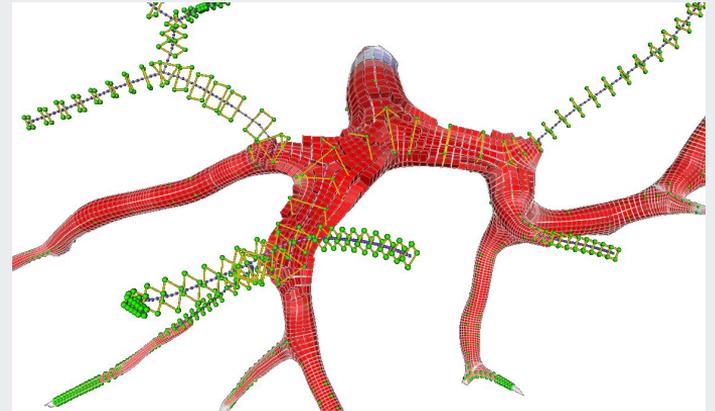


Génération de Maillage Hexaédrique à Partir d'un Squelette



P. Viville, P. Kraemer, D. Bechmann



Université

de Strasbourg

Introduction

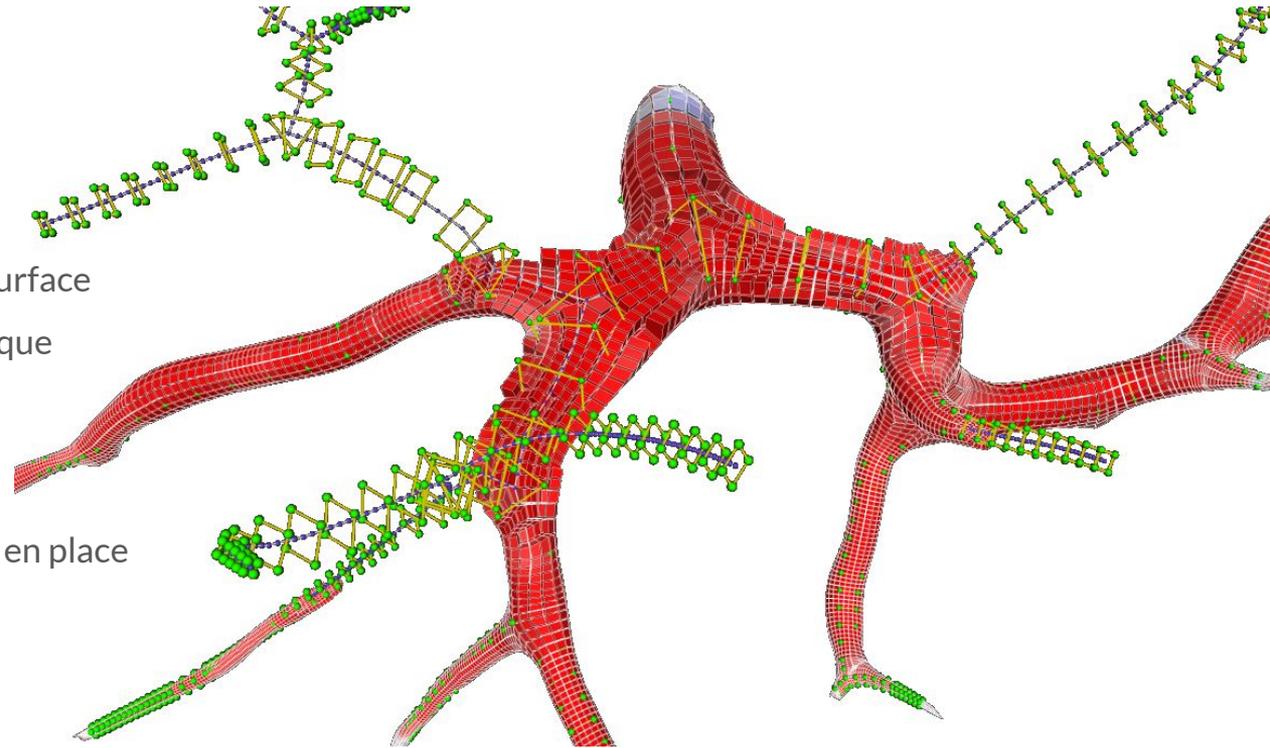


Données

- Entrée : squelette et/ou surface
- Sortie : maillage hexaédrique

Besoins

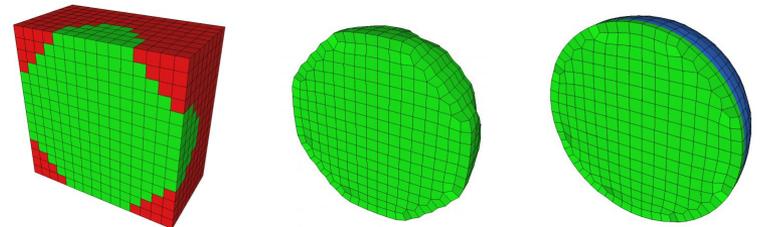
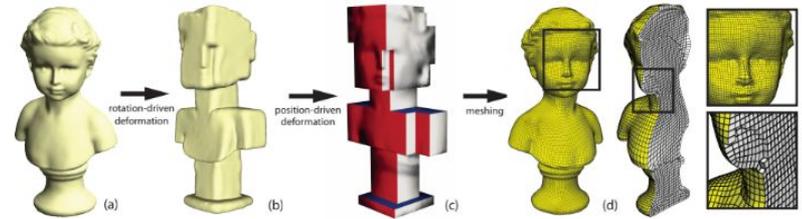
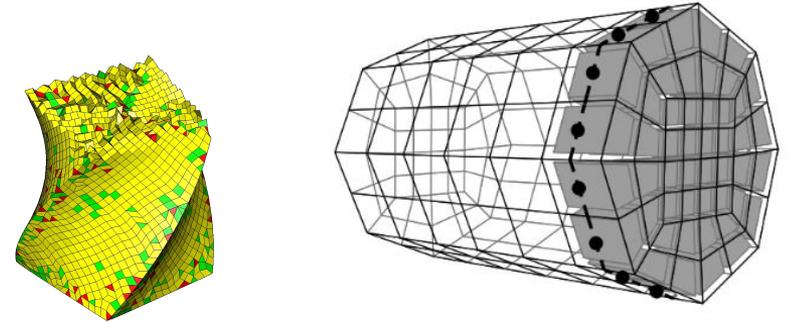
- Supports de simulations
- Méthode simple à mettre en place



Génération de maillage

Approche généraliste

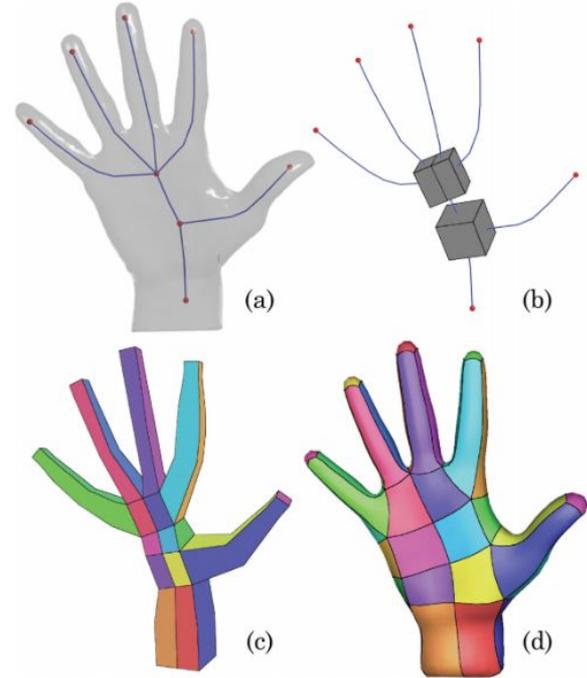
- Quelle que soit la géométrie du domaine
- Nombreuses méthodes :
 - CVT, champs de direction, polycubes, fronts avancants, grilles, ...
- Défauts :
 - Maillages mixtes
 - Qualité des éléments
 - Complexité



Génération de maillage

Restriction aux objets tubulaires

- Utilisation du squelette pour guider la génération
- Méthode existante : Livesu & al [1]
 - Résolution globale des découpes d'intersections
 - Cause des asymétries
 - Rencontre difficultés sur les boucles
- Objectif : pallier ces problèmes

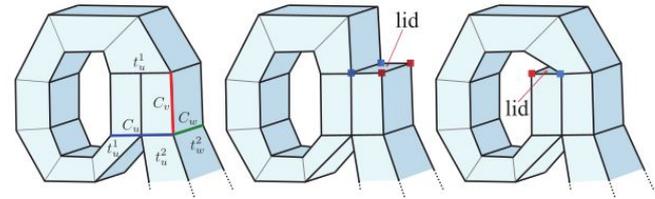
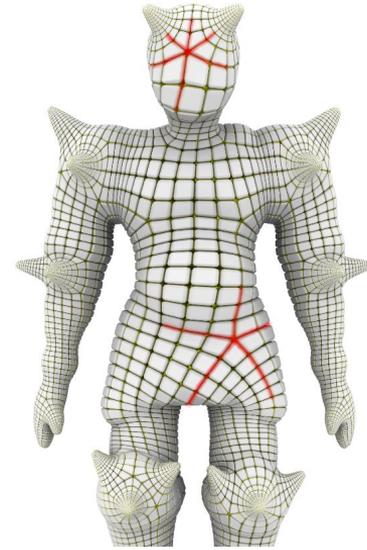


[1] Marco Livesu, Alessandro Muntoni, Enrico Puppo, and Riccardo Scateni. Skeleton-driven adaptive hexahedral meshing of tubular shapes. Computer Graphics Forum, 35:237-246, 10 2016.

