



INSTITUT DES SCIENCES DE LA MÉCANIQUE  
ET APPLICATIONS INDUSTRIELLES

# FABRICATION & RÉPARATION ADDITIVE

---

FABIEN SZMYTKA

COLLOQUE "LA FABRICATION ADDITIVE APPLIQUÉE À LA PHYSIQUE  
DES DEUX INFINIS"





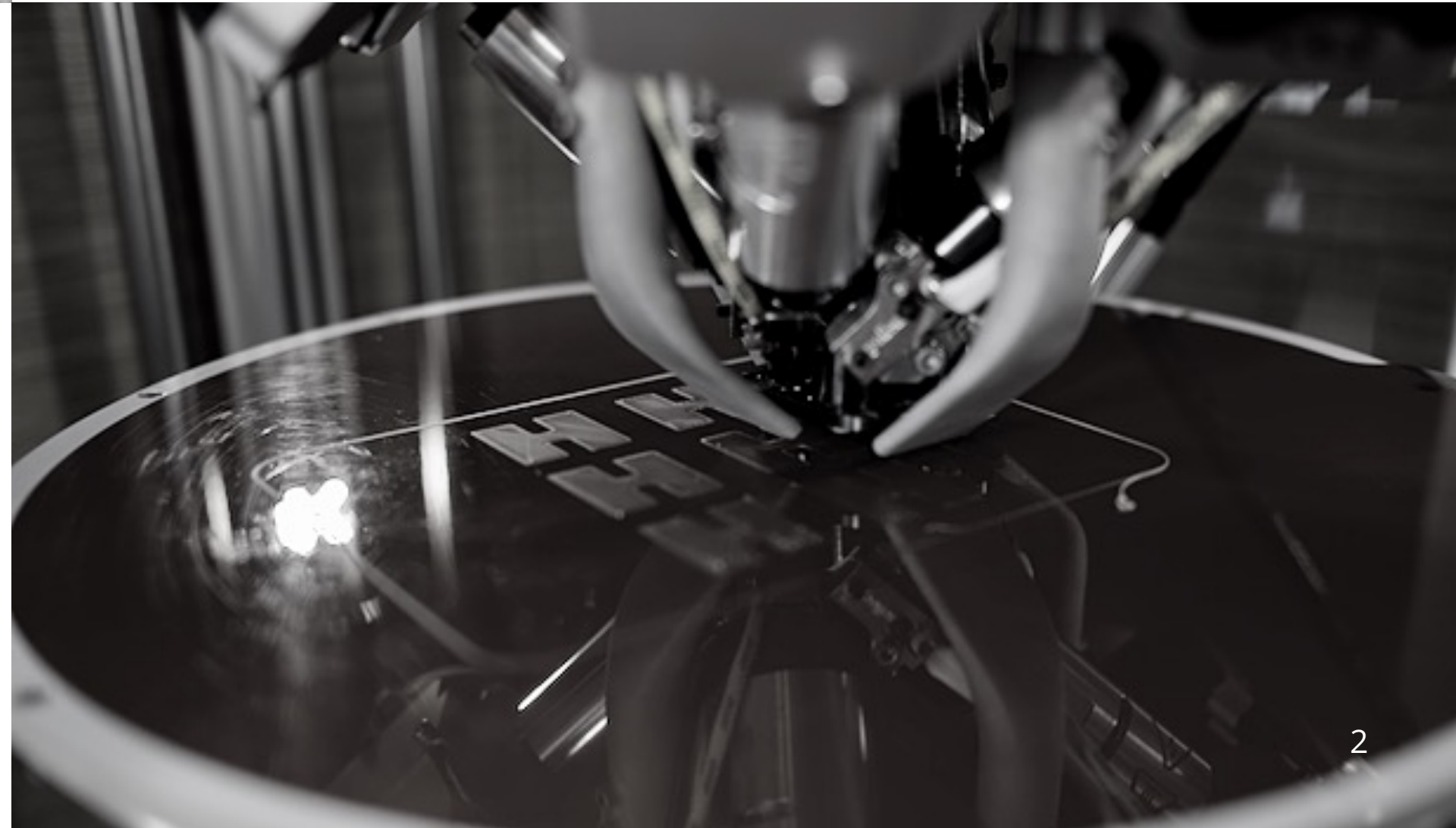
# MATÉRIAUX MÉTALLIQUES

Réparer les structures industrielles et mieux

comprendre les liens procédé/microstructure/comportement

# MATÉRIAUX POLYMÈRES

Développer de nouveaux matériaux et de  
nouvelles architectures



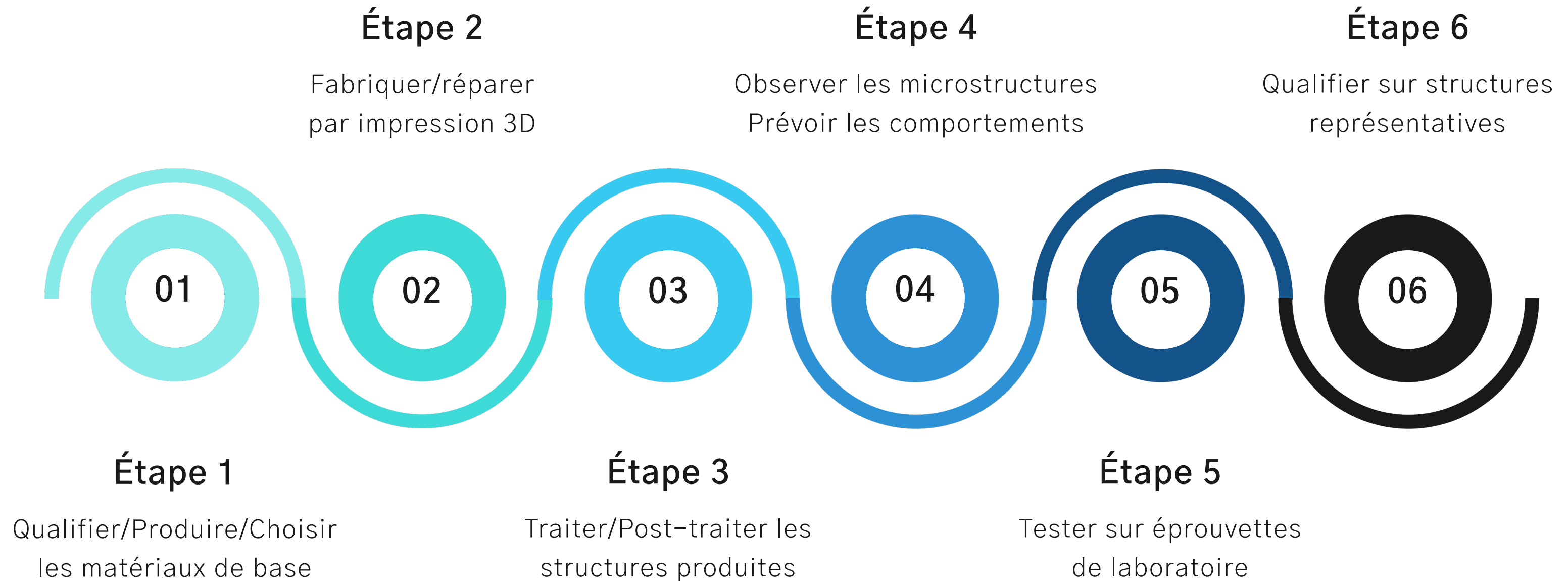


FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

# Réparer les structures industrielles et mieux comprendre les liens procédé/microstructure/comportement

CENTRE DE FABRICATION ADDITIVE X-ENSTA

# STRATÉGIE SCIENTIFIQUE



TOUTE LA CHAÎNE DISPONIBLE EN LOCAL : **RAPIDITÉ & FLEXIBILITÉ**  
**UN OBJECTIF : NE PAS SUBIR LE PROCÉDÉ MAIS L'INCLURE DANS LA CONCEPTION  
OPTIMISÉE DES STRUCTURES**



# INCONEL 625 : LIENS MICROSTRUCTURE TENUE À LA FATIGUE

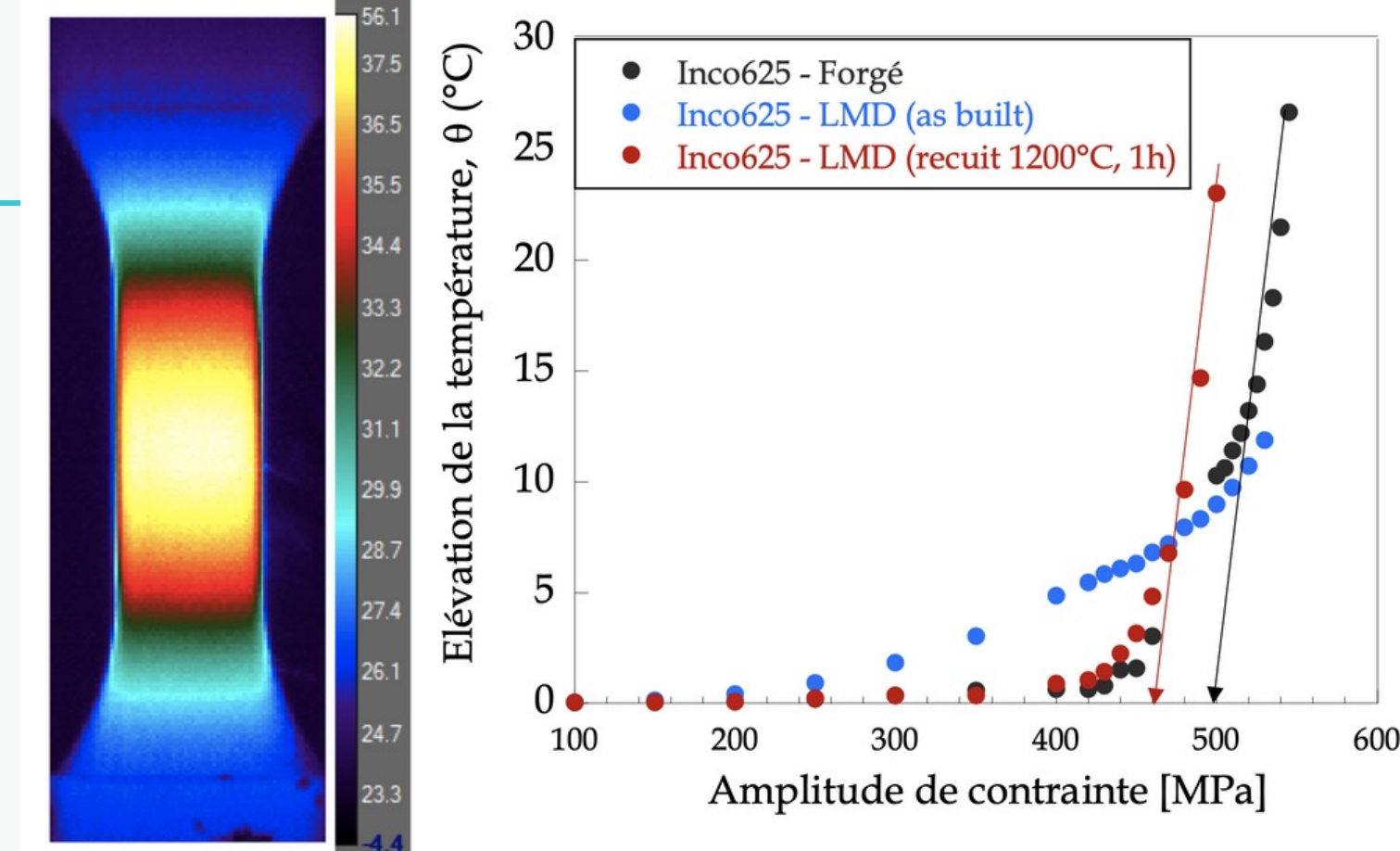
POST-DOC JOSIANE NGUEJIO (2017-2018)

