

Modélisation et Programmation 3D

Simplification / Subdivision de maillage



Cours du 18/03/2019

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Plan

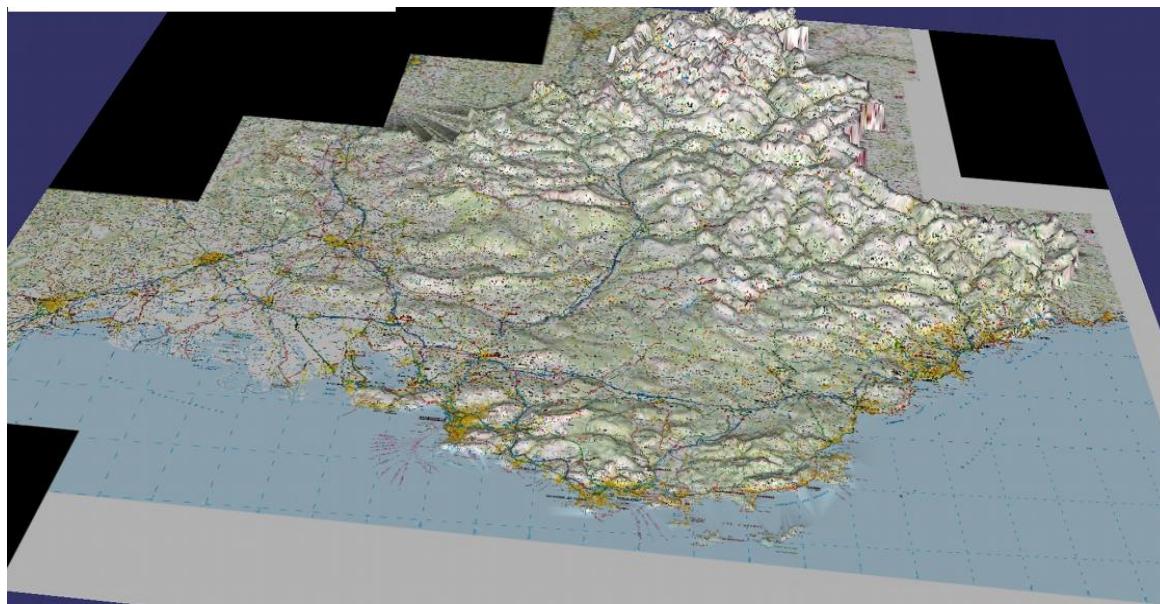
- **Introduction**
- **Simplification**
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- **Subdivision**
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

Plan

- **Introduction**
- **Simplification**
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- **Subdivision**
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

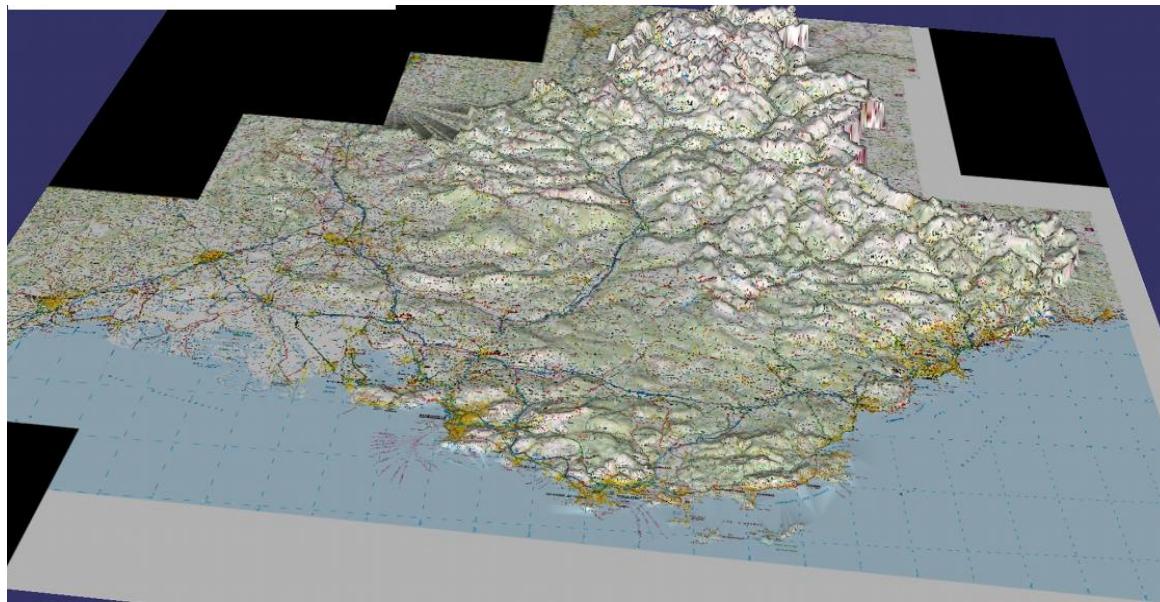
Introduction

- Exemple maillage de topologie de terrain :
 - énormément de triangle : plusieurs millions,
 - impossible d'afficher en temps réel une zone de plusieurs Km².



Introduction

- Exemple maillage de topologie de terrain :
 - énormément de triangle : plusieurs millions,
 - impossible d'afficher en temps réel une zone de plusieurs Km².
- Est-ce que tous les triangles sont utiles ?**



Introduction

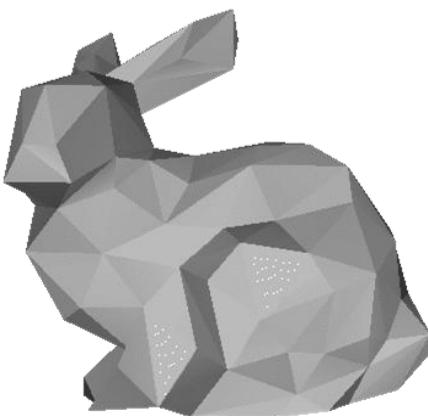
- Niveau de détail : en anglais *Level Of Details* → LOD.
- L'idée est de définir plusieurs affichages du même objet à différentes résolutions :
 - comment les construire,
 - combien en construire,
 - comment choisir le bon?



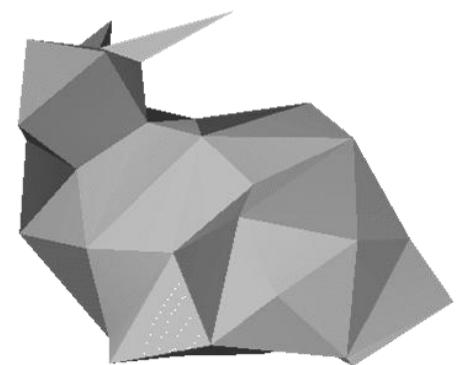
69 451 triangles



2 502 triangles



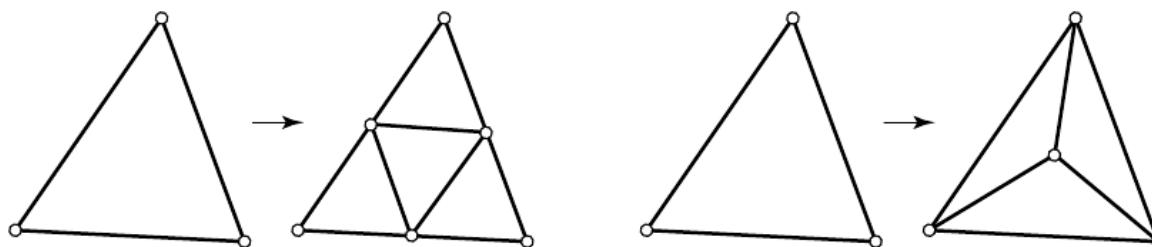
251 triangles



76 triangles

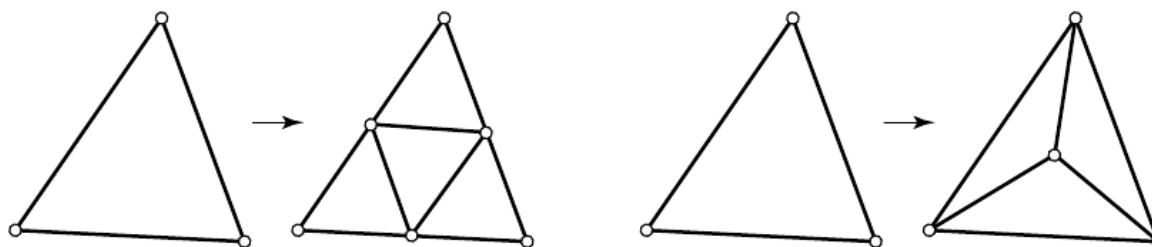
Introduction

- Subdivision → le but est de rajouter des triangles au maillage pour augmenter la résolution:
 - raffinement : on rajoute simplement des sommets au maillage,

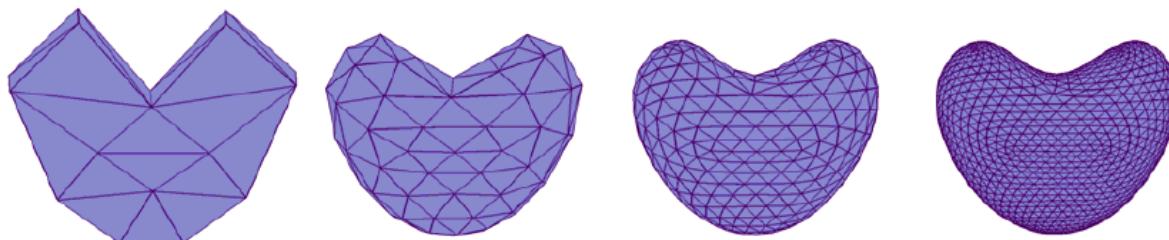


Introduction

- Subdivision → le but est de rajouter des triangles au maillage pour augmenter la résolution:
 - raffinement : on rajoute simplement des sommets au maillage,