Génération de maillage

Restriction aux objets tubulaires

- Utilisation du squelette pour guider la génération
- Méthode existante : Livesu & al [1]
 - Résolution globale des découpes d'intersections
 - Cause des asymétries
 - Rencontre difficultés sur les boucles
- Objectif : pallier ces problèmes

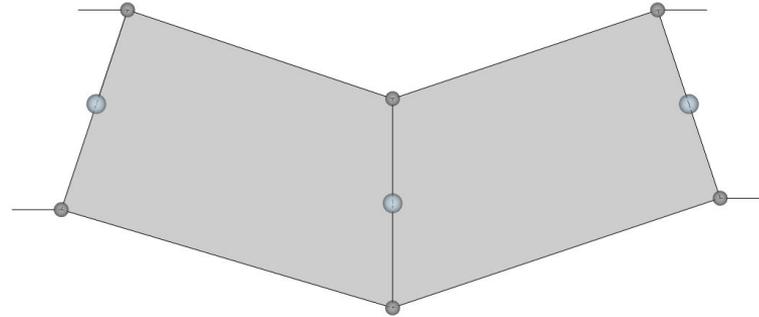
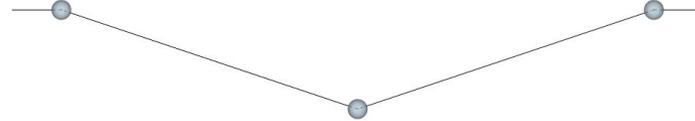


[1] Marco Livesu, Alessandro Muntoni, Enrico Puppo, and Riccardo Scateni. Skeleton-driven adaptive hexahedral meshing of tubular shapes. Computer Graphics Forum, 35 :237–246, 10 2016.

Du squelette au maillage

Cas 2D

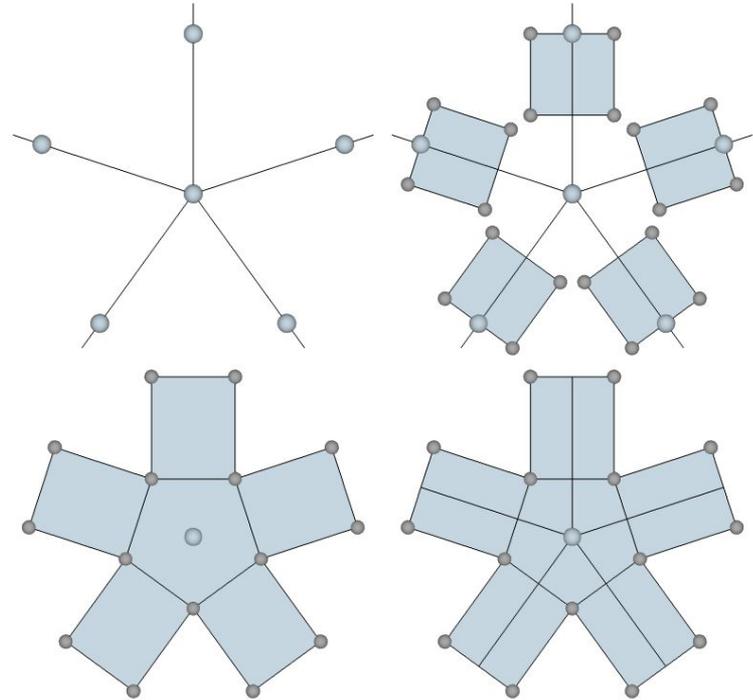
- Epaisseur des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads



Du squelette au maillage

Cas 2D

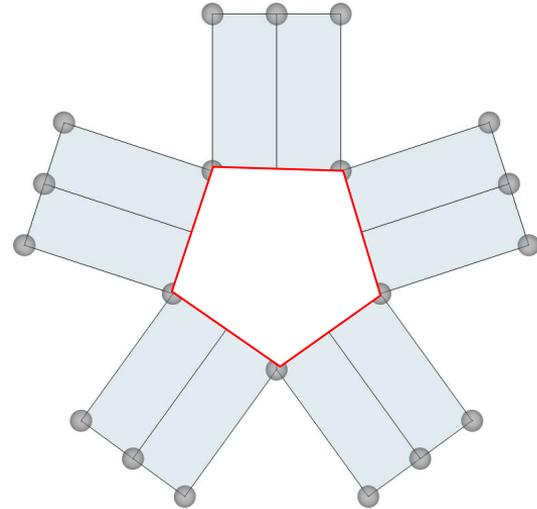
- Epaissement des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads



Du squelette au maillage

Cas 2D

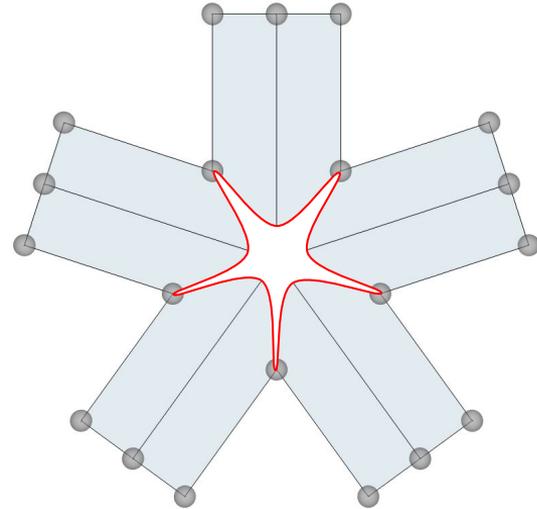
- Epaisseur des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads
- Alternative:
 - Fusion des points centraux



Du squelette au maillage

Cas 2D

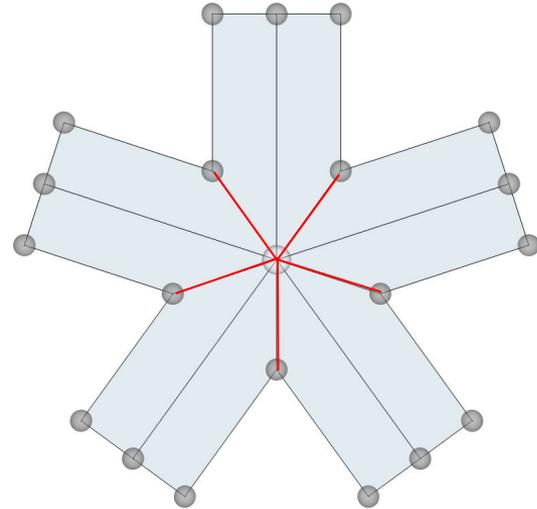
- Epaissement des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads
- Alternative:
 - Fusion des points centraux



Du squelette au maillage

Cas 2D

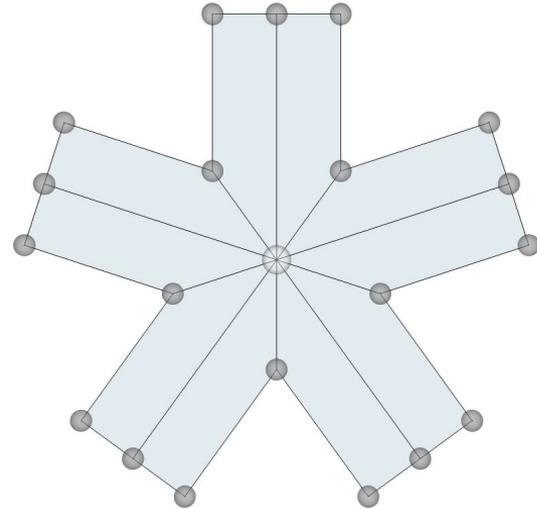
- Epaissement des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads
- Alternative:
 - Fusion des points centraux



