

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech



ÉTUDE DES MÉCANISMES D'AMORÇAGE ET DE FISSURATION PAR MICRO-TOMOGRAPHIE RX

13 décembre 2018 – Jérôme Hosdez – Fanny Buyens – Linamaria Gallegos – Franck Morel – Anthony Dubois

- **Un équipement couplant robotique et instrumentation RX**

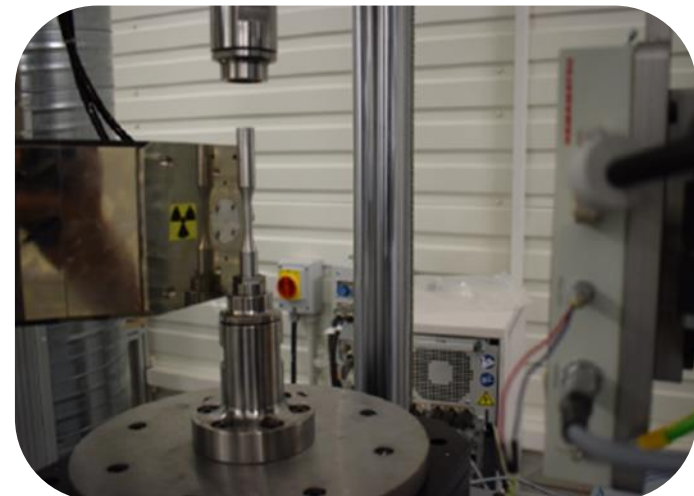
- Deux robots **6 axes** montés sur des glissières de 5 m
- Un positionneur à têtes rotatives (distance adaptative)
- Une table rotative
- Un générateur RX **µfoyer** 225 kV
- Un détecteur de grande taille 400 x 400 mm (pixels de 200 µm)
- Un détecteur résolu de 128 x 128 mm (pixel de 50 µm)

- **Des outils logiciels et de mesure de précision**

- Un laser de poursuite pour la **précision de positionnement**
- Un logiciel **de simulation** pour l'optimisation des contrôles
- Un logiciel **d'optimisation de trajectoires** et de **gestion des collisions**
- Des algorithmes de **reconstruction 3D** et des outils de **traitement d'image**



- Étude *in situ* des mécanismes d'amorçage des endommagements dans des éprouvettes sur une installation RX de laboratoire
 - Caractérisation de matériaux sous contrainte mécanique par imagerie RX
 - Intégration d'un banc de fatigue dans l'enceinte d'imagerie RX robotisée permettant la rotation des échantillons sur 360°
 - Tomographie d'éprouvette en charge
 - Caractérisation 3D de la microstructure au cours du cyclage en fatigue
 - Compréhension sur les conditions d'amorçage puis de propagation des fissures
- Partenariat avec l'ENSAM Angers (LAMPA)
 - Observation RX de matériaux sous contraintes mécaniques
 - Étude des mécanismes d'amorçage et de fissuration d'alliages d'aluminium par μ -tomographie RX

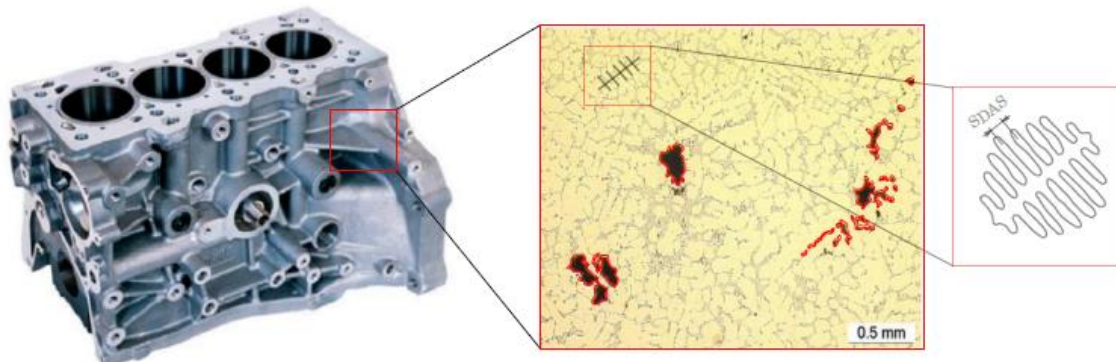


- Contexte
 - Contexte industriel – le procédé à modèle perdu
 - Contexte scientifique – amorçage et propagation courte
 - Objectifs
- Optimisation du scan RX
 - Montage expérimental
 - Reconstructions de l'alliage d'aluminium
 - Travaux autour de la plateforme ELIXIR
- Caractérisation des défauts
 - Méthodologie de labellisation des défauts
 - Caractérisations des défauts
 - Maillage de défauts

CONTEXTE

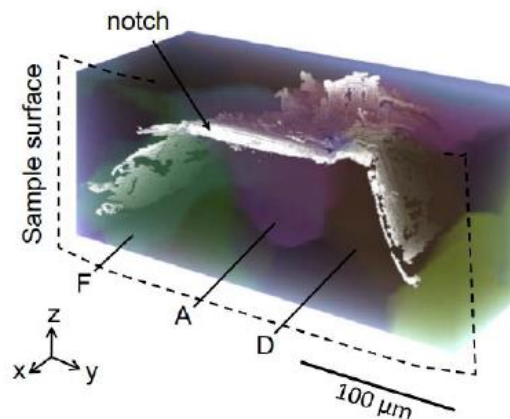
CONTEXTE INDUSTRIEL : LE PROCÉDÉ À MODÈLE PERDU