## Comparaison de procédé

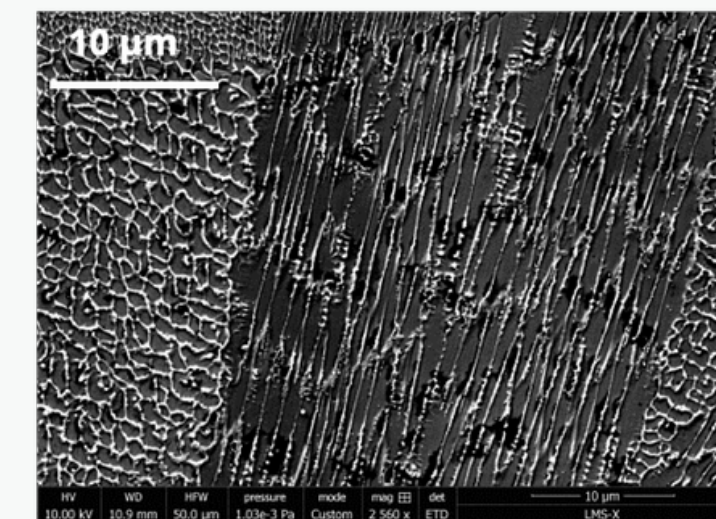
- Inconel 625 forgé, SLM, DED
- Mise en avant du rôle des traitements thermiques (microstructures et propriétés statiques)
- Influence des paramètres de procédé

## Resistance à la fatigue

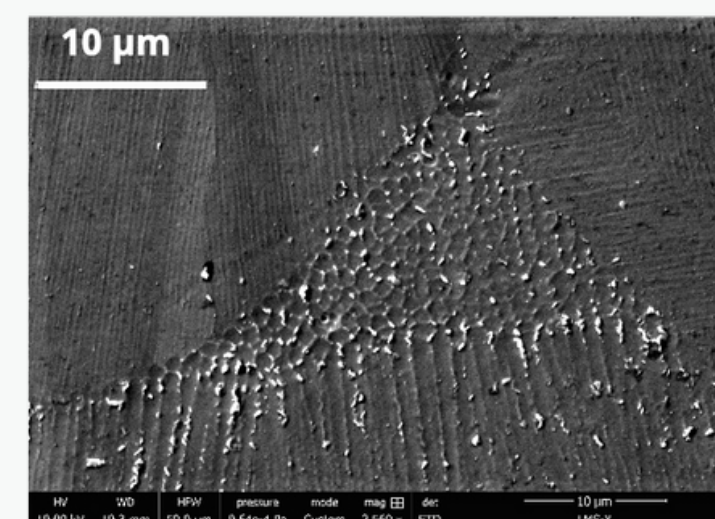
Caractérisation rapide des limites d'endurance par essais d'auto-échauffement



