

# **Développement d'un modèle d'homogénéisation et d'une méthode d'intégration des structures en treillis imprimées par LPBF pour l'optimisation des composants industriels**

Présenté par : Oussema BOUGUERRA

Encadré par: M. Jean BROUSSEAU

# Plan

1. Problématique et objectif
2. Méthodologie
3. Phase de validation
4. Impressions réalisées
5. Résultats écart de densité relative
6. Résultats SEM
7. Analyse des résultats des dimensions SEM et l'effet sur la densité relative
8. Résultats mécaniques et homogénéisation
9. Résultats de la validation
10. Conclusion

# 1. Problématique et objectif

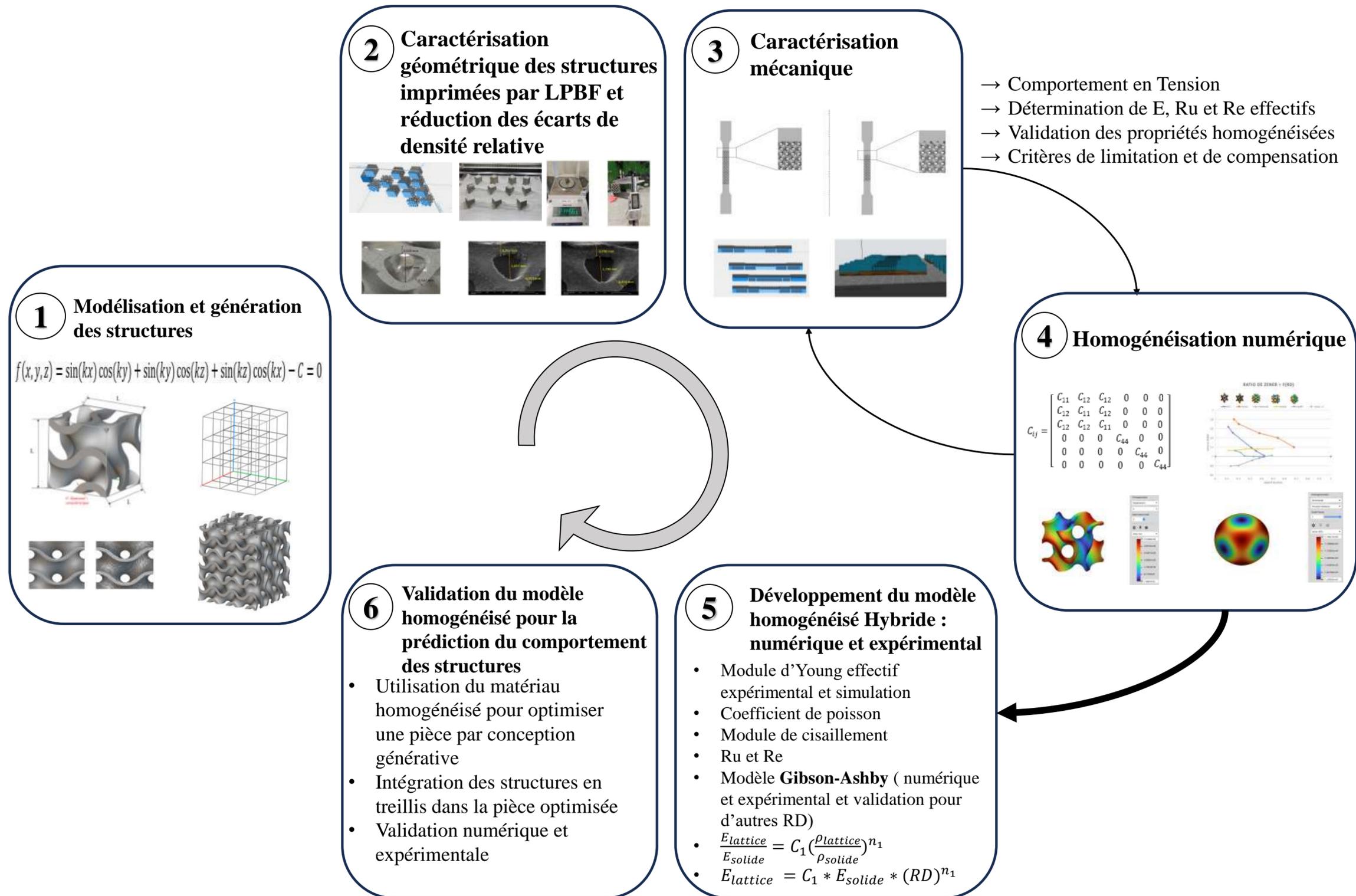
## Problématique:

- Le besoin de créer des composants industriels plus légers sans compromettre la performance mécanique pour les secteurs aéronautique, automobile et biomédical.
- La fabrication des structures en treillis (Lattices) par Fusion Laser sur lit de poudre (LPBF) présente une densité relative supérieure à celle des modèle CAO affectant leurs propriétés mécaniques.
- La simulation des structures en treillis intégrées dans des géométries complexes reste un défi et les méthodes conventionnelle (éléments finis) sont trop couteuses en temps de calcul et peu adaptées à la prédiction fiable du comportement des treillis.

## Objectif:

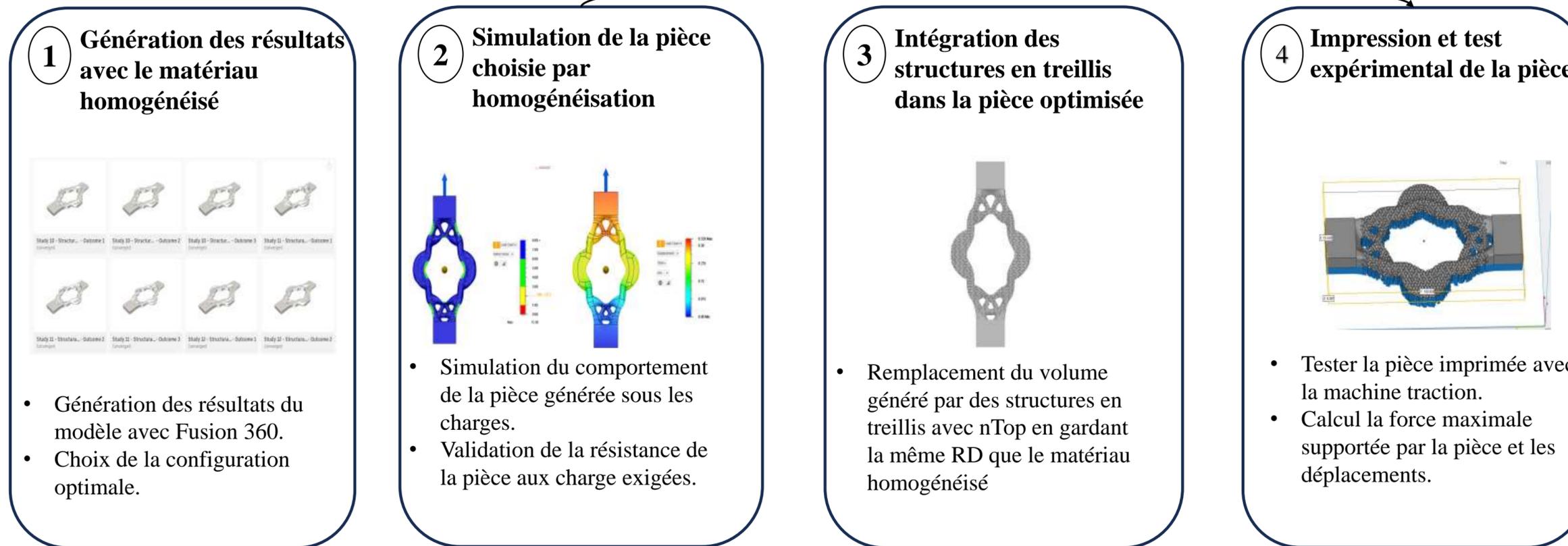
→ Développer et valider un modèle d'homogénéisation pour prédire le comportement statique des pièces complexes fabriquées par LPBF intégrant des treillis.

# 2. Méthodologie



# 3. Phase de validation

Prédiction de la résistance de la pièce optimisée avec la simulation par homogénéisation



Validation de la résistance réelle de la pièce fabriquée avec des structures en treillis