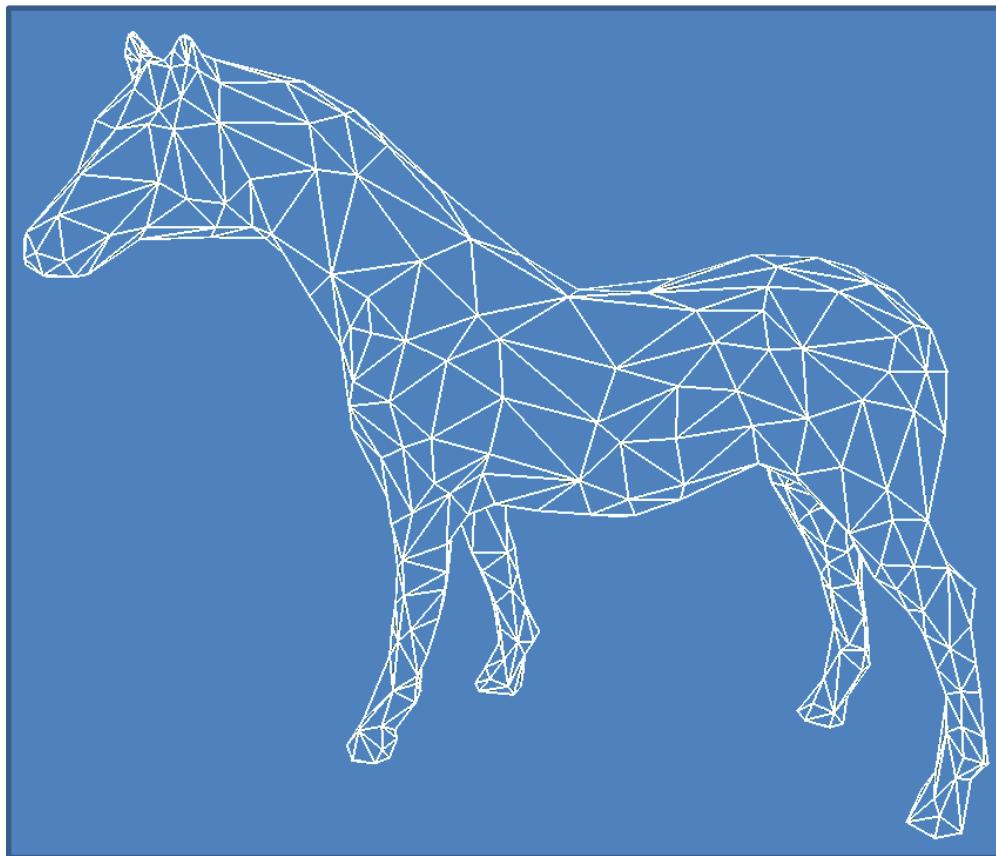


- subdivision : on applique un schéma de subdivision.



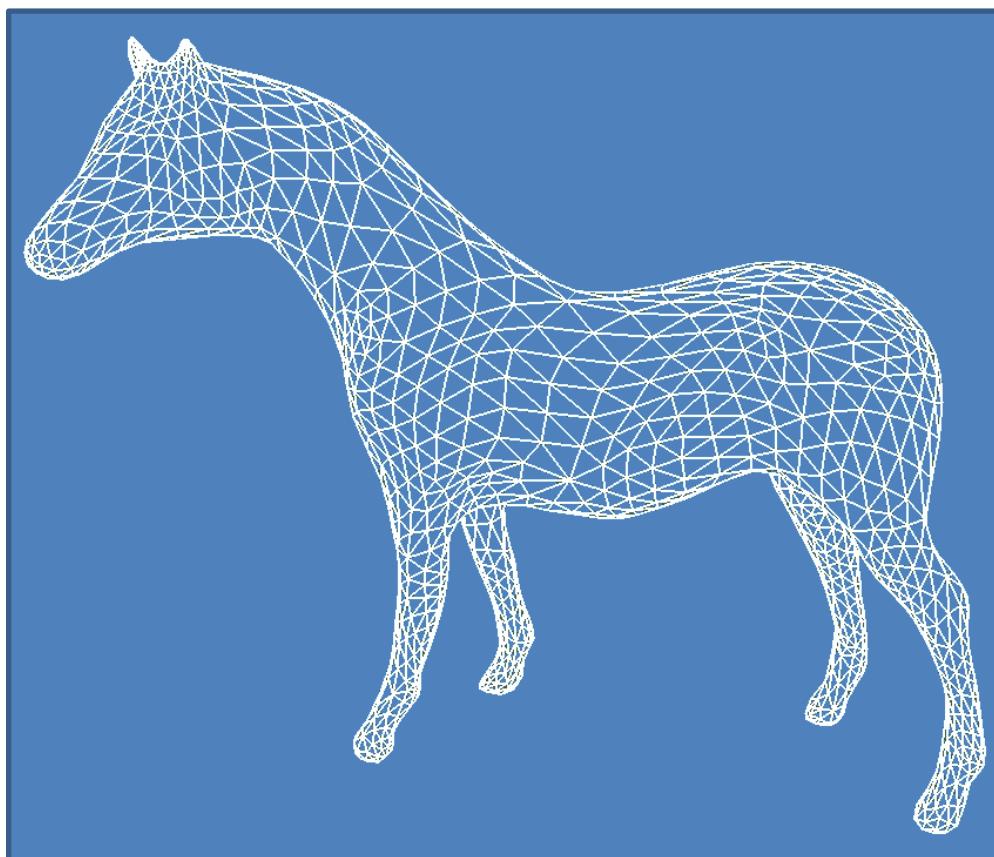
Introduction

- Permet d'obtenir un maillage plus ``lisse'':
 - Maillage initial :



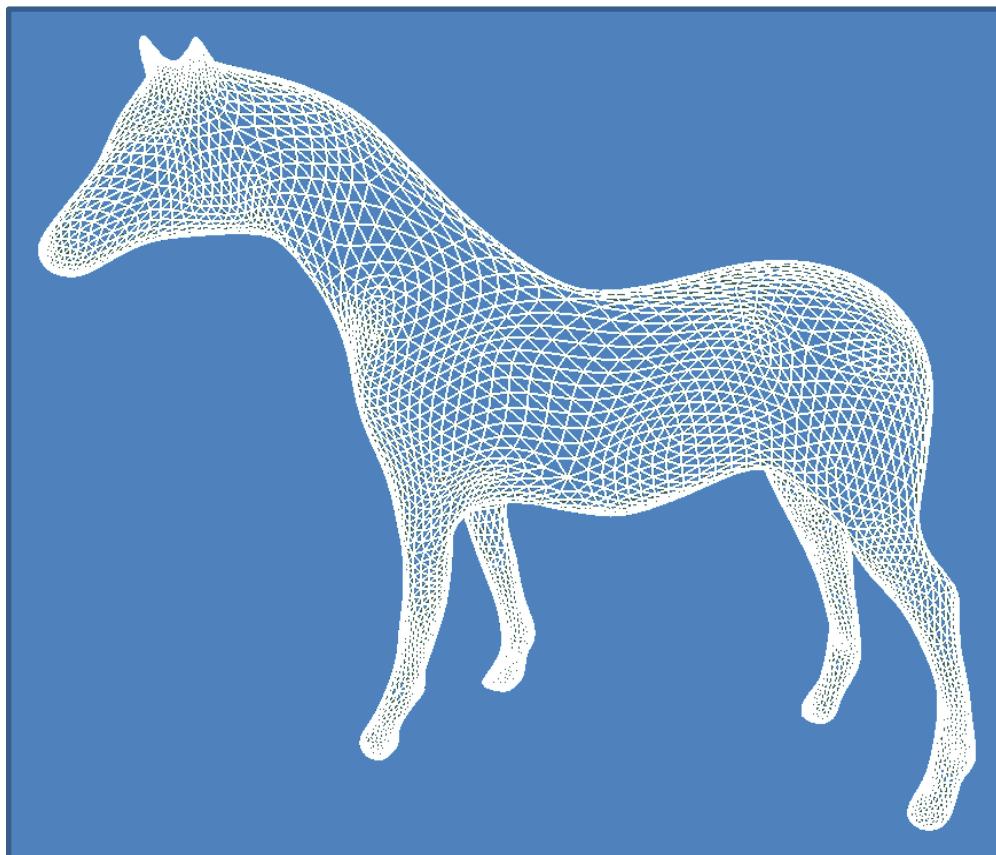
Introduction

- Permet d'obtenir un maillage plus ``lisse'':
 - Maillage après un pas de subdivision :



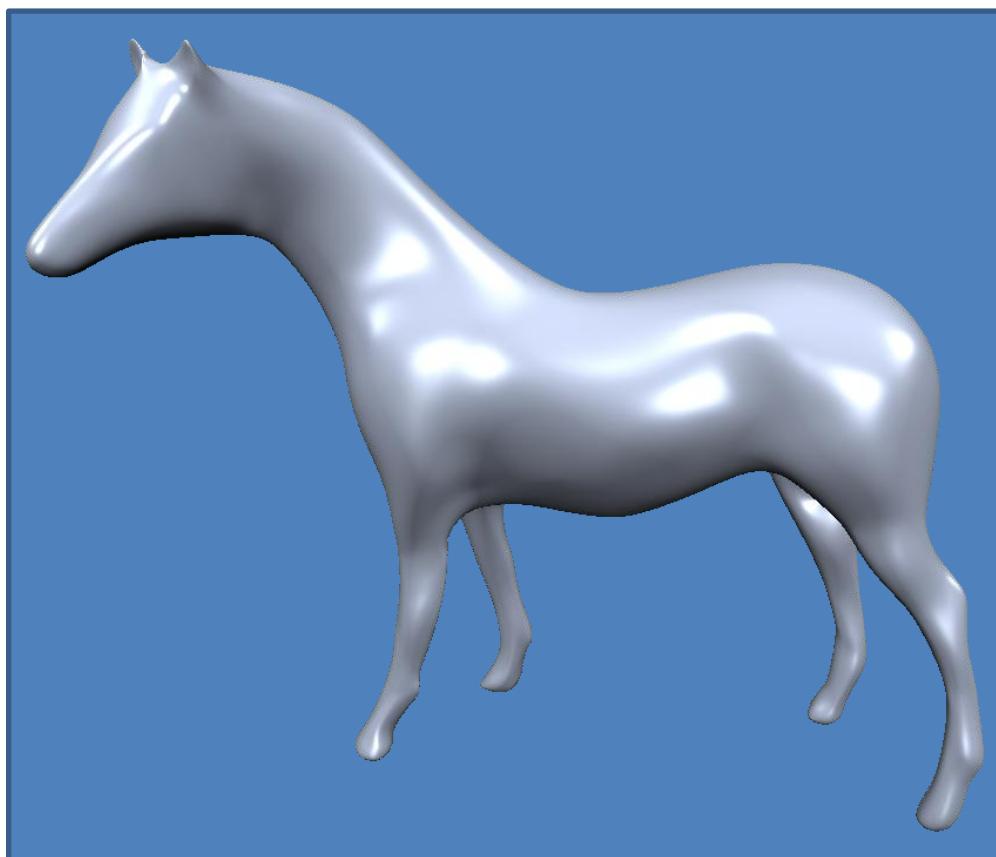
Introduction

- Permet d'obtenir un maillage plus ``lisse'':
 - Maillage après deux pas de subdivision :



Introduction

- Permet d'obtenir un maillage plus ``lisse'':
➤ **Surface limite :**



Plan

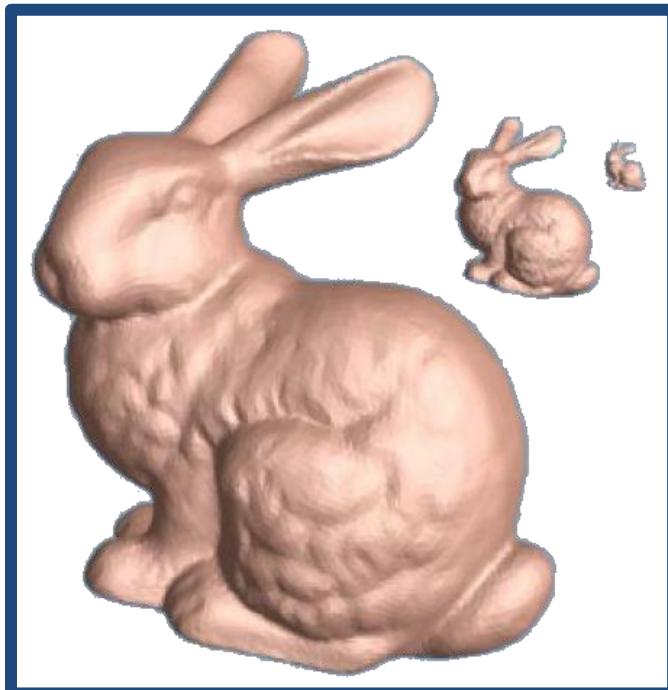
- Introduction
- Simplification
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- Subdivision
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

Types de LOD

- Quatre types de LOD parmi les principaux :
 - discret,
 - continu,
 - en fonction de point de vue,
 - imposteur.

