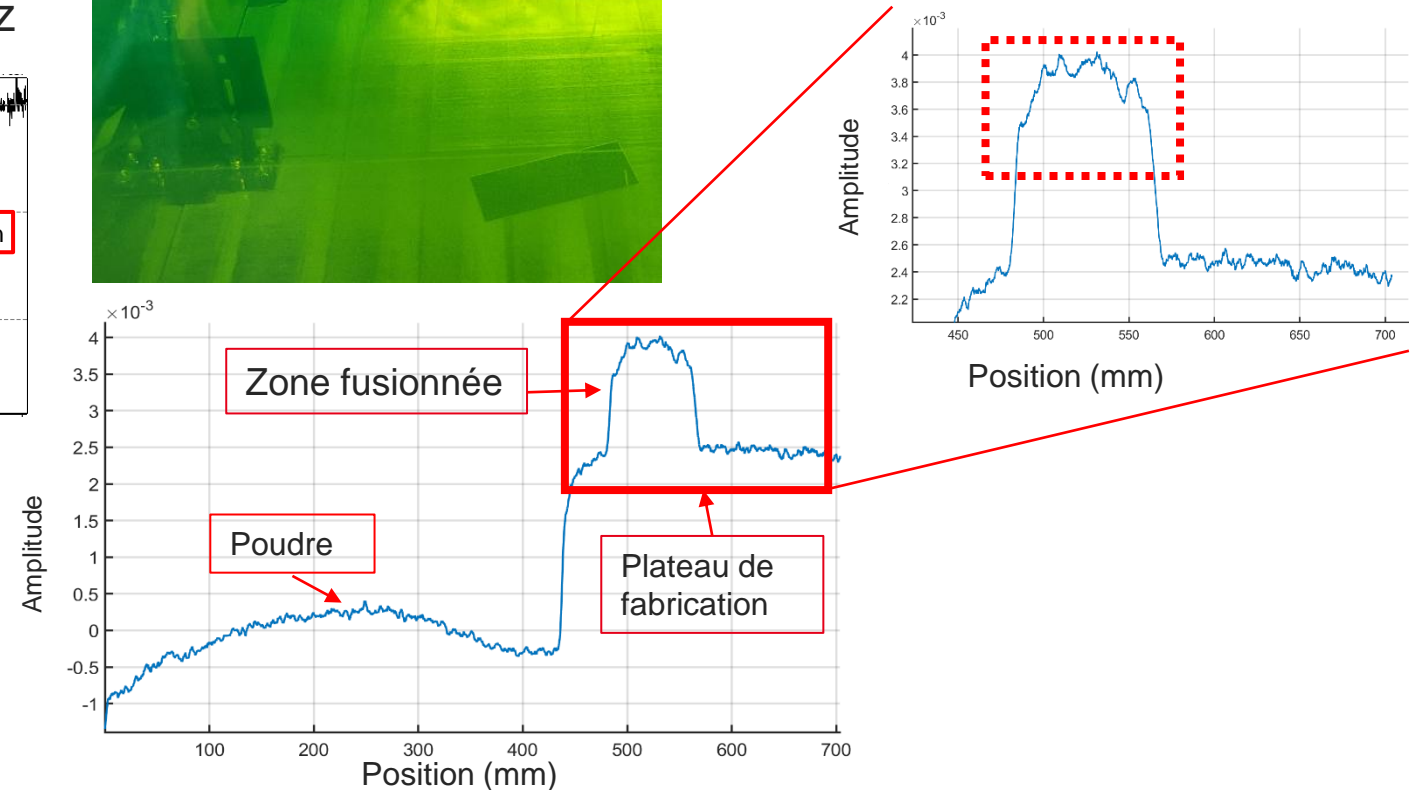
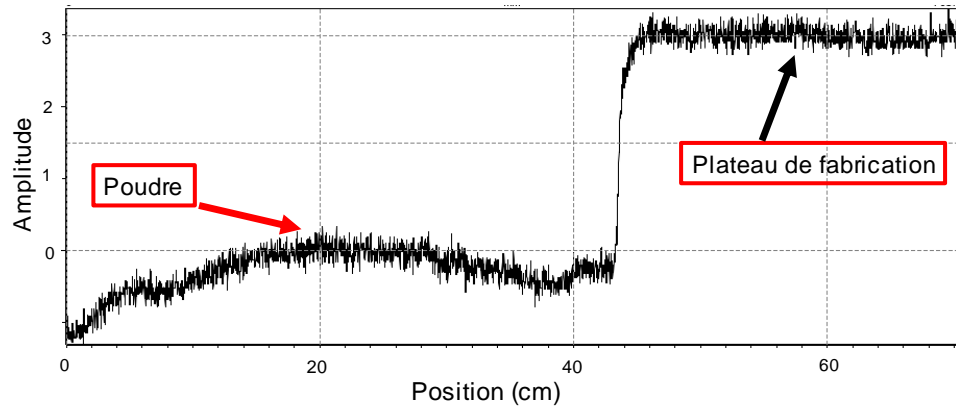


