

# La fabrication additive métallique

Etude de l'état T6 sur des pièces en alliage d'aluminium (principalement AlSi7Mg0,6) issues de fusion laser sur lit de poudre (SLM ou LBM)

AEFA – 27 juin 2019

# Le Cetim Centre val de Loire en quelques mots

- ❑ Centre associé au Cetim
- ❑ CRT et centre de référence aluminium
- ❑ 30 personnes réparties sur 2 sites Orléans (45) et Bourges (18)



## Apporter aux entreprises des moyens et des compétences pour :

- accroître leur compétitivité,
- faire le lien entre recherche et industrie,
- promouvoir le progrès des techniques,
- les aider à l'amélioration du rendement et à la garantie de la qualité.

### > 6 unités :

- conception & calcul,
- essais mécaniques et environnementaux,
- métallurgie,
- étalonnage & contrôle dimensionnel,
- recherche & innovation (fabrication additive)
- procédés de soudage.

## Zoom sur le projet SUPCHAD (plateforme partagée sur la fabrication additive)

**Approvisionnement** => Maîtriser et diversifier les sources d'approvisionnement (poudres) afin de réduire les prix.

**Conception** => Tirer profit des possibilités offertes et maîtriser les contraintes de fabrication du procédé.

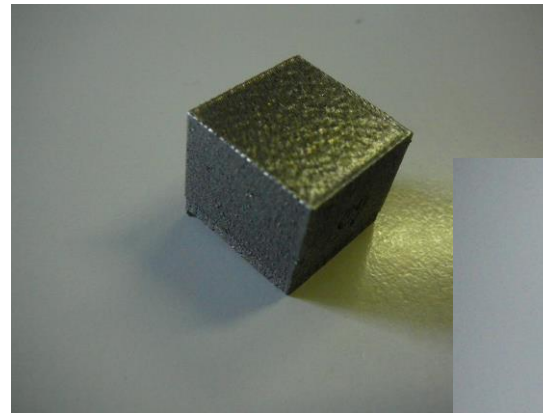
**Maîtrise du procédé** => Optimiser le positionnement des pièces à fabriquer et l'intégration des supports de fabrication.

**Post-traitements** => Adapter les traitements aux spécificités du procédé et à son influence sur la matière.

**Fiabilisation** => Maîtriser les paramètres influents et optimiser la mise en œuvre.

# Moyens - Echantillons

- **Machine de fabrication additive**
  - Machine SLM 280 HL (280x280x350 mm – 700W)
  - Atmosphère neutre Argon
  - Plateau fabrication – température 150°C



- **Eprouvettes d'essai**
  - Cubes (20x20x15 mm)
  - Cylindres (longueur 60 mm x diamètre 12 mm)



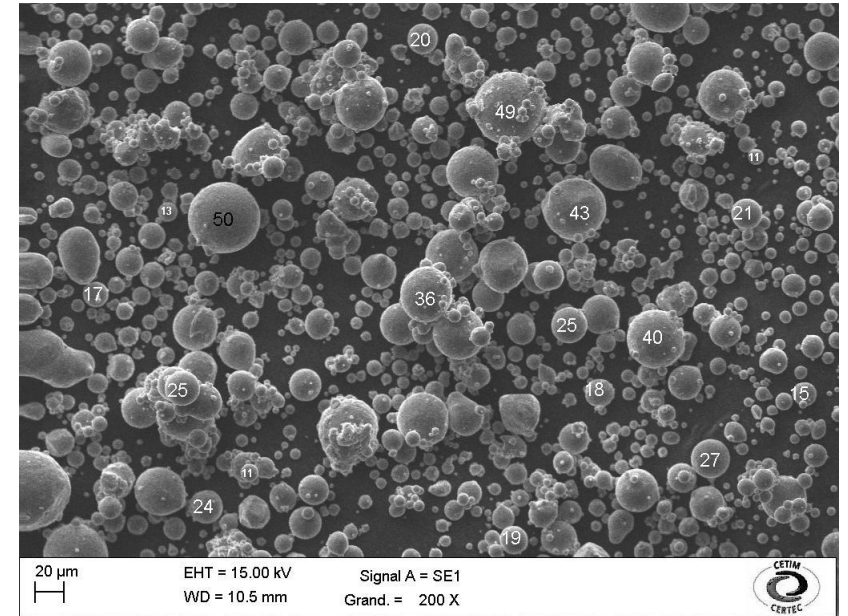
# Matériaux et traitements thermiques

- **Matériaux : alliages d'aluminium**

- AlSi10Mg : bon alliage de fonderie – alliage de référence en LBM – apte aux traitements thermiques
- AlSi7Mg0,6 : alliage de fonderie secteur aéronautique – apte aux traitements thermiques