Types de LOD : discret

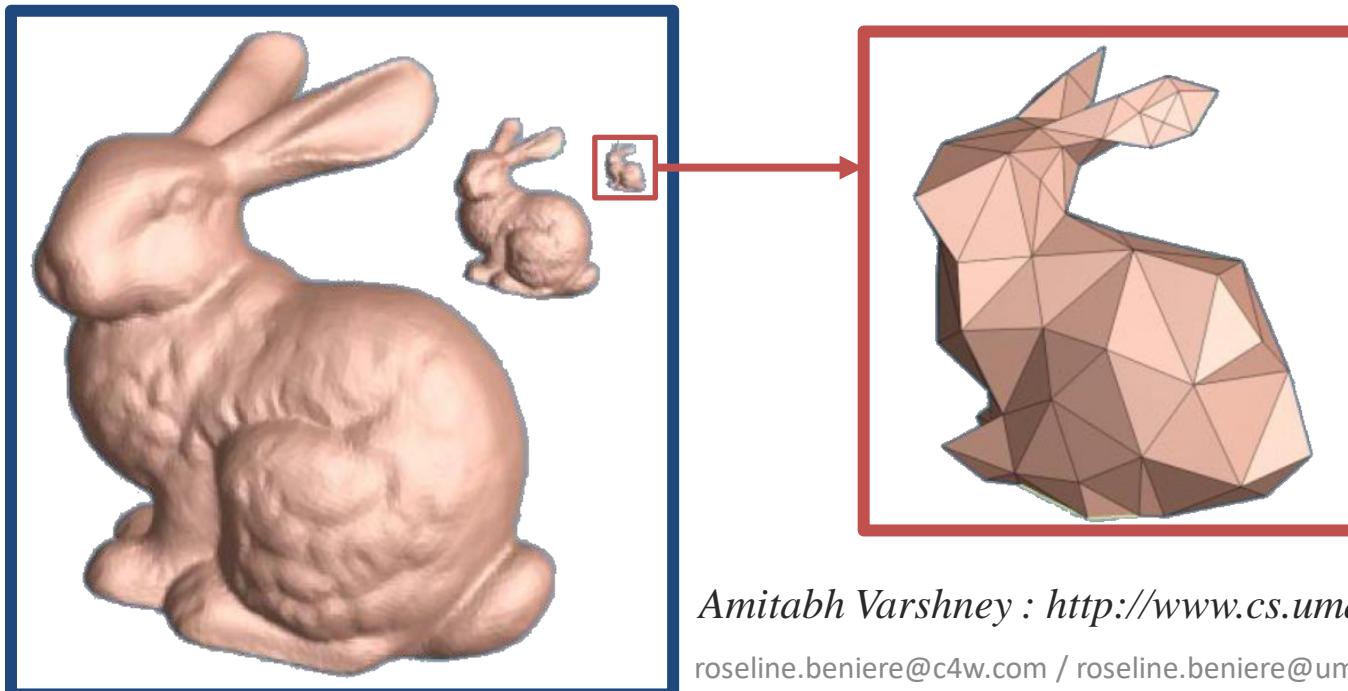
- LOD discret, pour les maillages 3D:
 - plusieurs maillages sont construits à différentes résolutions au départ,
 - en fonction de la position de l'objet dans la scène une représentation est choisie et affichée.



Amitabh Varshney : <http://www.cs.umd.edu/gvil>
roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Types de LOD : discret

- LOD discret, pour les maillages 3D:
 - plusieurs maillages sont construits à différentes résolutions au départ,
 - en fonction de la position de l'objet dans la scène une représentation est choisie et affichée.



Amitabh Varshney : <http://www.cs.umd.edu/gvil>

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

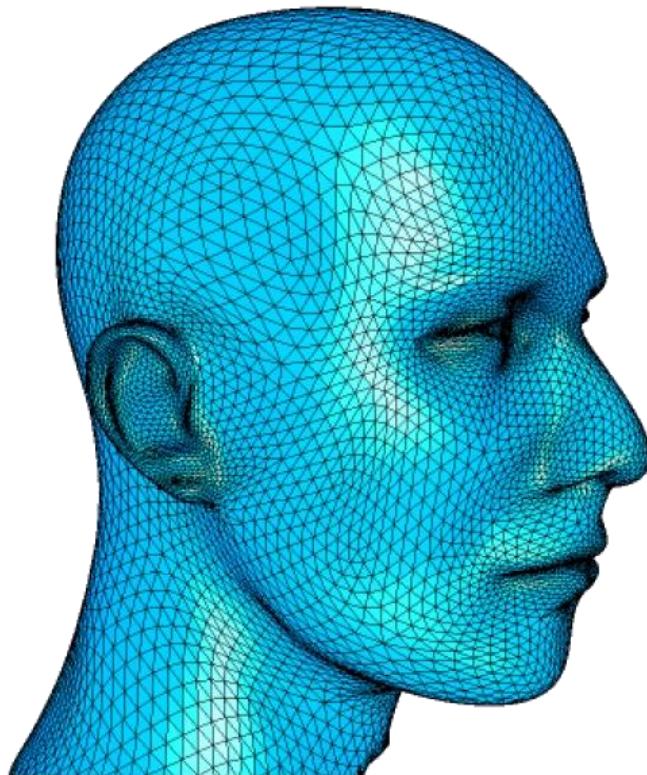
Types de LOD : continu

- LOD continu, pour les objets 3D continus:
 - l'objet est défini par des équations,
 - en fonction de la position de l'objet dans la scène les paramètres de discrétisation s'adapte,
 - un nouveau maillage est calculé à chaque modification de la scène.

Types de LOD : en fonction du point de vue

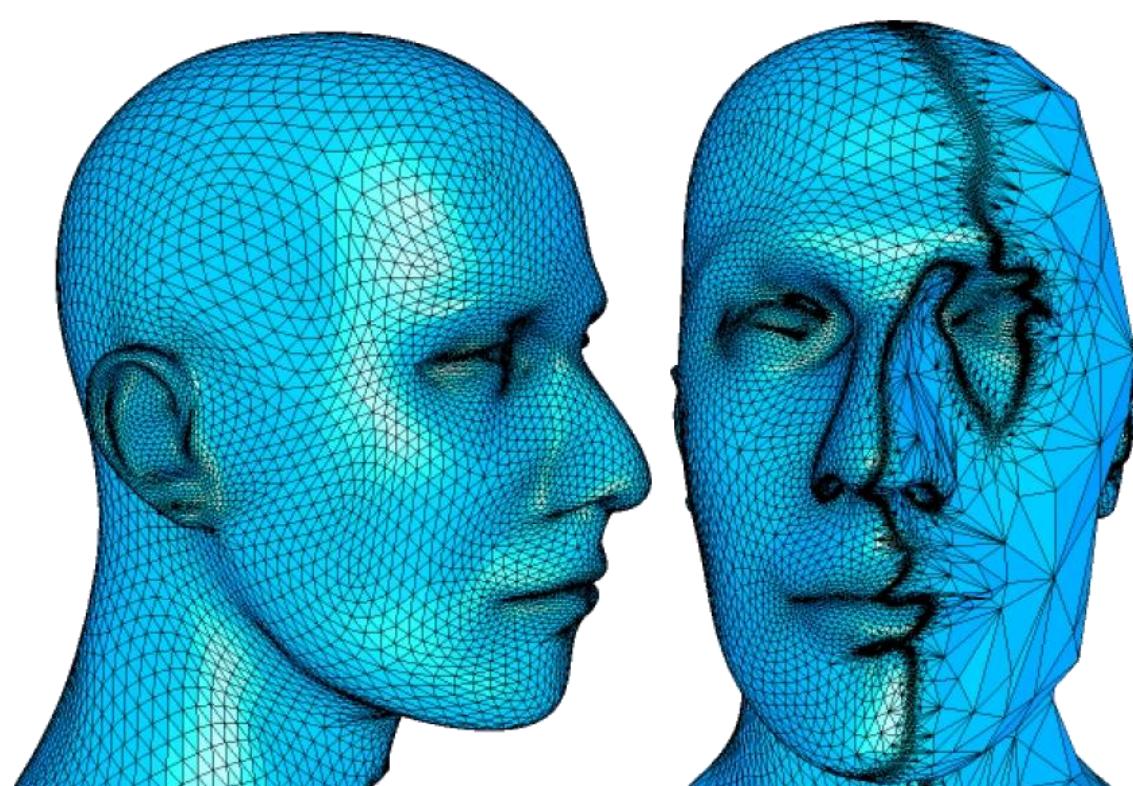
- LOD en fonction du point de vue de l'objet, pour les maillages 3D :
 - le maillage est simplifié de manière anisotrope,
 - les zones visibles sont identifiées et peu simplifiées,
 - les zones non visibles sont simplifiées de manière très importante.