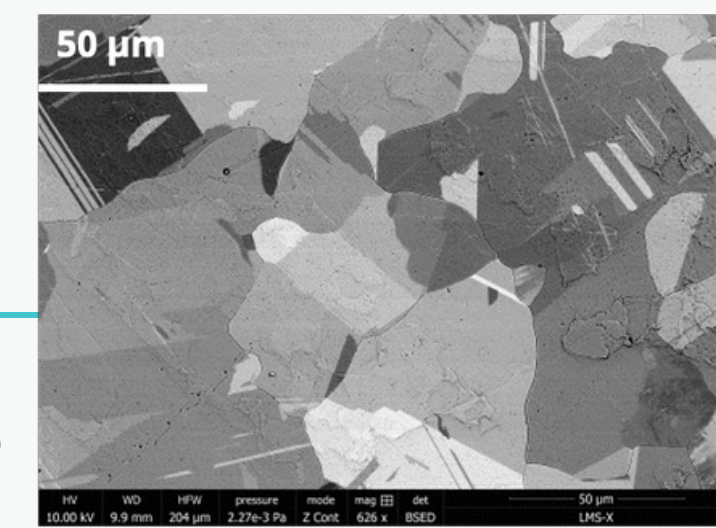
(a) SLM sample : annealed at 700°C/1 h



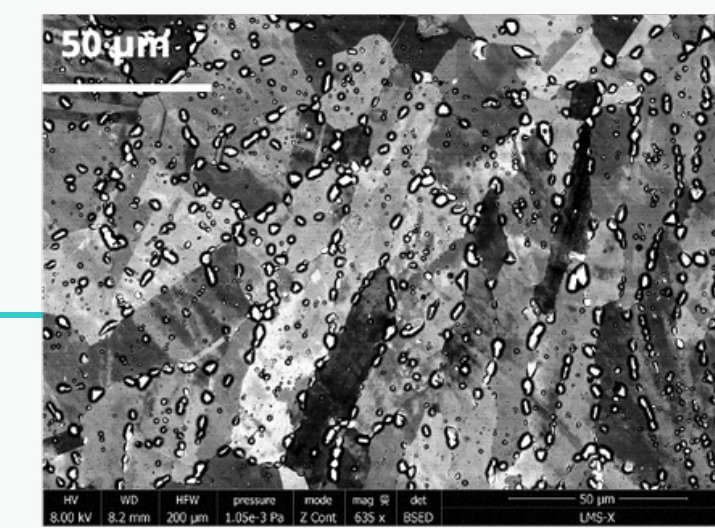
(b) SLM sample : annealed at 900°C/ 1 h



(c) SLM sample : annealed at 1100°C/ 1 h



(d) LMD sample : annealed at 1100°C/ 1 h





# INCONEL 625 : LIENS MICROSTRUCTURE TENUE À LA FATIGUE

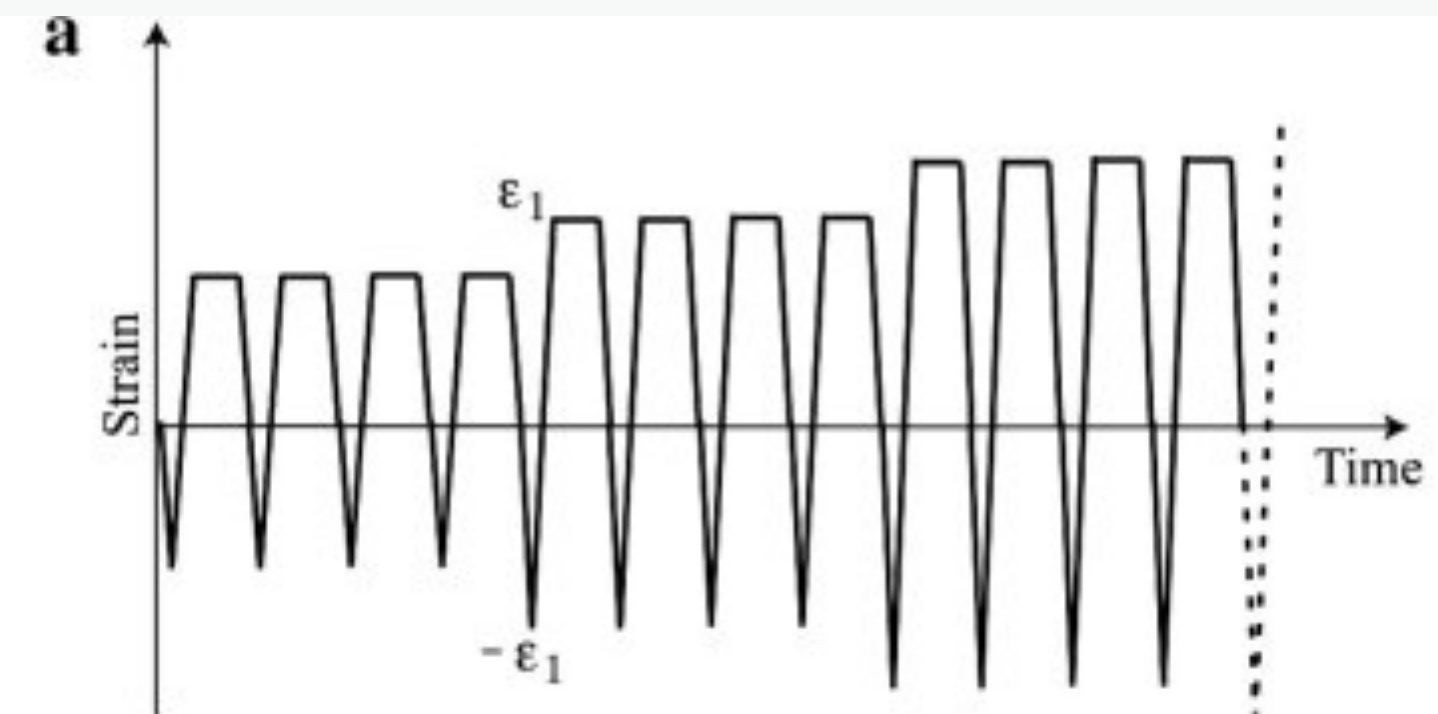