- **Poudres**

- Particules sphériques
- Granulométrie : D10 = 11.7  $\mu\text{m}$    D50 = 33.4  $\mu\text{m}$    D90 = 62.0  $\mu\text{m}$



- **Etat métallurgique étudié : brut de fabrication et T6 (mise en solution + trempe + revenu)**

- Brut de fabrication
- 2h à 540°C – 6h à 170°C

# Santé matière – taux de porosité

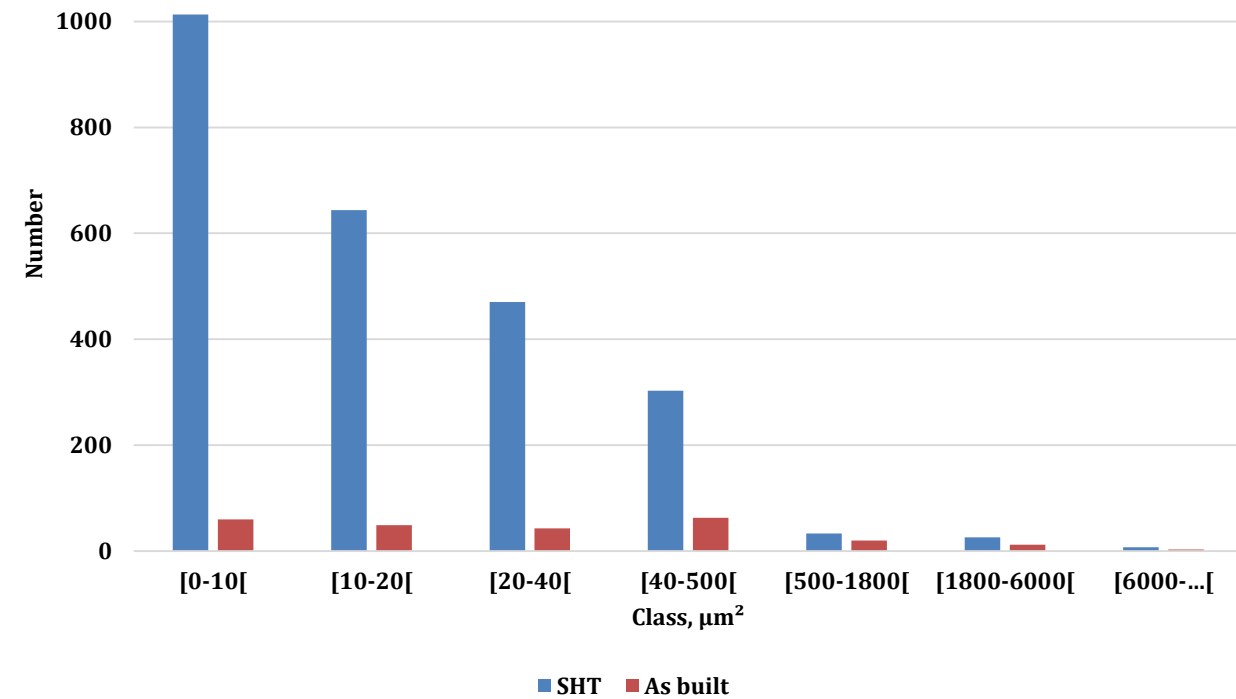
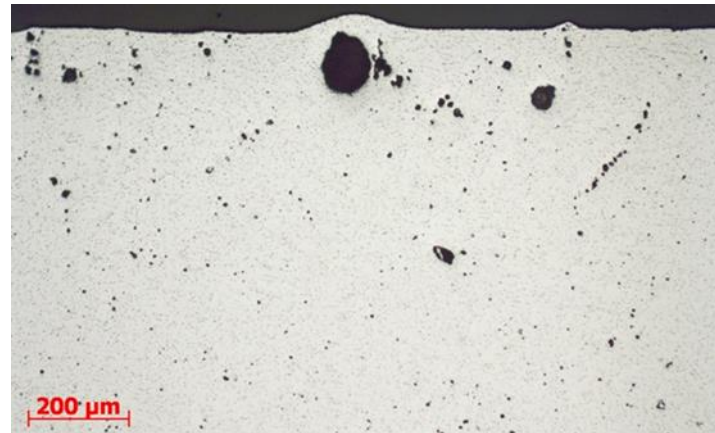
## Brut de fabrication

