

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2025-36**  
 (à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DTIS/MACI

Tél. : 0562252672

Responsable(s) du stage : Vincent Mouysset,  
 Guillaume Gourves

Email : [Vincent.mouysset@onera.fr](mailto:Vincent.mouysset@onera.fr),  
[Guillaume.gourves@onera.fr](mailto:Guillaume.gourves@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

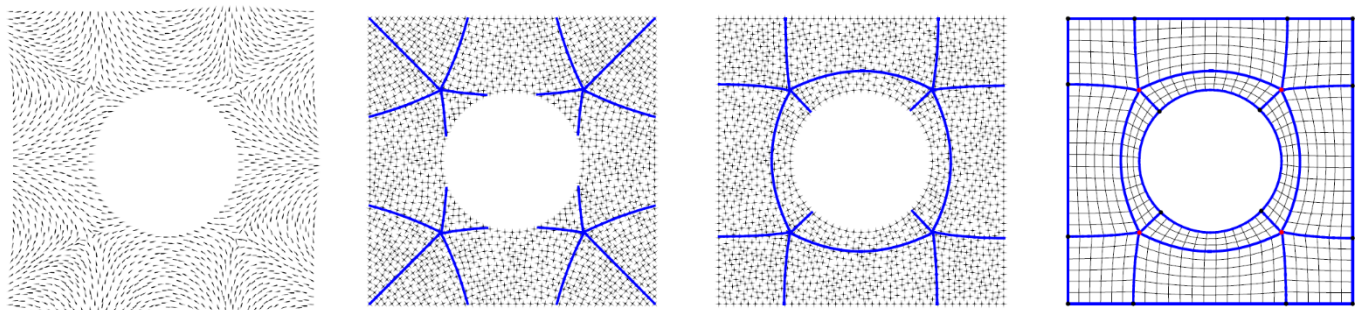
Thématique(s) : Mathématiques appliquées et leurs interactions, calcul scientifique

Type de stage :  Fin d'études bac+5  Master 2  Bac+2 à bac+4  Autres

**Intitulé : Méthode de sous-maillage en hexagones pour la fabrication par impression 3D**

Sujet : Les méthodes d'impression 3D sont extrêmement utilisées pour la réalisation de pièces qui peuvent servir de support à des structures ou de pièces à assembler entre elles. Dans un souci d'économie de matière et/ou de maîtrise du poids, elles sont généralement creuses. Toutefois, un profil complètement évidé ne serait pas suffisamment résistant donc l'intérieur est habituellement rempli par une structure dite « en nid d'abeilles », c'est-à-dire un maillage régulier constitué d'hexagones. Les arêtes de ces hexagones correspondent au chemin de dépôt de l'imprimante 3D. D'un point de vue pratique, cette étape de remplissage en « nid d'abeilles » est obtenue par intersection de la CAO (contours de la pièce) avec une trame uniforme. Les zones tronquées par cette intersection sont remplies avec de la matière. Ce processus n'est malheureusement pas optimal que ce soit du point de vue de la matière utilisée, du poids de la pièce ou encore de la teneur aux efforts à appliquer.

Dans ce stage, nous souhaitons proposer une nouvelle méthode de génération des « nids d'abeilles » adaptée à la pièce. Pour ce faire, nous reprendrons les travaux réalisés dans une thèse récente (DOTSE, 2024) dont l'objectif était la génération de maillages en quadrilatères de géométries données. Le principe de base, illustré sur la Figure 1, se décompose en 4 étapes principales : l'analyse du domaine de calcul (la géométrie initiale maillée en triangles), la génération d'un champ initial (dit « champ de croix ») servant de support au découpage, la modification de ce champ de sorte à vérifier les contraintes nécessaires à l'obtention d'un partitionnement du domaine par intégration de lignes de champs, et enfin la génération du maillage final par découpage des partitions en cellules quadrilatérales bloc-structurées. Dans la thèse nous avons démontré la convergence du processus et décrit les algorithmes permettant sa mise en œuvre.



(a) Starting field

(b) Cross field

(c) Field of rectified

(d) Mesh quad

crosses

Figure 1 Principe de la méthode de maillage en quadrilatères (DOTSE, 2024)

A l'instar d'autres travaux utilisant des méthodes de génération de maillages en quadrilatères pour la génération de structures (voir par exemple (MA, YAO, *et al.*, 2022)), nous souhaitons modifier cette méthode de maillage en quadrilatères pour la création de structures en hexagones. Pour ce faire, le travail demandé dans ce stage se focalisera sur l'adaptation de la dernière étape de la méthode. Nous supposons donné un sous-domaine à 6 côtés, représentant une partition issue de la méthode, et nous essaierons de mettre

en place une stratégie efficace de sous-maillage bloc-structuré en hexagones de cette zone. Dans le cas de régions à 4 côtés, ce découpage est obtenu par la recherche des intersections de lignes iso-valeurs des solutions de deux problèmes de Poisson avec conditions aux limites spécifiques résolus par éléments finis. Dans un premier temps, nous pourrions essayer d'adapter cette méthode au cas de domaines à 6 côtés. Par la suite, nous nous intéresserons plus précisément aux contraintes liées à l'impression 3D de ces structures, à savoir en particulier la prévision du parcours des têtes lors du dépôt de matière qui nécessite une forme particulière d'éléments. Enfin, nous pourrions étudier comment modifier cette construction en étudiant la structure d'un point de vue mécanique en introduisant les paramètres de résistance des matériaux déposés et la notion d'efforts potentiellement appliqués sur les bords de la structure. Cela pourra se faire via une reformulation utilisant des systèmes d'élasticité linéaire.

Ce stage aura lieu dans le cadre du Laboratoire de Mathématiques Appliquées à l'Aéronautique et au Spatial (LMA2S) de l'Onera.

### Références

DOTSE, K. M. **Création de maillages quadrilatéraux bloc structurés à partir de champ de croix prescrit et respectant les caractéristiques physiques d'une scène de calcul.** Doctorat de l'ISAE. Toulouse. 2024.

MA, L. et al. Constructing self-supporting surfaces with planar quadrilateral elements. **Computational Visual Media**, v. 8, n. 4, p. 571-583, 2022.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ?    Non

#### **Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

**Durée du stage :**                      Minimum : 5 mois                      Maximum : 6 mois

Période souhaitée : début courant premier semestre 2025

### **PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis : Mathématiques Appliquées, Calcul Scientifique, Simulation Numérique	Ecoles ou établissements souhaités : M2 Université ou école d'ingénieurs
---	---