## 4. Impressions réalisées

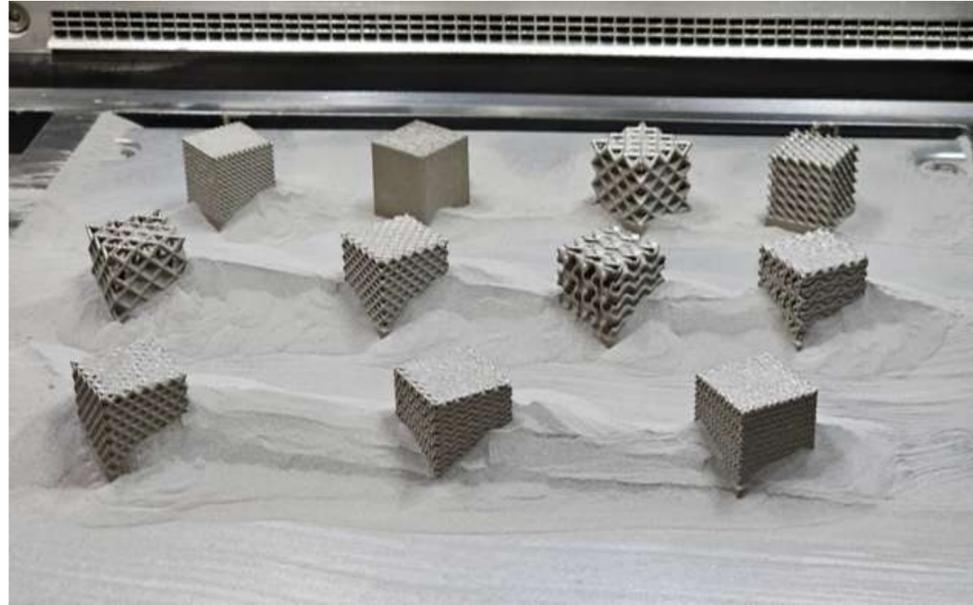


Figure 1: Impression préliminaire



Figure 2: Impression avec répétitions

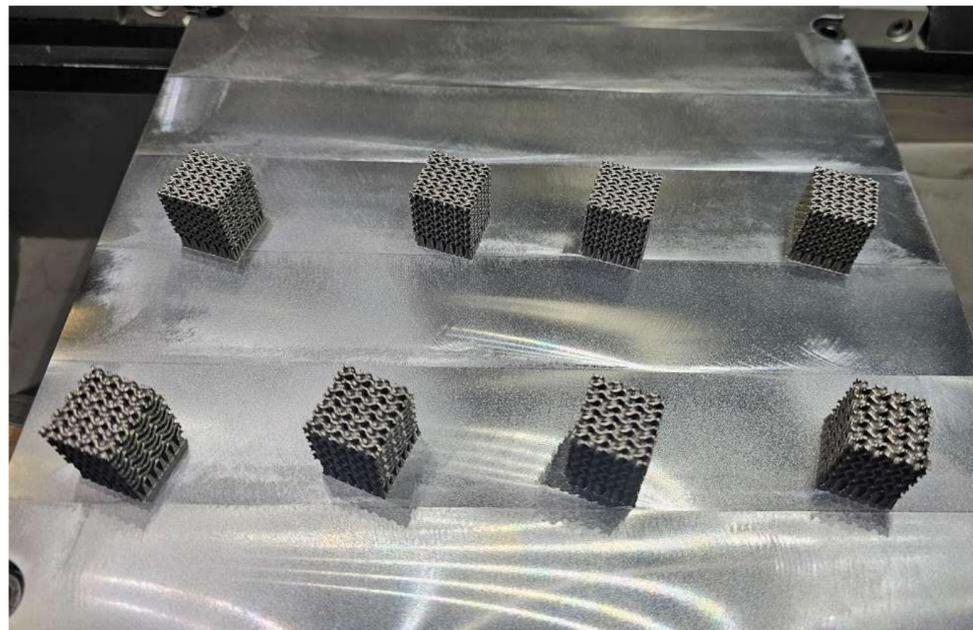


Figure 3: Impression de compensation

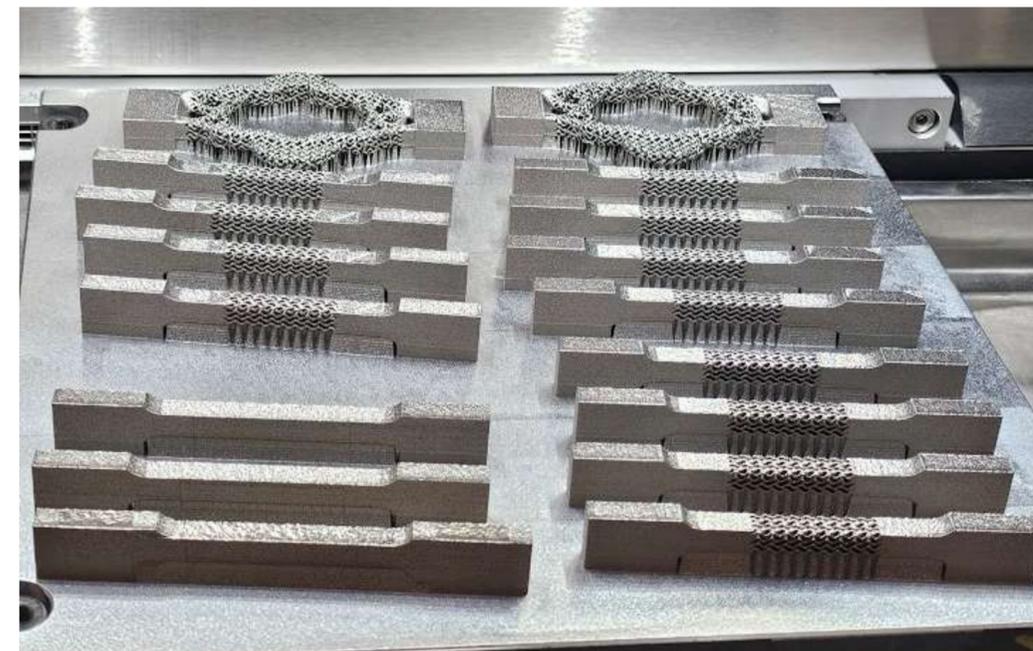
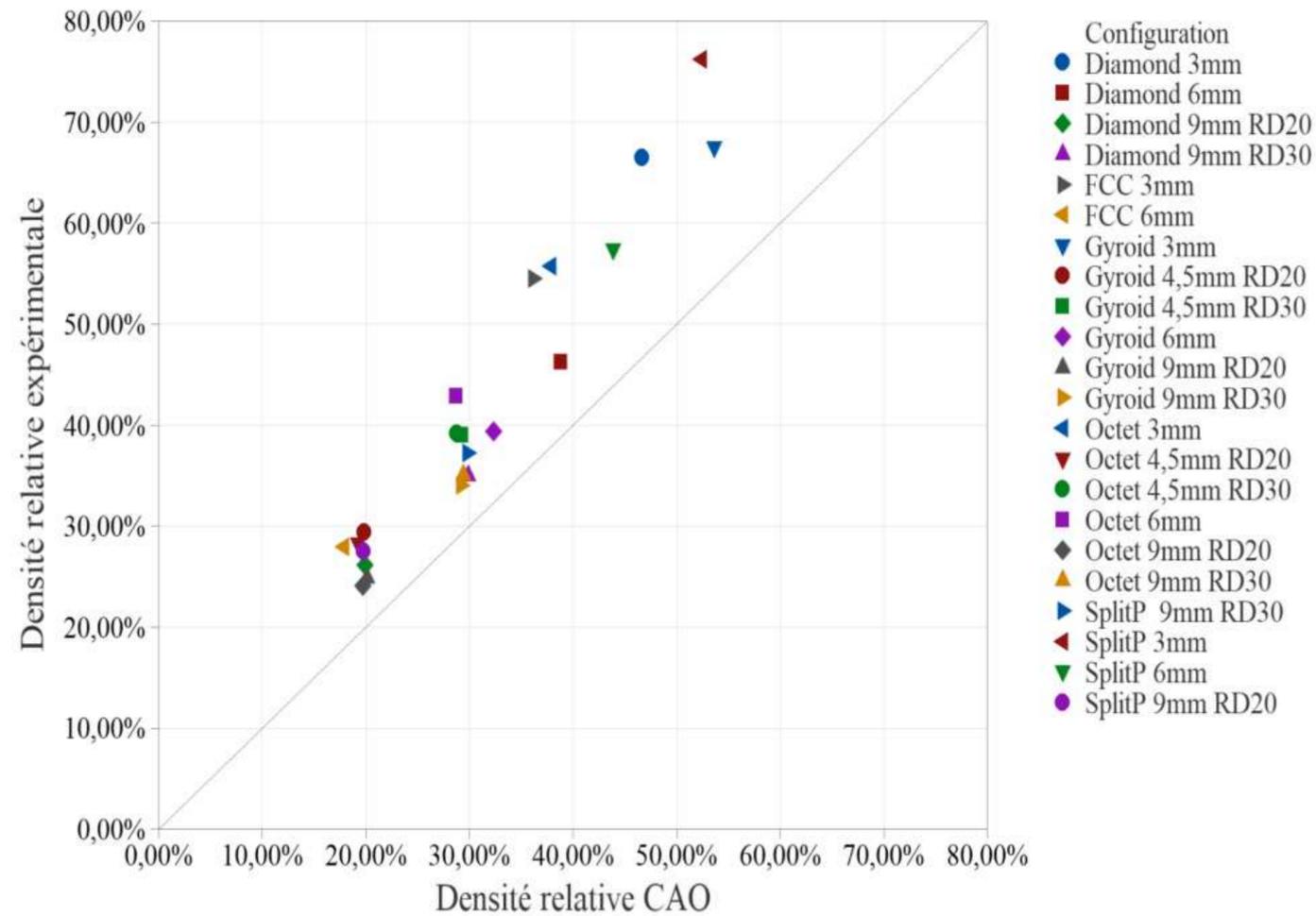


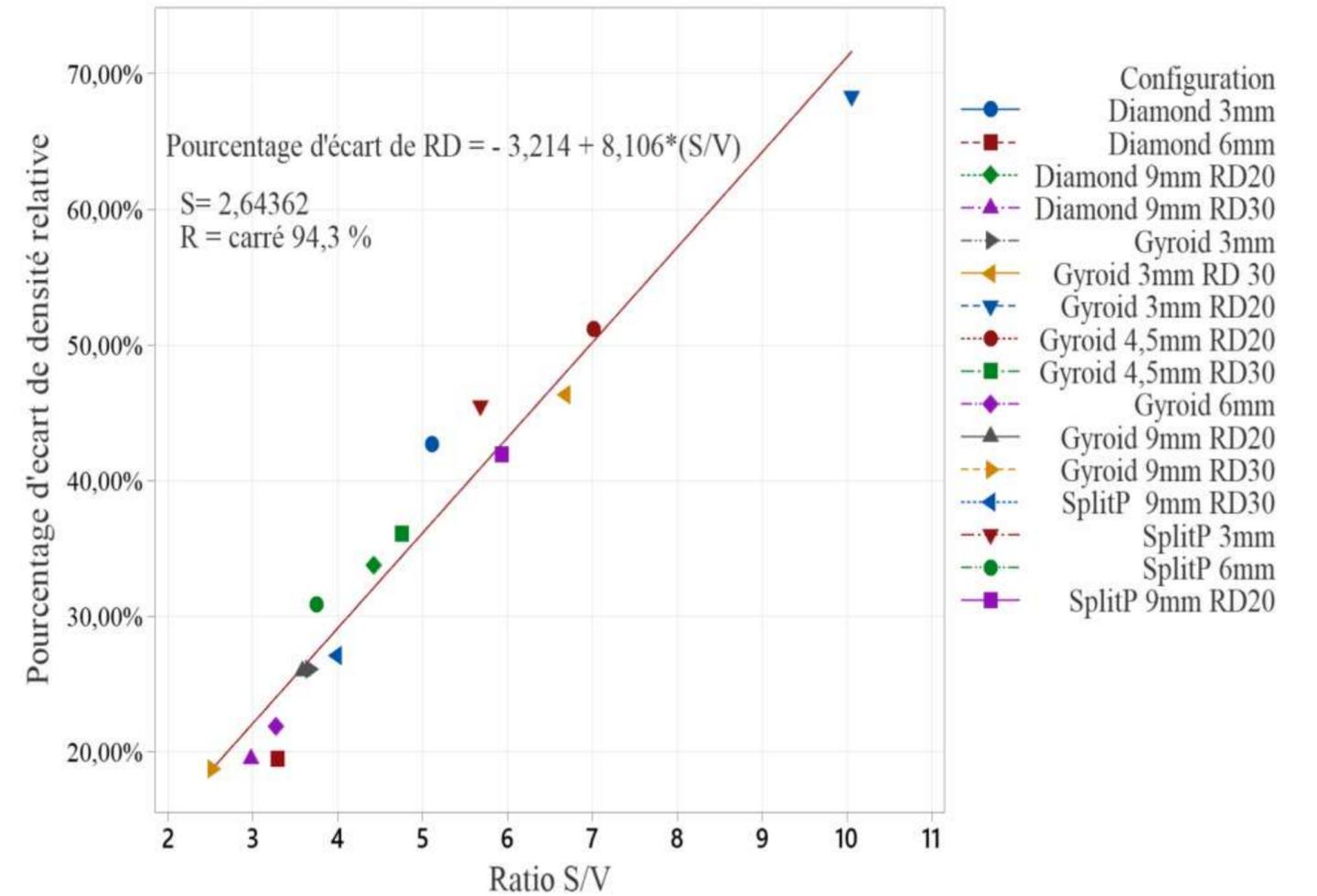
Figure 4: Impression des éprouvettes de traction

