



Anita Klein

# Soutenance de stage

26 aout 2022

# Plan

- Introduction
- Etat de l'art
- Prérequis
- La méthode de découpe
- Contributions
- Conclusion

# Introduction

1. Présentation de l'équipe
2. Objectifs du stage

# Presentation de l'équipe

- Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie
- Sous l'égide du CNRS, de l'université de Strasbourg, de l'ENGES et de l'INSA de Strasbourg
- Domaine des sciences de l'ingénieur et de l'informatique avec l'imagerie comme thème fédérateur
- Equipe MLMS créée en 2021
- Encadré par Hadrien Courtecuisse et Ziqiu Zeng



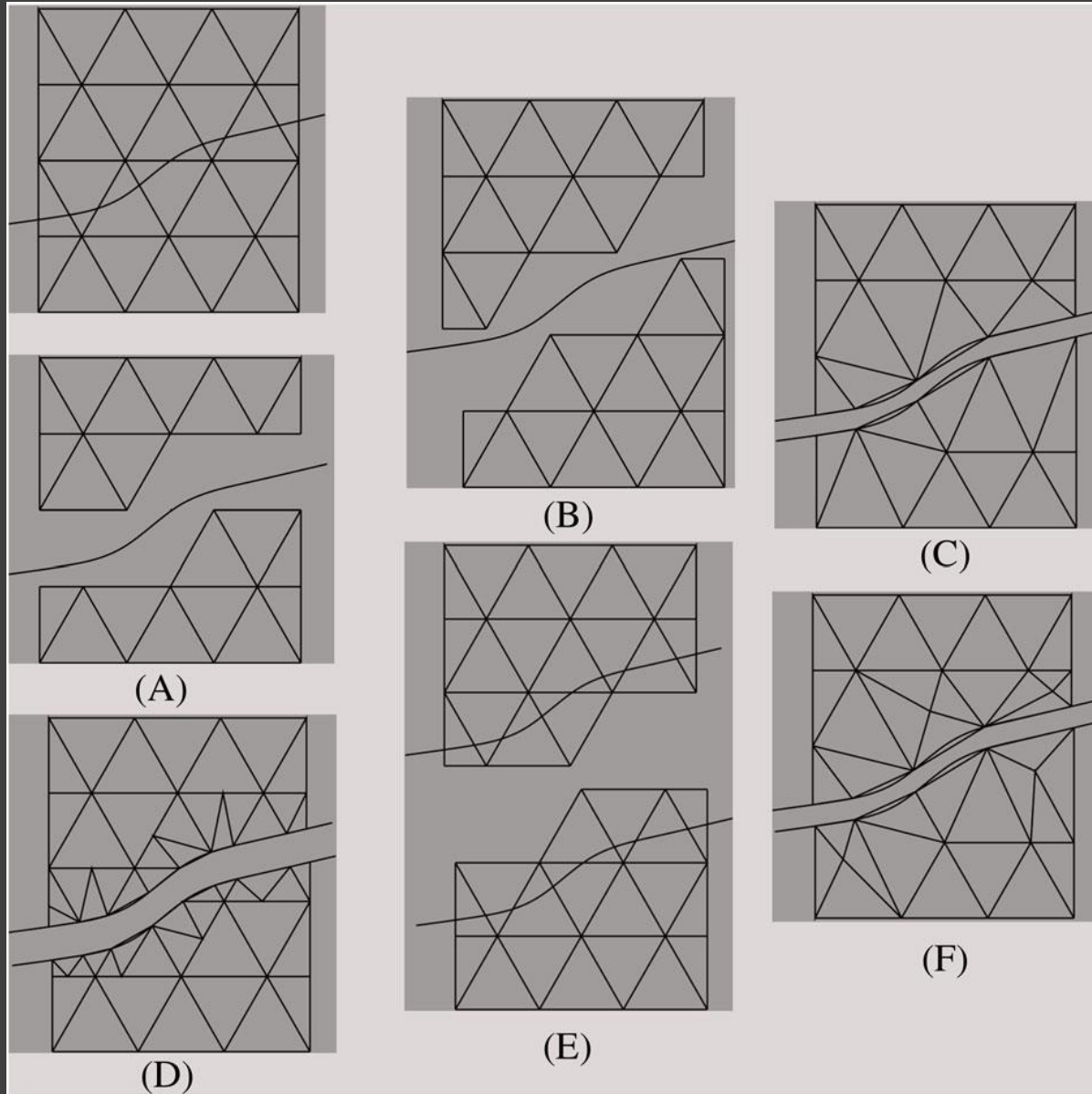
# Objectifs

- La simulation numérique est une représentation de phénomènes physiques complexes
  - Enjeu majeur en santé
  - Cela permet de reproduire des situations dans un but d'enseignement ou encore d'entraînement
  - Les simulations de découpe sont très utiles, notamment en chirurgie
  - Les temps de calculs ont une grande importance pour les simulations en temps réel
- Mettre à jour un code de simulation de découpe
  - Participer au développement d'une nouvelle méthode
  - Y optimiser les temps de calcul

# Etat de l'art

# Etat de l'art

- Méthodes basées sur un maillage
- Méthodes sans maillage mais avec des points
- Méthodes hybrides qui allient les 2



# Méthodes de découpe basées sur maillage



# Utilité d'une nouvelle méthode

- Suppression\duplication d'éléments → changement de volume
- Remaillage :
  - peut conduire à des instabilités
  - création de nouveaux points ce qui nécessite beaucoup de mémoire
  - la taille des matrices évoluent
- Création de surfaces irrégulières
- Effet visuel insatisfaisant