Du squelette au maillage

Cas 2D

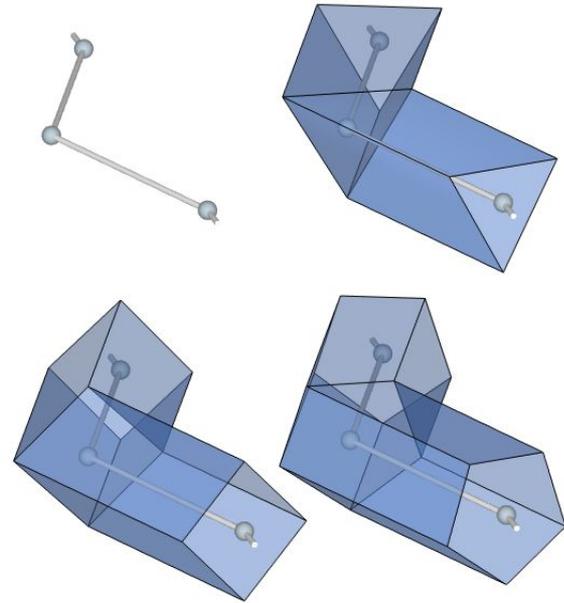
- Epaissement des branches :
 - trivial
- Embranchements :
 - Ajout d'un polygone d'accueil
 - Subdivision en quads
- Alternative:
 - Fusion des points centraux



Du squelette au maillage

Cas 3D

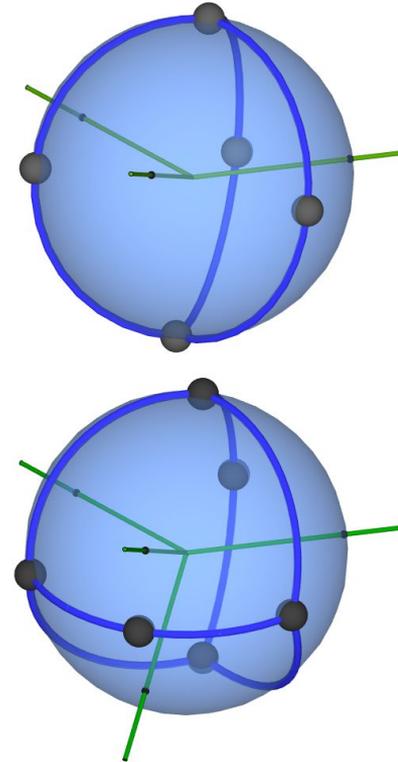
- Epaisseur des branches :
 - Degré de la section?
- Embranchements :
 - Ajout d'un polyèdre?
 - Subdivision du polyèdre en hexas?
 - En limitant les sommets irréguliers



Du squelette au maillage

Idée :

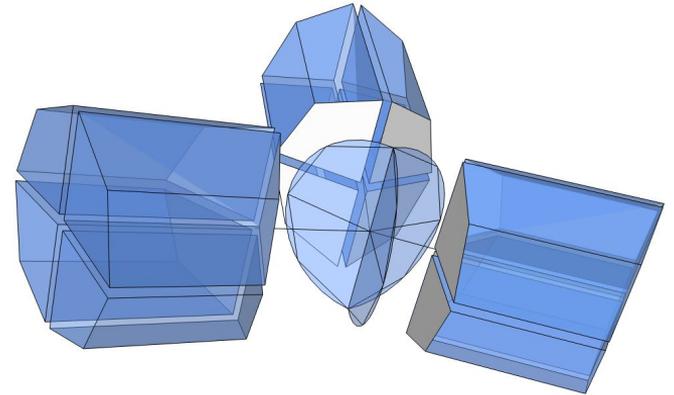
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaisseur des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



Du squelette au maillage

Idée :

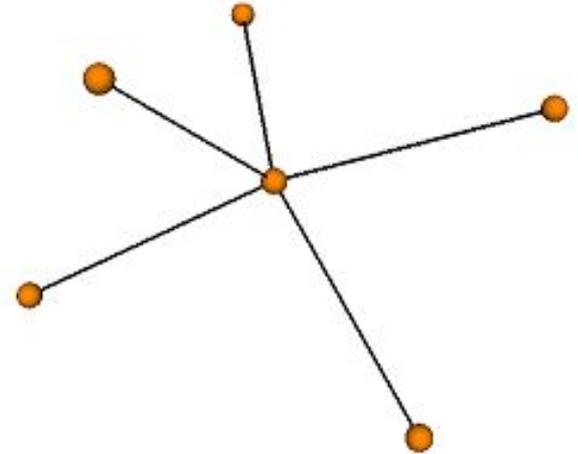
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaisseur des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



Du squelette au maillage

Idée :

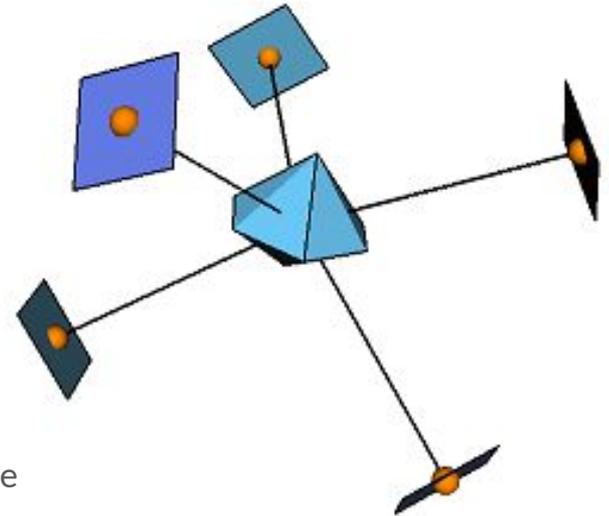
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaissement des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



Du squelette au maillage

Idée :

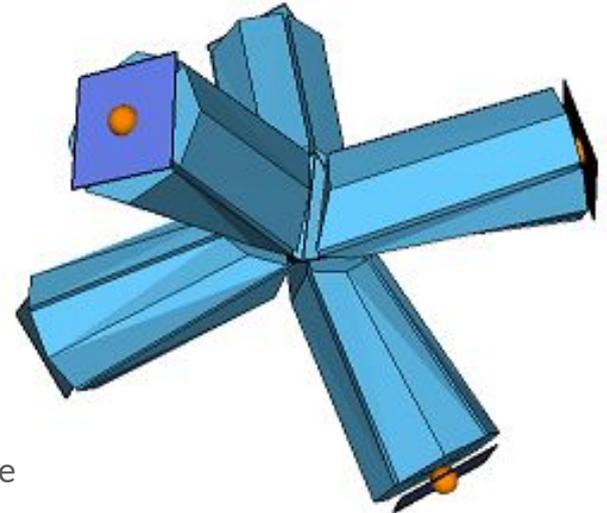
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaisseur des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



Du squelette au maillage

Idée :

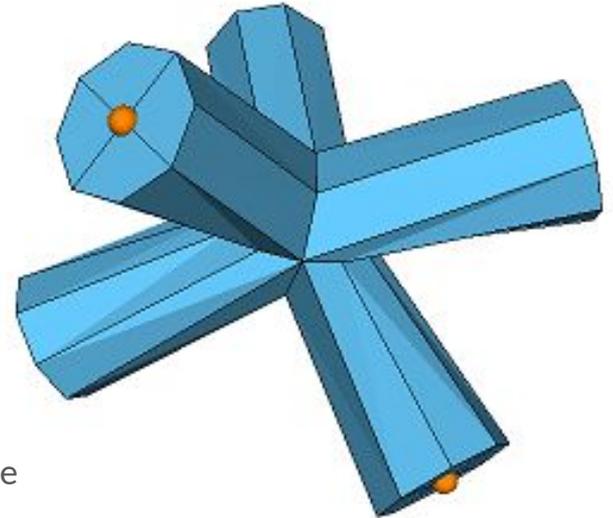
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaisseur des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



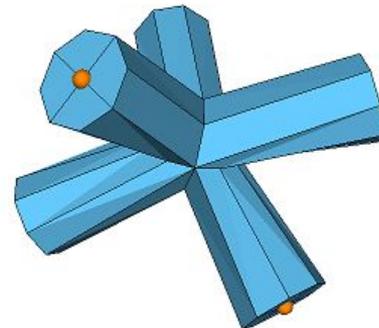
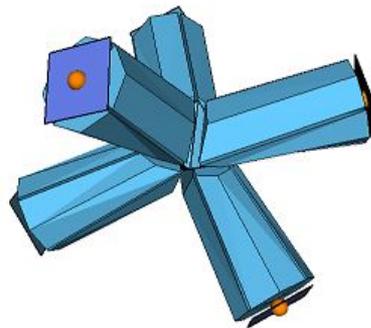
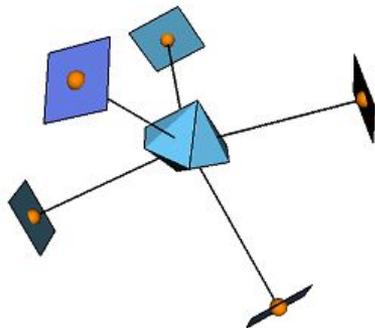
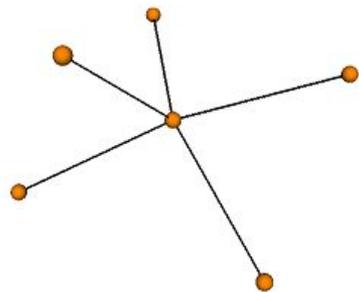
Du squelette au maillage