Taux de porosité : 0,43%



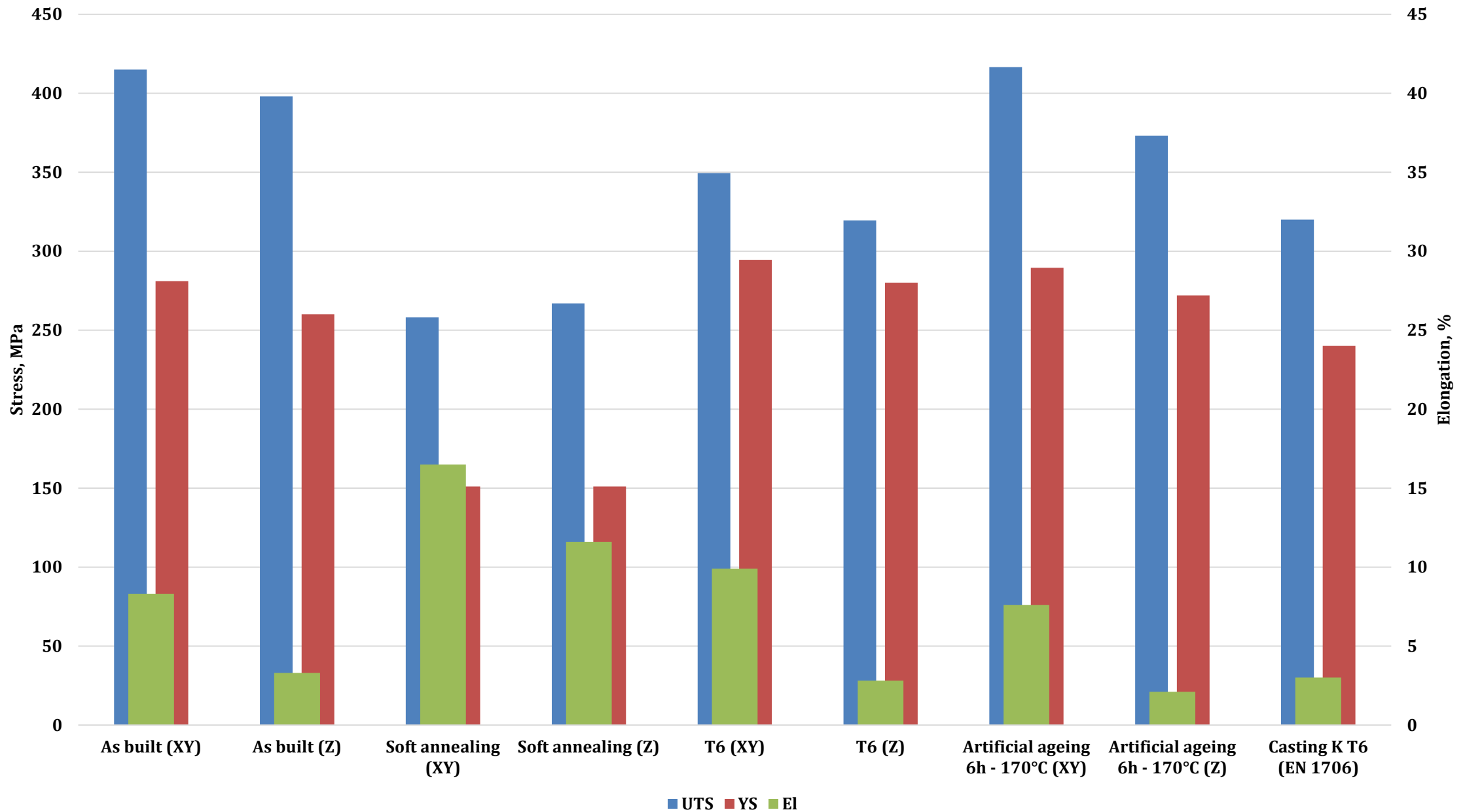
## Etat T6

Taux de porosité : 1,01%