Chambre de fabrication

- 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

# Résultats expérimentaux

- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$



- 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

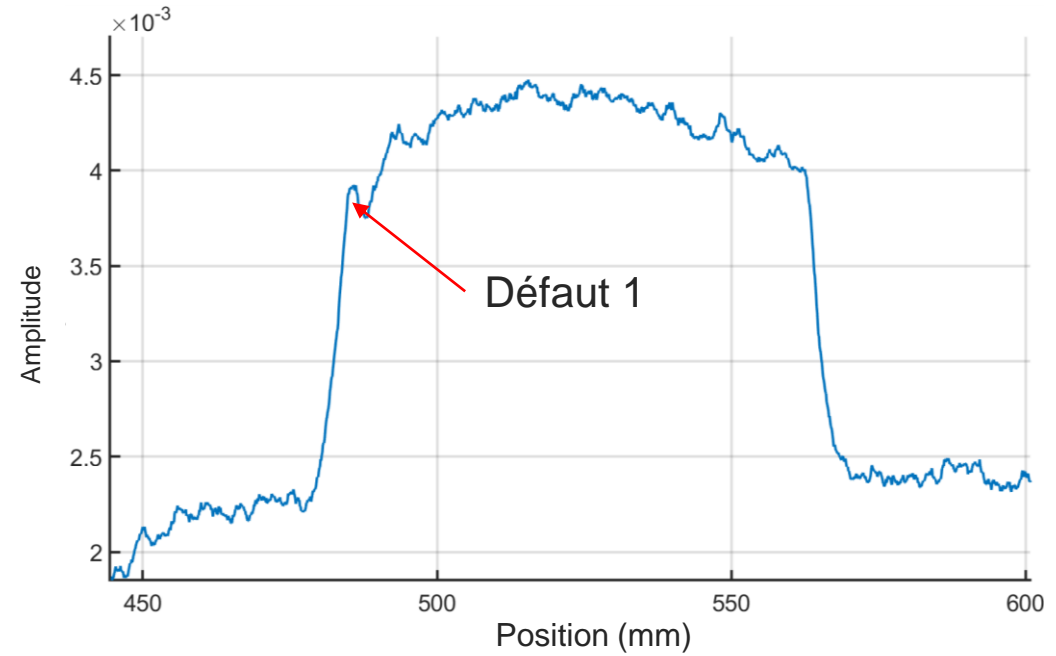
# Résultats expérimentaux



- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$



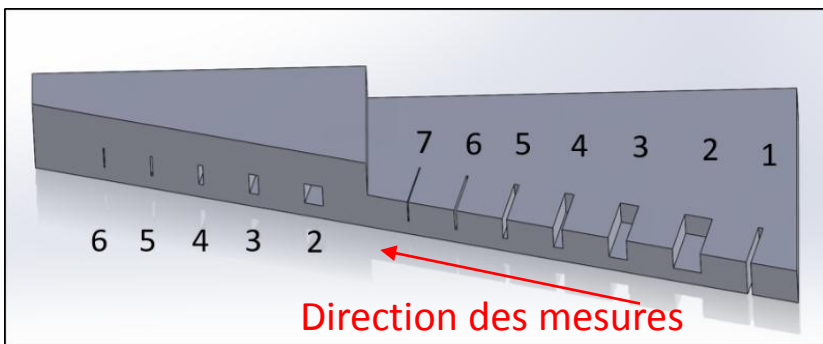
Déposition et fusion de 15 couches



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

# Résultats expérimentaux

- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$ 
  - La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 ( $\approx 2\text{mm}$ )



