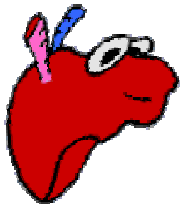
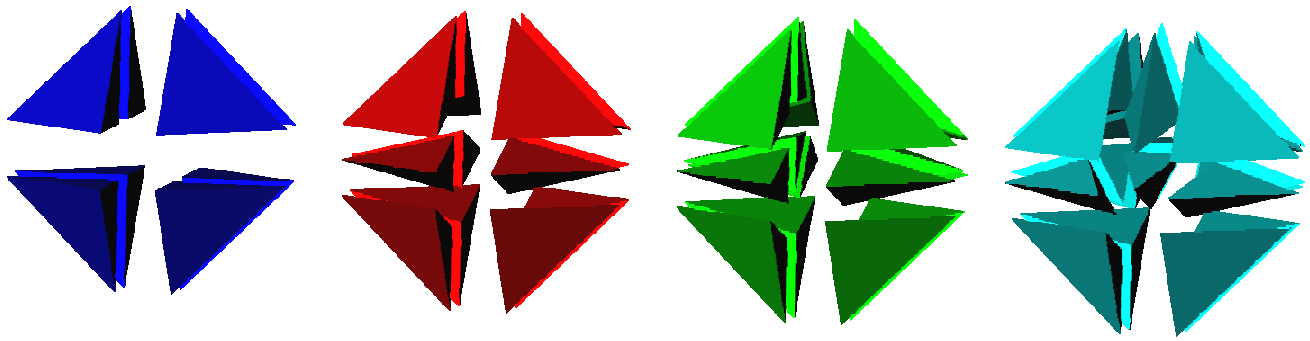


AISIM
2ème réunion pleinière

INRIA

Maillage tétraèdrique adaptatif pour modèle déformable temps réel



Jean-Christophe Lombardo

Epidaure

Maillage tétraèdrique adaptatif pour modèle déformable temps réel

Contexte : Modèle déformable nodal

Pourquoi ?

temps de calcul = f(nb noeuds)

temps réel => N_{max} noeuds

Améliorer la qualité de la simulation

=> placer judicieusement les N_{max} noeuds

=> maillage adaptatif

(f.e.m => tétraèdres)

Epidaure

Plan

Maillage Géométrique

- Adaptatif ?
- Raffinement { Opération générique / Opérations spécifiques
- Déraffinement

Comportement Physique (ex: masses/ressorts)

- Etat du systeme ?
- Raffinement
- Déraffinement

Epidaure

Adaptatif ?

Raffinement :

ajouter des noeuds pour diminuer la taille des tétraèdres (diminuer l'erreur)

Déraffinement :

supprimer des noeuds pour diminuer le temps de calculs

Maintenir la cohérence de la structure de données

Epidaure

Maillage Géométrique

Structure de données

Trouver le bon niveau de redondance

redondance => facilité d'accès à l'information
redondance => difficulté de mise à jours

Choix

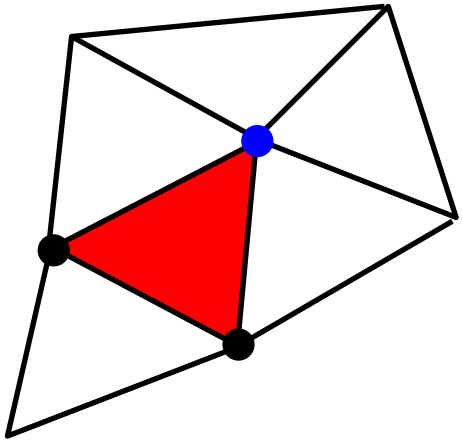
Maillage :
- Liste de sommets
- Liste d'arètes
- Liste de tétraèdres

Pas de structure de donnée de face

Epidaure

Maillage Géométrique

Structure de données (2)



