

# Impression 3D métallique de composants innovants pour applications millimétriques

Hiba LAHLIMI ALAMI<sup>1</sup>, Cyril GUINES<sup>1</sup>, Aurélien PERIGAUD<sup>1</sup>, Nicolas DELHOTE<sup>1</sup>, Stéphane BILA<sup>1</sup>, Pedro RYNKIEWICZ<sup>2</sup>

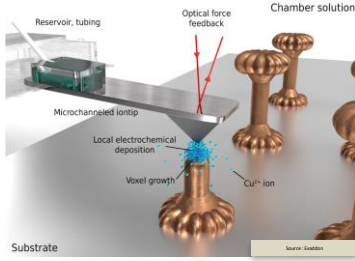
<sup>1</sup> XLIM UMR 7252, Université de Limoges/CNRS, 123 Avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France  
<sup>2</sup> CNES - Centre Spatial de Toulouse, 31401 Toulouse, France  
Hiba.lahlimi-alami@xlim.fr

## Contexte et objectif:

Les systèmes RF évoluent vers des fréquences > 100 GHz, essentielles pour les technologies avancées. Ces fréquences permettent des transferts de données volumineux et améliorent la précision dans divers domaines comme la radiométrie et l'étude de l'atmosphère. Cependant, concevoir des composants adaptés à ces hautes fréquences reste un défi en raison des limitations des technologies actuelles. Ce travail explore l'utilisation de l'impression 3D métallique, via la machine CERES, pour créer des lignes de transmission innovantes capables de fonctionner jusqu'à 600 GHz.

## Système d'impression 3D CERES

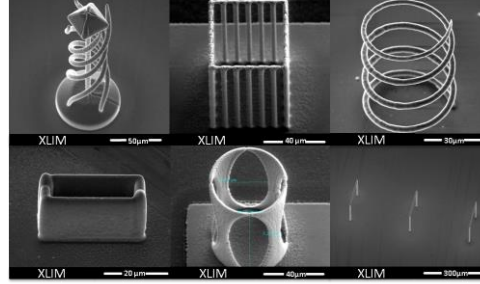
### Principe de fonctionnement :



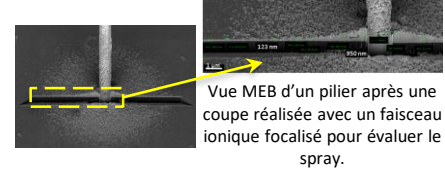
- Formation de **voxels** (blocs élémentaires métalliques) par **dépôt électrochimique**.
- Différence de **potentiel** nécessaire entre le substrat et la pointe d'impression.
- Fin d'impression du voxel détecté par la **mesure de déflexion** de la pointe.

### Spécifications et retour d'expérience :

✓ Résolution et précision micrométrique :

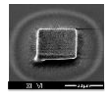


× Effet « Spray » :

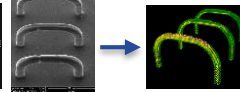


Vue MEB d'un pilier après une coupe réalisée avec un faisceau ionique focalisé pour évaluer le spray.

✓ Cartographie de surface :



✓ Identification de l'état des voxels :

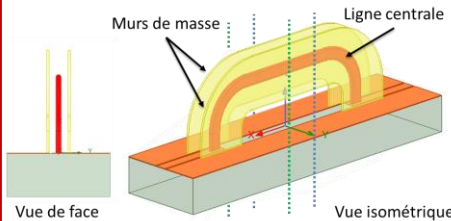


- ✓ Micro-impression métallique (Cu, Au..)
  - ✓ Impression directe sur substrat pré-métallisé, sans support.
  - × Zone d'impression limitée (8-16 mm)
  - × Volume imprimable limité (10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>)
- Dimensions des voxels imprimables:  
Diamètre de 1 µm - 10 µm  
Hauteur de 250 nm - 4 µm

## Conception de la stripline suspendue:

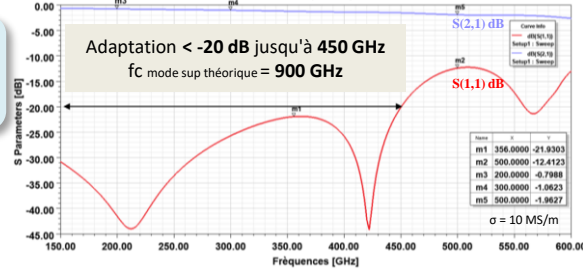
**Objectifs:** faibles pertes, large bande, fonctionnement à partir de 100 GHz - Fréquence maximum ?

- **Contrainte :** Mesure sous pointe.
- **Sortie attendue :** positionnement par rapport : waveguide, structure planaire multicouche.

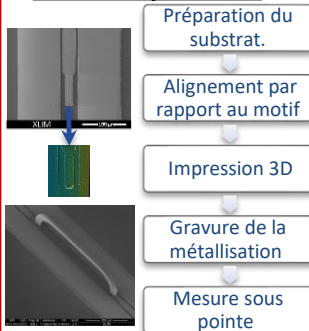


Ligne suspendue → Pertes liées aux caractéristiques du matériau :  
Conductivité / Rugosité / paramètres de fabrication

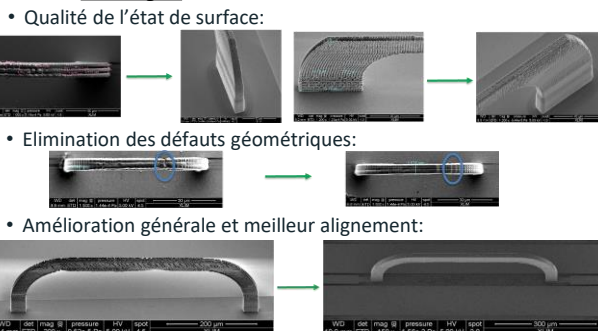
Conductivité (MS/m)	Atténuation à 300 GHz (dB/mm)
5	0,75
13	0,54
26	0,38



### Procédure de fabrication :



### Challenges:



Surface plus lisse MAIS plus de consommation de l'enceinte ionique



→ Fabrication de la ligne complète ( en cours )

### Conclusions:

- Confirmation de la précision de fabrication et de positionnement à ±1µm.
- Application de la technologie à THF.
- Composant passifs : structures 3D suspendue compliquée à faire avec d'autres technologies à cette échelle.
- Phase d'optimisation : rugosité/temps d'impression.

## Perspectives :

- Obtention d'un prototype fonctionnel
- Positionnement par rapport à d'autres structures guidantes ( atténuation, adaptation, fréquence max )
- Amélioration des performances de cet objet.
- Conception et fabrication d'autres composants HF ( filtres, autres guides... ) en utilisant cette technologie.

## Références :

- [1] : <https://www.exaddon.com/>
- [2] : WHITE PAPER: EXADDON CERES – “Mapping of Surface Topography Using µAM”. EXADDON AG, SÄGEREISTRASSE 25, 8152 GLATTBRUGG, SWITZERLAND