Idée :

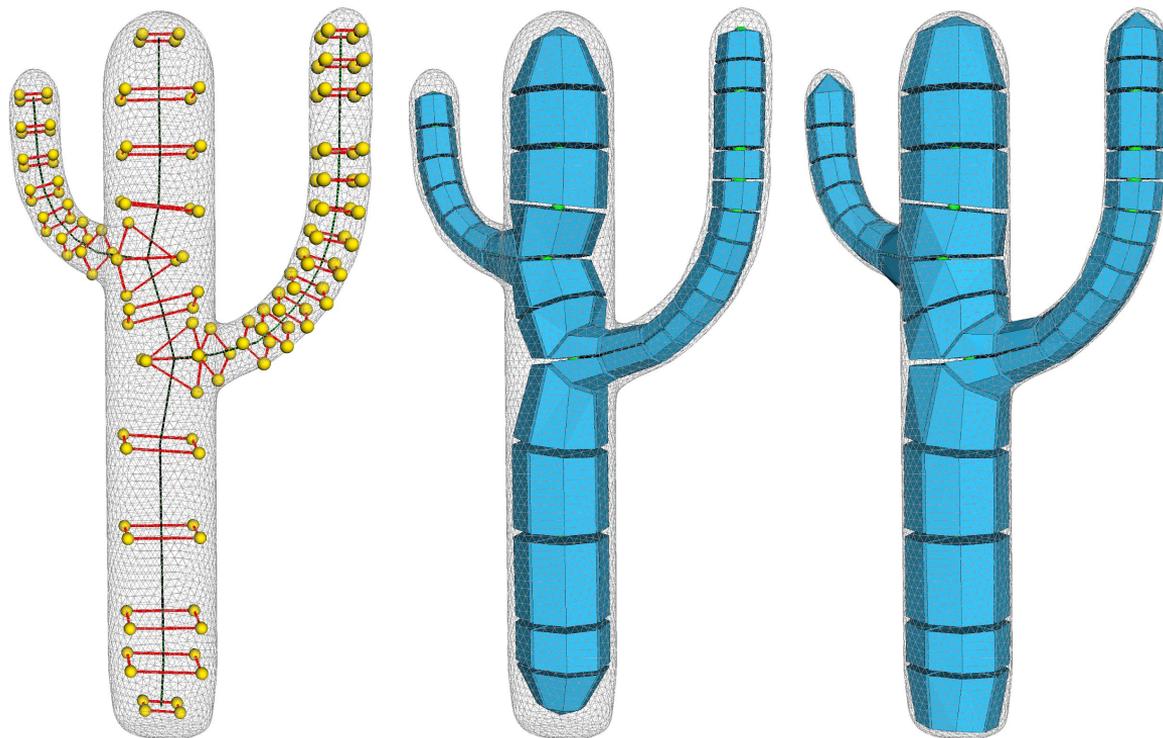
- Partition des sphères d'embranchements en quad [1]
 - 1 quad = 1 branche
- Construction de “surfaces de connexion”
- Epaisseur des branches avec section quad :
 - 4 hexas par tronçons
 - Chaque hexa associé à une arête de la face de la surface d'accueil correspondante
- Couture des paires d'hexas à l'aide de la connectivité de la sphère



Du squelette au maillage



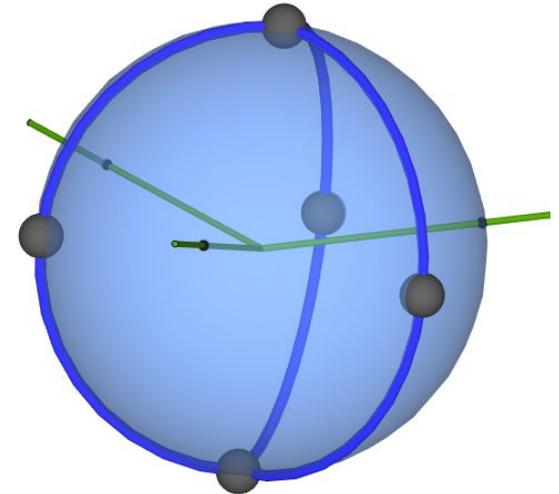
Du squelette au maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

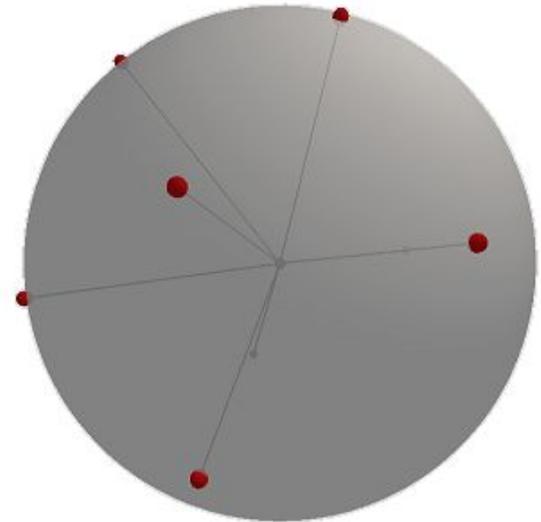
- Configuration planaires :
 - Partition en “quartiers d’orange” [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d’un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d’entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

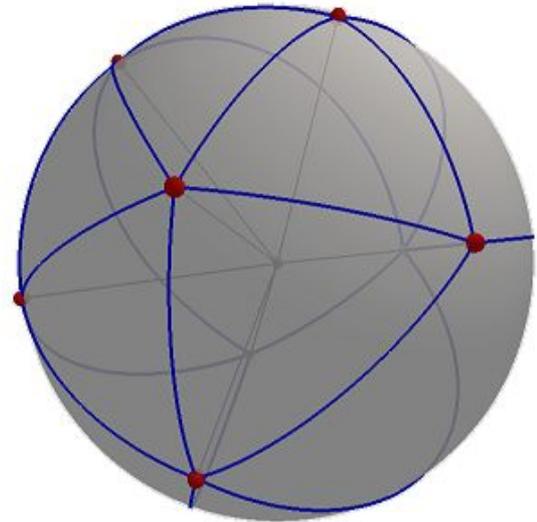
- Configuration planaires :
 - Partition en "quartiers d'orange" [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d'un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d'entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

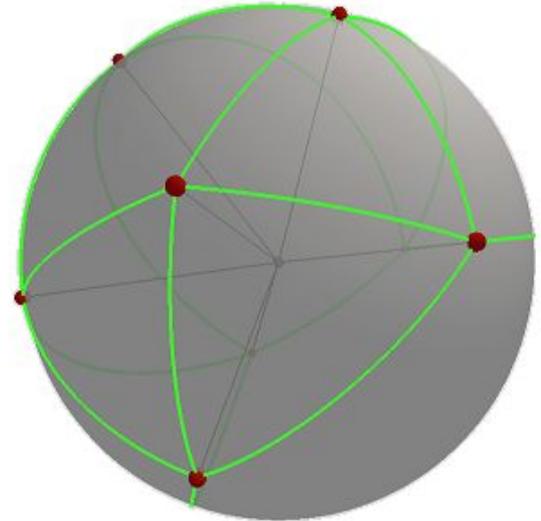
- Configuration planaires :
 - Partition en “quartiers d'orange” [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d'un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d'entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

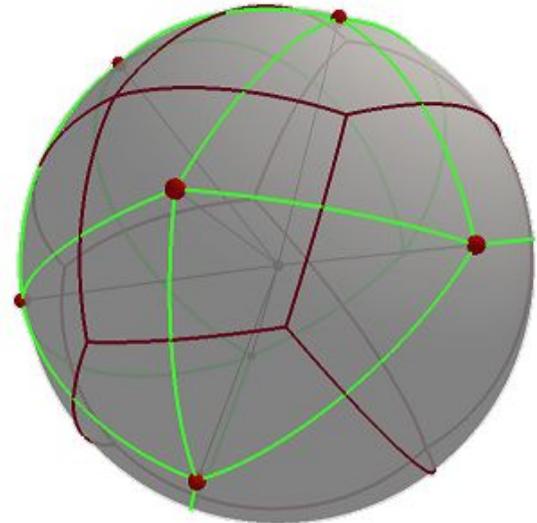
- Configuration planaires :
 - Partition en “quartiers d'orange” [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d'un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d'entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