Sommet :
- Coordonnées
- Ensemble de tétraèdres
- Ensemble d'arètes

Arète :
- Sommet[2]
- Ensemble de tétraèdres

Tétraèdre :
- Sommets[4]
- Arètes[6]
- Tétrahèdres voisins[4]

voisin[i] == (nil) <=> Sommets[(i+1)%4, (i+2)%4, (i+3)%4] forment une face externe du maillage

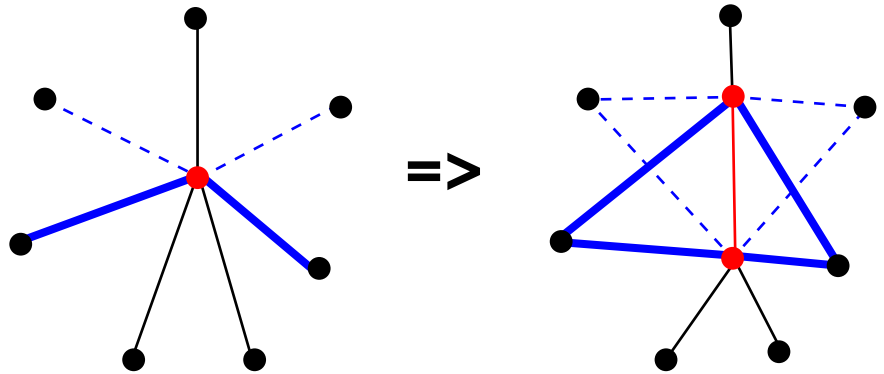
Epidaure

Maillage Géométrique

Raffinement : Opération générique

Dupliquer un sommet:

Mesh::split(vertex, edgeList)



nVertex + 1
nEdge + card(edgeList) + 1
nTetra + card(edgeList)