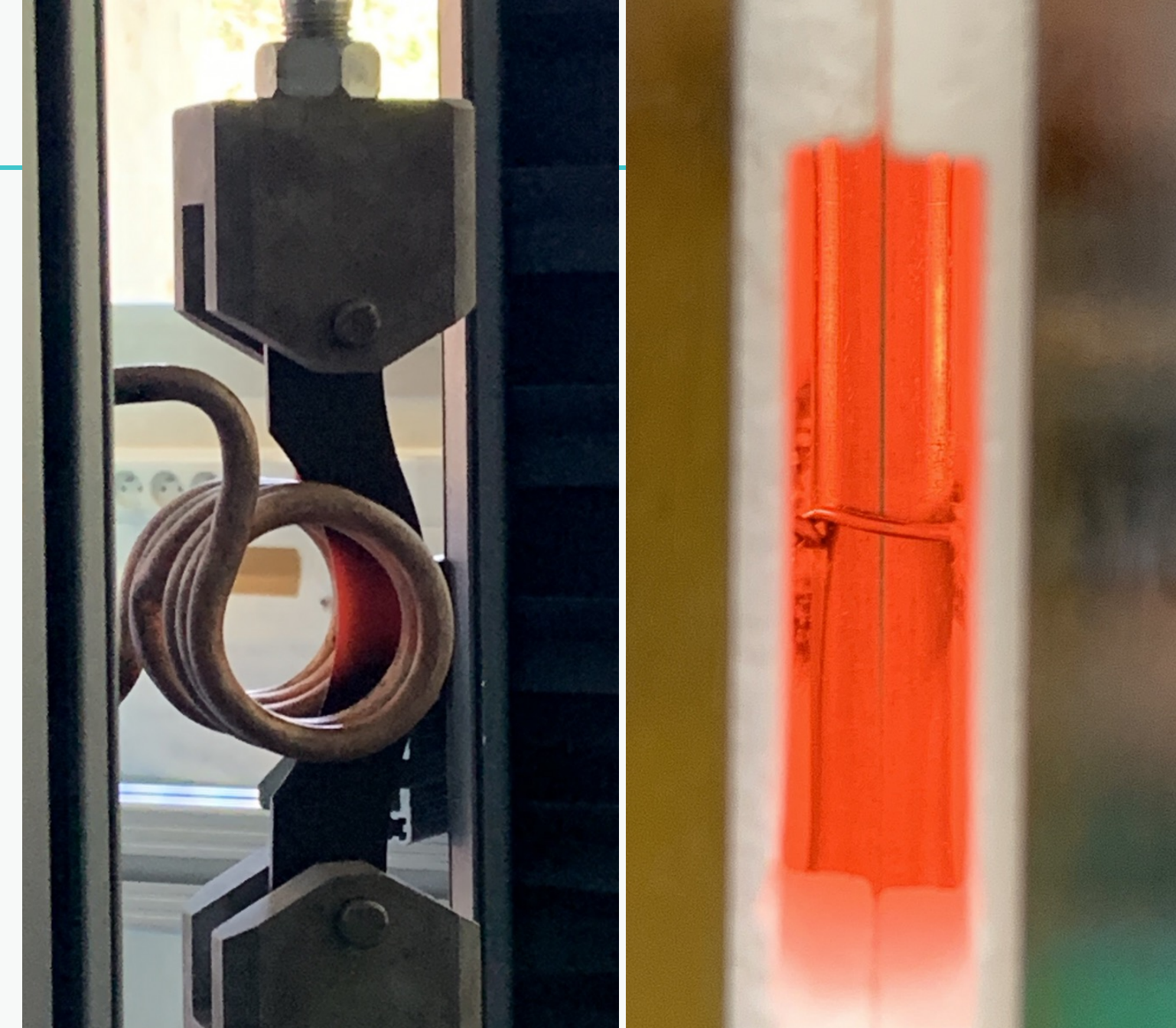
POST-DOC YOSRA HICHRI (2019-2021)

## Effet de l'environnement

- Comportement élasto-viscoplastique en température de matériaux DED (rôle des temps d'exposition, paramètres de procédé)
- Fatigue oligocyclique entre l'ambiante et 800°C (rôle de l'oxydation)

