

Procédé de frittage sélectif par laser (SLS) : Contexte

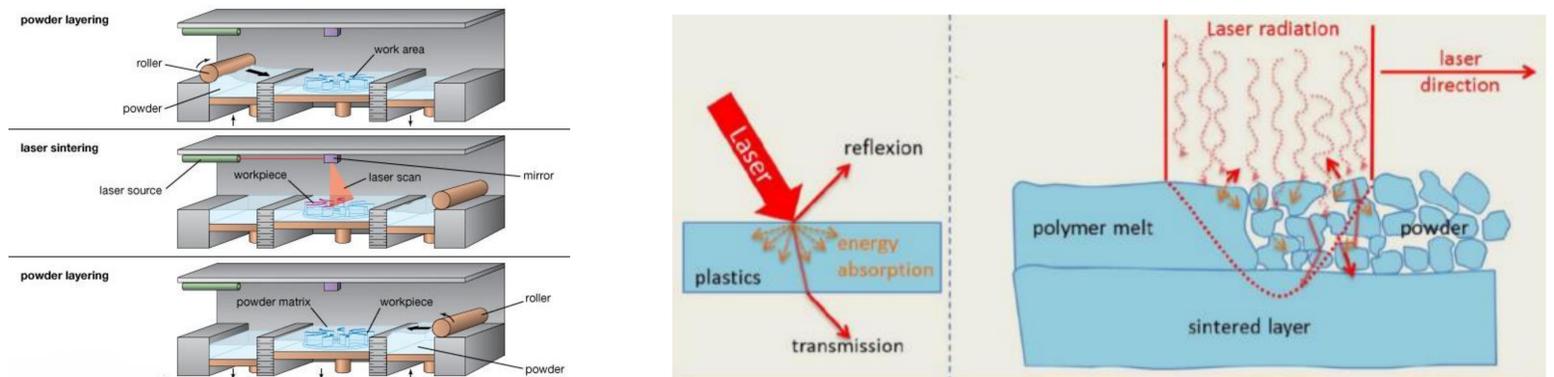


Figure 3 et Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un imprimante à fusion sélective par laser selon les différentes étapes (gauche) et schéma du passage laser sur les particules (droite)

- ▶ Le procédé de frittage sélectif par laser, abrégé (SLS) est un des procédés les plus répandus en **fabrication additive**. Cette technique permet de réaliser des pièces par impression en **couches par couches** en solidifiant successivement les différentes couches grâce à un laser CO₂ possédant une longueur d'onde d'émission de **10,6 μm**.
- ▶ Le **polyamide 12 (PA 12)** est le thermoplastique le plus utilisé grâce à sa bonne **fenêtre de frittage et par sa bonne capacité à absorber le rayonnement d'un laser CO₂**. Dans le but de diversifier les matériaux utilisables et d'adapter certaines propriétés du PA 12, il est possible de **charger** celui-ci. Nous pouvons utiliser des **retardateurs de flammes**, des charges **minérales** ou **synthétiques** pour piloter les propriétés du matériau et répondre à des besoins industriels par exemple. L'utilisation de ces charges va engendrer des modifications des propriétés thermo-optiques de notre matériau, avec notamment une modification de l'absorptivité optique et de la conductivité thermique, ce qui peut poser des problèmes de processabilité (écoulement, fusion, absorption du faisceau laser par le lit de poudre).

Problématique et objectif de la thèse

- Influence des charges sur les **propriétés thermo-optiques** du polyamide 12 → **Billes de verre et talc** (Figure 1 et 2).
- Compréhension des **nouvelles propriétés obtenues** (tenue mécanique et au feu).
- Essais réalisés pour évaluer l'influence des charges sur les **interactions rayonnement matière**.
 - **Thermique** : ATG, DSC, Conductivimètre (fil chaud) → Dégradation, cristallinité, conductivité thermique
 - **Optique** : Spectrométrie sur des échantillons poudreux (sphère intégrante, goniomètre, module de transmission) → Mesure de la transmission, réflexion et absorption d'un lit de poudre.

Résultats et discussions

- ▶ Lors du frittage sélectif par laser, le matériau subit plusieurs **cycles thermiques** (Chauffage du bac de fabrication, refroidissement des couches, passage du laser...). L'ajout de charge va notamment conduire à une modification de la **conductivité thermique** du lit de poudre, ce qui va modifier le comportement de celui-ci face au premier cycle thermique en SLS : la chauffe avant frittage.