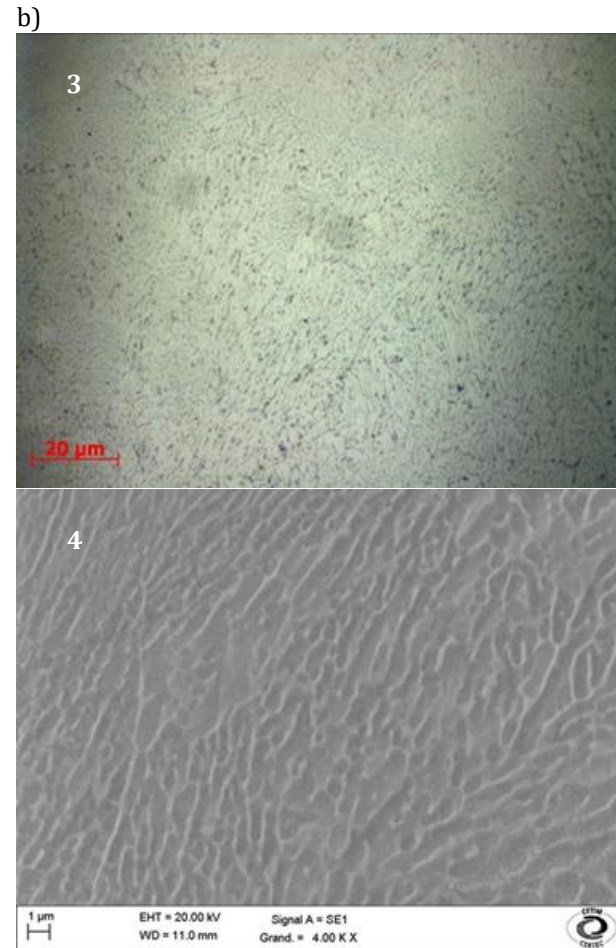
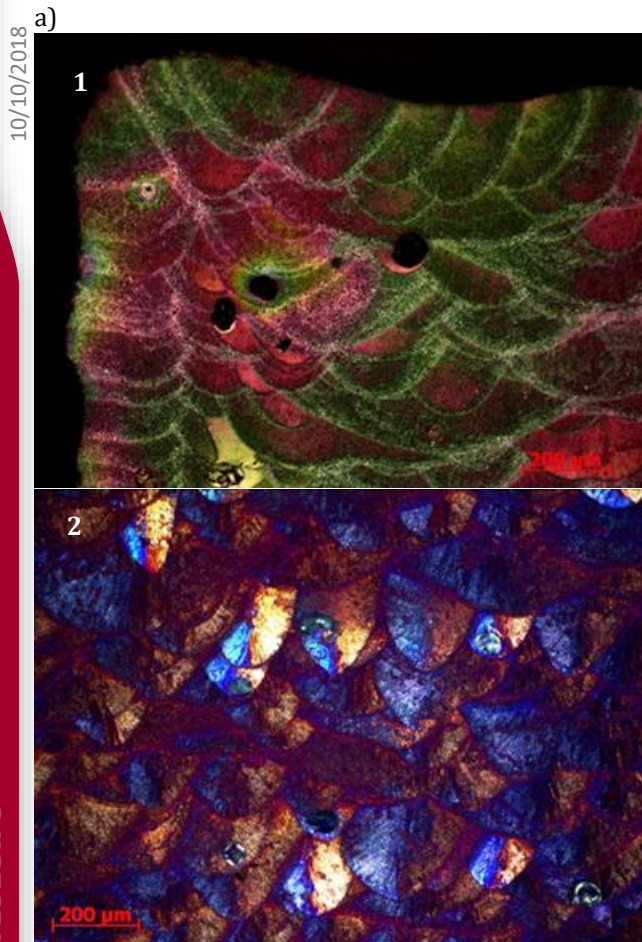
Distribution de la porosité