# 5. Résultats écart de densité relative

Densité relative expérimentale et Densité relative CAO



Pourcentage d'écart de RD en fonction du Ratio S/V TPMS



# 6. Résultats SEM

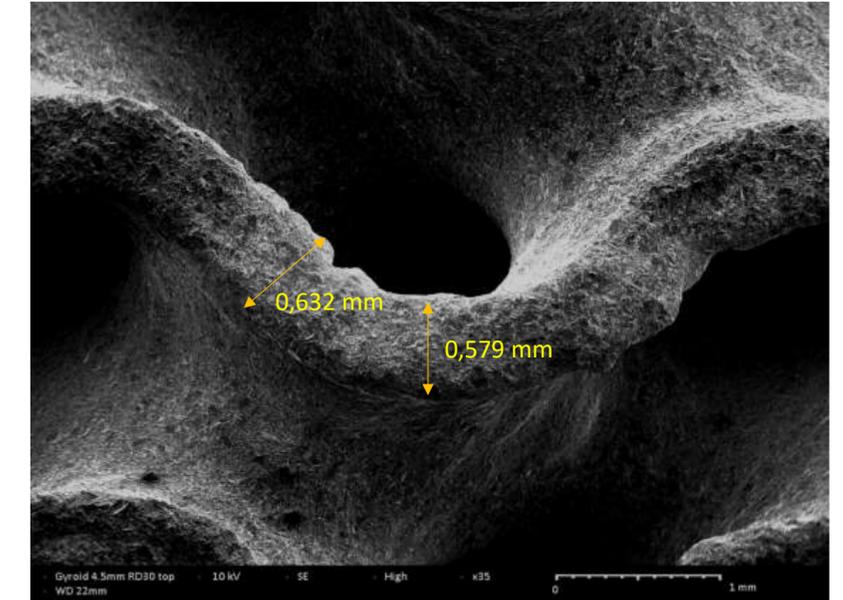
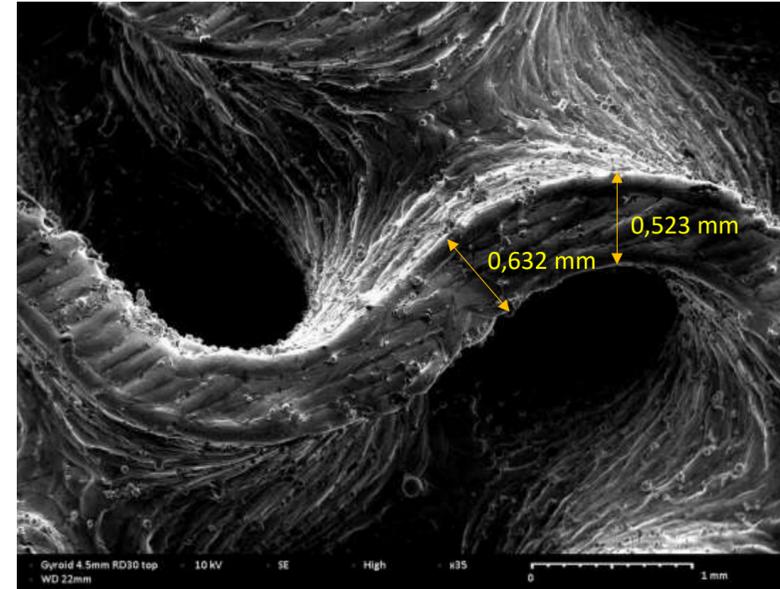
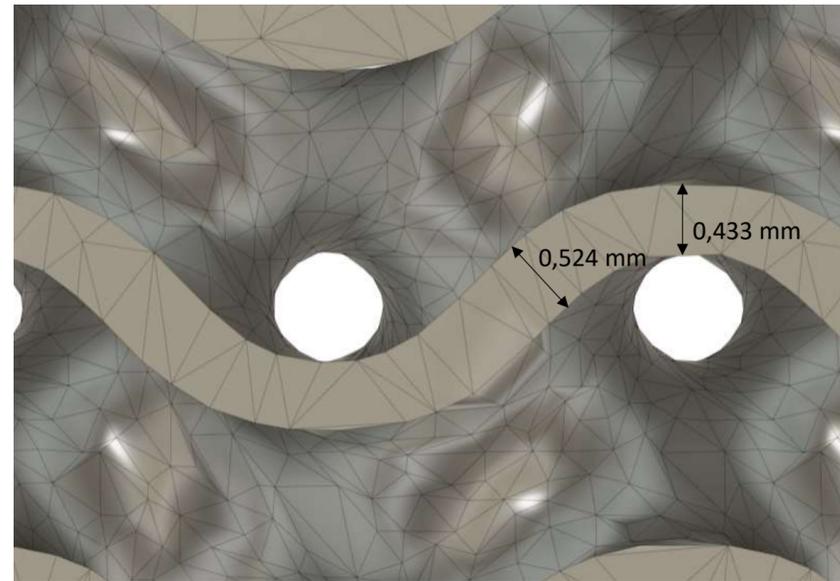
- Gyroid 4,5 mm RD 30

CAO

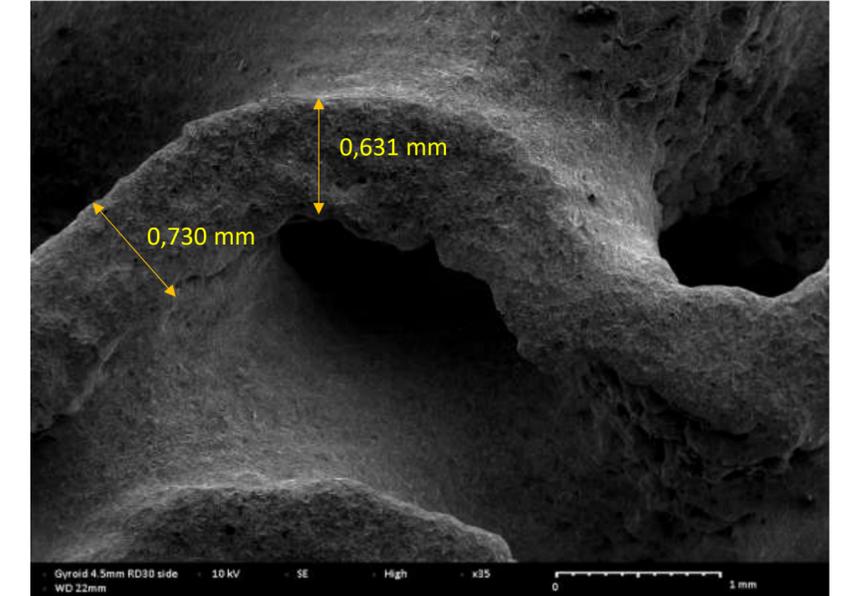
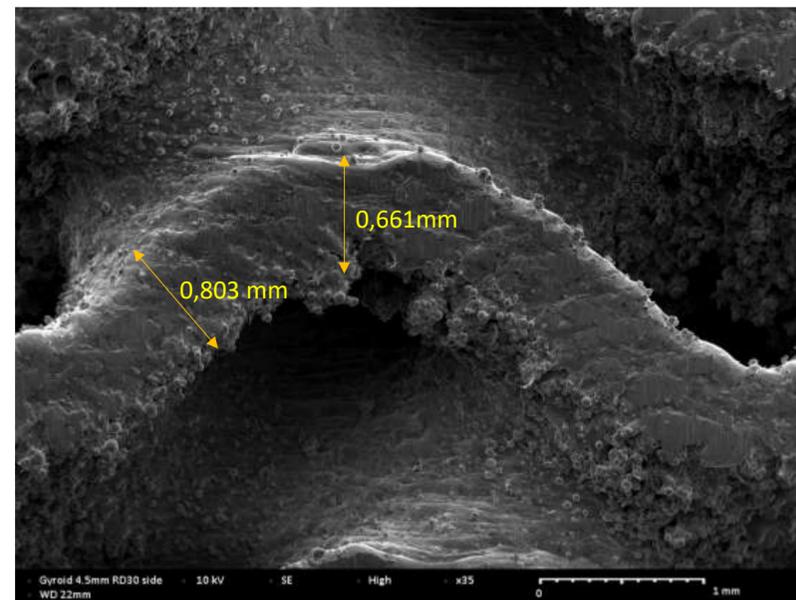
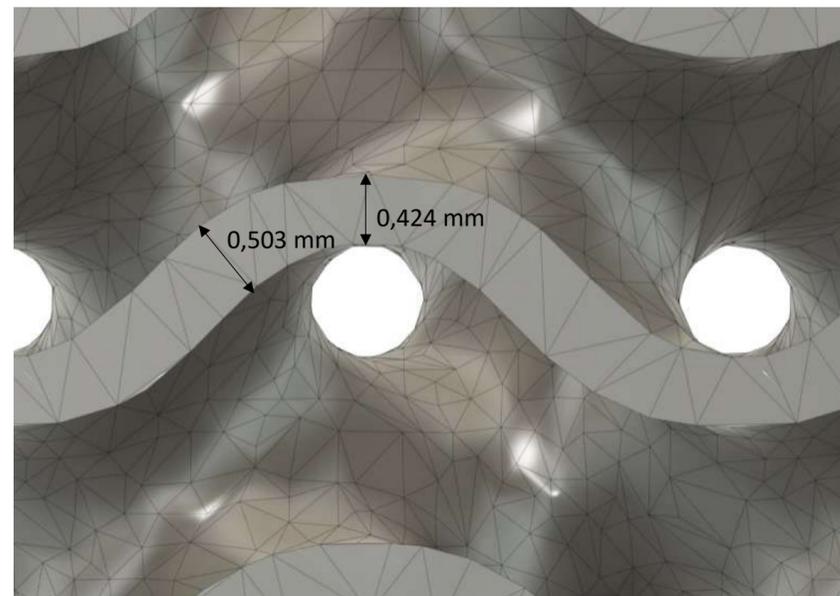
SEM avant sablage