Types de LOD : en fonction du point de vue



partie visible
de l'objet

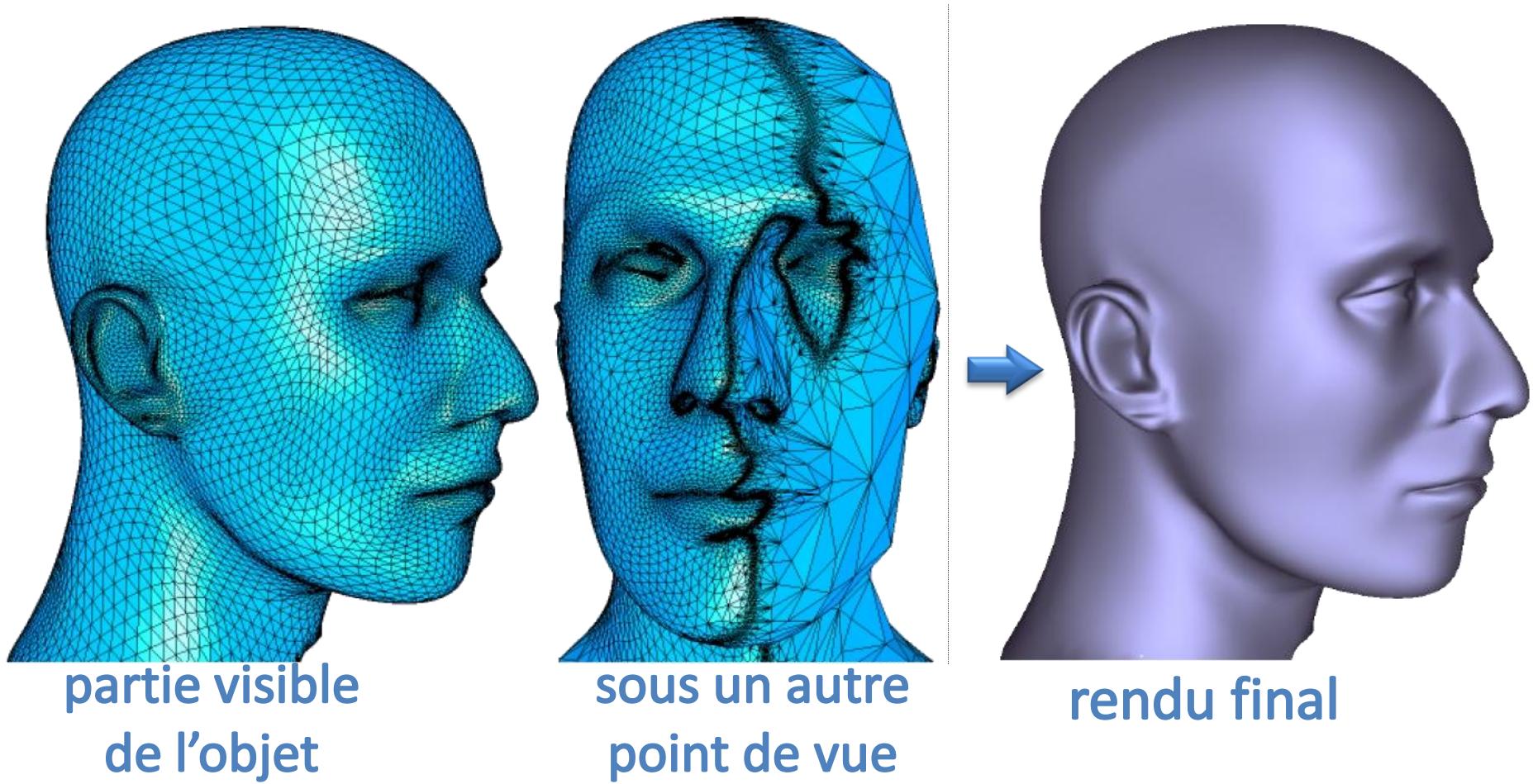
Types de LOD : en fonction du point de vue



partie visible
de l'objet

sous un autre
point de vue

Types de LOD : en fonction du point de vue



Types de LOD : imposteur

- LOD imposteur, pour les maillages ou les objets continus 3D:
 - la structure des objets est modifiée,
 - exemple : l'objet 3D est remplacé par une boîte englobante texturée calculée à partir de l'objet de départ détaillé,
 - dépendant du point vue et de l'éclairage.

Types de LOD : imposteur

- Technique : arbres représentés avec plus ou moins de facettes et de quadrillatères texturés.



LOD -0



LOD -3



LOD -5



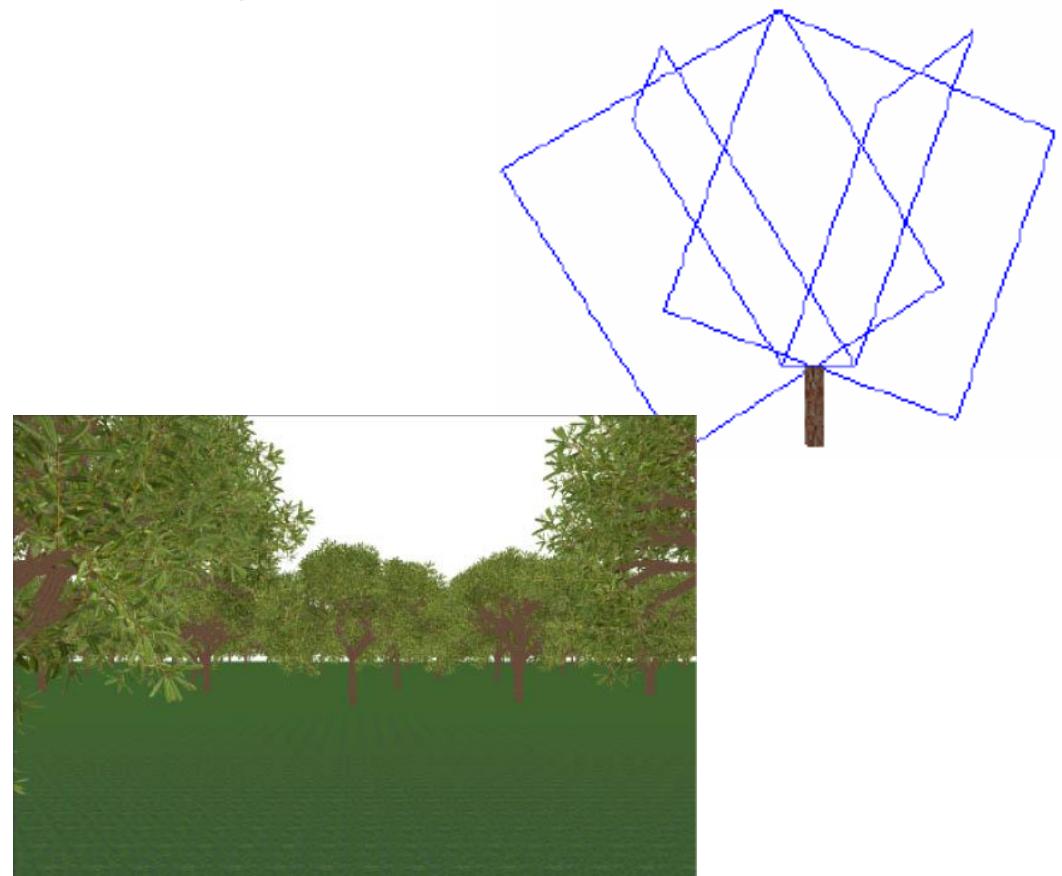
LOD -7



LOD -9



LOD -12



Types de LOD : imposteur

- LOD imposteur et objet 3D dans la même scène :



Frank Perbet (Imagis, Grenoble) :

<http://www-evasion.image.fr/Membres/Frank.Perbet/prairie/presentation.html>

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Types de LOD : imposteur

- LOD imposteur et objet 3D dans la même scène :



Simple texture verte.

Frank Perbet (Imagis, Grenoble) :

<http://www-evasion.image.fr/Membres/Frank.Perbet/prairie/presentation.html>

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Types de LOD : imposteur

- LOD imposteur et objet 3D dans la même scène :



Simple texture verte.

Texture semi-transparente
de brins d'herbe plaquée
sur des polygones.

Frank Perbet (Imagis, Grenoble) :

<http://www-evasion.image.fr/Membres/Frank.Perbet/prairie/presentation.html>

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Types de LOD : imposteur

- LOD imposteur et objet 3D dans la même scène :



- Simple texture verte.
- Texture semi-transparente de brins d'herbe plaquée sur des polygones.
- Brins d'herbe représentés individuellement en 3D.

Frank Perbet (Imagis, Grenoble) :

<http://www-evasion.image.fr/Membres/Frank.Perbet/prairie/presentation.html>

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Plan

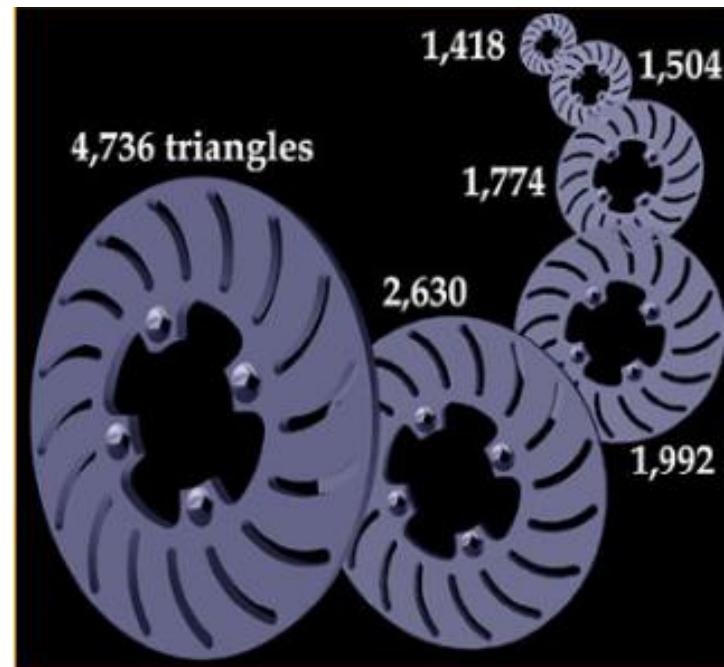
- Introduction
- Simplification
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- Subdivision
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

Méthode de simplification

- Plusieurs types de méthodes de simplification de maillages :
 - préservation de la topologie,
 - locales,
 - globales.

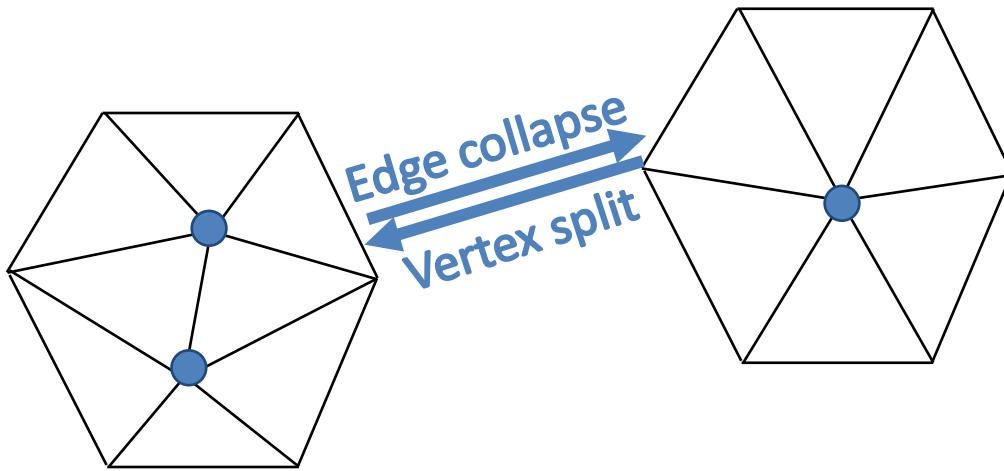
Méthode de simplification : préservation de la topologie

- Cette simplification ne modifie pas la topologie de l'objet :
 - le genre de l'objet reste le même,
 - limite la simplification,
 - n'est pas toujours nécessaire.