- Contexte : moulage d'aluminium dans l'industrie automobile
- Procédé à Moulage Perdu (PMP) de plus en plus utilisé
 - Réduction des coûts
 - Optimisation de géométrie → peu d'usinage
- MAIS, vitesse de refroidissement plus lente:
 - Augmentation de l'espace inter-dentritique secondaire (SDAS)
 - Augmentation de la taille des pores



CONTEXTE SCIENTIFIQUE : AMORÇAGE ET PROPAGATION COURTE

- **Pore : principale cause des mauvaises propriétés des composants AlSi**
 - Lieu propice à l'amorçage et à la propagation de fissures...
 - Majorité durée de vie lorsque la fissure est courte
- **Fissure courte fortement tridimensionnelle, nécessite un moyen métrologique adapté 3D :**
 - Marquage thermique [Doremus14]
 - Sectionnement en série [Clement84]
- **Techniques non destructives → micro-tomographie**

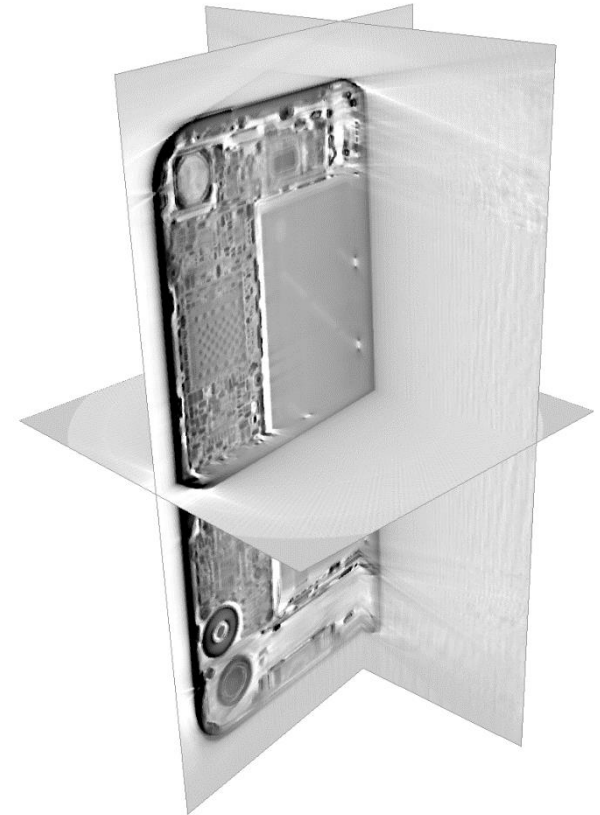


- **CEA Tech : reconstruire les volumes à des échelles plus fines**
- **LAMPA : comprendre les mécanismes d'endommagement et établir des modèles**
- **Objectifs du post-doctorat :**
 - Caractériser les microstructures
 - Suivre l'endommagement au cours des cycles de fatigue mécanique
 - Simuler numériquement et valider les modèles

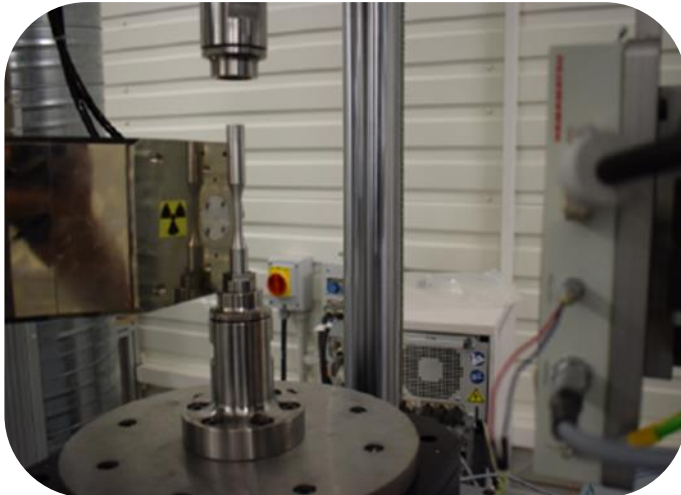
OPTIMISATION DU SCAN RX

- **Micro-tomographie RX consiste en :**

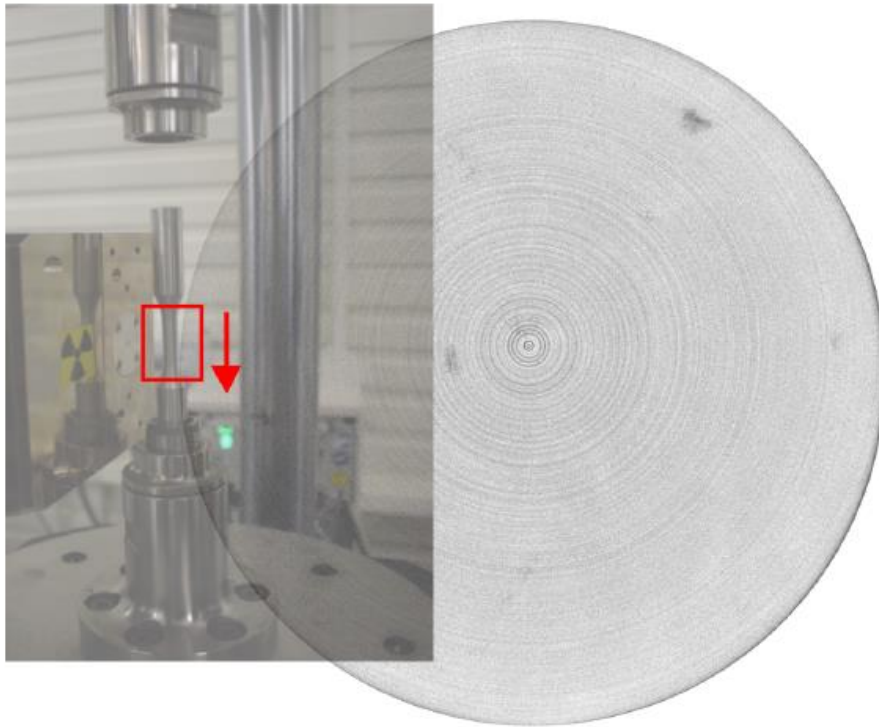
- La prise de radios : cartes d'atténuation RX de l'objet
- Sous différents angles
- Reconstruction du volume