SEM après sablage

Top



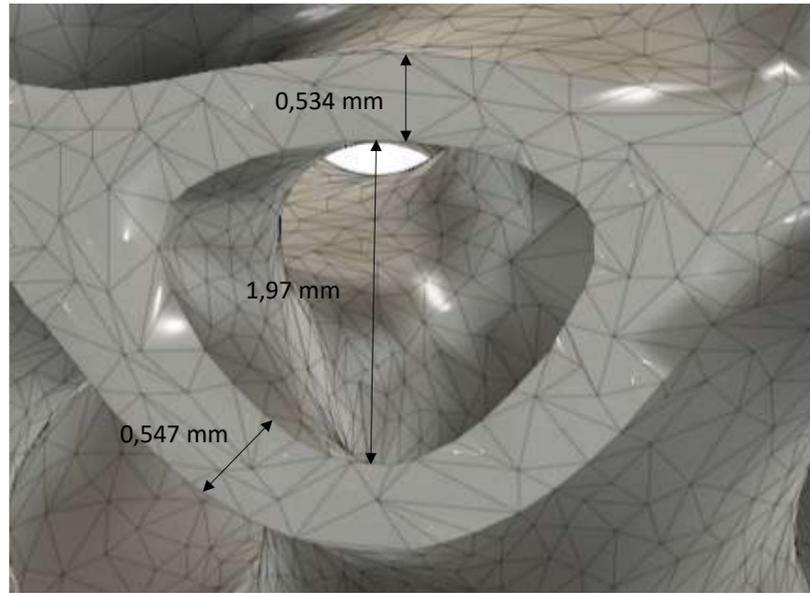
Side



# 6. Résultats SEM

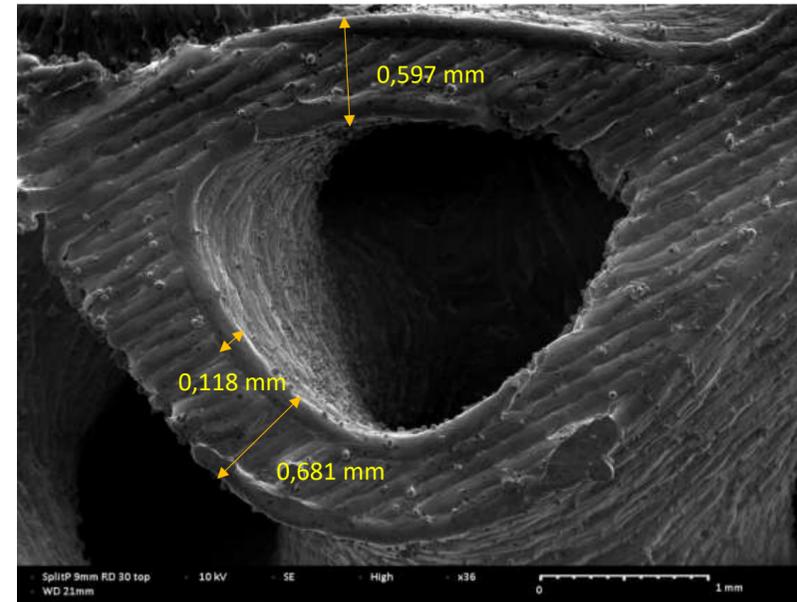
- SplitP 9 mm RD 30

CAO

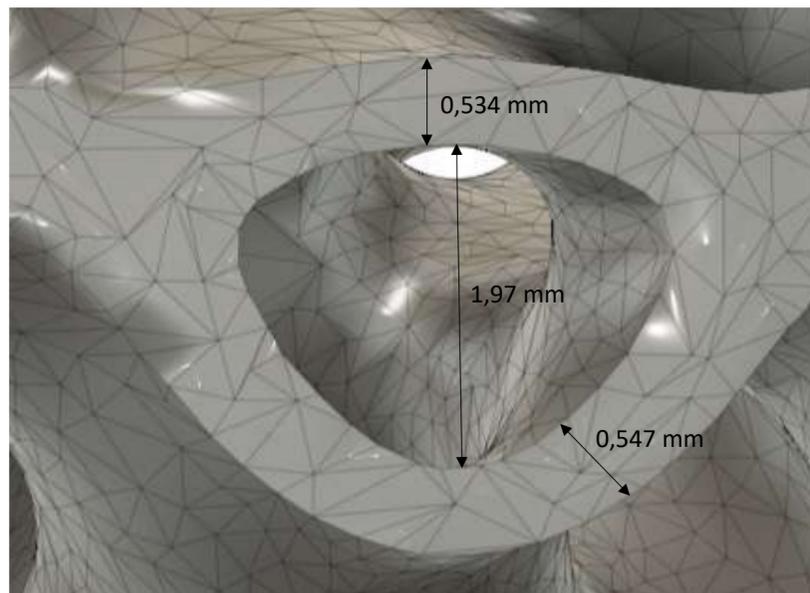
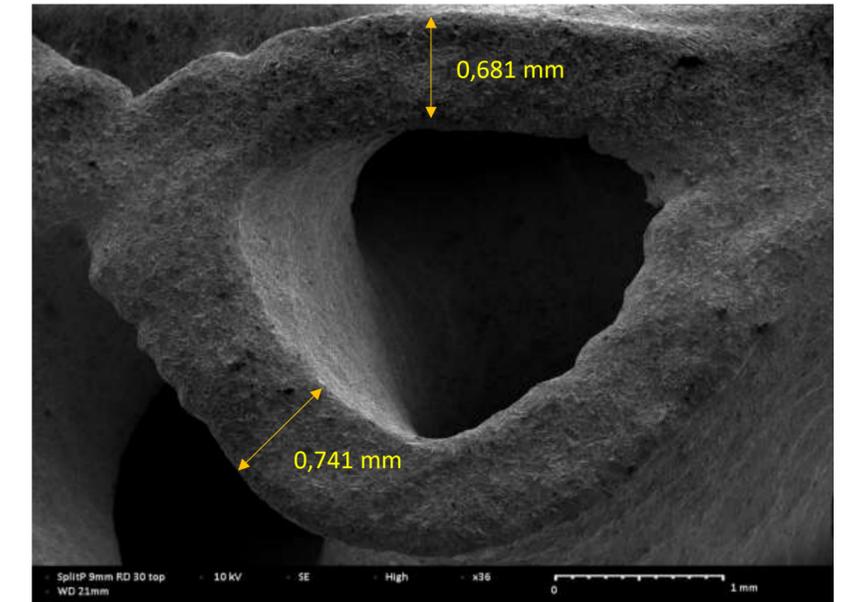


Top

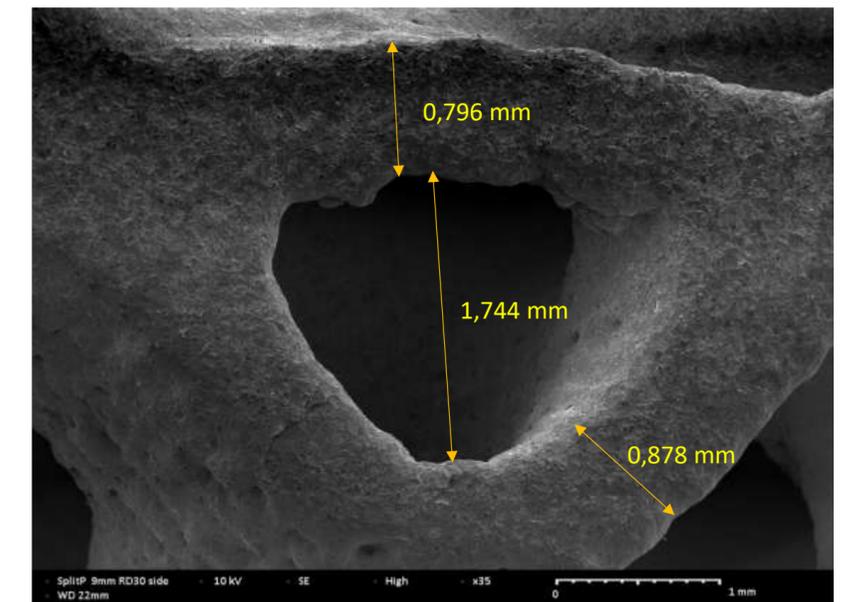
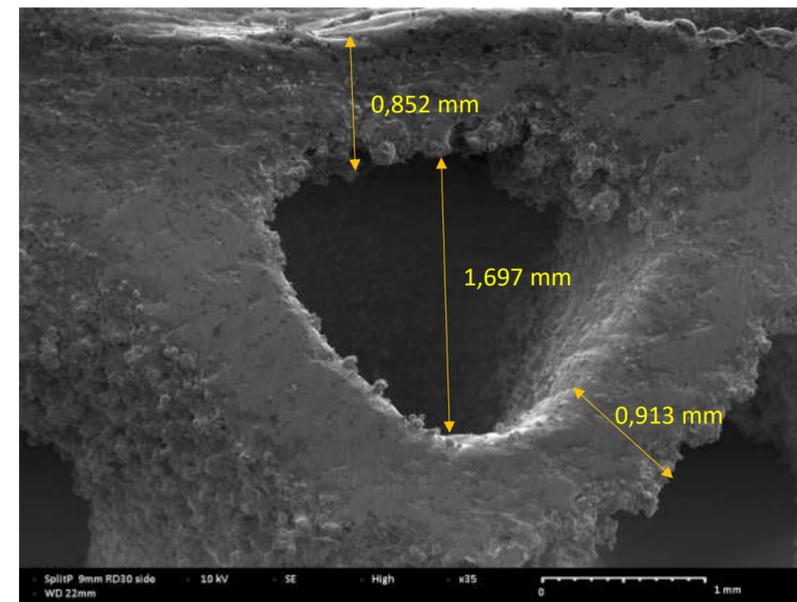
SEM avant sablage