# Caractéristiques mécaniques

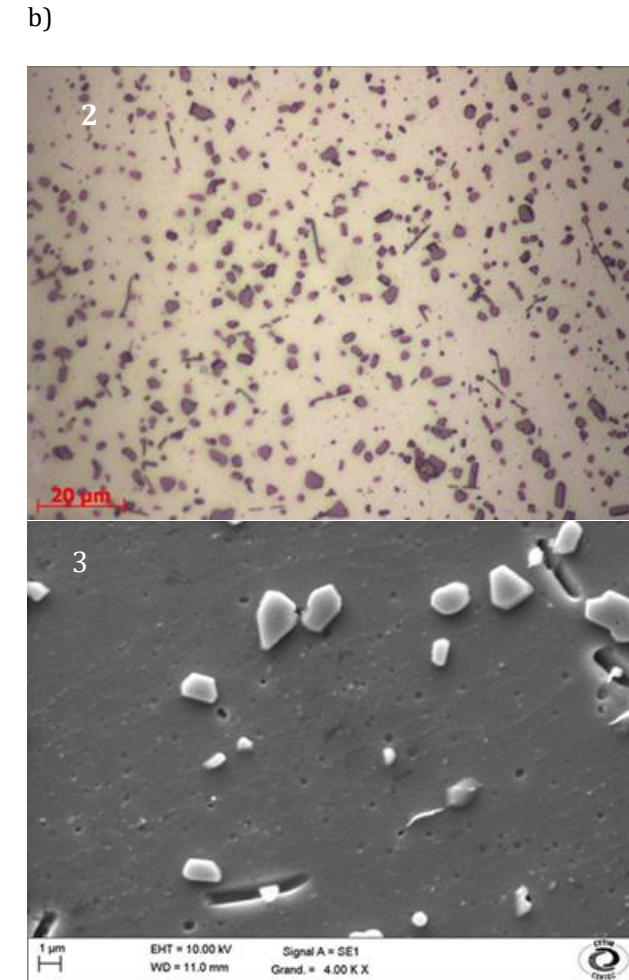
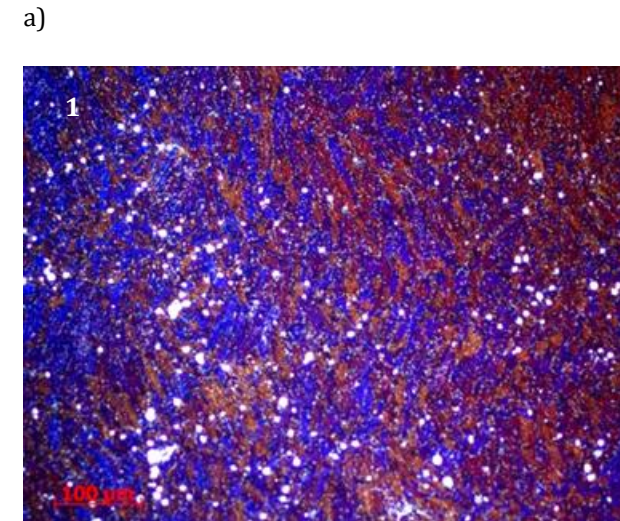