Epidaure

Maillage Géométrique

Raffinement : Opération générique

Avantage

opération générique => une seule opération pour tous les cas de figures

Inconvénient

difficile à utiliser coûteux

(génération de *edgeList)*

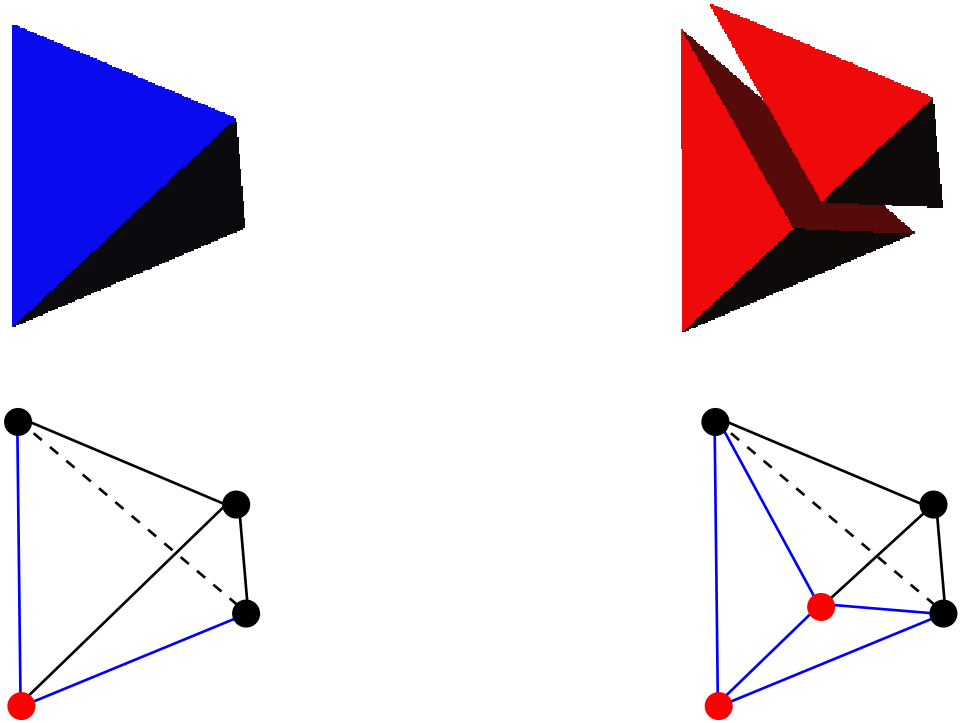
=> opérations spécifiques

Epidaure

Maillage Géométrique

Raffinement : subdivision d'arète

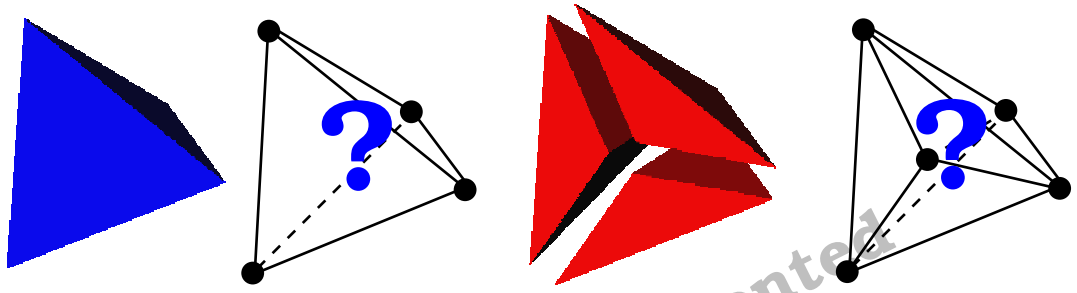
Mesh::splitEdge(edge)



Maillage Géométrique

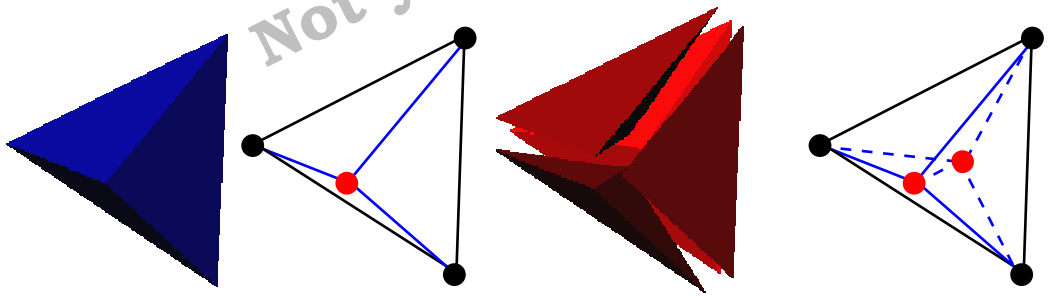
Raffinement : subdivision de face, de tétraèdre

Mesh::splitFace(face)



Mesh::splitTetrahedron(tetrahedon)

Not yet implemented



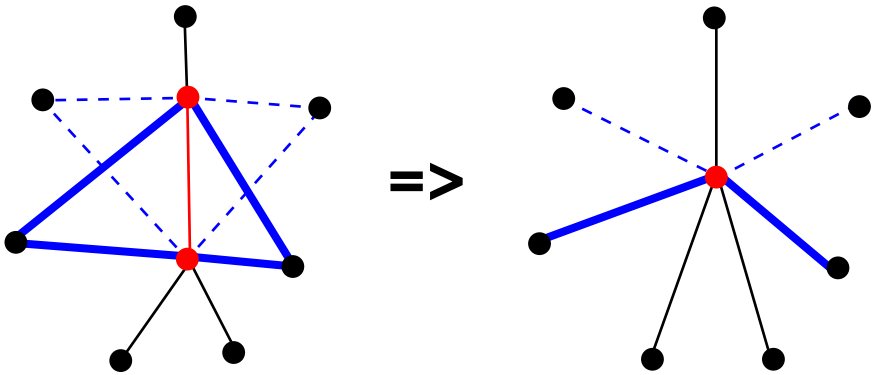
Epidaure

Maillage Géométrique

Déraffinement

1 seule opération :
réduire une arête à un sommet

Mesh::mergeEdge(edge)



Possibilité de dégénérescence du maillage

Epidaure

Comportement Physique

Problème :

Comment conserver
l'état du modèle physique
quand le maillage géométrique évolue ?