## Développement d'essais structure

Résistance à la fatigue thermique de structures produites ou réparées par DED





# ACIER 316L : OPTIMISATION DE LA RÉPARATION

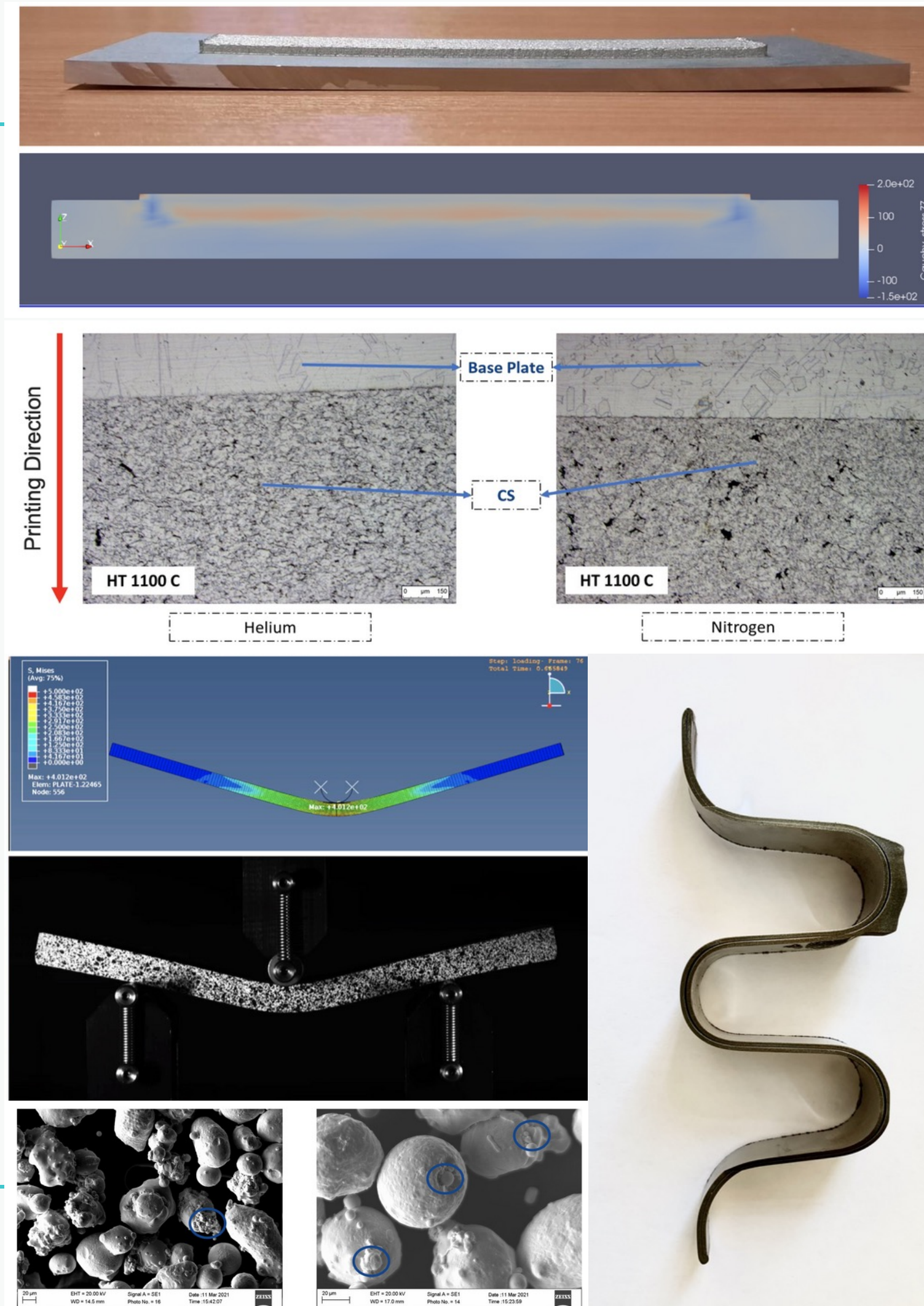
THÈSE BARIS TELMEN (2019-2022)

## Lien Microstructure-Procédé

- Modélisation du procédé DED (Thermique et Mécanique : déformations résiduelles)
- Influence des paramètres de production : comparatif DED et ColdSpray
- Caractérisation de l'interface de réparation (expérimentale/numérique)

## Développement d'essais structure

Résistance HCF de structures réparées par DED ou ColdSpray



# ACIER SUPERDUPLEX : FATIGUE POLYCYCLIQUE ET CORROSION

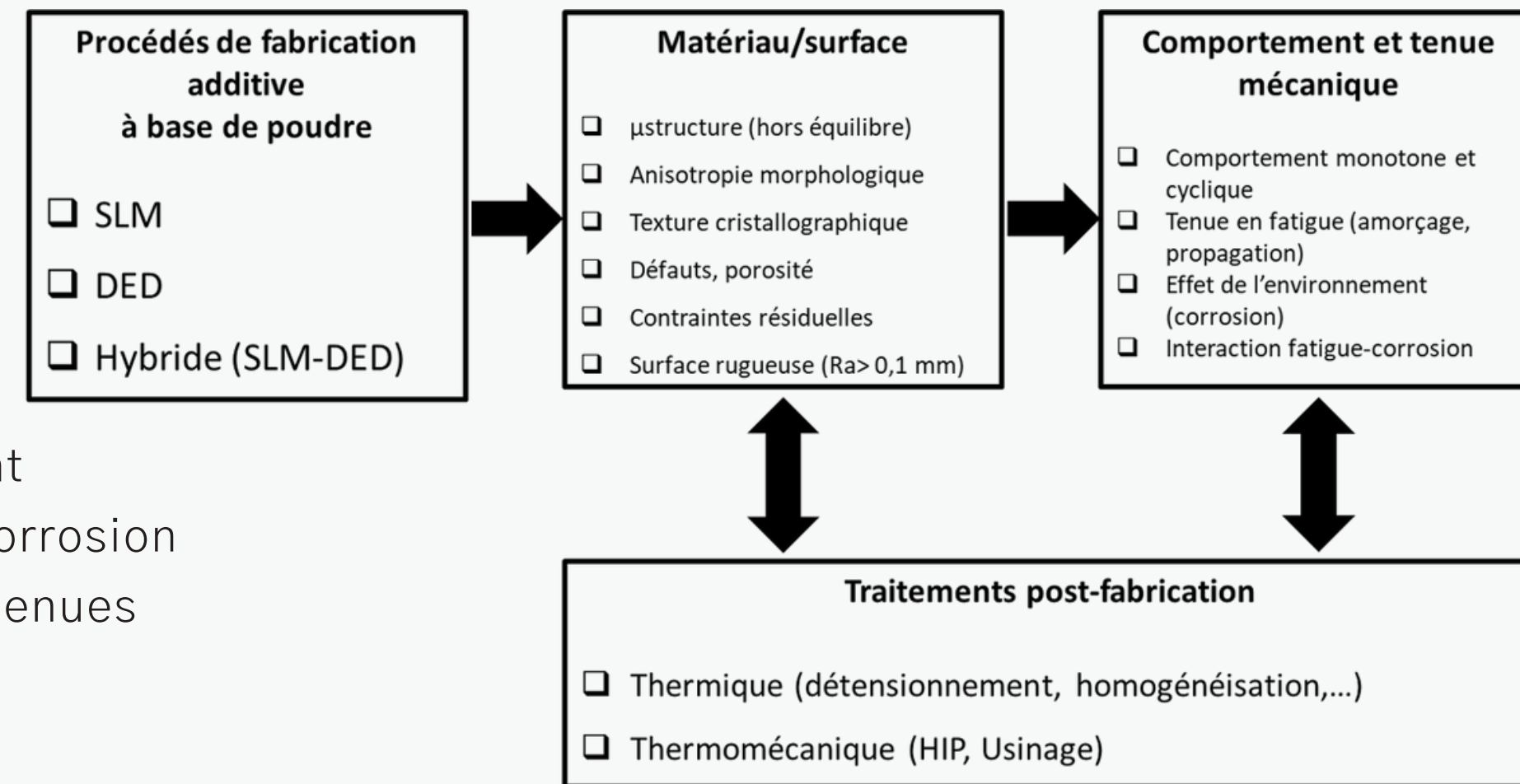
PROJET AID QUADS (2021–2023)