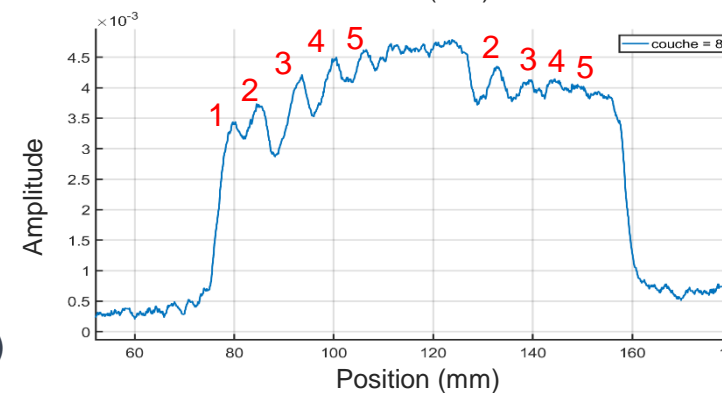
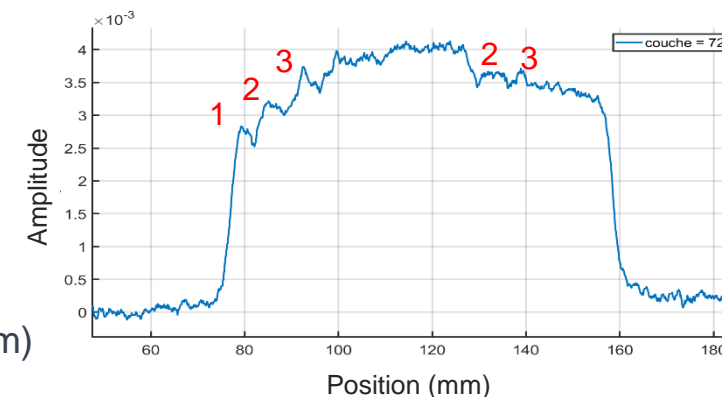
Défaut	Longueur (mm)	Largeur (mm)
1	10	0.5
2	10	3
3	10	2
4	10	1
5	10	0.5
6	10	0.2
7	10	0.1



Déposition et fusion de 72 couches ( $\approx 2,15\text{ mm}$ )



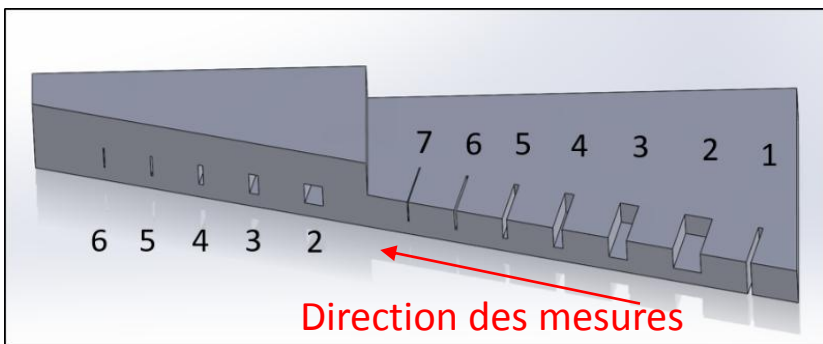
Déposition et fusion de 87 couches ( $\approx 2,6\text{ mm}$ )