- **Micro-tomographie RX consiste en :**
 - La prise de radios : cartes d'atténuation RX de l'objet
 - Sous différents angles
 - Reconstruction du volume
- **Configuration du scan RX:**
 - Tube RX : 70 kV et 225 μ A
 - Distance source-objet : 25 mm
 - Distance objet-détecteur : 235 mm
 - Grandissement géométrique 9,4



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM



RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM

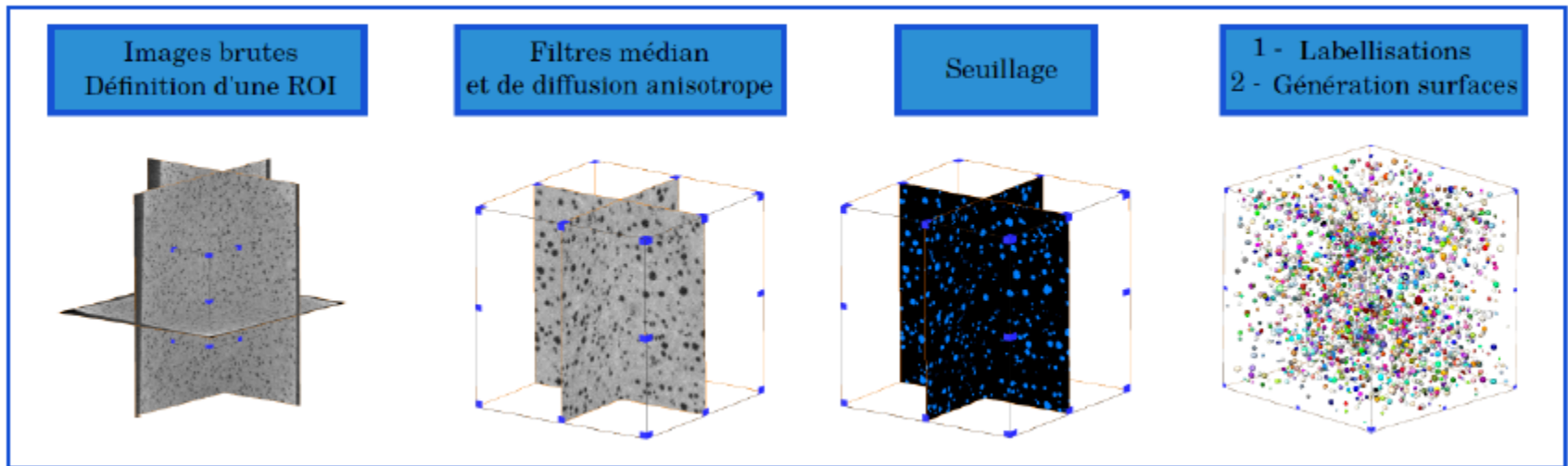


RECONSTRUCTIONS DE L'ALLIAGE D'ALUMINIUM

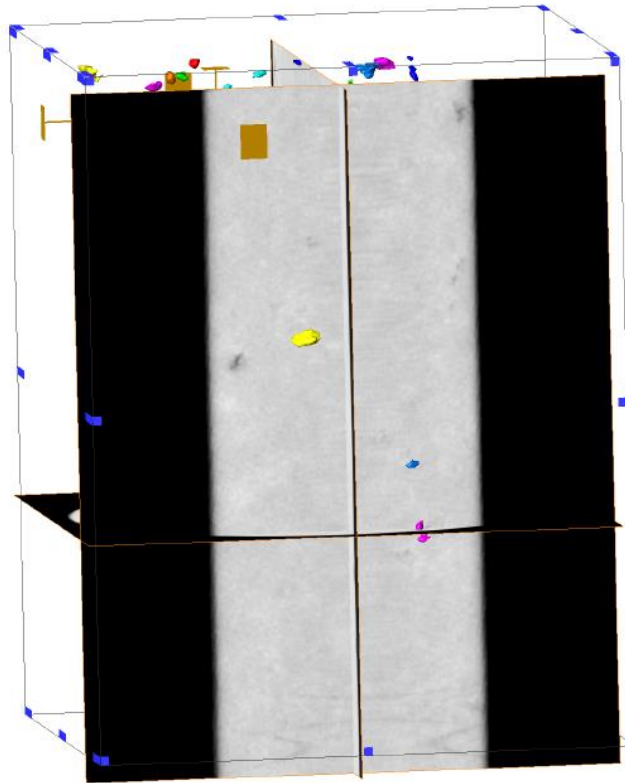


CARACTÉRISATION DES DÉFAUTS

- Caractérisation des défauts : lequel est susceptible de conduire à l'amorçage ?