# Structure métallurgique

Brut de fabrication

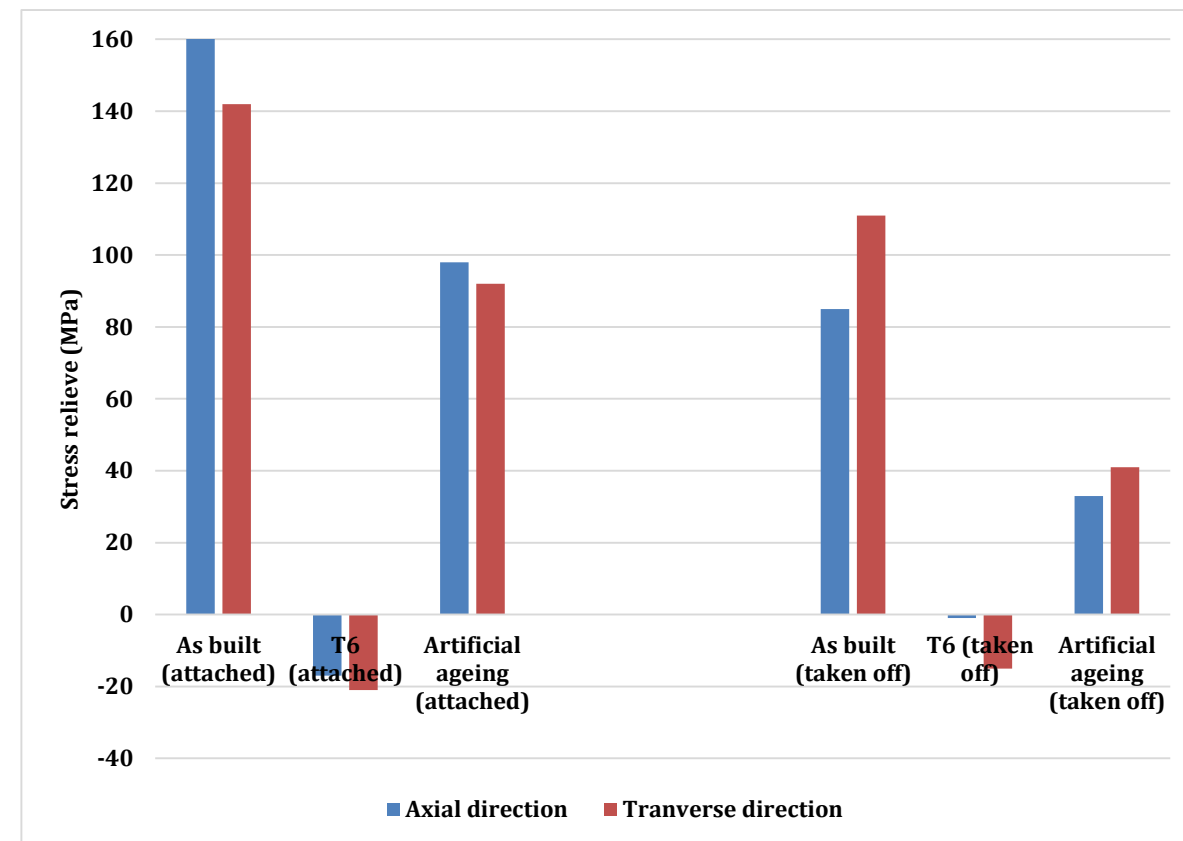