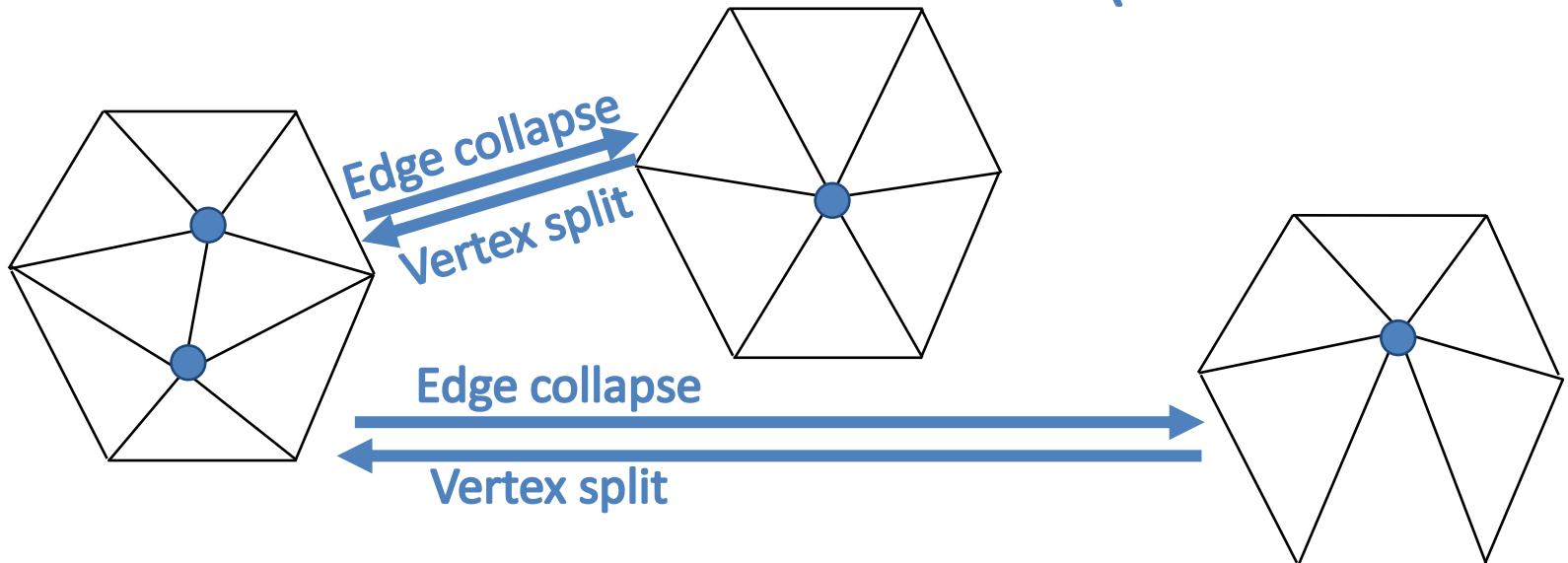
Méthode de simplification : locale

- Modifie les sommets, les arêtes ou les faces de manière locale :
 - fusion de deux sommets en un seul (milieu de l'arête),



Méthode de simplification : locale

- Modifie les sommets, les arêtes ou les faces de manière locale :
 - fusion de deux sommets en un seul (milieu de l'arête),
 - variante : un des deux sommets est conservé.

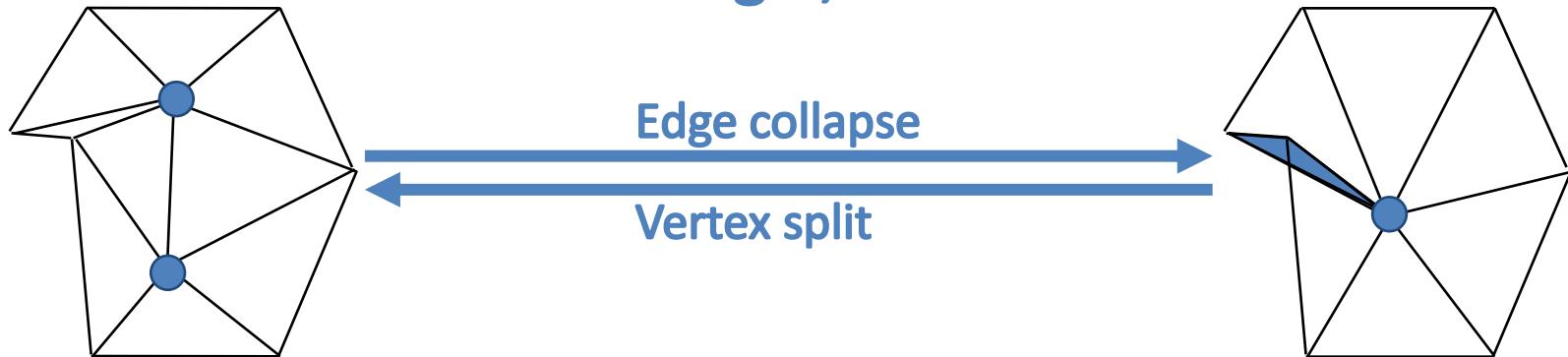


➤ variante : un des deux sommets est conservé.

Méthode de simplification : locale

- Problèmes de l'*edge collapse* :

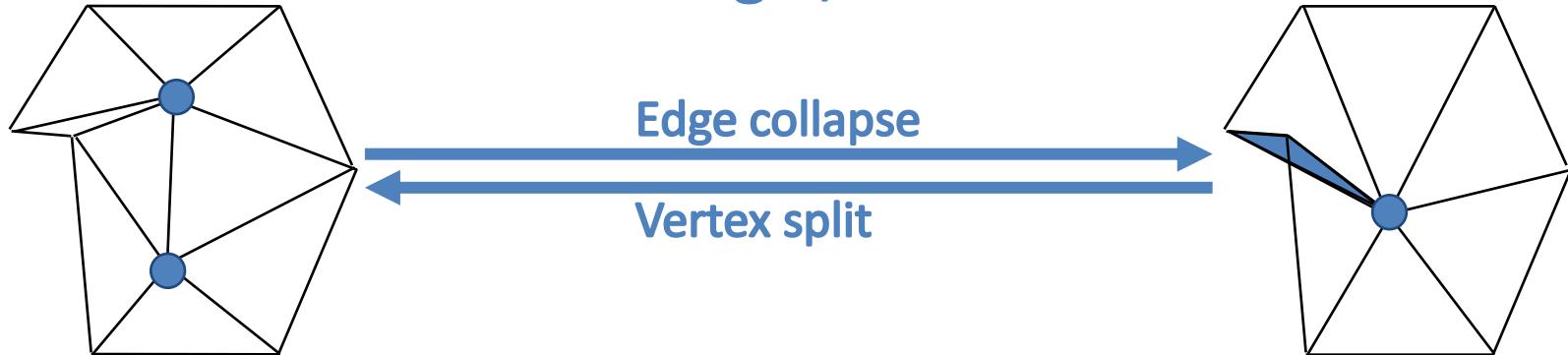
➤ recouvrement de triangle,



Méthode de simplification : locale

- Problèmes de l'*edge collapse* :

➤ recouvrement de triangle,



➤ maillage non conforme.

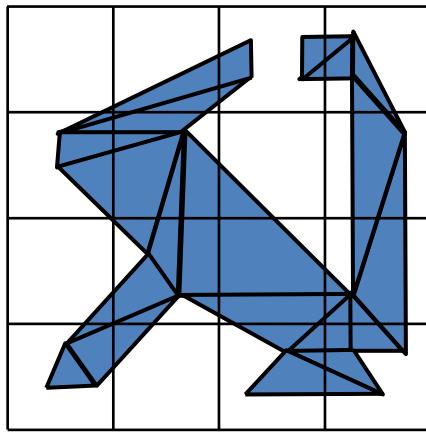


Méthode de simplification : locale

- Méthode de simplification : fusion de polygones
 - les polygones coplanaires (à une tolérance près) sont fusionnés et re-triangulés,
 - peut être appliquée à des maillages contenant des polygones autres que des triangles,
 - permet de supprimer plusieurs sommets en une fois.

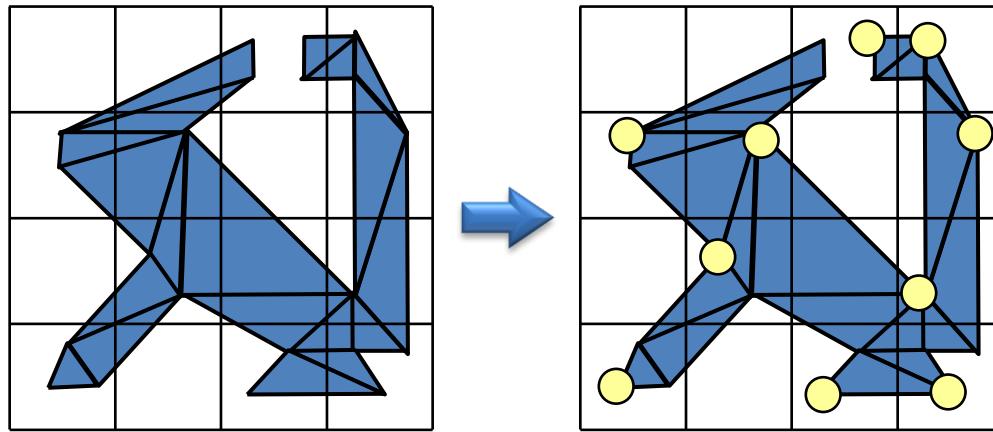
Méthode de simplification : locale

- Méthode de simplification : fusion par cellules
 - Les sommets sont placés dans des cellules,



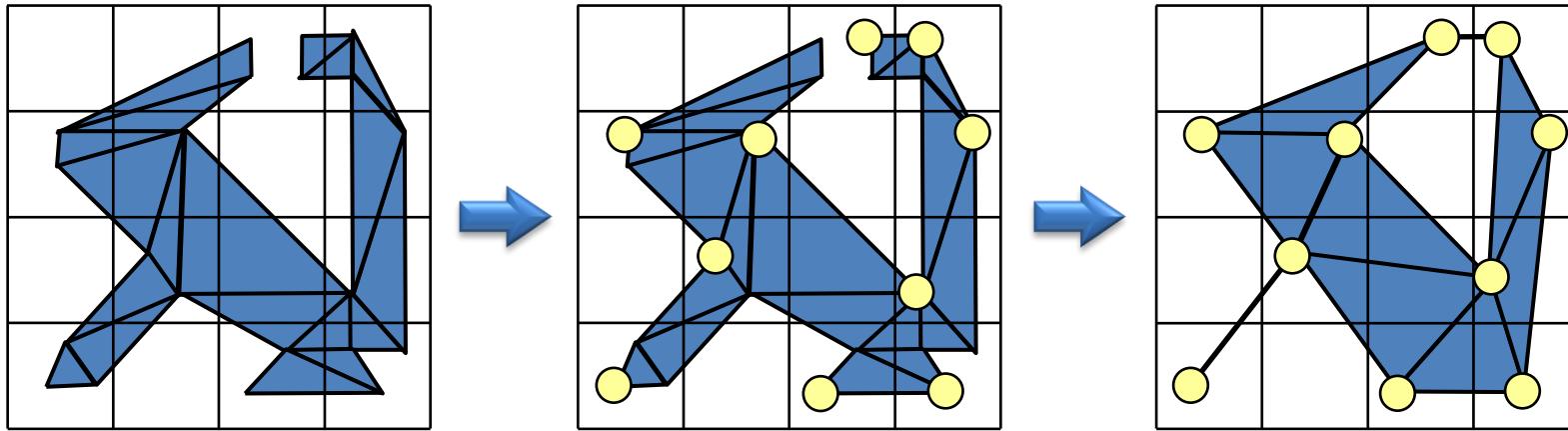
Méthode de simplification : locale

- Méthode de simplification : fusion par cellules
 - Les sommets sont placés dans des cellules,
 - tous les sommets d'une même cellule sont fusionnés,