SEM après sablage



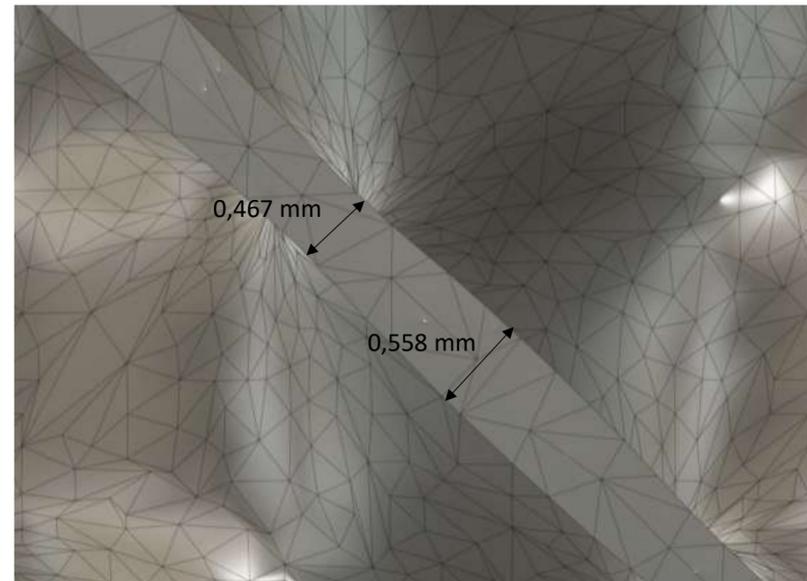
Side



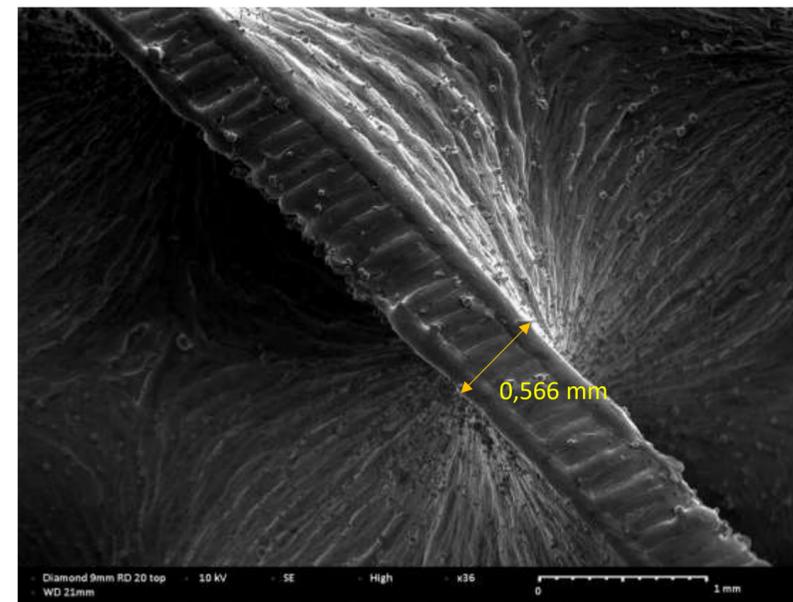
# 6. Résultats SEM

- Diamond 9 mm RD 20

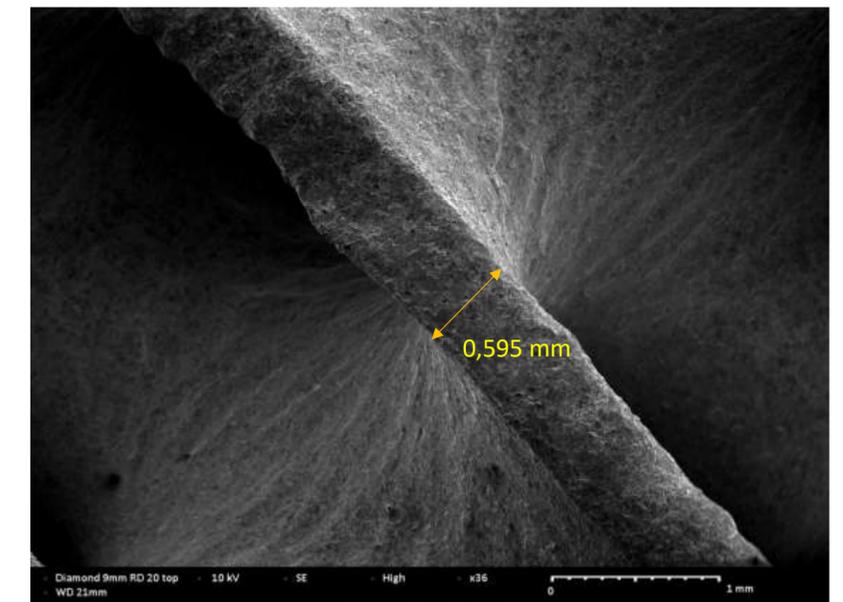
CAO



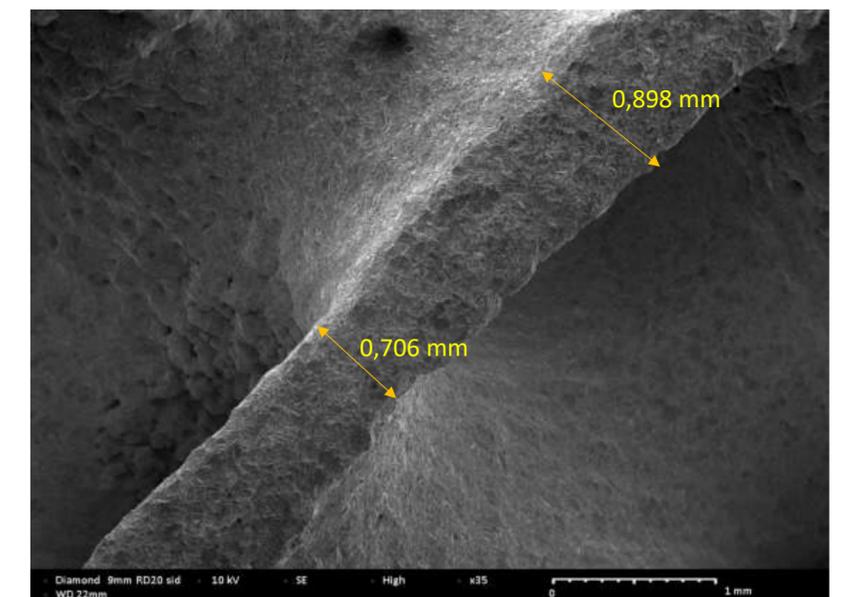
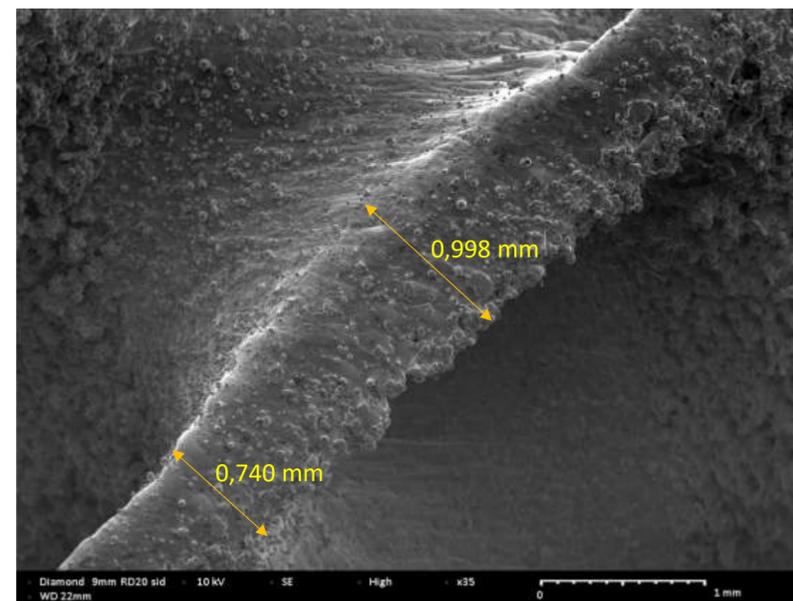
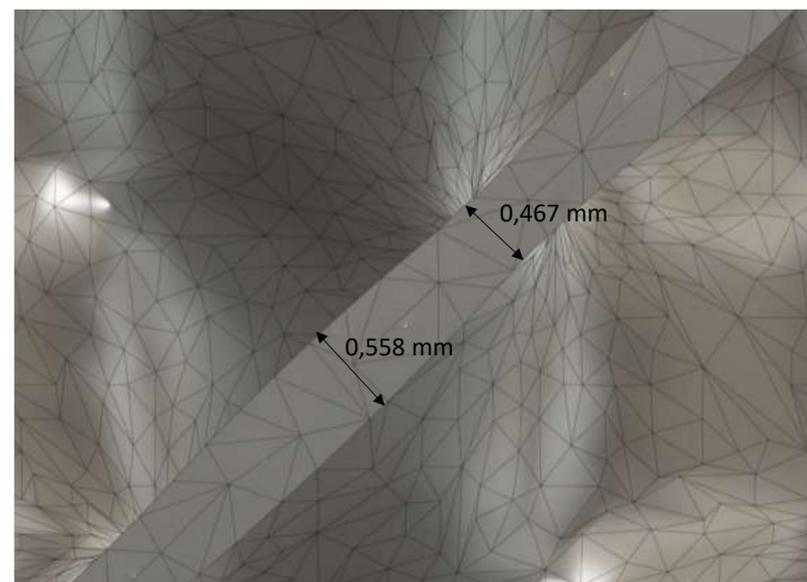
SEM avant sablage