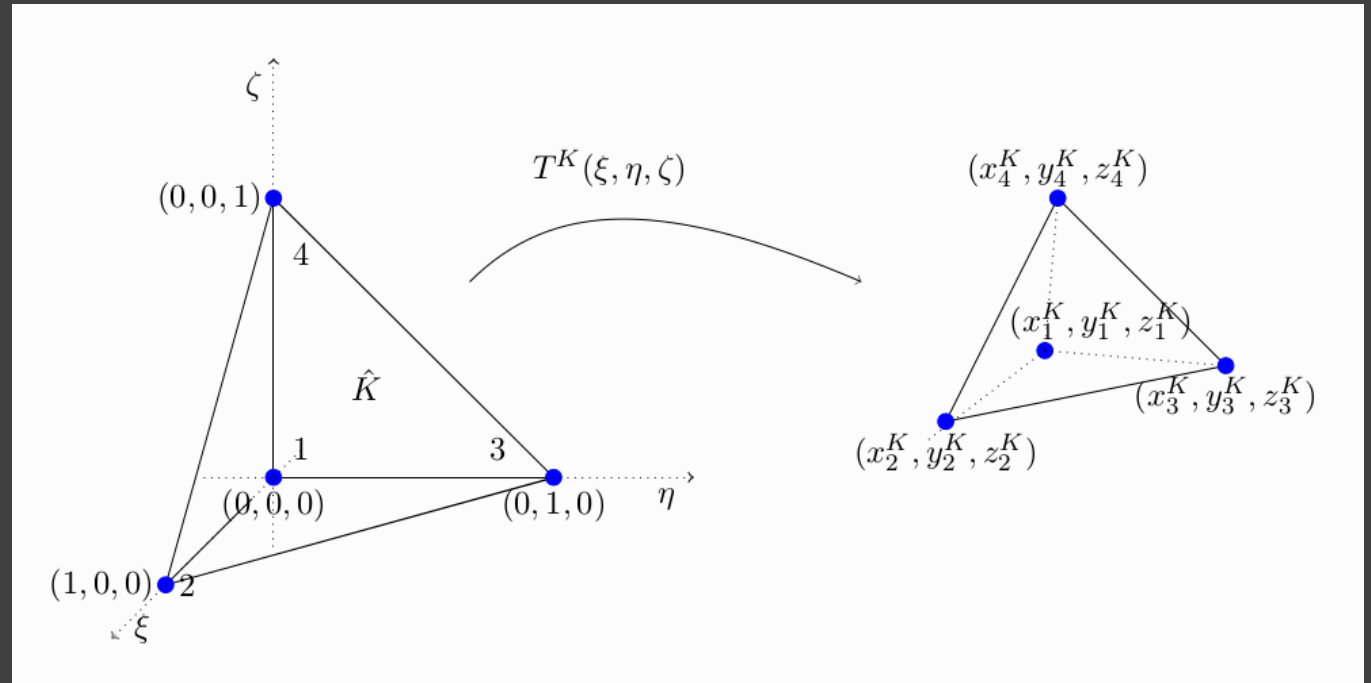
# Prérequis

# Sofa

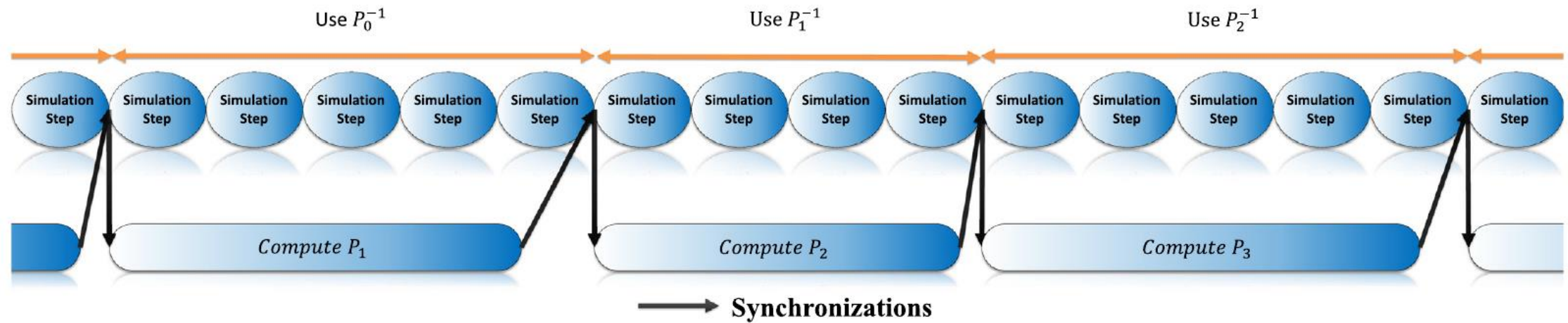


- Sofa framework
- Simulation physique en temps réel
- En particulier simulation medical
- Open-source
- Flexible et modulaire
- Peut facilement activer/désactiver des fonctionnalités
- Plugins

