

# Usinage simulé par voxels

Léon METTHEZ

Travail de bachelor 2025

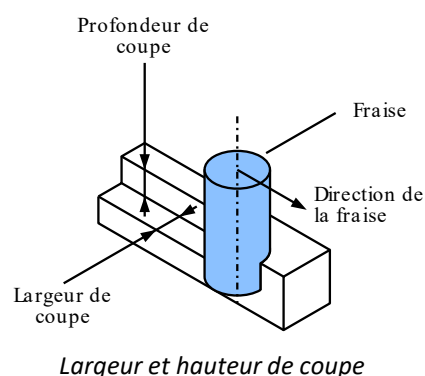
Informatique et systèmes de communication – Ingénierie des données

Professeur : Damien CHAPPATTE

Expert : Olivier WISER

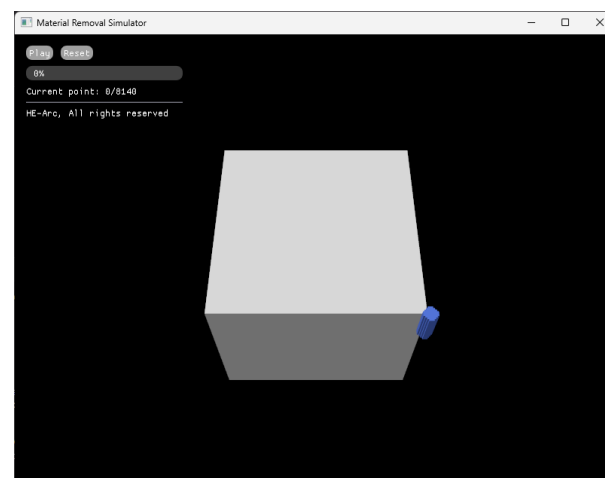
## Description

Dans le cadre du projet PROCECO utilisé notamment dans le projet MiLL, une approche de simulation par voxels est développée pour évaluer les efforts de coupe en fraisage. L'objectif est de mesurer la largeur et profondeur de coupe tout au long du processus d'usinage à partir de trajectoires d'outil échantillonnées à 2kHz, afin d'estimer les efforts mécaniques et optimiser l'usinage. Le programme utilise une modélisation par Sparse Voxel Octree (SVO) pour réduire l'usage mémoire et le temps de calcul tout en conservant une précision suffisante.

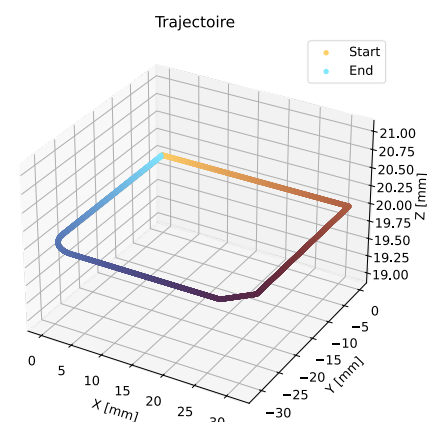


## Résultats

Le programme répond aux exigences avec une gestion mémoire optimisée (<2Go vs ancienne version). La complexité algorithmique passe de  $O(8^n)$  à  $O(4^n)$ . Avec 11 niveaux d'octree, la simulation prend 20 minutes (vs 1h39 pour 12 niveaux). L'erreur maximale en zones rectilignes est de 0.0045mm, cohérente avec la résolution théorique.



Programme avec la vue 3D



Trajectoire utilisée par le programme

## Déroulement

- Analyse de l'état de l'art et du programme existant
- Mise en place du système de visualisation 3D avec Vulkan
- Implémentation de la structure SVO avec opérations de subdivision/fusion
- Développement des utilitaires d'import STEP et CSV
- Intégration de l'enlèvement de matière et calcul des paramètres de coupe
- Tests de performance et validation des résultats
- Mise en place d'un pipeline CI/CD multiplateforme
- Analyse comparative avec les valeurs théoriques

## Discussion : conclusions et perspectives

L'amélioration significative de la complexité algorithmique de  $O(8^n)$  à  $O(4^n)$  permet d'explorer des résolutions plus fines malgré un temps d'exécution supérieur au prévu. Les résultats montrent une précision satisfaisante en zones rectilignes. Les paramètres de sortie actuels (largeur/profondeur) pourraient être repensés au profit d'indicateurs plus efficaces comme le volume de matière enlevée.