Réflexion préliminaire

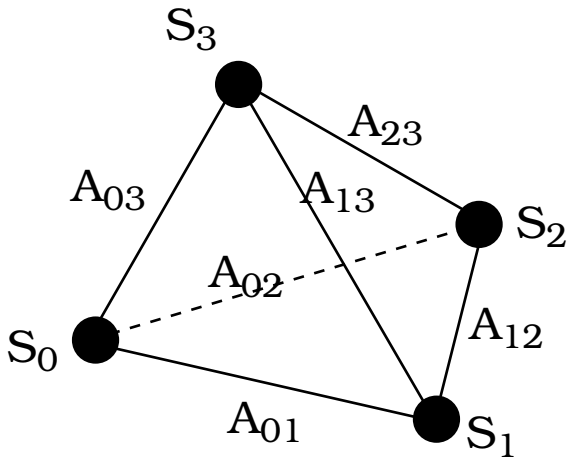
Epidaure

Comportement Physique

Ex.: Réseau masses/ressorts

à chaque sommet S_i est associé une masse m_i
une position $\mathbf{X_i}$,
une vitesse $\mathbf{V_i}$

à chaque arète A_{ij} est associé une raideur k_{ij}
une longueur au repos L^0_{ij}



Epidaure

Comportement Physique

Etat du système ?

Masse	$M = \Sigma\, m_i$
Centre de gravité	$\mathbf{G} = \Sigma\, m_i \mathbf{X_i} / M$
Quantité de mouvement	$\mathbf{P} = \Sigma\, m_i \mathbf{V_i}$
Moment cinétique	$\mathbf{L} = \Sigma\, m_i\, \mathbf{X_i} \times \mathbf{V_i}$
Energie cinétique	$Ec = \Sigma\, 1/2\, m_i V_i^2$
Energie potentielle	$Ep = \Sigma\Sigma\, 1/2\, k_{ij}(L_{ij} - L^0_{ij})^2$
Energie mécanique	$Em = Ep + Ec$

Est-ce valide ?
(perte ou gain de degrés de liberté)

Epidaure

Comportement Physique

Raffinement

Ajout d'un noeud S_n, (m_n, $\mathbf{X_n}$, $\mathbf{V_n}$)
On ne considère que les n S_i voisins de S_n
On pose :

$$\mathbf{X'_i = X_i}$$

$$m'_n = \Sigma\, m_i \,/\, (n+1) \qquad m_i' = n\, m_i \,/\, (n+1)$$

$$\mathbf{V'_n} = 1/m'_n \,\Sigma\, m_i \,[\mathbf{V_i}.(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n}) \,/\, (\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n}).(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n})]\,(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n})$$

$$\mathbf{V'_i} = (n+1)/n\,\{\mathbf{V_i} - [\mathbf{V_i}.(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n}) \,/\, (\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n}).(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n})]\,(\mathbf{X_i}-\mathbf{X_n})\}$$

Conserve masse, quantité de mouvement et moment cinétique

(seulement...)

Epidaure

Comportement Physique

Déraffinement

Suppression de l'arête A de sommets S_0 S_1, remplacée par le sommet S

On pose :

$$m' = m_0 + m_1$$

$$\mathbf{V'} = (m_0\ \mathbf{V_0} + m_1\ \mathbf{V_1})/(m_0 + m_1)$$

Conserve masse et quantité de mouvement

(seulement...)

Epidaure

Conclusions

Maillage Géométrique

Structure de données satisfaisante
Améliorer le positionnement des sommets
Définir des protocoles d'amélioration du maillage

Comportement Physique

Définition de l'état du modèle
Maintien de cet état
Politique d'adaptation du maillage
Autres modèles d'objets

Epidaure