# Méthode éléments finis

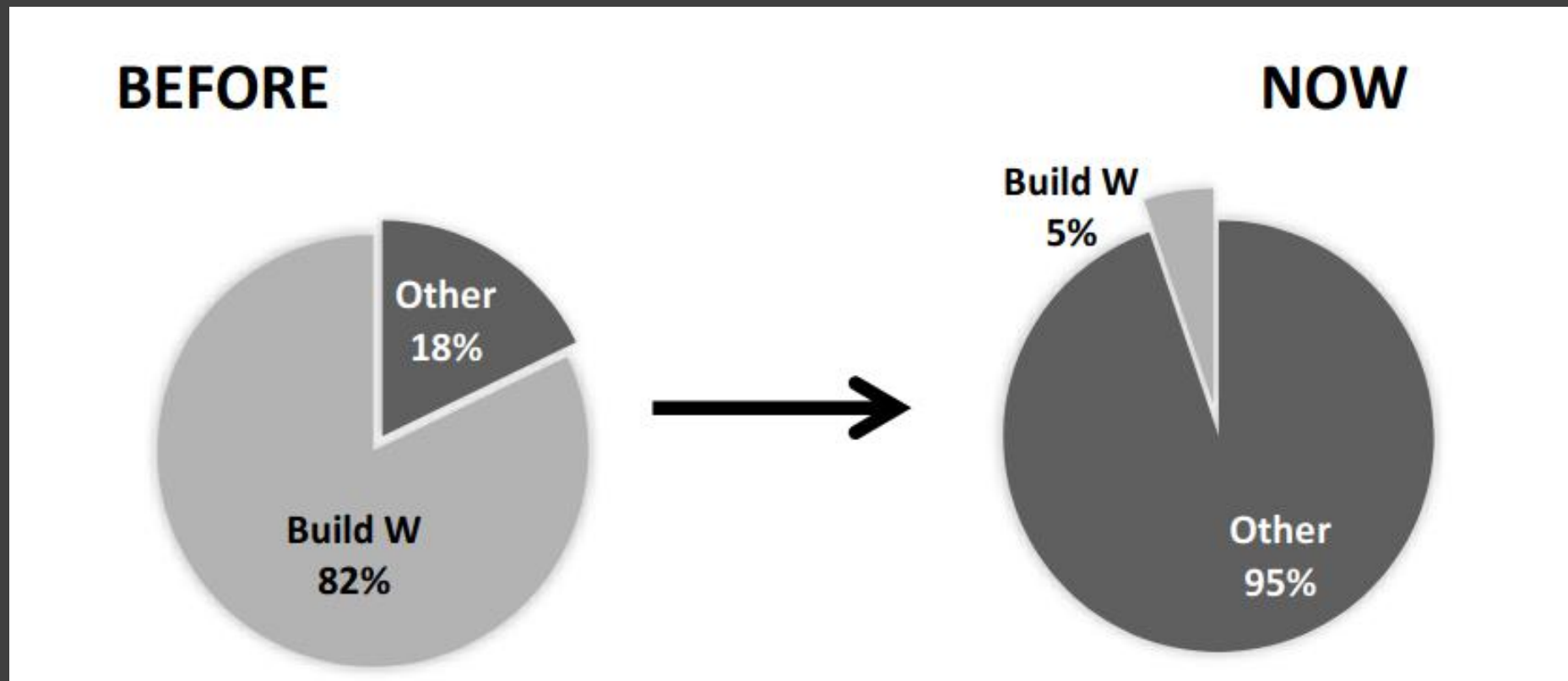


# Préconditionneur asynchrone



# Real-time FE simulation for large-scale problems using precondition-based contact resolution and isolated DOFs constraint

Z. Zeng, S. Cotin and H. Courtecuisse



# Nouvelle méthode de découpe

- Génération d'un nuage de points
- Génération d'une surface de découpe
- Trouver une surface fermée dans le maillage
- Décaler les points
- Mise à jour des matrices de raideur
- Dupliquer les points

# Génération d'un nuage de points

- Résultat de la collision entre le maillage et l'instrument de découpe
- Système de boîtes englobantes



# Génération d'une surface de découpe

- Nuage de points difficilement exploitable comme surface de découpe
- Création d'un maillage de surface formé de triangles
- A l'aide de la Point Cloud Library

# Trouver une surface fermée dans le maillage

- Trouver les points pour le Node Snapping
- Ces points seront à la limite de séparation du maillage
- Pour limiter les problèmes topologiques après la découpe, nous cherchons à ce que les connexions entre les nœuds dans le maillage forment une surface triangulaire continue
- Cette surface triangulaire continue doit être le plus proche possible de la surface de découpe

# Décaler les points

- Nous savons quels nœuds déplacer
  - Technique basé sur les contraintes (multiplicateurs de Lagrange)
  - Décaler les nœuds choisis précédemment décale également les autres nœuds à l'intérieur du maillage
- Problème généralement très coûteux
  - Factorisation précalculée puisque l'étape courante est traitée avec un modèle virtuel dans la forme de repos du maillage où la matrice du système est constante.
  - Nouvelle méthode de DoFs mécanique isolante rend très efficace les problèmes de contraintes à grande échelle

# Mise à jour des matrices de raideur

- Le Node snapping dans l'objet virtuel déplace les nœuds de la position de repos
- Ces déplacements doivent être également appliqués à l'objet réel
- Seulement, la mise à jour seule des positions est insuffisante
- Les matrices de raideur doivent également être recalculées
- Optimisation de ce calcul de matrices (plus loin)