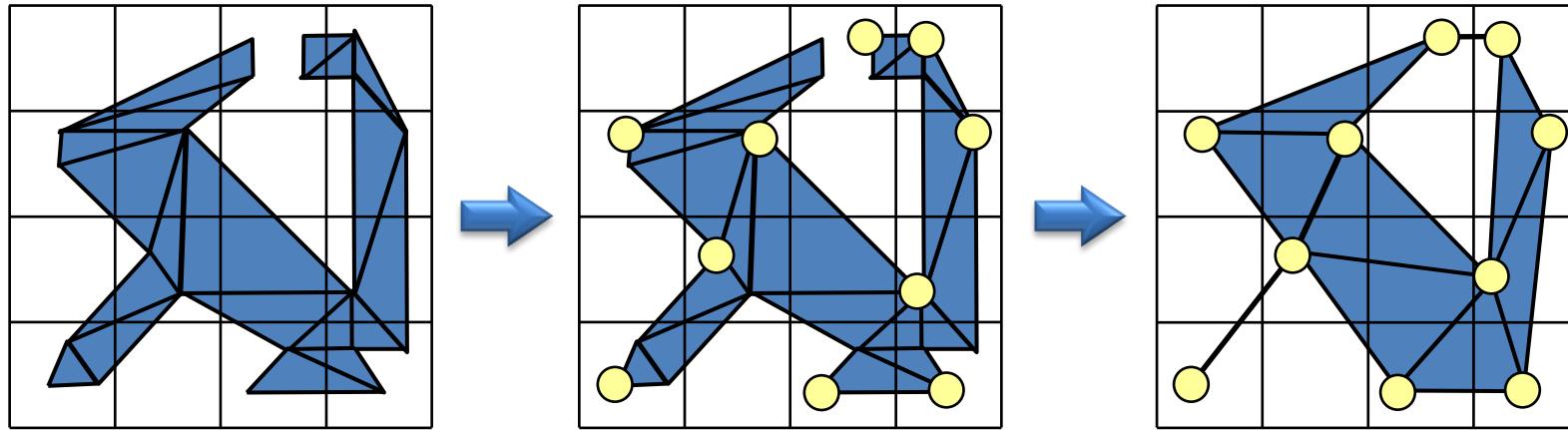
Méthode de simplification : locale

- Méthode de simplification : fusion par cellules
 - Les sommets sont placés dans des cellules,
 - tous les sommets d'une même cellule sont fusionnés,
 - tous les triangles ayant 2 ou 3 sommets dans une cellule sont remplacés par une arête ou un sommet.



Méthode de simplification : locale

- Méthode de simplification : fusion par cellules
 - Les sommets sont placés dans des cellules,
 - tous les sommets d'une même cellule sont fusionnés,
 - tous les triangles ayant 2 ou 3 sommets dans une cellule sont remplacés par une arête ou un sommet.



→ plus globale mais ne conserve pas la topologie.

Méthode de simplification : globale

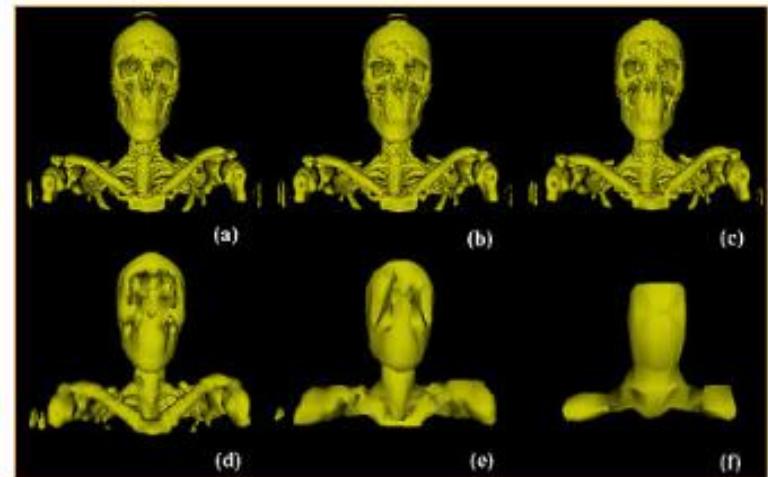
- Modifie le maillage dans sa globalité, correspond souvent à un remaillage :

Méthode de simplification : globale

- Modifie le maillage dans sa globalité, correspond souvent à un remaillage :

➤ rendu volume

- pixelisation dans une grille,
- filtre passe-bas sur la grille,
- reconstruction du maillage (marching cube).



Méthode de simplification : globale

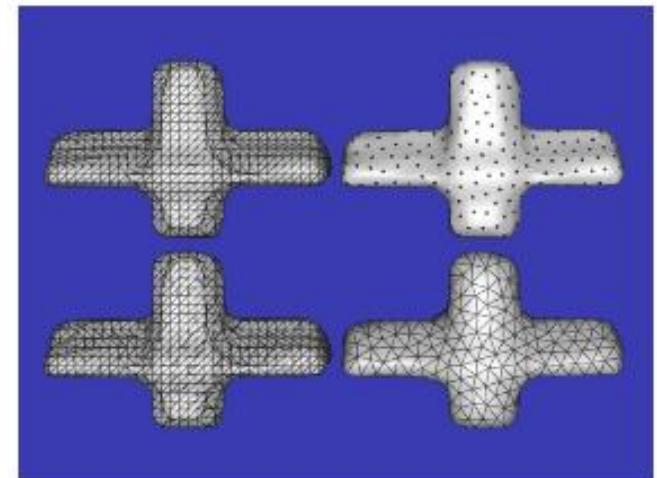
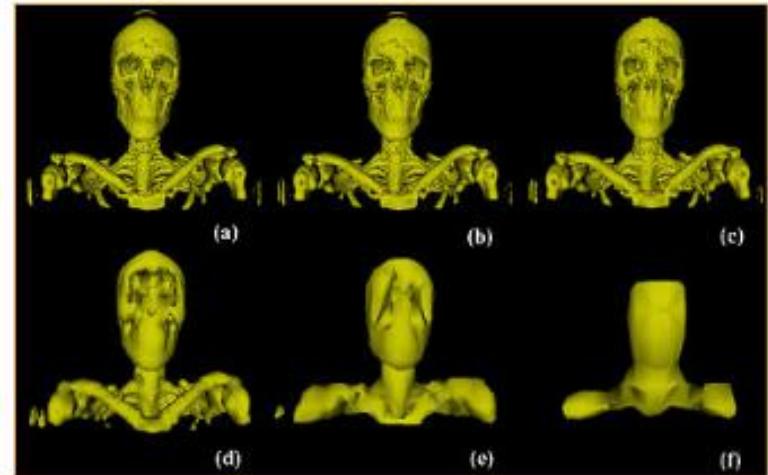
- Modifie le maillage dans sa globalité, correspond souvent à un remaillage :

➤ rendu volume

- pixelisation dans une grille,
- filtre passe-bas sur la grille,
- reconstruction du maillage (marching cube).

➤ redistribution des polygones

- distribution des points sur la surface,
- re-triangulation des points.

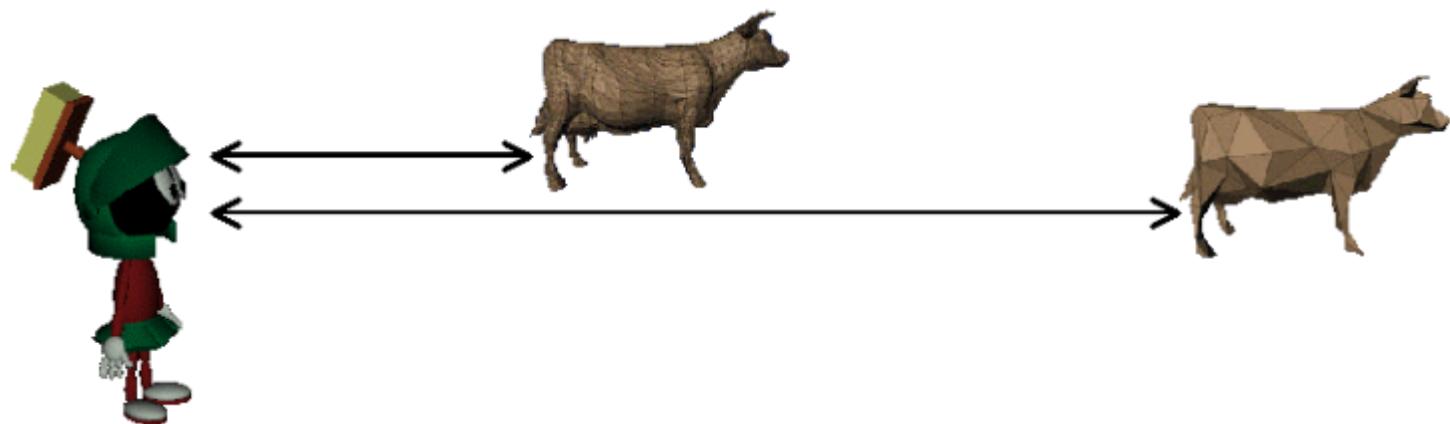


Plan

- Introduction
- Simplification
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- Subdivision
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

LOD sélection

- Plusieurs critères possibles :
 - distance entre les objets et ``l'œil'',
 - taille de la scène (zoom),
 - priorité de certains objets, conditions environnementales, facteurs perceptuels ...



LOD sélection : erreurs métriques

- Erreurs métriques utiles pour :
 - guider les simplifications,
 - estimer les résultats des simplifications,
 - savoir quel modèle utiliser à l'affichage.
- Erreurs étudiées:
 - erreurs géométriques,
 - erreurs sur les attributs.

LOD sélection : erreurs métriques

- Comment mesurer la distance entre 2 surfaces :
 - distances d'Hausdorff,
 - approximation.

LOD sélection : erreurs métriques

- Comment mesurer la distance entre 2 surfaces :
 - distances d'Hausdorff,
 - approximation.
- Différence entre erreur maximum et erreur moyenne.