# Résultats expérimentaux



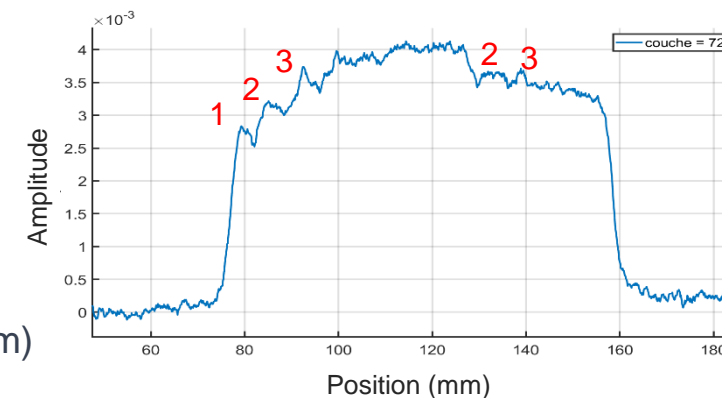
- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$ 
  - La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 ( $\approx 2\text{mm}$ )



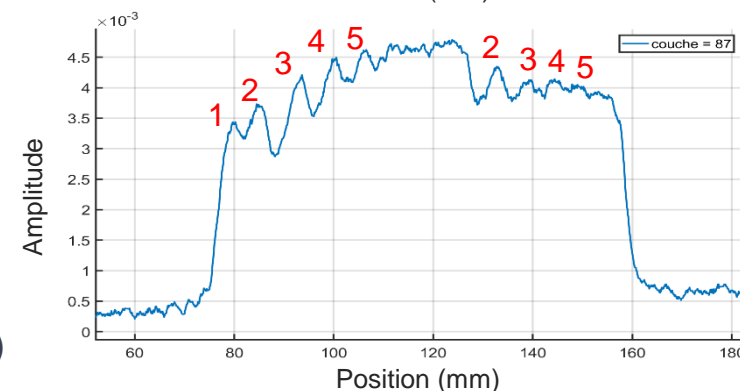
Défaut	Longueur (mm)	Largeur (mm)
1	10	0.5
2	10	3
3	10	2
4	10	1
5	10	0.5
6	10	0.2
7	10	0.1



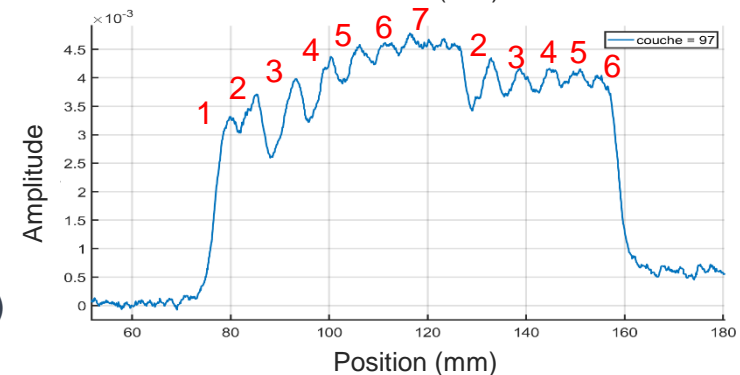
Déposition et fusion de 72 couches ( $\approx 2,15\text{ mm}$ )



Déposition et fusion de 87 couches ( $\approx 2,6\text{ mm}$ )



Déposition et fusion de 97 couches ( $\approx 2,9\text{ mm}$ )