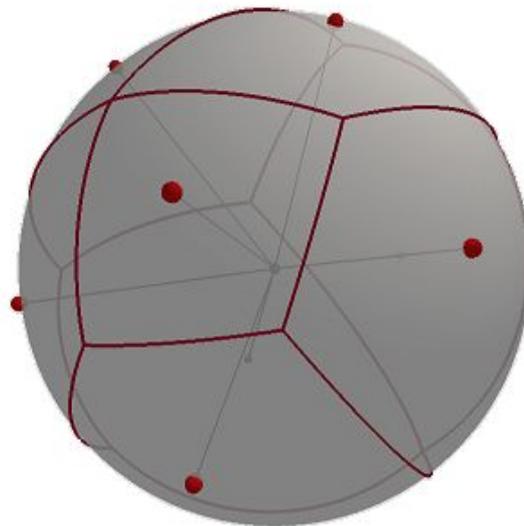
- Configuration planaires :
 - Partition en "quartiers d'orange" [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d'un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d'entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère:

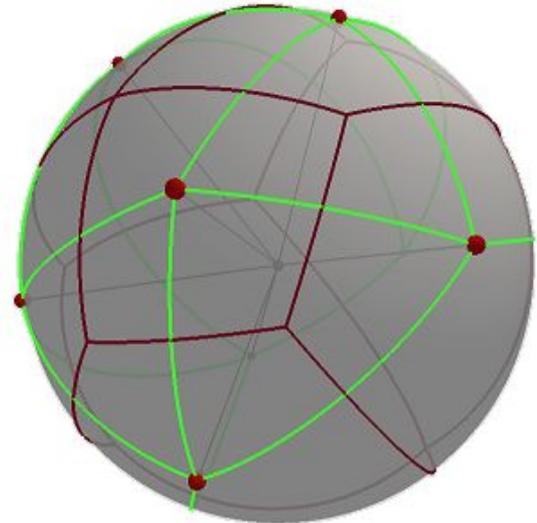
- Configuration planaires :
 - Partition en “quartiers d'orange” [1]
- Configurations complexes :
 - Construction d'un maillage dont :
 - Les sommets sont les points de sortie des branches
 - La valence de tous les sommets est égale à 4
 - ⇒ Triangulation de Delaunay des points d'entrée
 - ⇒ Modification de la connectivité
 - La partition recherchée est le dual de ce maillage



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

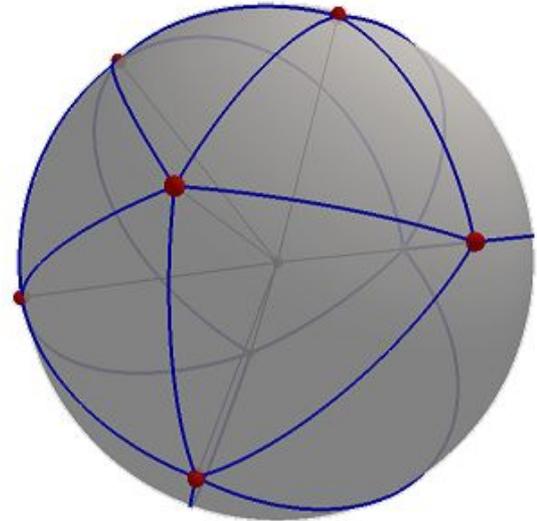
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Reduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

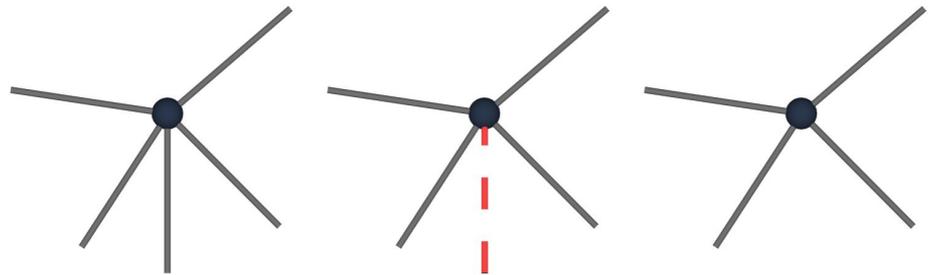
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Reduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Détails de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

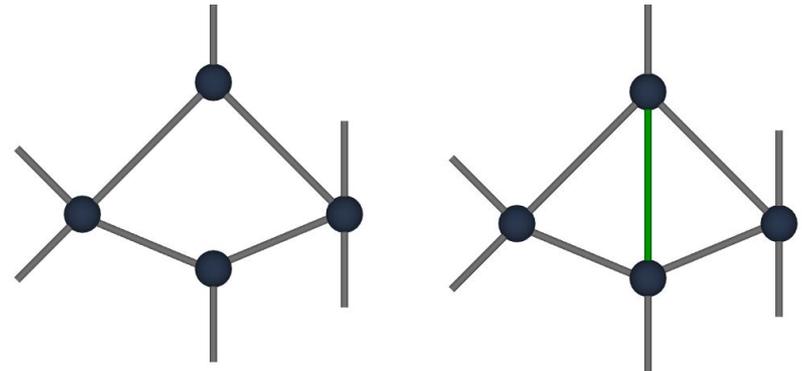
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Réduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Details de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

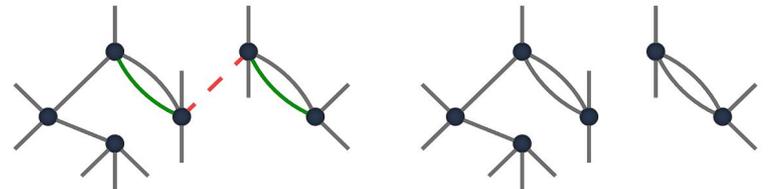
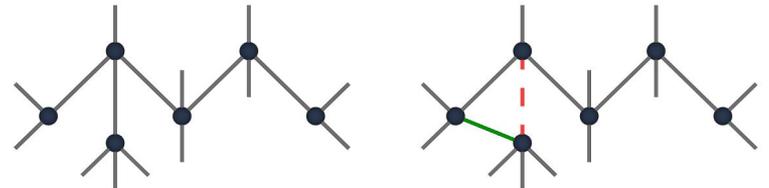
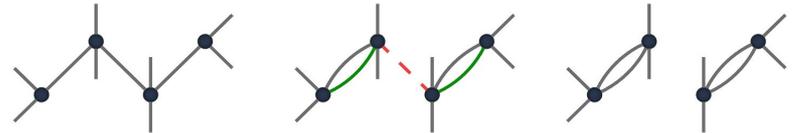
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Réduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Details de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

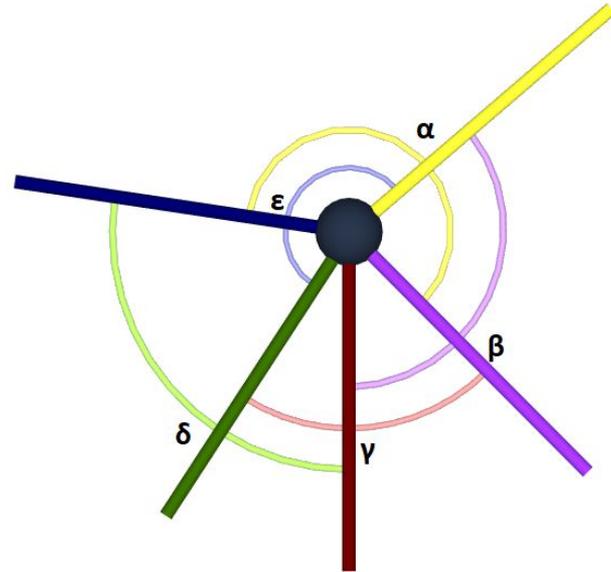
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Reduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Details de l'algorithme

Partition de Sphère: Remaillage

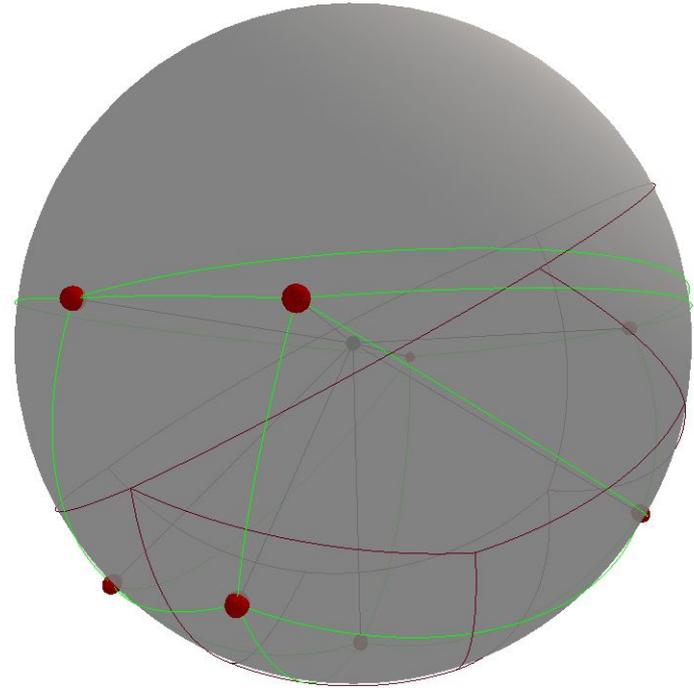
- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Reduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Details de l'algorithme