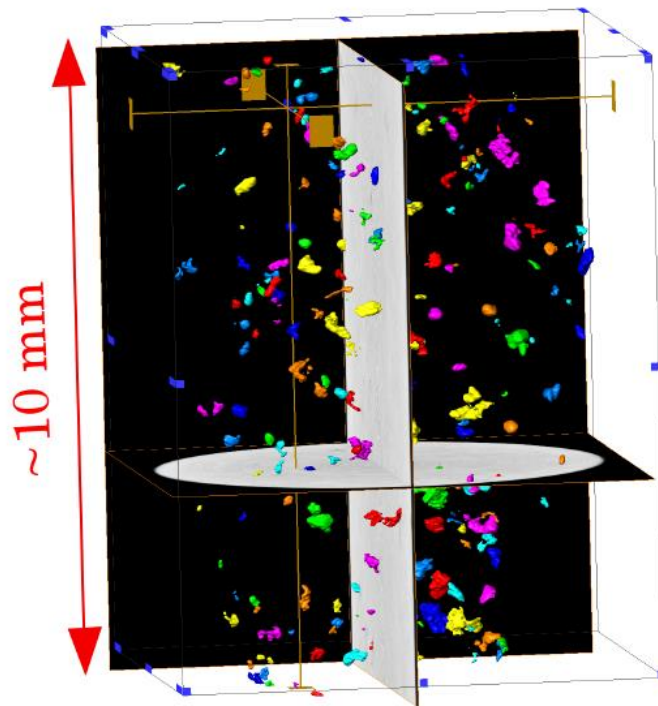
CARACTÉRISATION DES DÉFAUTS



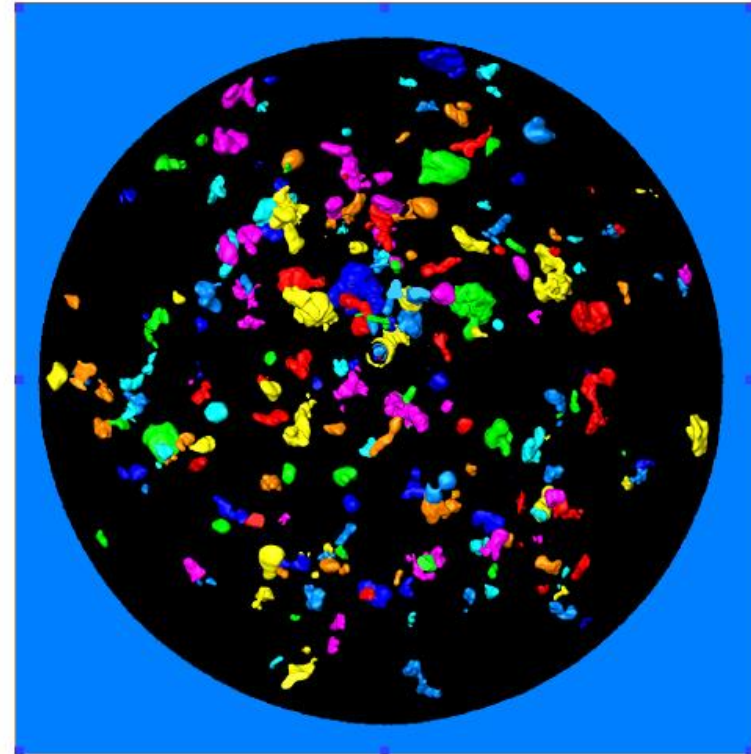
CARACTÉRISATION DES DÉFAUTS



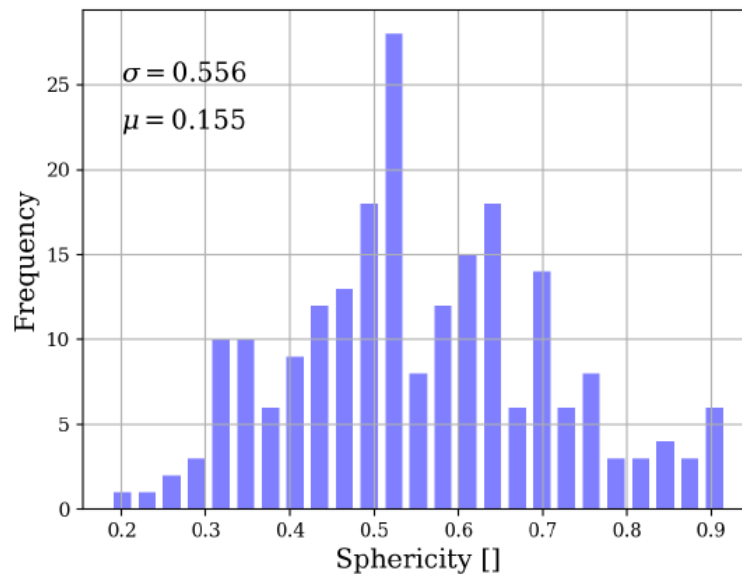
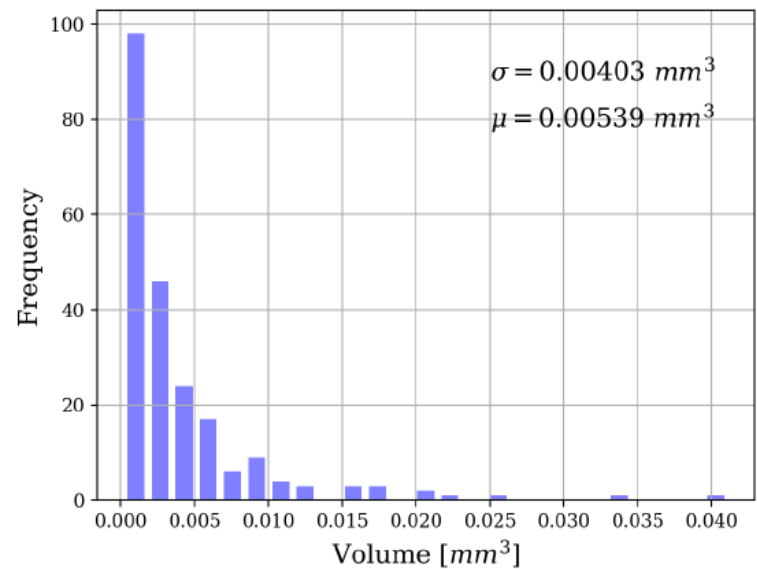
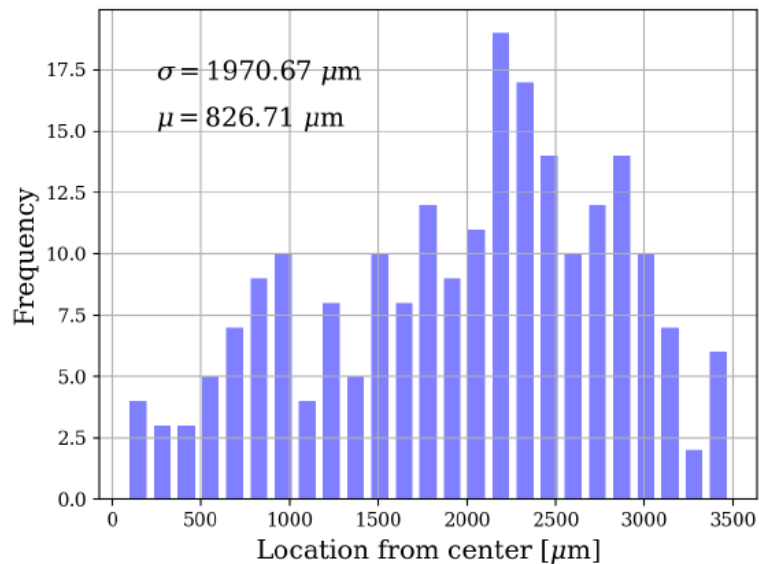
- **Principales observations :**
 - De nombreux défauts pas encore bien considérés
 - D'autres pas pris en compte
 - → échelle d'observation semble être adaptée



- **Sur un alliage AlSi7Mg, pores ~85% des sites d'amorçage [Buffiere01]**