SEM après sablage



Side

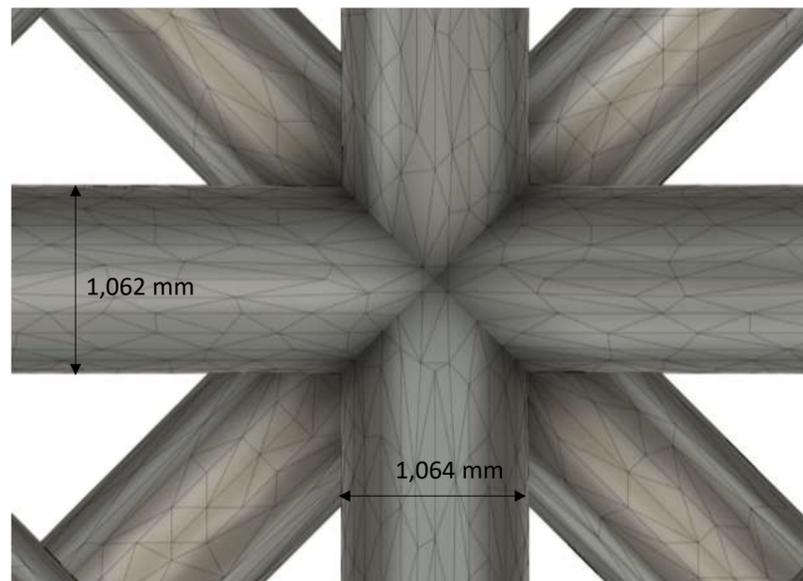
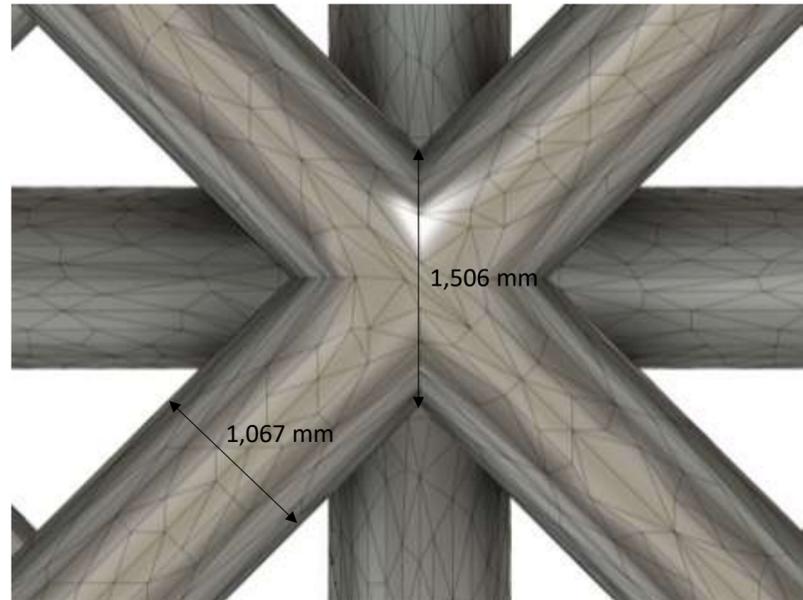


# 6. Résultats SEM

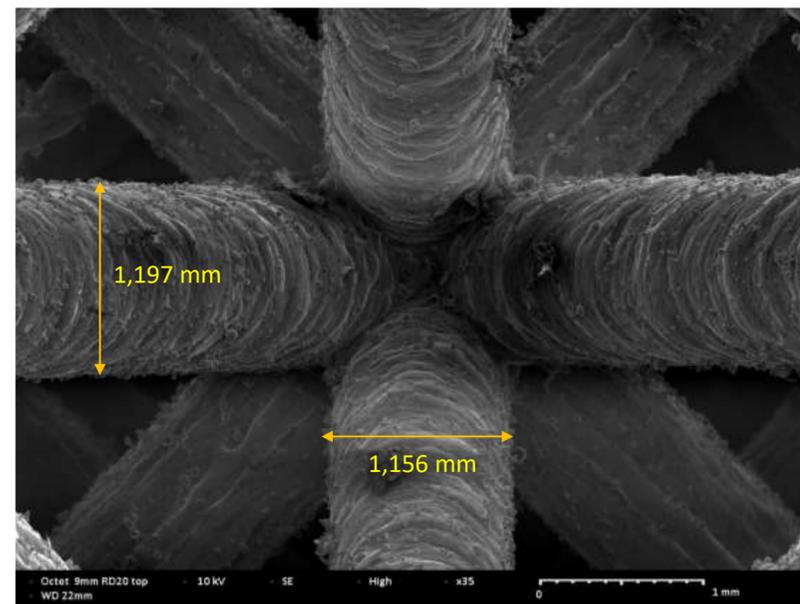
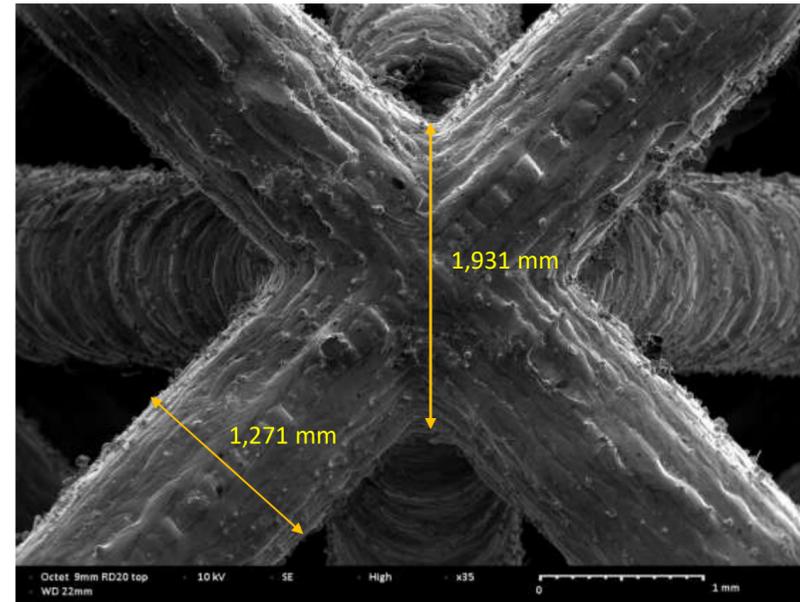
- Octet 9 mm RD 20

CAO

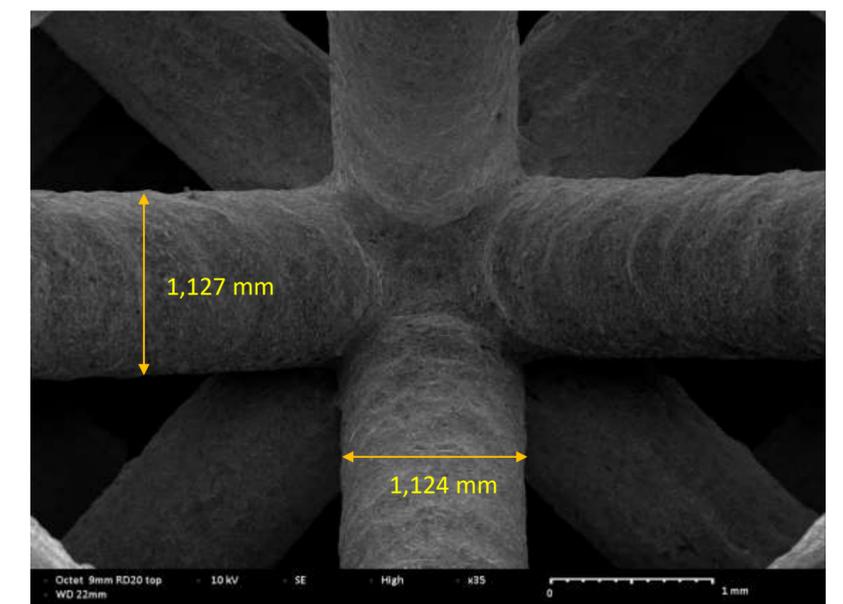
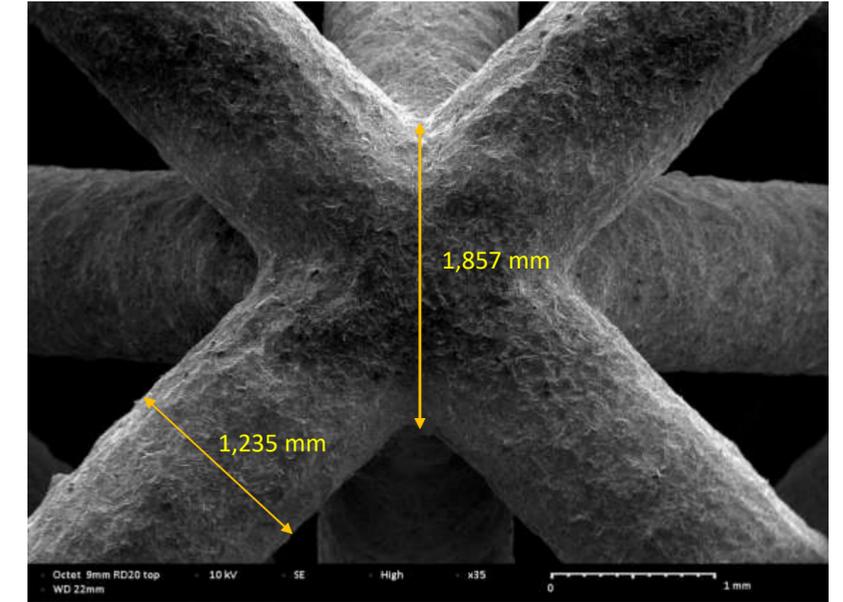
Top