## Lien Microstructure-Procédé

- Optimisation des paramètres d'impression et post-traitement thermiques pour optimiser la résistance à la fatigue et à la corrosion
- Rôle de la répartition ferrite-austénite sur les propriétés obtenues

## Hybridation SLM/DED

Co-développement des protocoles d'impressions sur les 2 procédés pour proposer des stratégie de production hybridée regroupant le meilleurs des deux procédés







FABRICATION ADDITIVE POLYMÈRE

# Développer de nouveaux matériaux et de nouvelles architectures

PRINTING LAB ENSTA



# POLYMÈRES NANOCOMPOSITES POUR IMPRESSION 3D

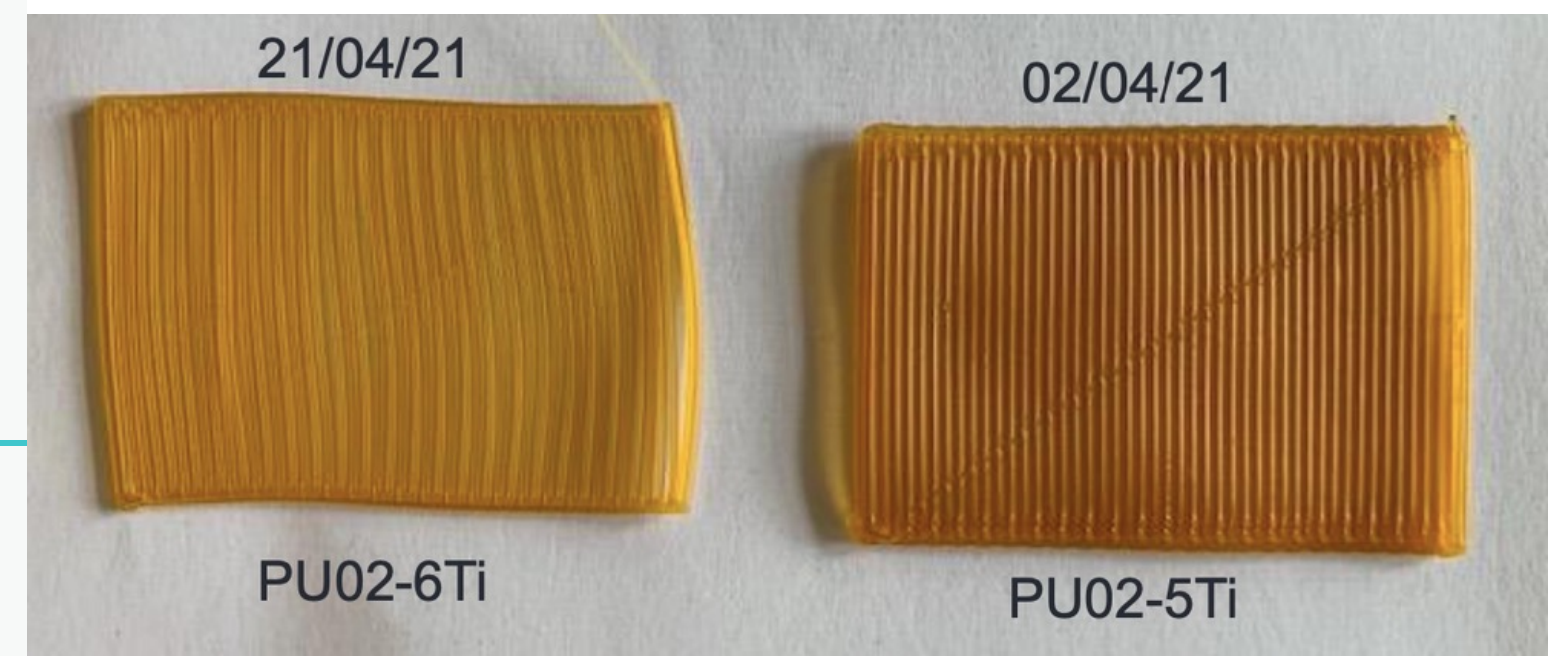
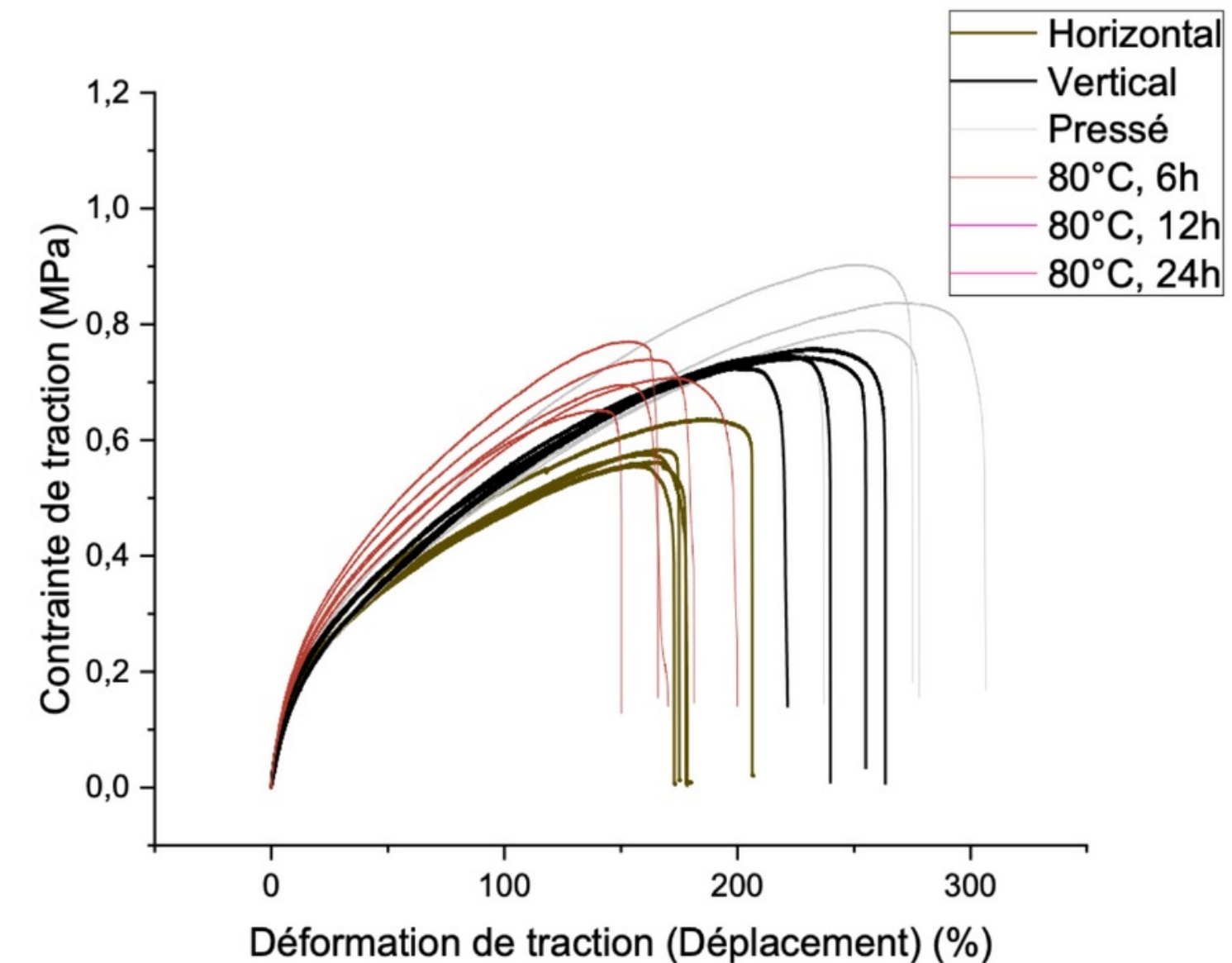
COLLABORATION LCMCP – STELLANTIS

## Des objectifs appliqués

- S'affranchir des faiblesses liées aux matériaux imprimés
- Suppression des défauts microstructuraux
- Réduire l'anisotropie des structures imprimées

## Développement de matériaux hybrides

Réseau permanent covalent dynamique via la formation de liaisons métal-ligand à l'interface hybride organique-inorganique répondant à la température





# CONCLUSIONS

## Une plate-forme de recherche complète et modulable

Accès à trois moyens de fabrication (DED, ColdSpray, SLM via FAPS) et à l'ensemble de la chaîne de caractérisation

## Orientation vers la réparation pour les matériaux métalliques

Aciers inoxydables et superalliage base nickel pour des applications à fortes valeurs ajoutées avec un lien industriel fort et le développement d'essais structures

## Orientation vers des matériaux "sur mesure" pour les polymères

Collaboration forte avec le LCMCP sur le développement de matériaux hybride