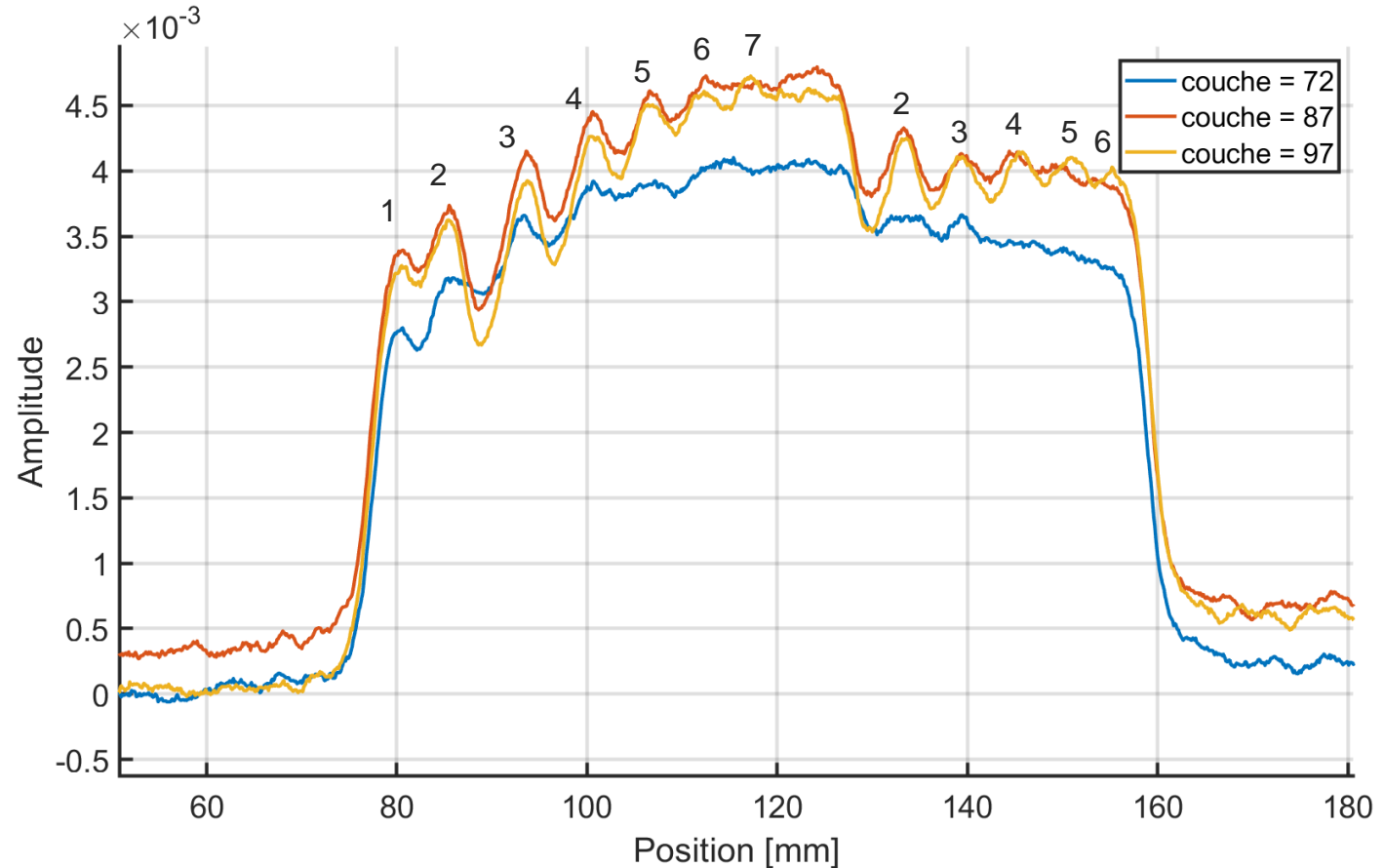
# Résultats expérimentaux



- Capteur : 2 bobines  $\varnothing=3\text{mm}$ ,  $T=8\text{V}$ ,  $f=1\text{MHz}$
- La formation des défauts 2 à 7 débute à la couche 67 ( $\approx 2\text{mm}$ )

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  $100\ \mu\text{m}$  peuvent être détectés