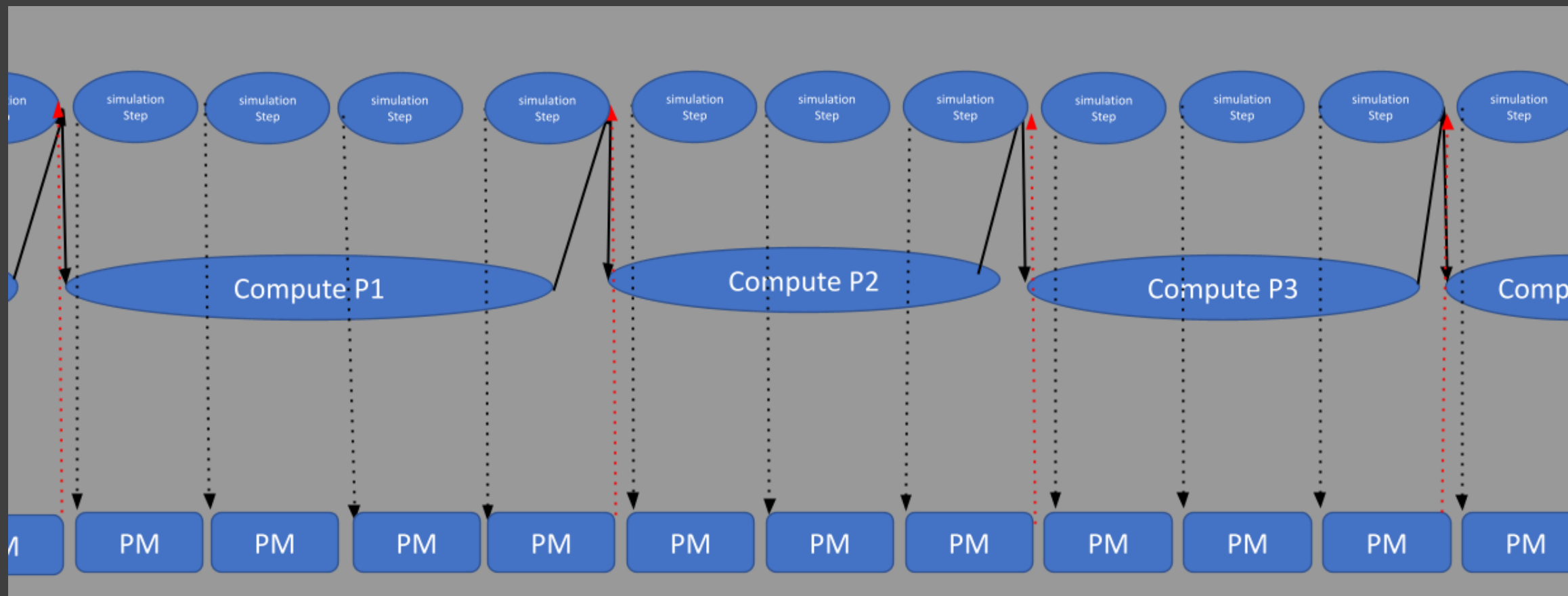
# Dupliquer les points

- Chaque nœud du Node snapping est dupliqué
- Ils font partie de la frontière de séparation entre les parties supérieur et inférieur du maillage maintenant séparées
- Les connexions entre les nœuds dupliqués et la partie dont ils ne font plus partie sont cassées