SEM avant sablage



SEM après sablage



## 7. Analyse des résultats des dimensions SEM et l'effet sur la densité relative

Configuration	« c » dans nTop (mm)	Face	« c » STL (mm)	« c » SEM non sablé (mm)	« c » SEM sablé (mm)	Différence (mm)	RD avant sablage	RD après sablage	RD engendrée par SEM
Gyroid 4,5mm RD 30	0,43	Top	0,433	0,523	0,597	0,09	39,08%	38,32%	34,16%
		Side	0,424	0,661	0,631	0,21			42,20%
Diamond 9mm RD 20	0,47	Top	0,467	0,566	0,595	0,10	26,19%	25,64%	24,00%
		Side	0,467	0,74	0,706	0,24			29,46%
Split P 9mm RD 30	0,53	Top	0,534	0,597	0,681	0,10	37,26%	36,30%	35,47%
		Side	0,534	0,852	0,796	0,26			46,19%
Octet 9 mm RD 20	1,07	Top	1,067	1,271	1,235	0,17	24,12%	23,57%	25,99%

**RD** (Relative Density) : Densité relative

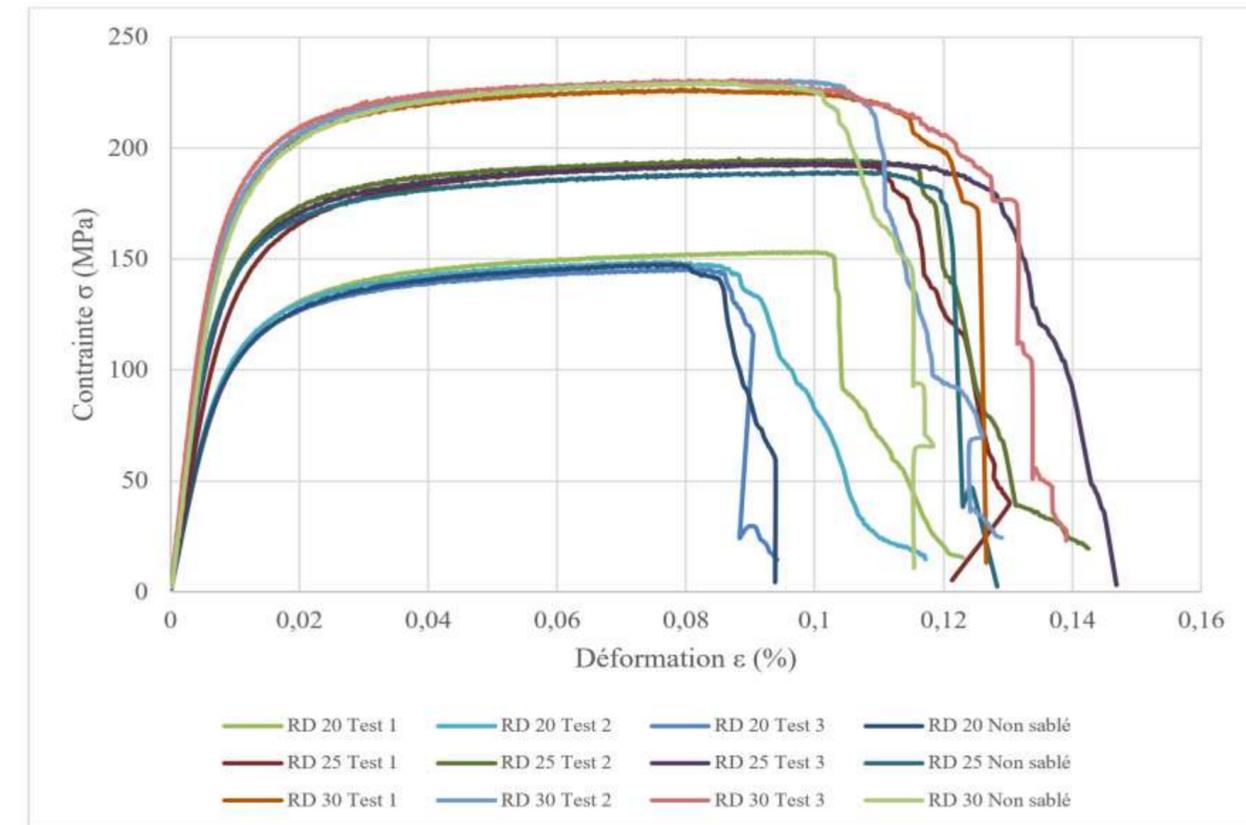
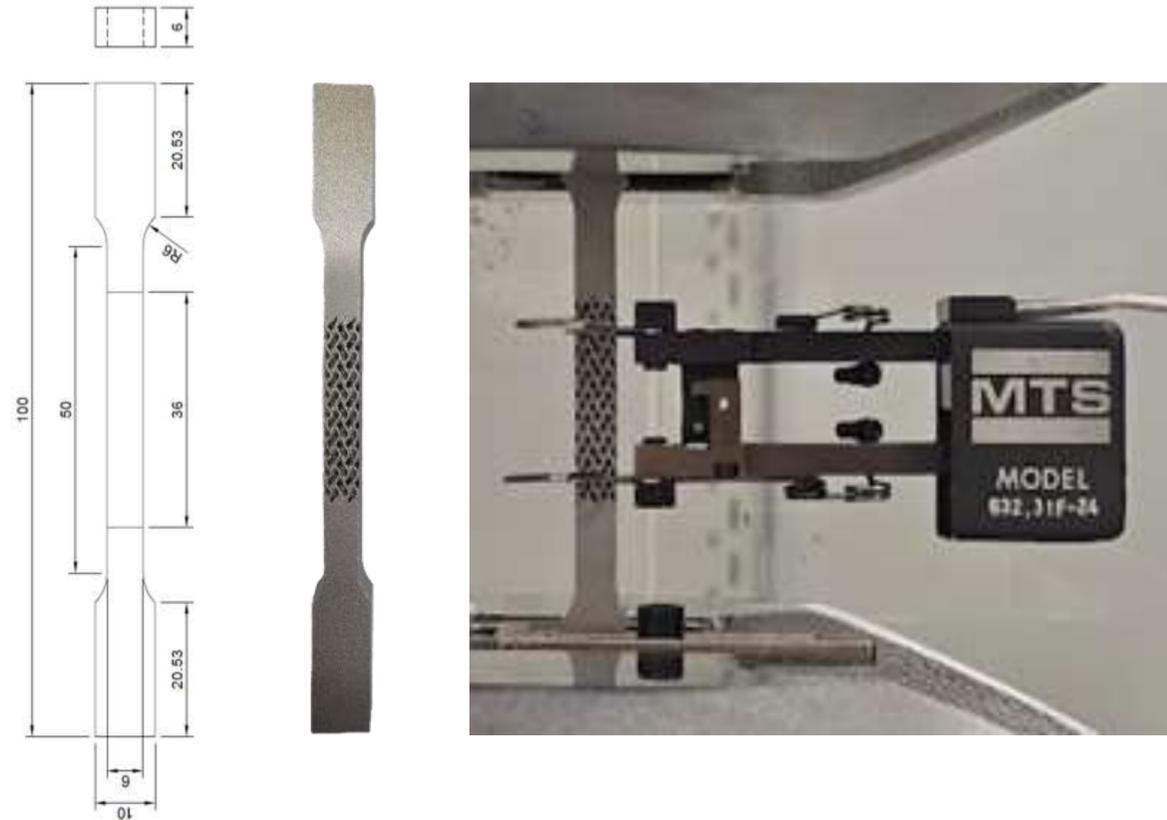
**« c »** : Epaisseur caractéristique

**nTop** : Logiciel de modélisation des structures en treillis

**SEM** (Scanning Electron Microscope) : Microscope électronique à balayage

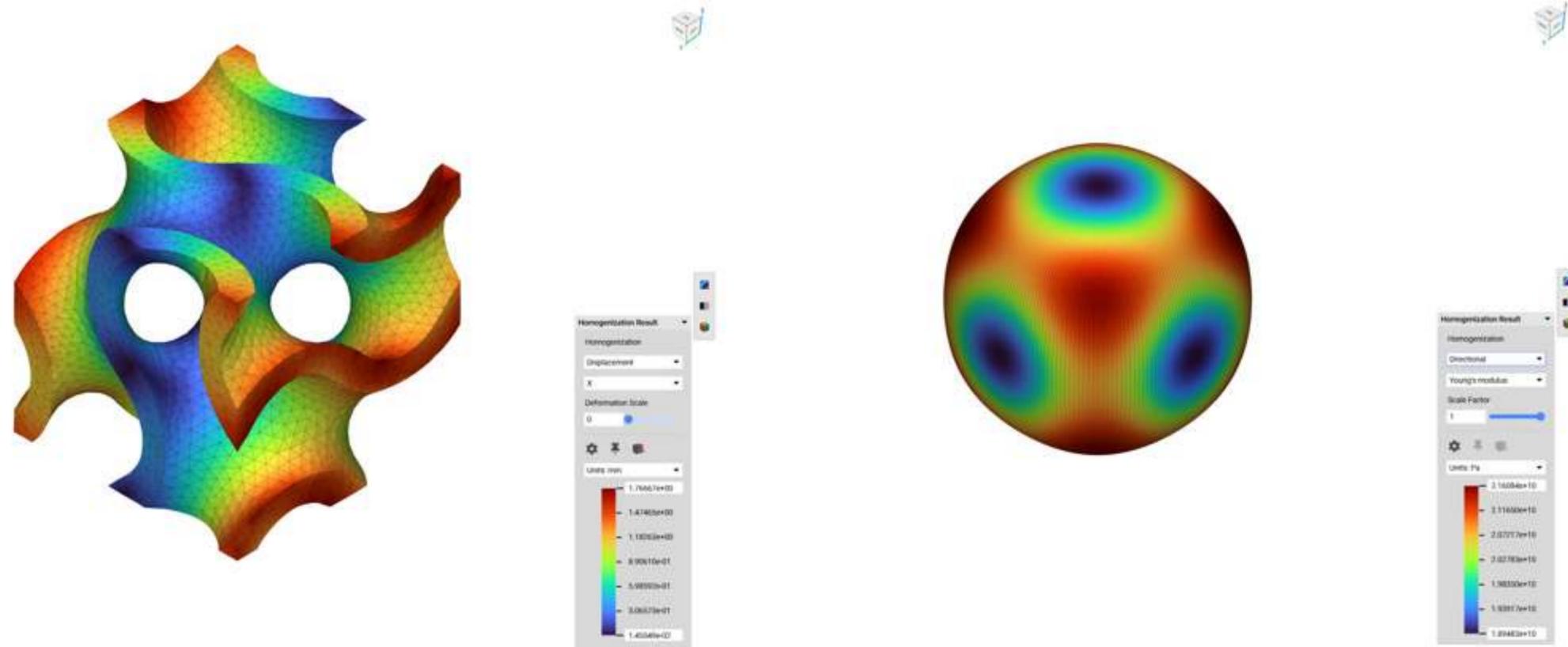
**STL** : Format du modèle CAO pour l'impression 3D