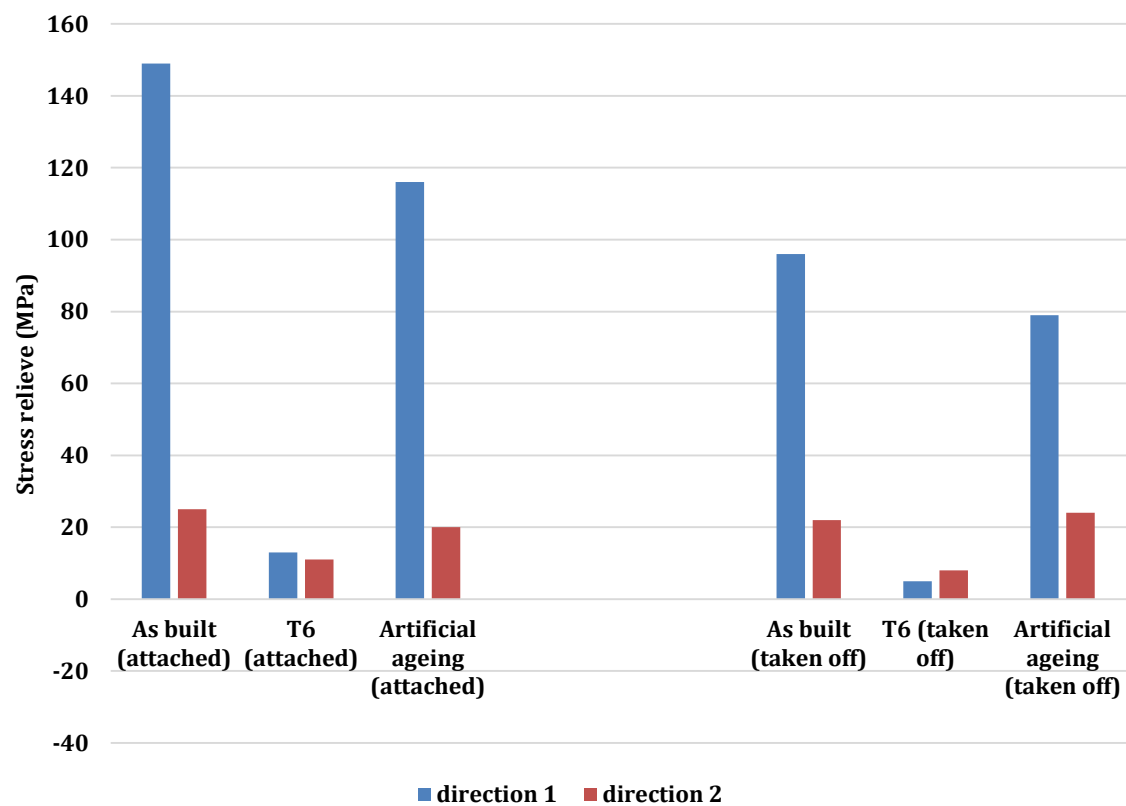
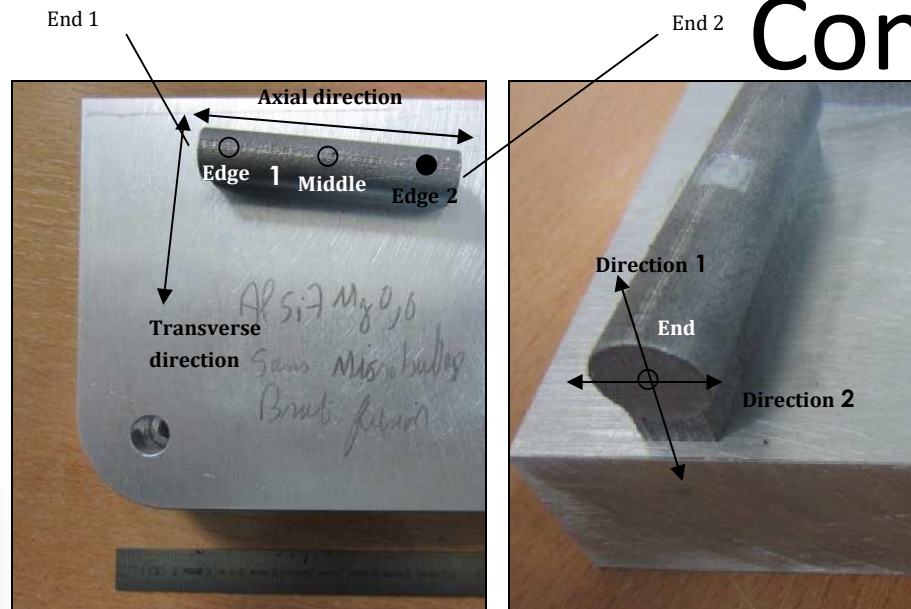