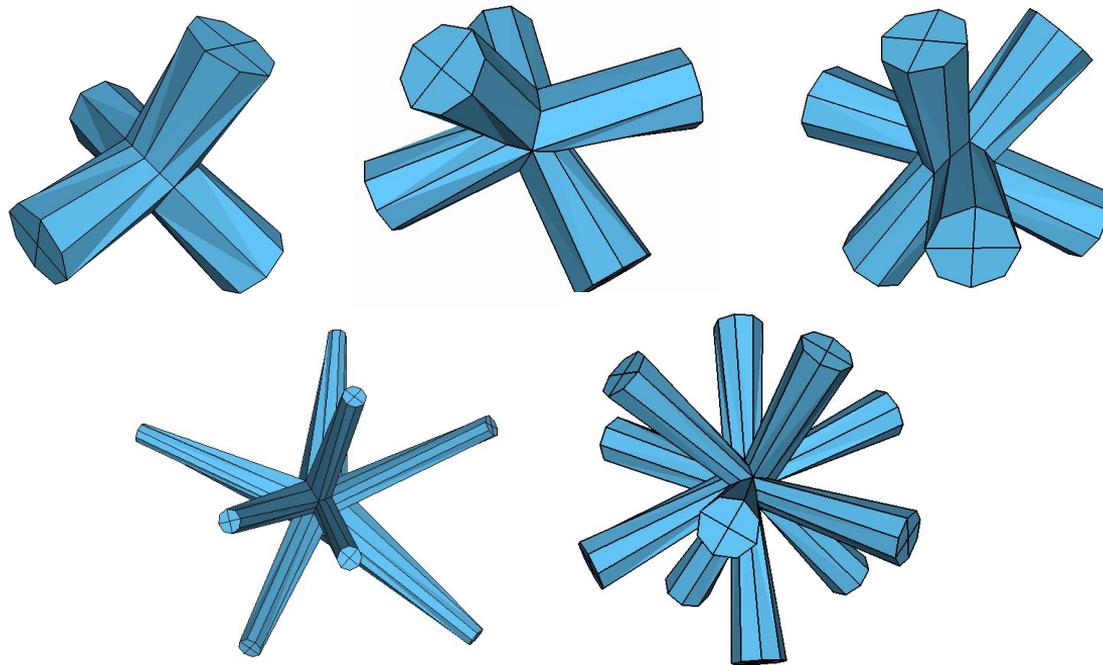
Partition de Sphère: Remaillage

- Objectifs : tous les sommets de valence 4
- 2 opérations :
 - Suppression d'arête
 - Ajout d'arête
- 2 étapes:
 - Reduction de valence > 4
 - Suppression des paires de valence 3
- 1 critère : les angles



Details de l'algorithme

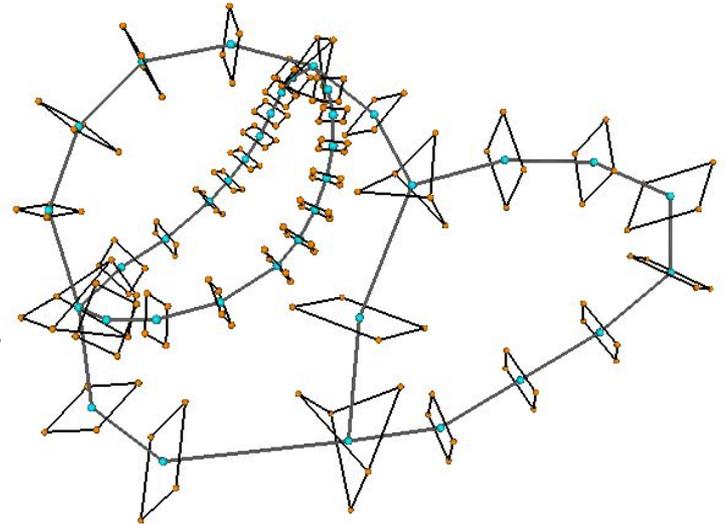
Partition de Sphère : Résultats



Détails de l'algorithme

Connectivité et Géométrie

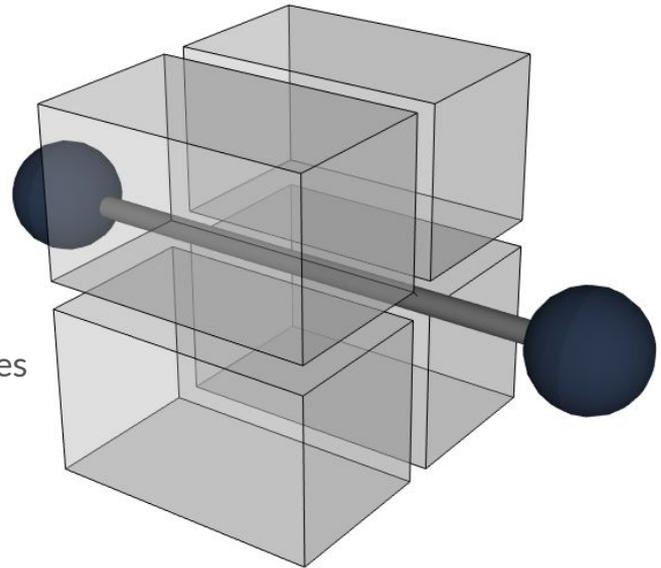
- Construction d'un tronçon par branche
- Connexion des tronçons par les surfaces
- Géométrie propagée depuis les embranchements cor
 - Gestion de la torsion par RMF



Détails de l'algorithme

Connectivité et Géométrie

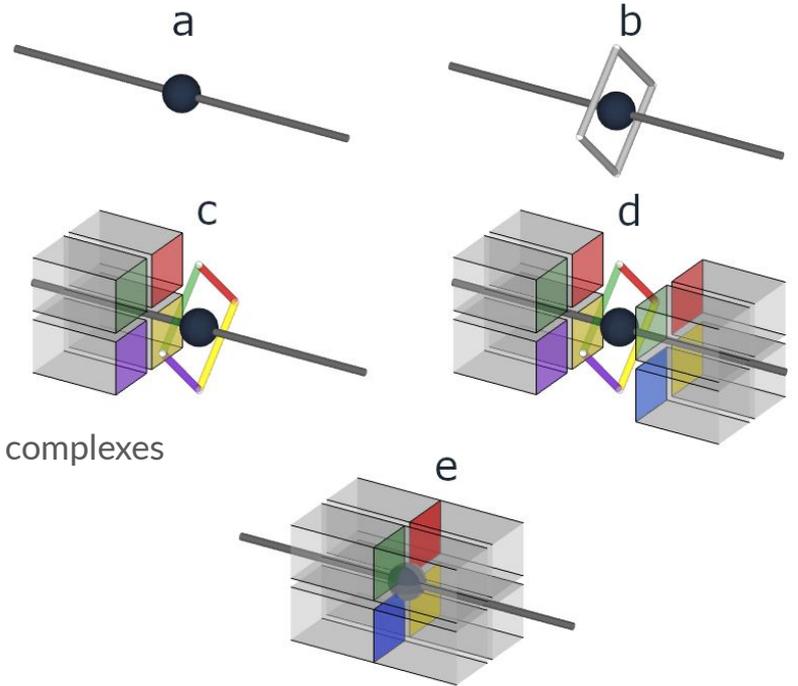
- Construction d'un tronçon par branche
- Connexion des tronçons par les surfaces
- Géométrie propagée depuis les embranchements complexes
 - Gestion de la torsion par RMF



Details de l'algorithme

Connectivité et Géométrie

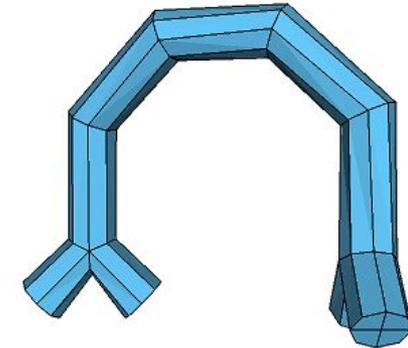
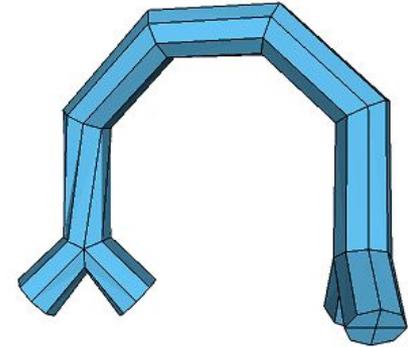
- Construction d'un tronçon par branche
- Connexion des tronçons par les surfaces
- Géométrie propagée depuis les embranchements complexes
 - Gestion de la torsion par RMF