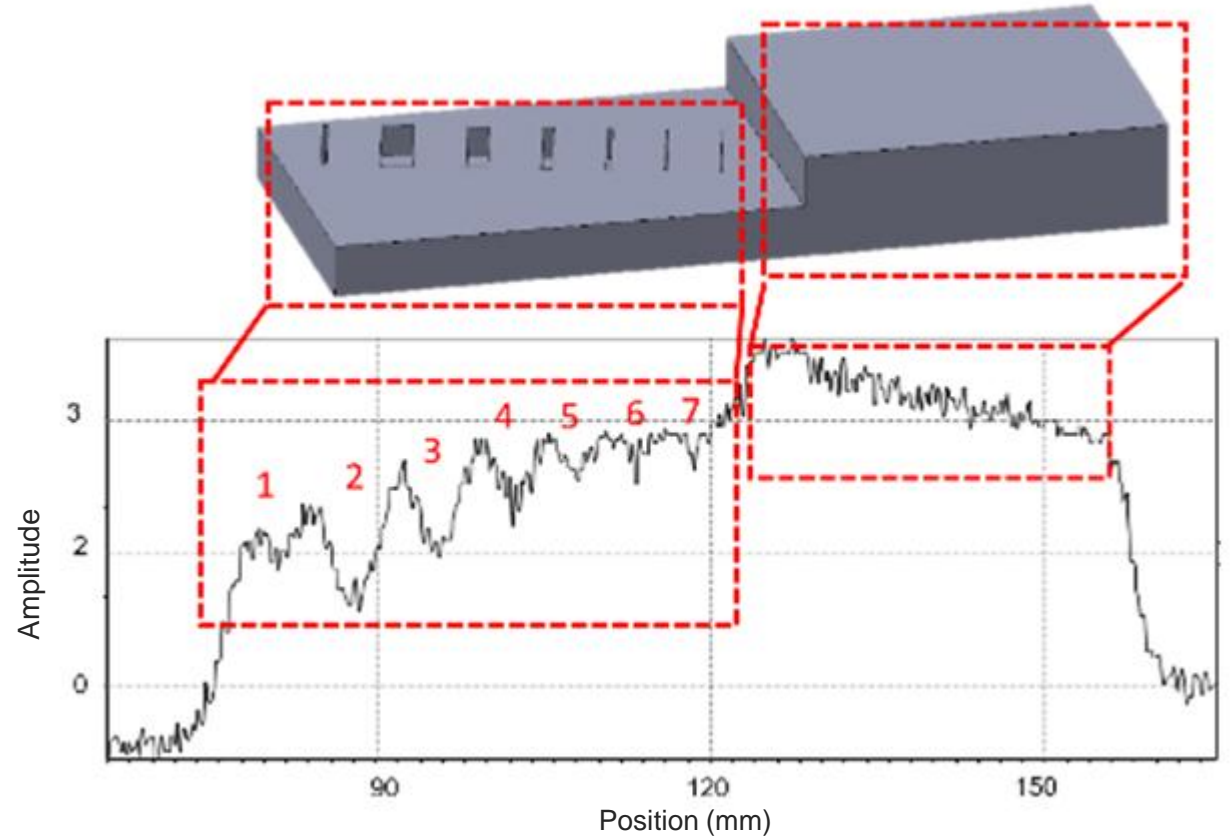


Déposition et fusion des couches 72, 87 et 97 couches

# Résultats expérimentaux



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



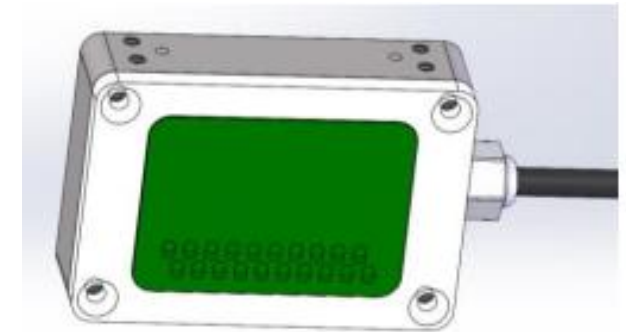
- Non-détection des défauts après fusion des 6 couches supplémentaires au niveau de la 2<sup>ème</sup> marche
- Les défauts recouverts de poudre non fusionnée sont toujours détectés
- Résultats intéressants avec un capteur mono-élément => Création d'un capteur multiéléments (détection sur l'ensemble 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  $\varnothing=3\text{mm}$  (même dimension capteur mono-élément)
  - Longueur du capteur = 60 mm