Etat T6



Modification de la structure

# Contraintes résiduelles



Milieu « middle »

En bout « end »



# Conclusion

Etat métallurgique	Avantages	Inconvénients
Brut de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de post-traitement thermique donc moins couteux et plus rapide.</li> <li>▪ Caractéristiques mécaniques intéressantes notamment en statique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anisotropie des caractéristiques mécaniques.</li> <li>▪ Contraintes résiduelles importantes.</li> <li>▪ Influence de la température de fabrication sur les caractéristiques</li> </ul>
Etat T6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonnes caractéristiques mécaniques : les meilleures pour la limite élastique.</li> <li>▪ Faibles contraintes résiduelles (parfois en compression)</li> <li>▪ Structure plus homogène.</li> <li>▪ Pas d'influence de la température de fabrication sur les caractéristiques mécaniques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coût du post-traitement</li> <li>▪ Augmentation et grossissement des porosités.</li> <li>▪ Risque de déformation à la trempe.</li> </ul>
Revenu (seul)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonnes caractéristiques mécaniques : les meilleures pour la Rm – proche de l'état T6 pour la Rp<sub>0,2</sub>.</li> <li>▪ Une certaine facilité du post-traitement thermique.</li> <li>▪ Pas de risque de déformation à la trempe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contraintes résiduelles</li> <li>▪ Anisotropie des caractéristiques mécaniques.</li> <li>▪ Influence de la température de fabrication sur les caractéristiques mécaniques.</li> </ul>
Adoucissement ou détensionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas ou peu de contraintes résiduelles.</li> <li>▪ Caractéristiques mécaniques isotropes.</li> <li>▪ Structure plus homogène.</li> <li>▪ Pas d'influence de la température de fabrication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faibles caractéristiques mécaniques.</li> </ul>

## Publication :

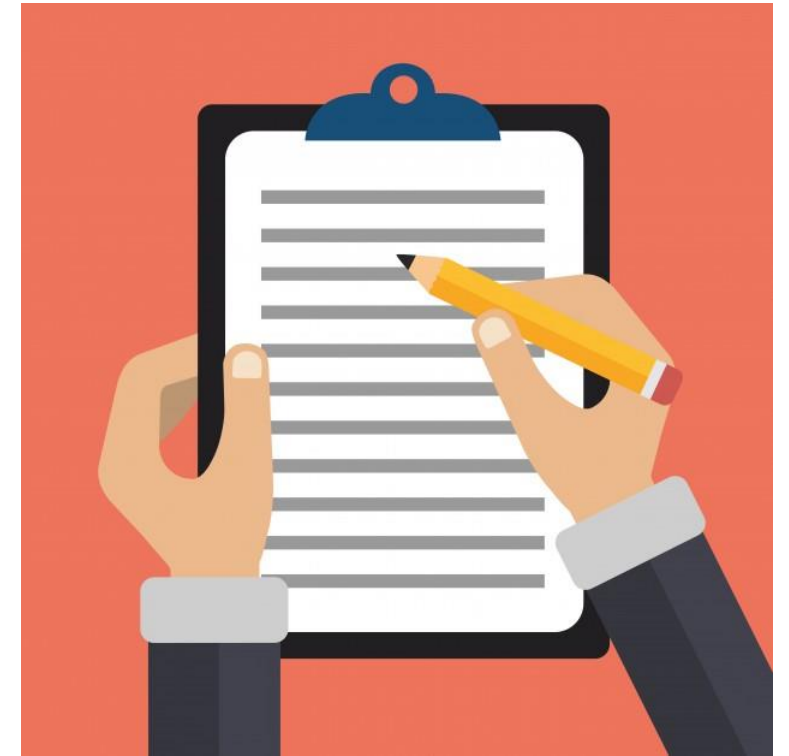
Mauduit, A. et al., 2019. Study of AlSi7Mg0.6 Alloy by Selective Laser Melting: Mechanical Properties, Microstructure, Heat Treatment. Journal of Casting & Materials Engineering, 3(1), p.1. Available at: <http://dx.doi.org/10.7494/jcme.2019.3.1.1>.

Pour information :

Le Cetim Centre Val de Loire lance son nouveau projet :

**FAMAD : Fabrication additive métallique (janvier 2020 – octobre 2022)**

- Maitriser un procédé innovant et sa chaîne de valeur
- Réaliser des essais industriels
- Offrir des services nouveaux



# Merci de votre attention

**Responsable R&D matériaux et procédés – référent alliages légers**

**Arnold Mauduit**

Email: [arnold.mauduit@cetimcentrevaldeloire.fr](mailto:arnold.mauduit@cetimcentrevaldeloire.fr)



---

*Osez le futur*