 - Quel est le défaut qui va conduire à l'amorçage?
- **Caractérisation des défauts :**
 - Locations [Buffiere01]
 - Taille [Linder06]
 - Forme [Buffiere01]
- **Distinction des défauts**
 - Pore gazeux : petits et sphériques
 - Cavité de retrait : morphologie complexe et taille importante

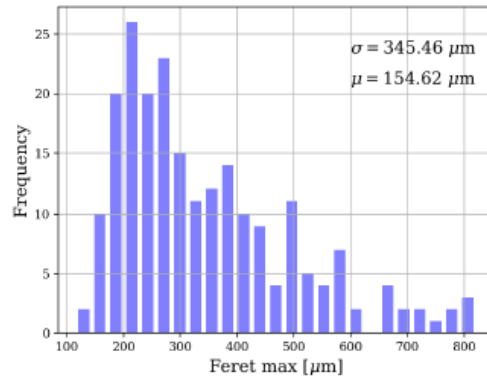


CARACTÉRISATION DES DÉFAUTS

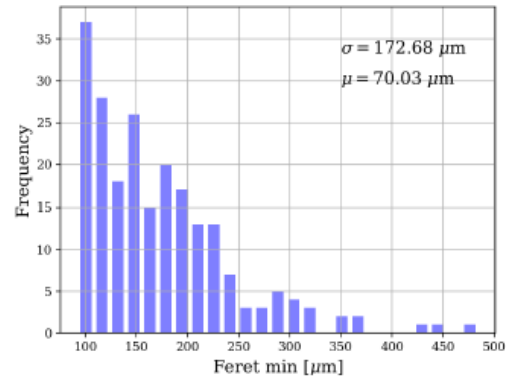


CARACTÉRISATION DES DÉFAITS

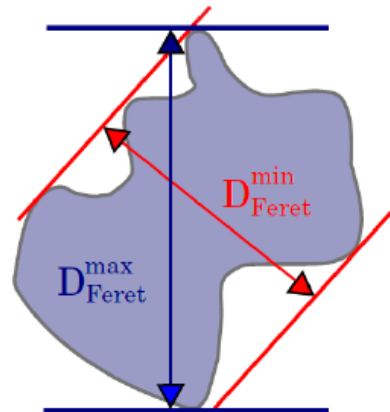
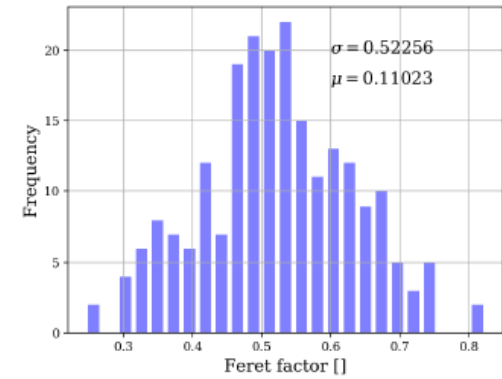
Feret Max