➔ Cartographie de la position des défauts sur l'ensemble de la pièce

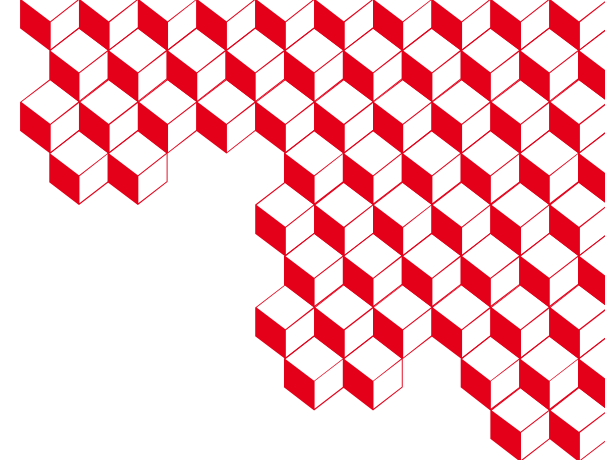
- Implémentation du capteur en machine Farsoon L-PBF
  - Evaluation des performances du capteur





# 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



# Merci pour votre attention



**CEA SACLAY**

91191 Gif-sur-Yvette Cedex

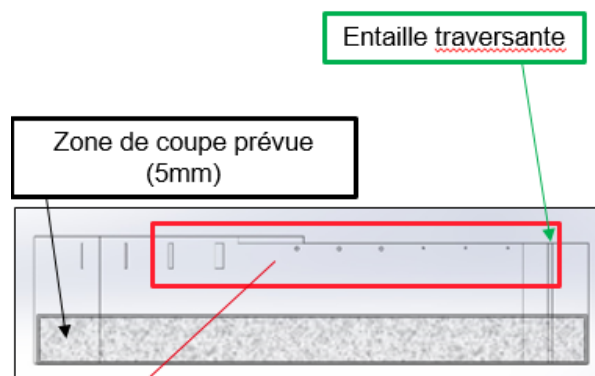
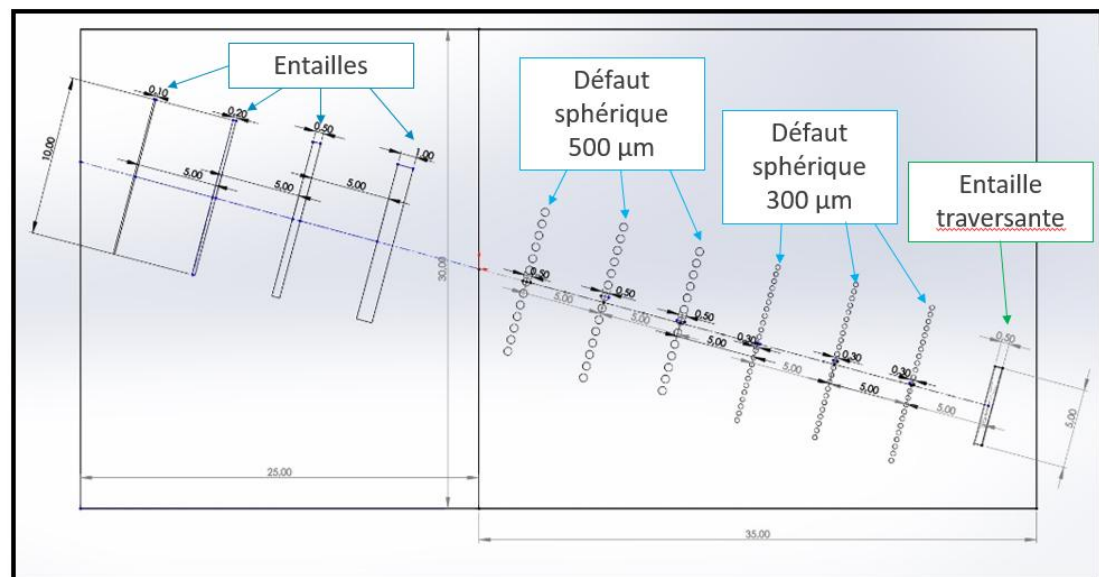
France

[romain.saddoud@cea.fr](mailto:romain.saddoud@cea.fr)

Standard. + 33 1 69 08 50 47

# Campagne 09/22 Farsoon

## Défauts CAO pièce en AlSi



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