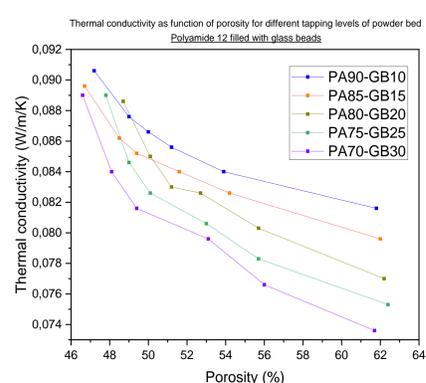


Figure 5 : Conductivité thermique en fonction de la porosité du lit de poudre

- ▶ Étude de la **conductivité thermique** → Comprendre comment se distribue la chaleur dans le lit de poudre.
- Essais réalisés : Conductivimétrie (fil chaud) et Powder tester → Mesure de la conductivité thermique en fonction du tassement du lit de poudre (interstices)
- Conductivité thermique dépendante de **deux paramètres** :
 - **Interstices dans le lit de poudre**
 - **Nature du matériau et des charges**
- Diminution de la conductivité thermique du fait des **interstices** : Fraction d'air de plus en plus importante venant isoler les transferts radiatifs inter-particulaires dans le lit de poudre.
- L'ajout d'une **quantité de charges** trop importante peut découler sur des pièces réalisées possédant beaucoup d'interstices (air) et une moins bonne conductivité thermique, ce qui peut découler sur des pièces présentant des mauvaises propriétés mécaniques.

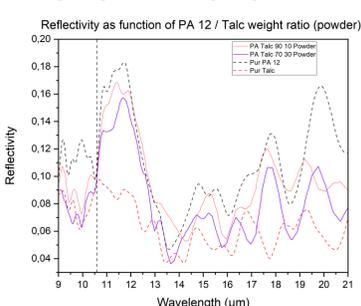


Figure 6 et Figure 7 : Essais en réflectivité sur des mélanges PA 12 Talc (gauche) et PA 12 Billes de verre (droite)

Conclusion et perspectives

- ▶ Charger le PA 12 débouche sur de nombreux changements de propriétés thermo-optiques. Ces variations de propriétés vont elles-mêmes induire des changements non négligeables du comportement du matériau pendant le procédé. Il sera alors nécessaire d'ajuster les paramètres d'exposition pour imprimer correctement les pièces.
- ▶ Au-delà des changements de propriétés des poudres apportés par les charges, l'ajout de celles-ci vont jouer un rôle sur les propriétés des pièces imprimées avec notamment une différence en termes de tenue mécanique ou au feu ainsi que la porosité. Des essais sont prévus afin d'évaluer ces différents impacts.

Parties prenantes



Auteurs

-Dylan Seigler
-José-Marie Lopez-Cuesta
-Yannick le Maoult
-Marcos Batistella
-Arnaud Regazzi
-Rémi Gilblas
-Fabrice Schmidt

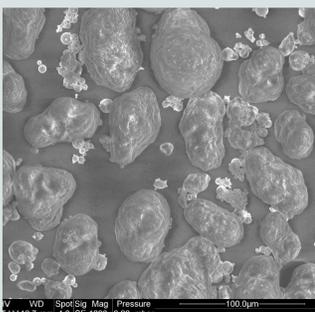


Figure 1 : Polyamide 12 chargé en billes de verre

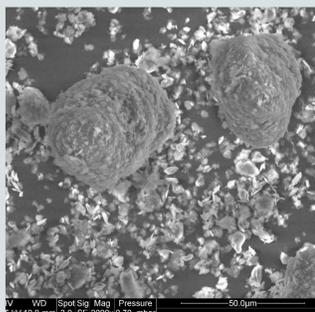


Figure 2 : Polyamide 12 chargé en talc

Références

Illustration schématisée du principe de fonctionnement de la SLS : Encyclopædia Britannica, 2012

Illustration schématisée du passage du laser sur le lit de poudre : Ben Fischer, Optonlaser "Configuration optique pendant le traitement LS"

Contacts

Dylan Seigler - auteur
dylan.seigler@mines-ales.fr

José-Marie Lopez-Cuesta - Directeur de thèse
jose-marie.lopez-cuesta@mines-ales.fr

Yannick Le-Maoult - Directeur de thèse
Yannick.lemaoult@mines-albi.fr