Feret Min

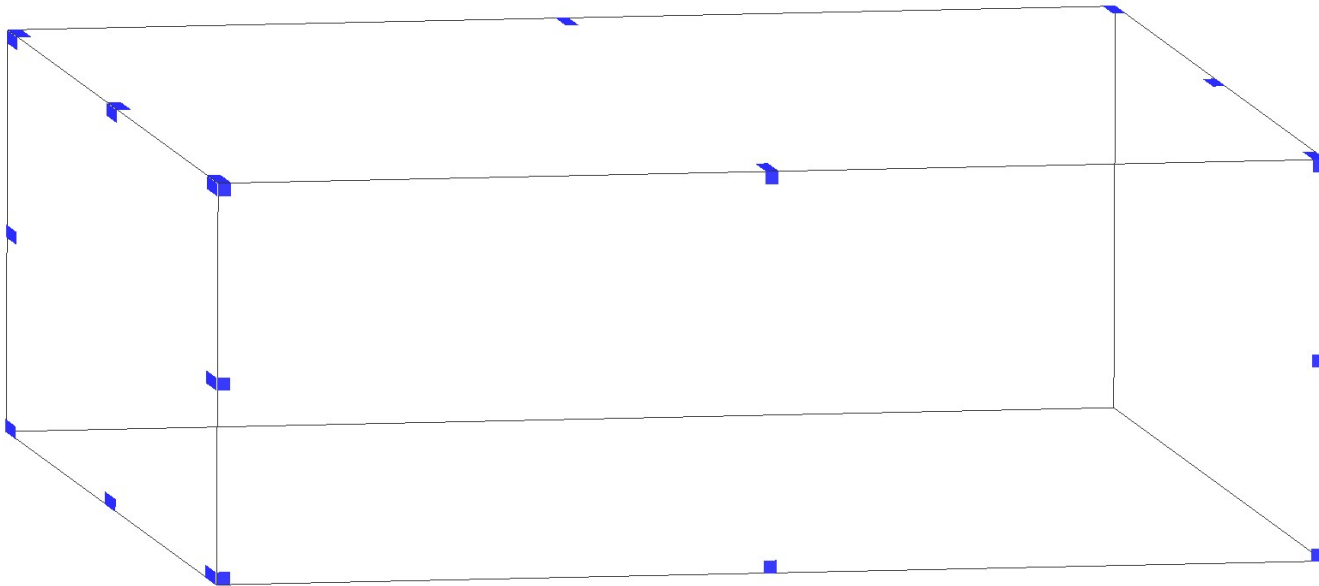


Facteur Feret



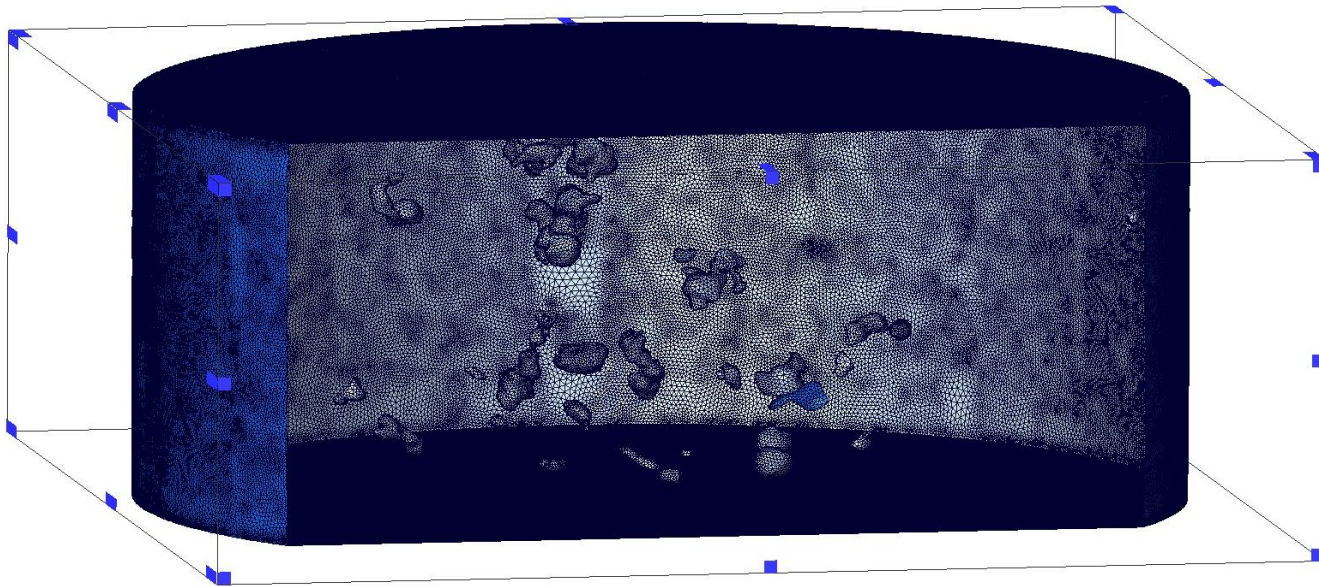
MAILLAGE DES DÉFAUTS

- En plus des caractéristiques des défauts : calculs éléments finis sous Abaqus
- Génération d'un maillage volumique C3D4 (~ dizaine de millions d'éléments)