## 8. Résultats mécaniques et homogénéisation



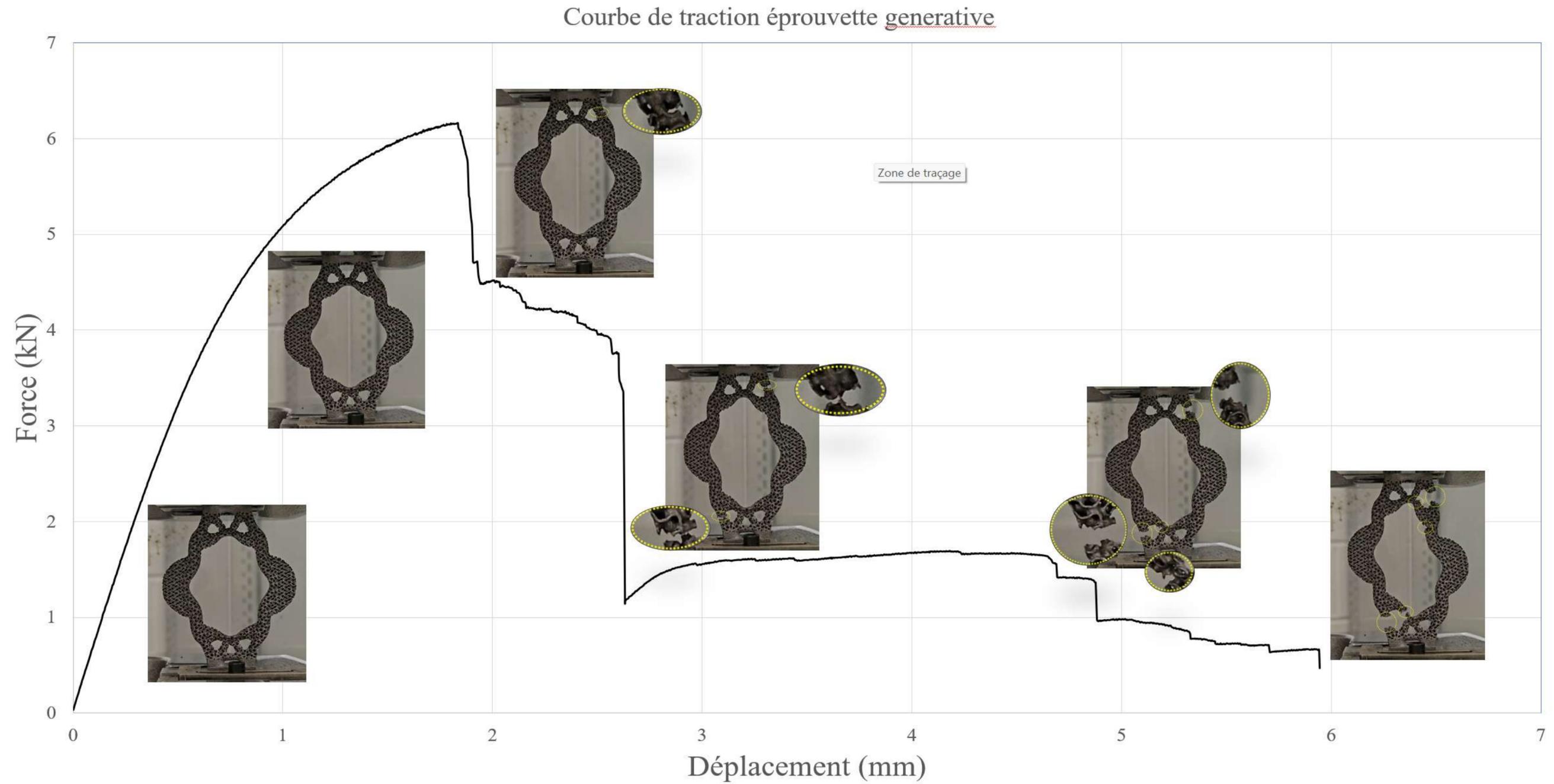
Configuration	$E$ moy (GPa)	$R_u$ moy (MPa)	$R_e$ moy (MPa)
RD 20	14,179	148,804	100,190
RD 25	19,622	192,749	137,696
RD 30	24,821	229,571	160,556

## 8. Résultats mécaniques et homogénéisation

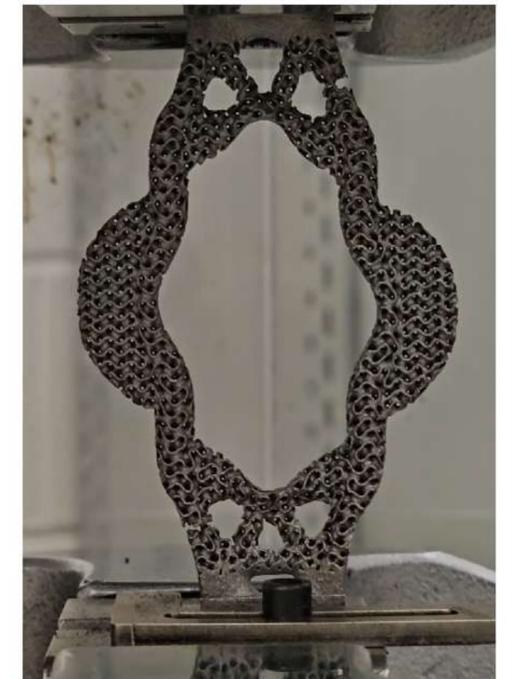
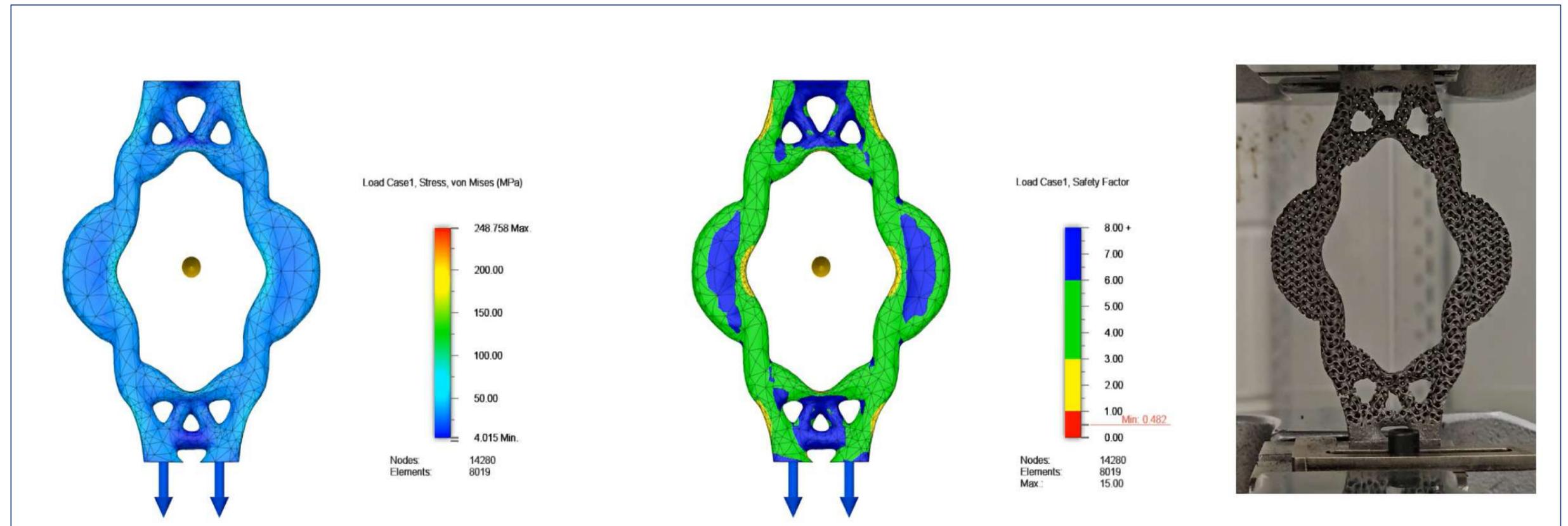


Configuration	Epaisseur caractéristique CAO (mm)	Module d'Young homogénéisation $E^H$ (GPa)	Module de cisaillement homogénéisation $G^H$ (GPa)	Module de poisson homogénéisation $\nu^H$
RD 20	0,2	11,7984	5,1387	0,3148
RD 25	0,25	15,2811	6,7378	0,3109
RD 30	0,3	19,2568	8,5883	0,3059

## 9. Résultats de la validation



## 9. Résultats de la validation



## 9. Conclusion

✓ **Origines des écarts de densité relative :**

- 10% dus à la poudre collée (enlevée par sablage)
- 85% liés aux différences d'épaisseur entre modèle CAO et pièce imprimée  
(compensation possible avec ajustement des dimensions)
- 5% attribué aux défauts d'impression.

✓ **Effet des écarts sur les propriétés mécaniques :**

- Les écarts de densité altèrent les propriétés mécaniques (E,  $R_u$ ,  $R_e$ )
- L'homogénéisation validée par les essais expérimentaux intègre ces effets pour une prédiction fiable.

✓ **Efficacité et applicabilité de notre méthode:**

- Réduction du temps de calcul pour des géométries complexes.
- Possibilité d'optimiser des structures en utilisant le matériau homogénéisé.

□ Cas réel: Optimisation de pinces d'ensacheuse (réduction de plus que 50% de masse) en gardant la résistance souhaitée.

Merci de votre attention