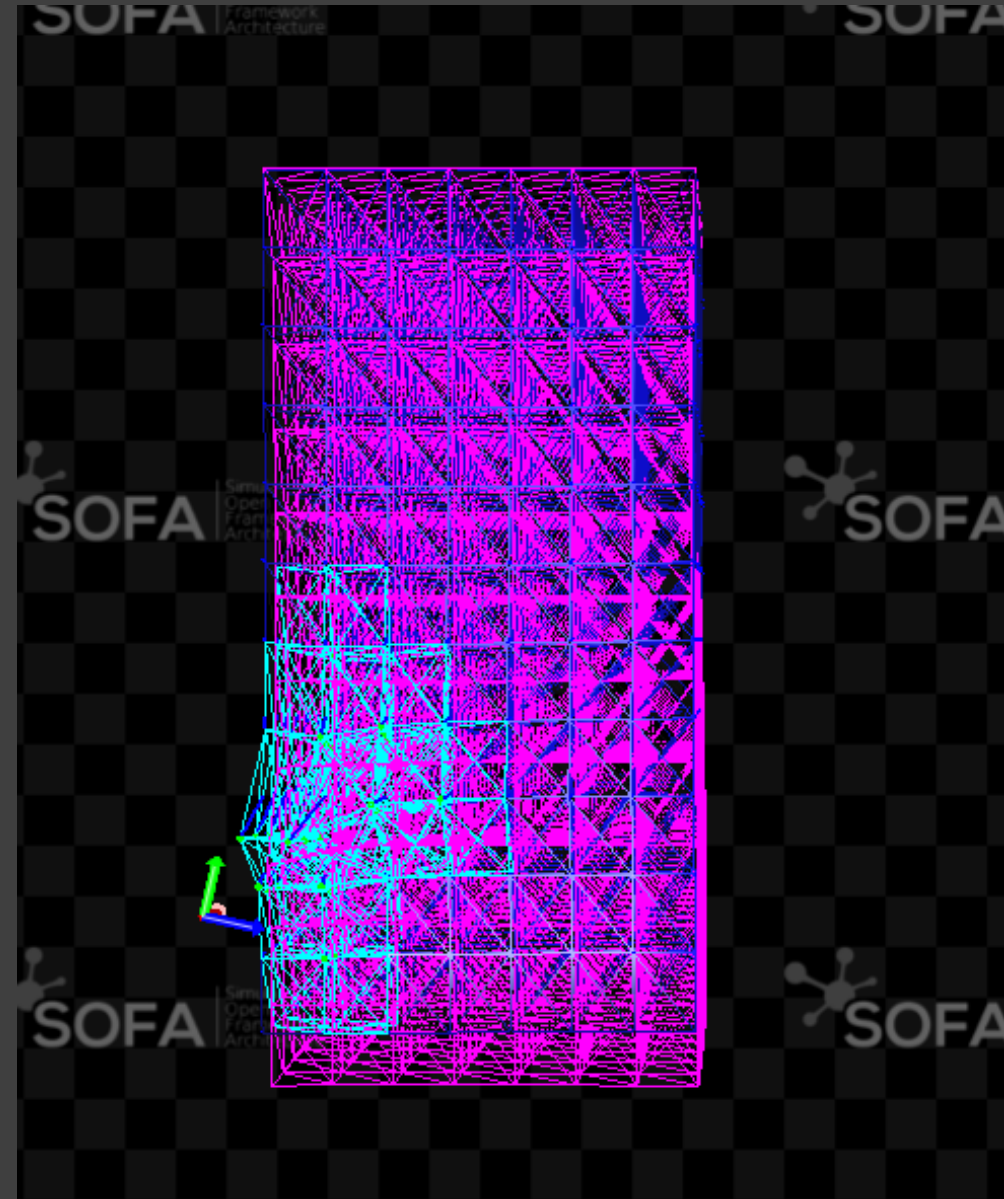
# Contributions

1. Ros2
2. Mise à jour de Ke0

# Ros2

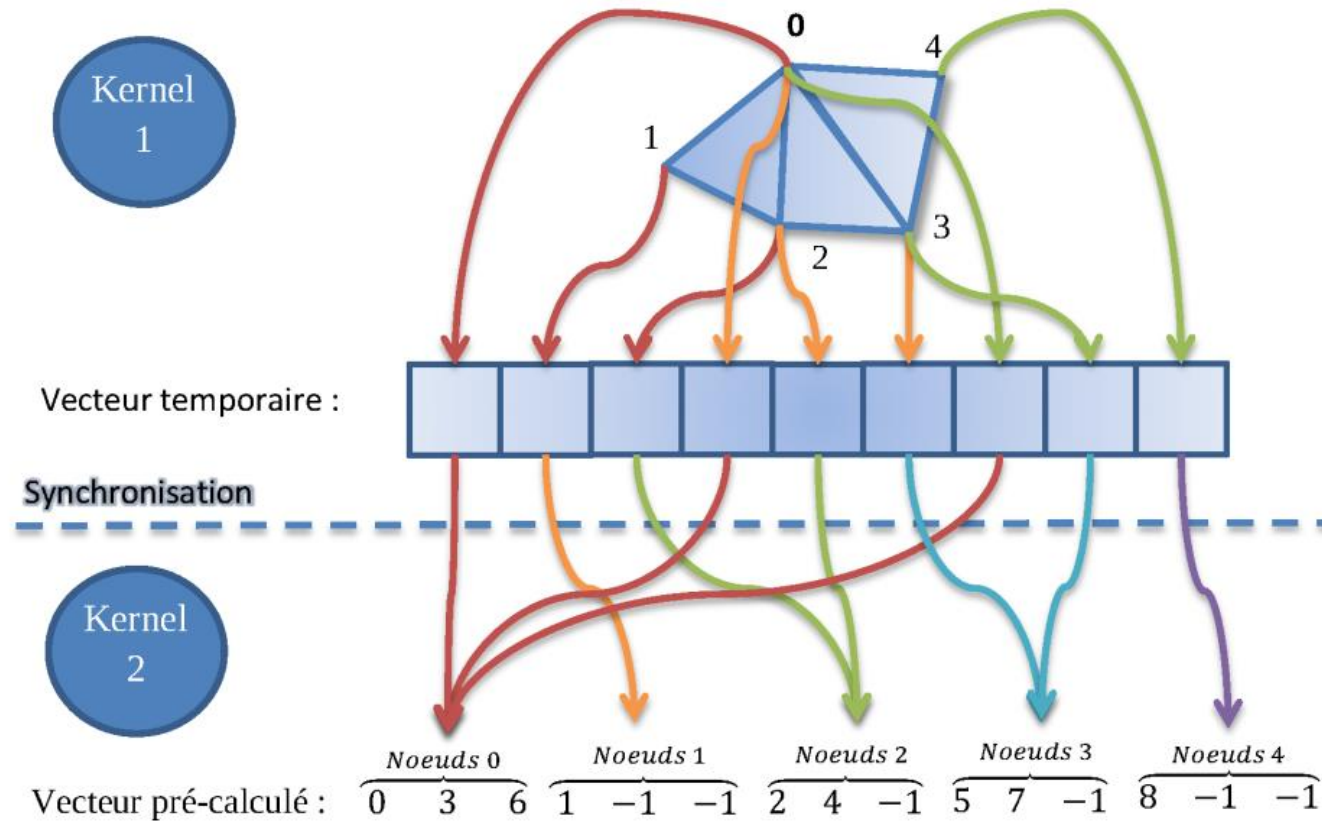


Détection des  
tétraèdres à  
recalculer



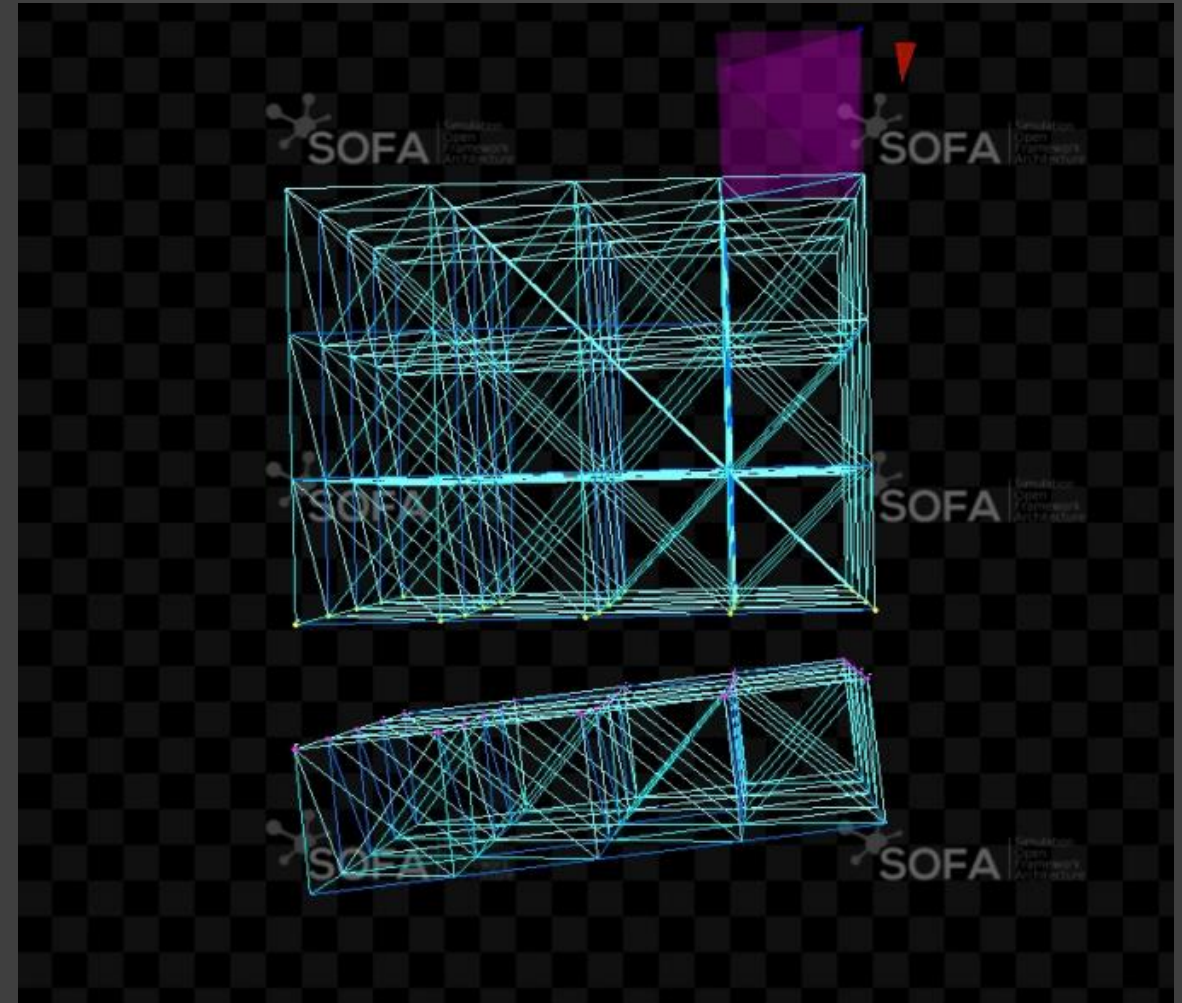


# Vecteur de contributions des éléments



# Conclusion

- Simuler une découpe sur 2 ordinateurs distincts
- Gain en temps de calcul



# Bibliographie

# Bibliographie

- Jeremie Allard, Hadrien Courtecuisse, and Francois Faure. Implicit FEM Solver on GPU for Interactive Deformation Simulation. In Wen mei W. Hwu, editor, GPU Computing Gems Jade Edition, Applications of GPU Computing Series, pages 281–294. Elsevier, November 2011
- Hadrien Courtecuisse. Nouvelles architectures parallèles pour simulations interactives médicales. Theses, Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I, December 2011
- .P Kerfriden S. Bordas S. Cotin H. Courtecuisse, J. Allard and C. Duriez. Real-time simulation of contact and cutting of heterogeneous soft-tissues. Medical image analysis, 18:394–410, 12 2013
- Monan Wang and Yuzheng Ma. A review of virtual cutting methods and technology in deformable objects. Wiley, 2017.
- S. Cotin Z. Zeng and H. Courtecuisse. Real-time fe simulation for large-scale problems using precondition-based contact resolution and isolated dofs constraints. COMPUTER GRAPHICS Forum, 2022