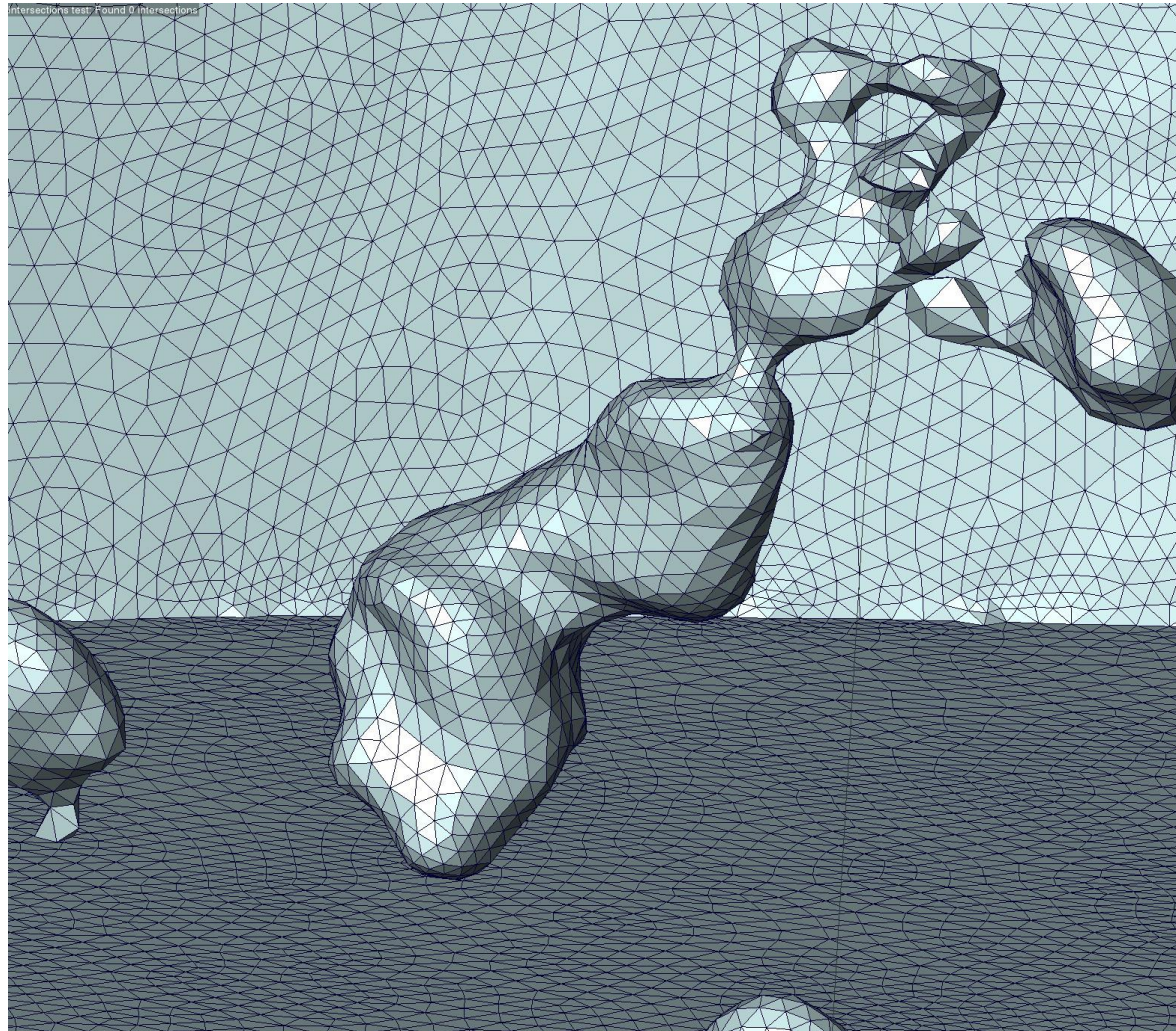


MAILLAGE DES DÉFAUTS

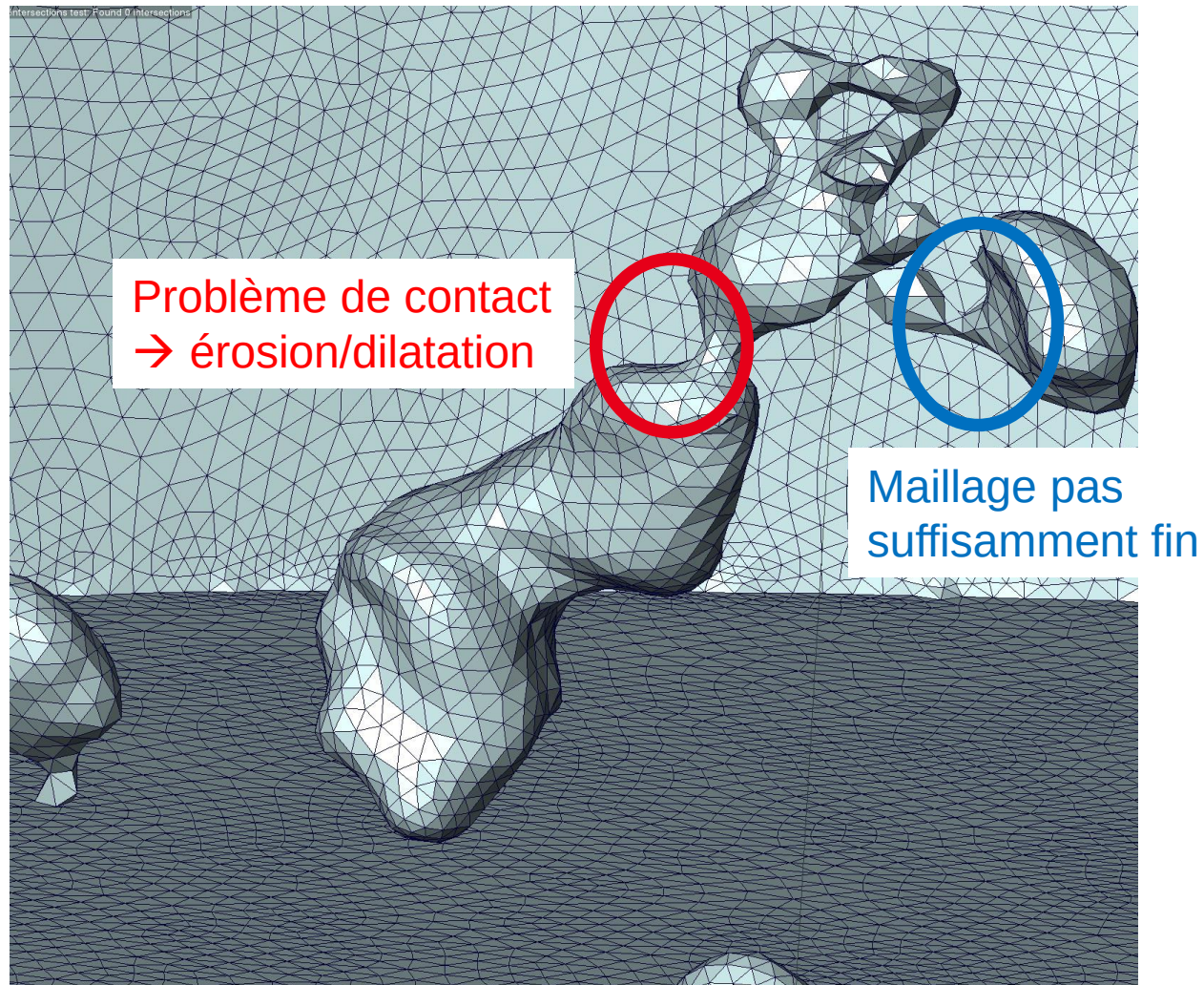
- En plus des caractéristiques des défauts : calculs éléments finis sous Abaqus
- Génération d'un maillage volumique C3D4 (~ dizaine de millions d'éléments)



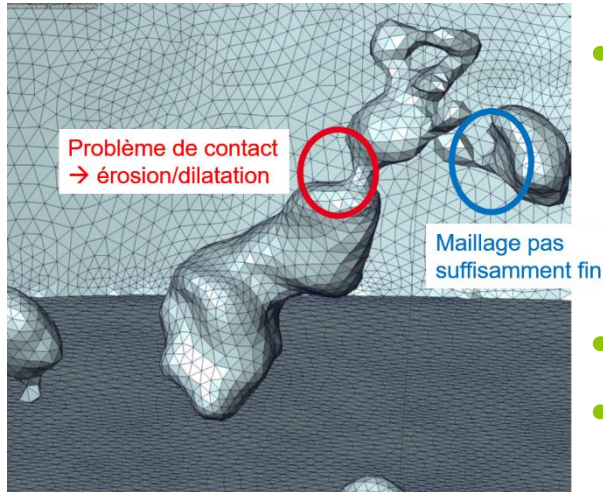
MAILLAGE DES DÉFAUTS



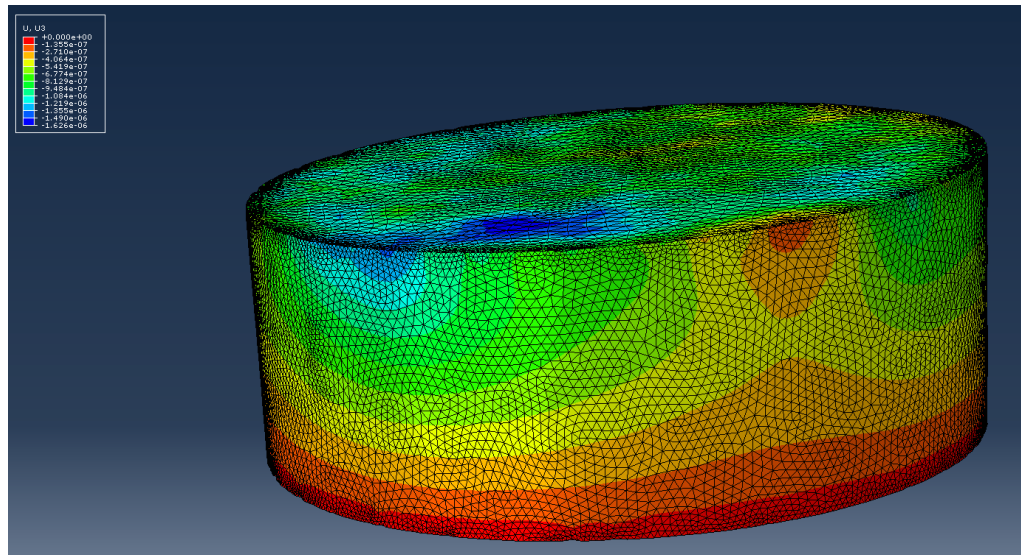
MAILLAGE DES DÉFAUTS



MAILLAGE DES DÉFAUTS



- Et d'autres difficultés :
 - Intersection à corriger manuellement
 - Remaillage pour de-raffiner les zones sans intérêt
 - Présence de défauts distordus
- Taille de l'éprouvette peut constituer un problème?
- Faut-il seulement mailler les défauts les plus critiques?



MERCI DE VOTRE ATTENTION