Details de l'algorithme

Connectivité et Géométrie

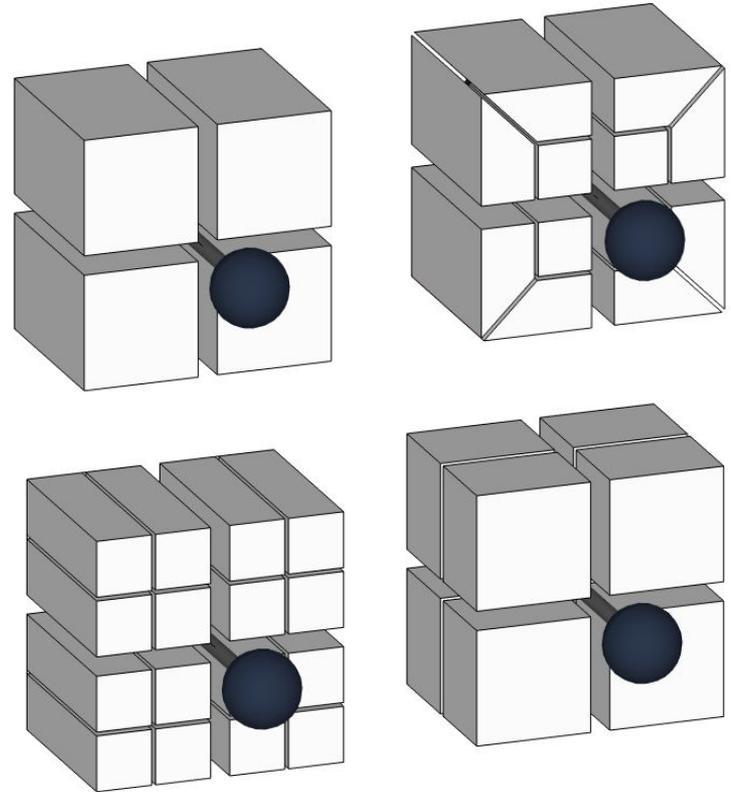
- Construction d'un tronçon par branche
- Connexion des tronçons par les surfaces
- Géométrie propagée depuis les embranchements complexes
 - Gestion de la torsion par RMF



Résultats et validation

Post-traitements

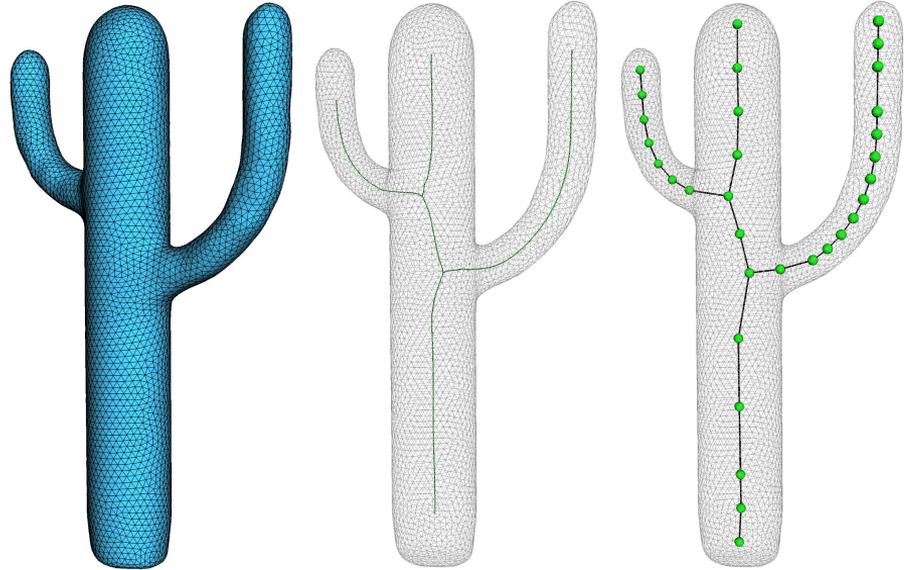
- Épaississement du maillage
- Subdivisions longitudinales et transversales
- Optimisation de la géométrie interne



Du squelette au maillage

Processus général :

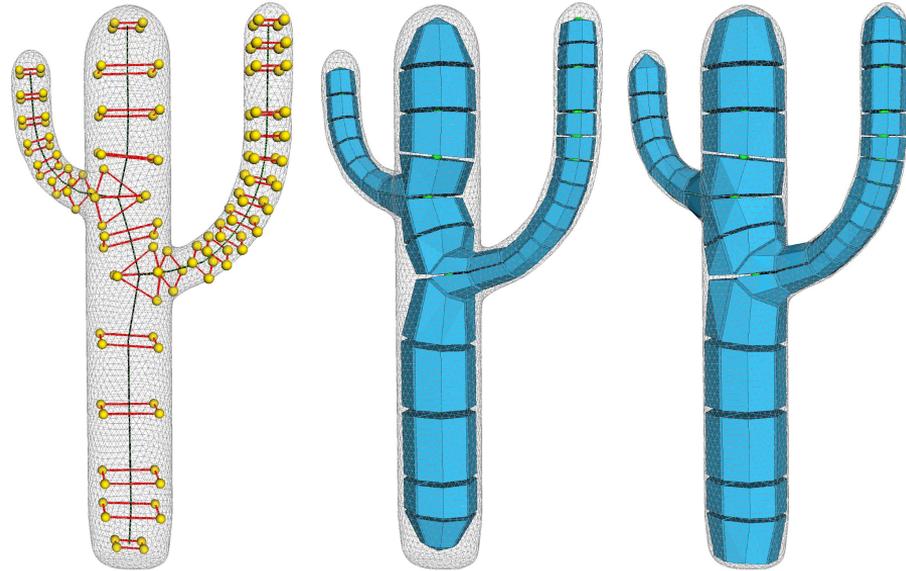
- Extraction et rééchantillonnage d'un squelette
- Construction des surfaces de connexion
- Génération du volume initial
- Plaquage à la surface
- Raffinement et optimisation géométrique



Du squelette au maillage

Processus:

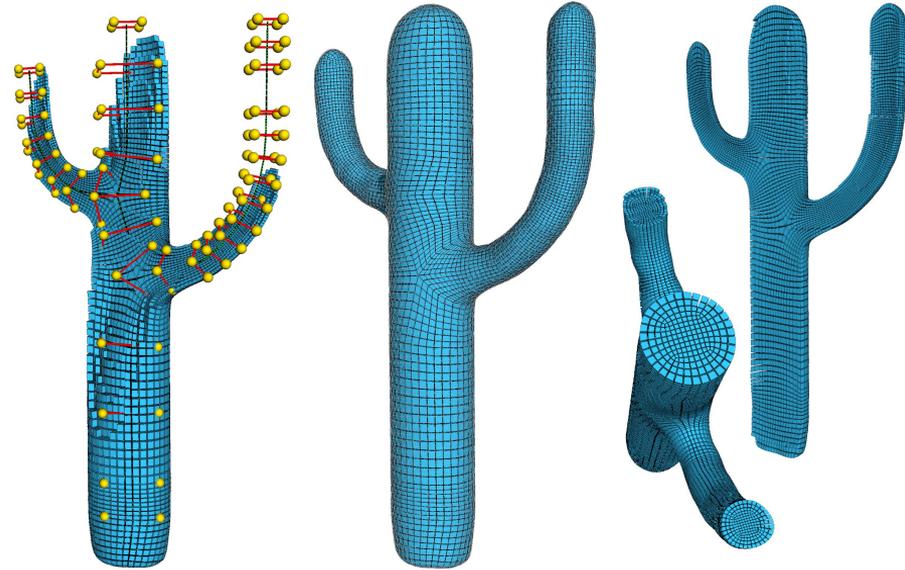
- Extraction et rééchantillonnage d'un squelette
- Construction des surfaces de connexion
- Génération du volume initial
- Plaquage à la surface
- Raffinement et optimisation géométrique



Du squelette au maillage

Processus:

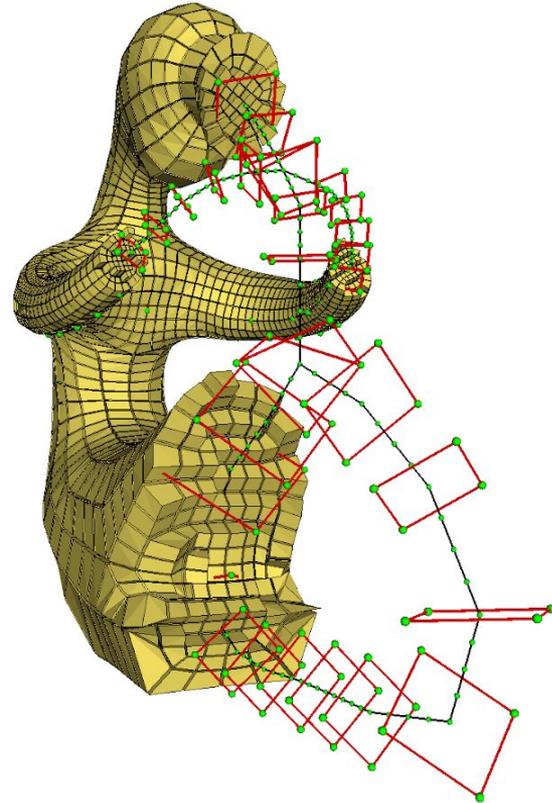
- Extraction et rééchantillonnage d'un squelette
- Construction des surfaces de connexion
- Génération du volume initial
- Plaquage à la surface
- Raffinement et optimisation géométrique



Du squelette au maillage

Propriétés :

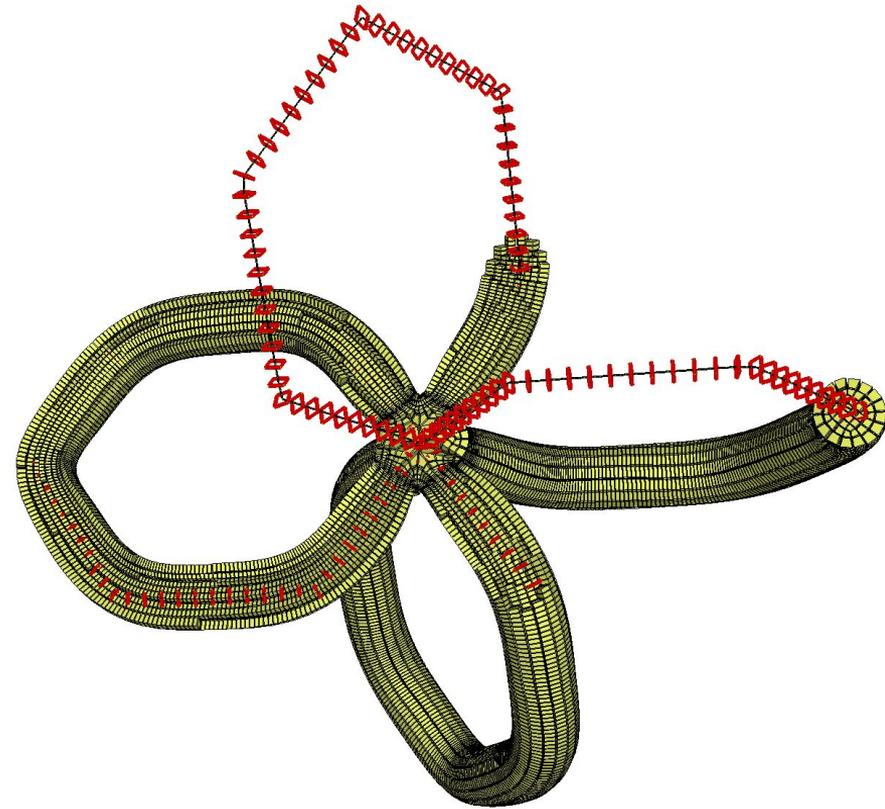
- Localité des étapes de l'algorithme
 - Parallélisation
- Maîtrise du nombre d'hexas dans le résultat
 - 1 arête = 4 hexas
- Restriction des sommets irréguliers
 - Dans les embranchements
 - Quantifiables
- Alignement à la géométrie du domaine



Du squelette au maillage

Propriétés :

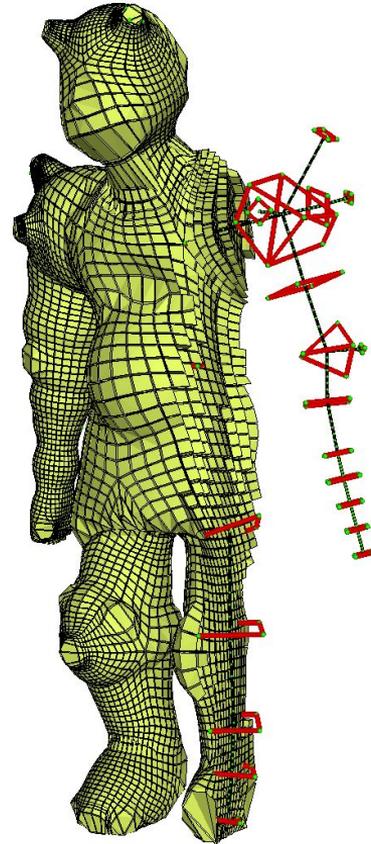
- Localité des étapes de l'algorithme
 - Parallélisation
- Maîtrise du nombre d'hexas dans le résultat
 - 1 arête = 4 hexas
- Restriction des sommets irréguliers
 - Dans les embranchements
 - Quantifiables
- Alignement à la géométrie du domaine



Du squelette au maillage

Propriétés :

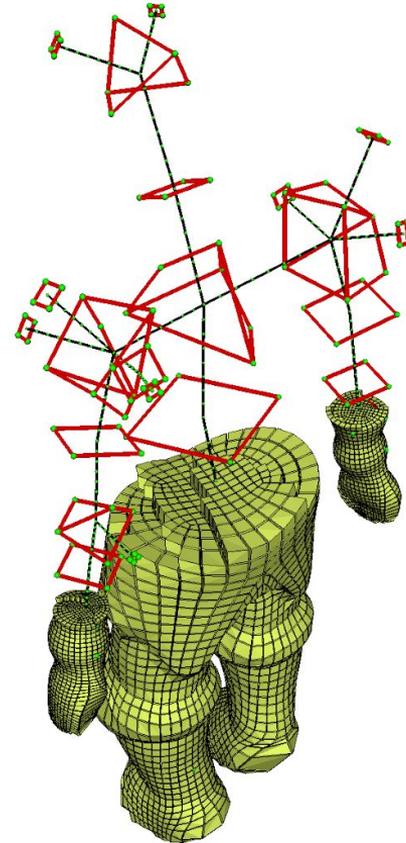
- Localité des étapes de l'algorithme
 - Parallélisation
- Maîtrise du nombre d'hexas dans le résultat
 - 1 arête = 4 hexas
- Restriction des sommets irréguliers
 - Dans les embranchements
 - Quantifiables
- Alignement à la géométrie du domaine



Du squelette au maillage

Propriétés :

- Localité des étapes de l'algorithme
 - Parallélisation
- Maîtrise du nombre d'hexas dans le résultat
 - 1 arête = 4 hexas
- Restriction des sommets irréguliers
 - Dans les embranchements
 - Quantifiables
- Alignement à la géométrie du domaine



Perspective

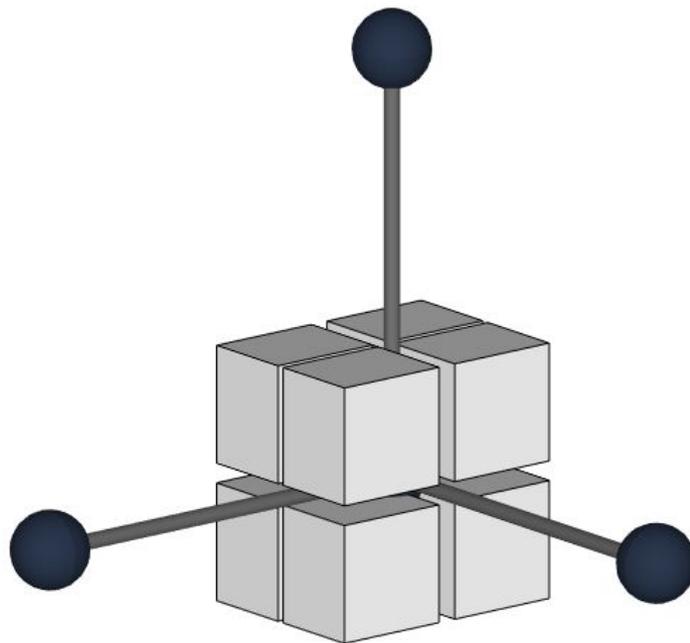


- Meilleure optimisation de la géométrie
- Amélioration du remillage
- Adaptation le long des branches
- Gestions des embranchements spécialisées
- Comparaison de qualité des mailles

Perspective



- Meilleure optimisation de la géométrie
- Amélioration du remillage
- Adaptation le long des branches
- Gestions des embranchements spécialisées
- Comparaison de qualité des mailles





Merci pour votre attention