

Edition, Visualisation et Interaction 3D de maillages hexaédriques structurés par blocs

Mots-clés : maillages hexaédriques structurés par blocs, visualisation scientifique, interaction 3D, géométrie algorithmique

Résumé :

La génération de maillages hexaédriques structurés par blocs [1] constitue aujourd'hui une problématique industrielle majeure. En effet, malgré de nombreux travaux de recherche, il n'existe toujours pas d'algorithme généraliste capable de produire automatiquement ce type de maillages, très prisés dans des applications telles que la mécanique des structures, la simulation numérique, ou encore la modélisation multi-physique. Les maillages hexaédriques offrent des propriétés numériques particulièrement avantageuses (meilleure précision, meilleure qualité des éléments, contrôle facilité de l'organisation du maillage), mais nécessitent une construction géométrique complexe, souvent réalisée manuellement.

Le logiciel libre de modélisation et de maillage Magix3D¹, développé par le CEA, propose une approche structurée par blocs pour générer de tels maillages. Il met à disposition de nombreux outils permettant de consulter, manipuler, transformer et organiser des structures de blocs 3D servant ensuite de base à la création du maillage hexaédrique. Toutefois, malgré la richesse des fonctionnalités, l'utilisation du logiciel reste limitée par une difficulté majeure : la manipulation intuitive de structures intrinsèquement tridimensionnelles, dont la complexité visuelle et topologique dépasse largement les capacités d'interfaces 2D classiques.

Ainsi, une part essentielle du problème réside dans l'absence d'outils de visualisation [2] [3], interaction et édition véritablement adaptés à la manipulation de structures de blocs en 3D. Les utilisateurs doivent souvent jongler entre différentes vues, représentations ou menus, ce qui entraîne une perte de fluidité, une augmentation du temps de conception et un risque accru d'erreurs de modélisation. Le développement de nouvelles interfaces et de nouveaux paradigmes d'interaction constitue donc un enjeu clé pour rendre l'outil plus efficace, ergonomique et accessible.

Objectifs : Dans ce contexte, le stage s'articulera en plusieurs étapes :

1. Étude approfondie de Magix3D et de son écosystème
 - Analyse des capacités actuelles du logiciel (visualisation, manipulation, édition).
 - Identification des limites et des points de friction rencontrés par les utilisateurs.
 - Compréhension des enjeux techniques liés aux structures de blocs et à leur topologie.
2. Exploration de solutions pour améliorer la visualisation et l'édition 3D
 - Proposition de nouvelles approches de représentation des blocs (visualisations hiérarchiques, vues éclatées, transparence intelligente, annotations 3D...).
 - Réflexions sur les interactions possibles : sélection intuitive, manipulation directe, contrôles 3D enrichis, outils d'aide à la construction, etc.

¹ <https://github.com/LIHPC-Computational-Geometry/magix3d>



- Éventuellement, exploration de techniques d'interaction avancées (manettes 3D, réalité virtuelle, interfaces hybrides), selon les compétences et l'intérêt du stagiaire.

3. Conception et réalisation d'un prototype

- Mise en œuvre d'un prototype logiciel intégrant certaines des pistes d'amélioration identifiées.
- Validation sur des exemples représentatifs issus de cas réels ou industriels.
- Évaluation de l'apport du prototype en termes d'ergonomie, d'efficacité et de qualité de modélisation.

Ce stage permettra, au ou à la stagiaire, d'aborder des problématiques mêlant géométrie algorithmique, interaction 3D, ergonomie logicielle et visualisation scientifique, au sein d'un environnement de recherche et développement appliqué.

Compétences requises : De niveau Master2 ou dernière année d'école d'ingénieur en informatique ou mathématiques appliquées, nous recherchons un(e) candidat(e) curieux(se) avec une appétence pour l'interdisciplinarité et la recherche. Le ou la candidate devra avoir une forte expérience en C/C++ et en conception objet. Une bonne maîtrise de OpenGL, Cuda est aussi attendue. Une connaissance de docker et des bibliothèques Qt ou imgui, ainsi que de VTK sera un plus, tout comme une bonne maîtrise de l'anglais technique.

Durée et dates du stage : D'une durée de 6 mois, le stage doit pouvoir démarrer début mars mais il est possible d'adapter la période selon les contraintes du candidat retenu.

Lieu : LICIS – Université de Reims Champagne-Ardenne : IUT de Reims et UFR SEN

Contacts : Si vous êtes intéressé, veuillez envoyer votre CV, une lettre de motivation, vos relevés de notes et tout autre document qui pourrait appuyer votre candidature (lettres de recommandation, ...) à : centre.image@univ-reims.fr

Références :

- [1] Algorithms for quadrilateral and hexahedral mesh generation, Robert Schneiders, In book: Proceedings of the VKI Lecture Series on Computational Fluid Dynamics, 2000-4, 2000
- [2] State of in Large-Scale Volume Visualization Beyond Structured Data, J. Sarton, S. Zellmann, S. Demirci, U. Güdükbay, W. Alexandre-Barff, L. Lucas, J. M. Dischler, S. Wesner, I. Wald, Computer Graphics Forum, 2023, <https://doi.org/10.1111/cgf.14857>
- [3] A Visualization System for Hexahedral Mesh Quality Study, L. Si and G. Chen, 2023 *IEEE Visualization and Visual Analytics (VIS)*, Melbourne, Australia, 2023, pp. 86-90, doi: 10.1109/VIS54172.2023.00026.