LOD sélection : erreurs métriques

- Comment mesurer la distance entre 2 surfaces :
 - distances d'Hausdorff,
 - approximation.
- Différence entre erreur maximum et erreur moyenne.
- Erreurs au niveau de l'écran.

LOD sélection : erreurs métriques

- Approches possibles :

- sommet-sommet

- naturel pour la fusion des points,
 - ne reflète pas les changements sur la surface.

- sommet-plan

- distance entre un sommet et le plan support des faces,
 - imprécis en théorie.

- sommet-surface

- distance avec le point le plus proche sur la surface.

- surface-surface

- la meilleure méthode pour estimer les modifications sur un objet,
 - difficile à calculer.

Plan

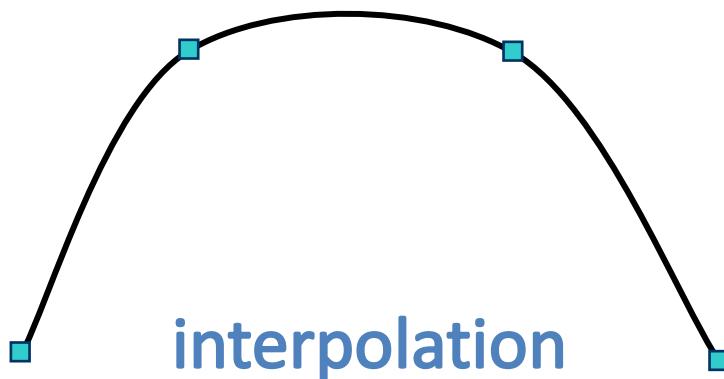
- Introduction
- Simplification
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- Subdivision
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - Subdivision adaptative

Subdivision d'une courbe

- Créer une courbe à partir de points :

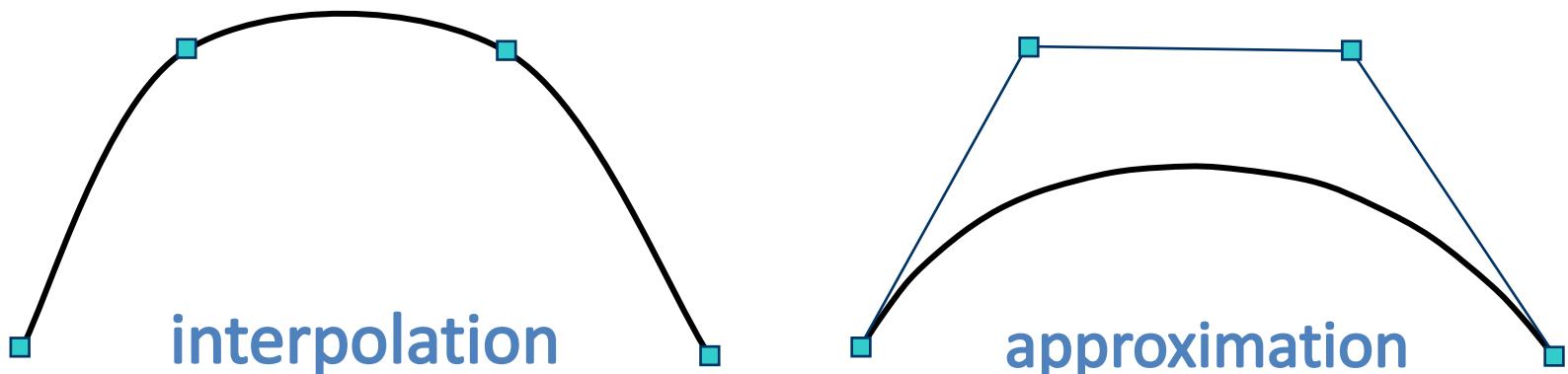
Subdivision d'une courbe

- Créer une courbe à partir de points :
 - interpolation : la courbe passe par les points,



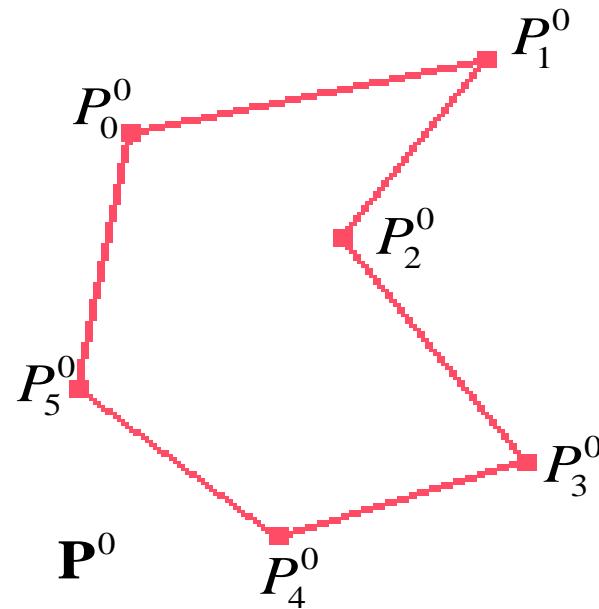
Subdivision d'une courbe

- Créer une courbe à partir de points :
 - interpolation : la courbe passe par les points,
 - approximation : la courbe est attirée par les points.



Subdivision d'une courbe

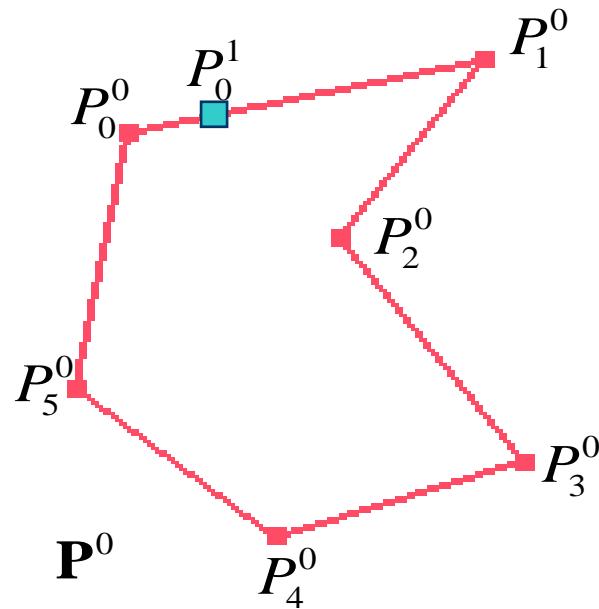
- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :



Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

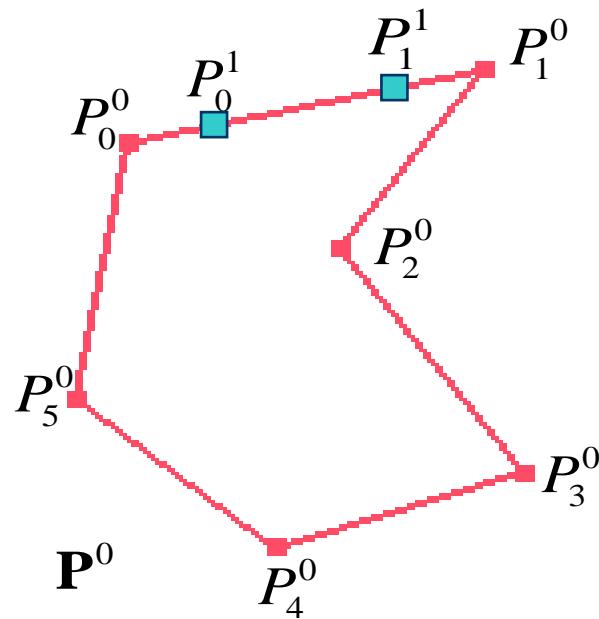


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

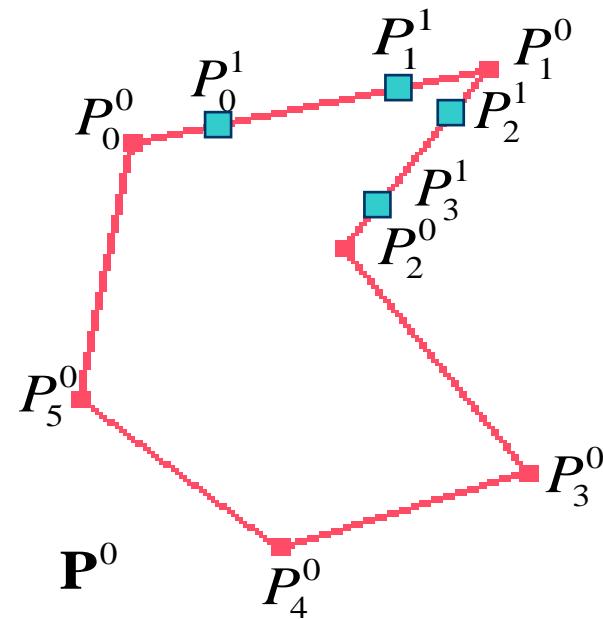


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

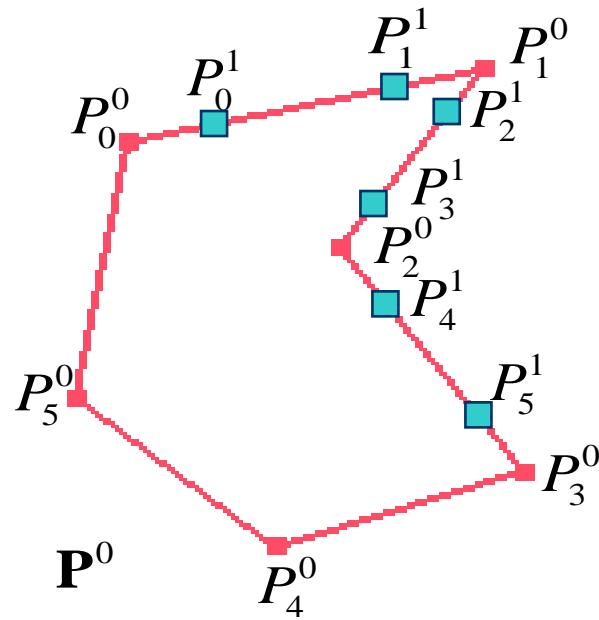


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

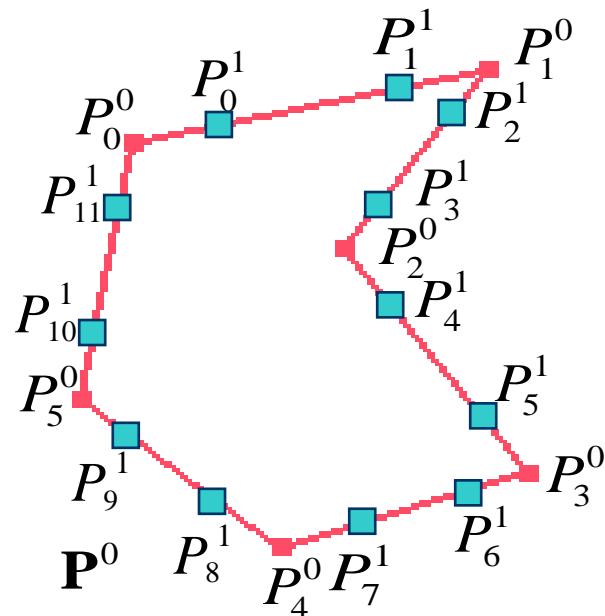


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

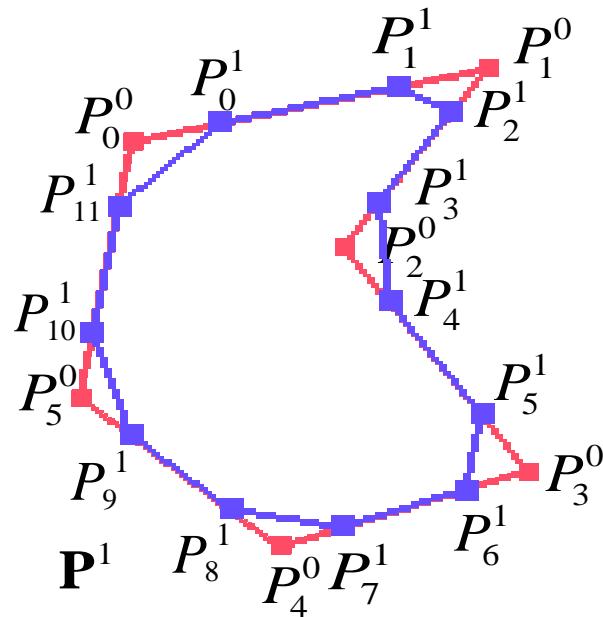


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

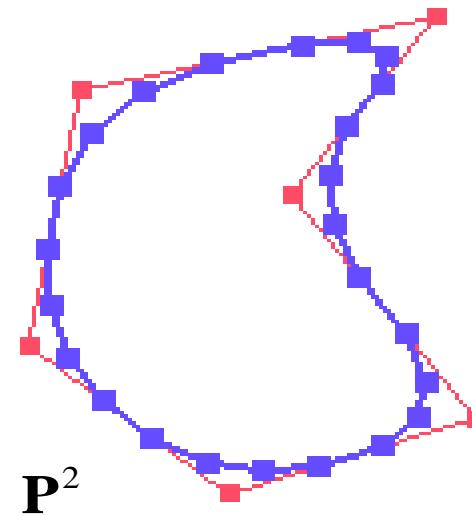


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$

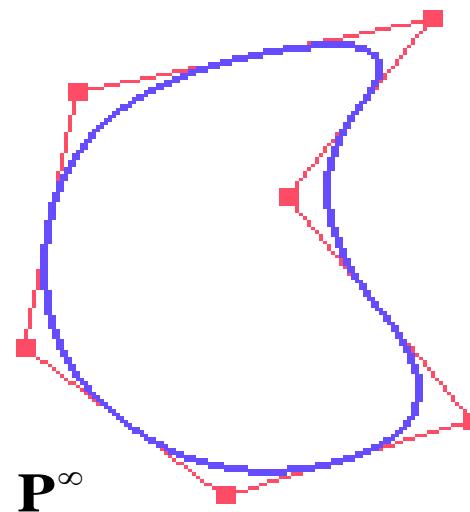


Subdivision d'une courbe

- Subdiviser une courbe avec l'algorithme de Chaikin :

$$P_{2i}^{k+1} = \frac{3}{4} P_i^k + \frac{1}{4} P_{i+1}^k$$

$$P_{2i+1}^{k+1} = \frac{1}{4} P_i^k + \frac{3}{4} P_{i+1}^k$$



Plan

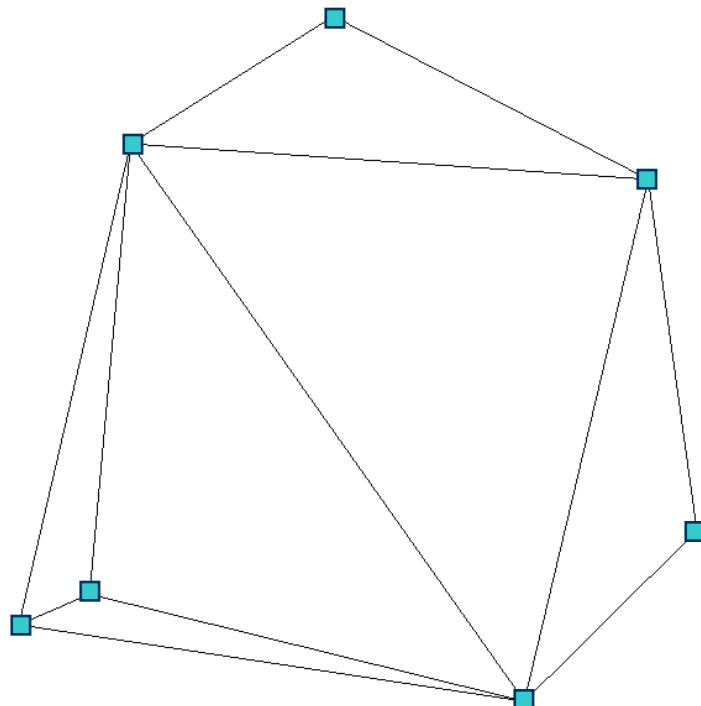
- **Introduction**
- **Simplification**
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- **Subdivision**
 - Subdivision d'une courbe
 - **Subdivision d'une surface**
 - Subdivision adaptative

Subdivision d'une surface

- Créer une surface à partir de points :

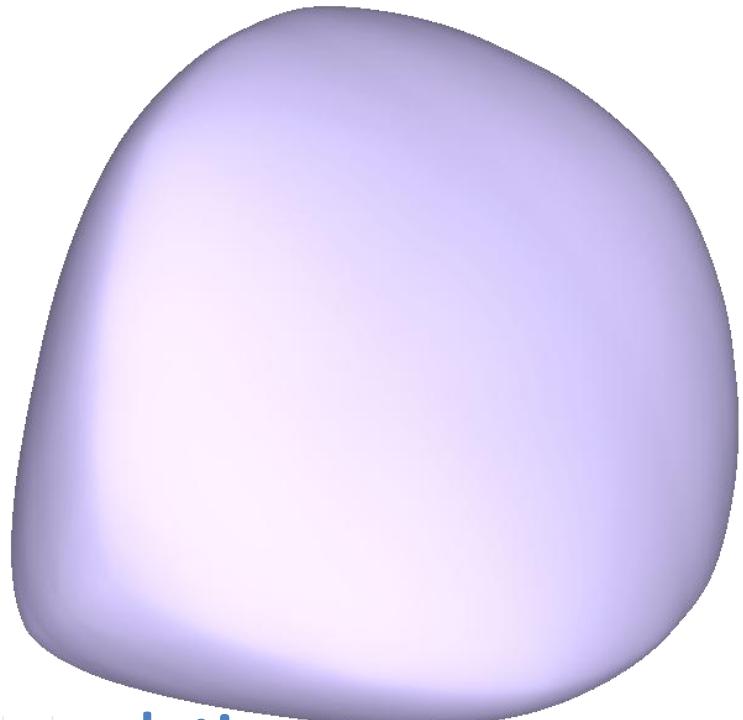
Subdivision d'une surface

- Créer une surface à partir de points :
 - interpolation : la surface passe par les points,



Subdivision d'une surface

- Créer une surface à partir de points :
 - interpolation : la surface passe par les points,

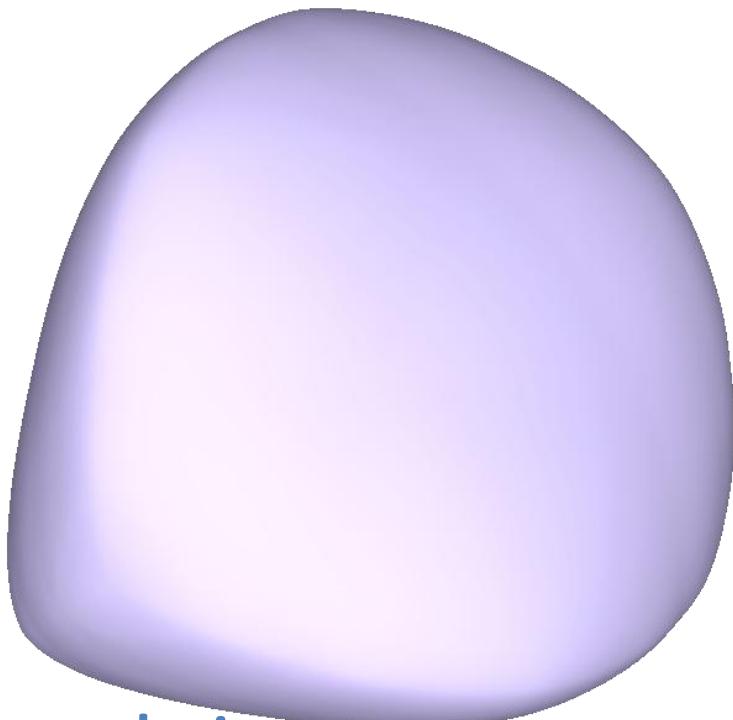


interpolation

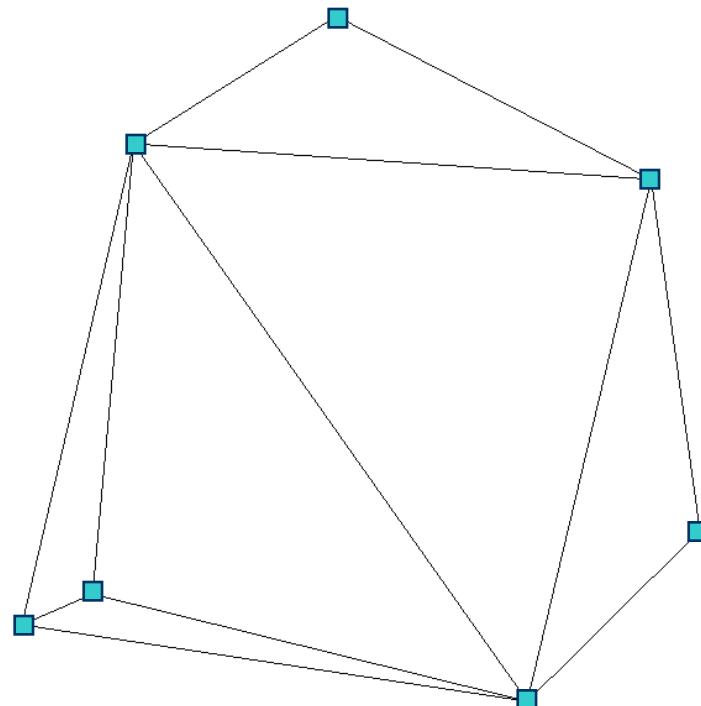
roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Subdivision d'une surface

- Créer une surface à partir de points :
 - interpolation : la surface passe par les points,
 - approximation : la surface est attirée par les points.

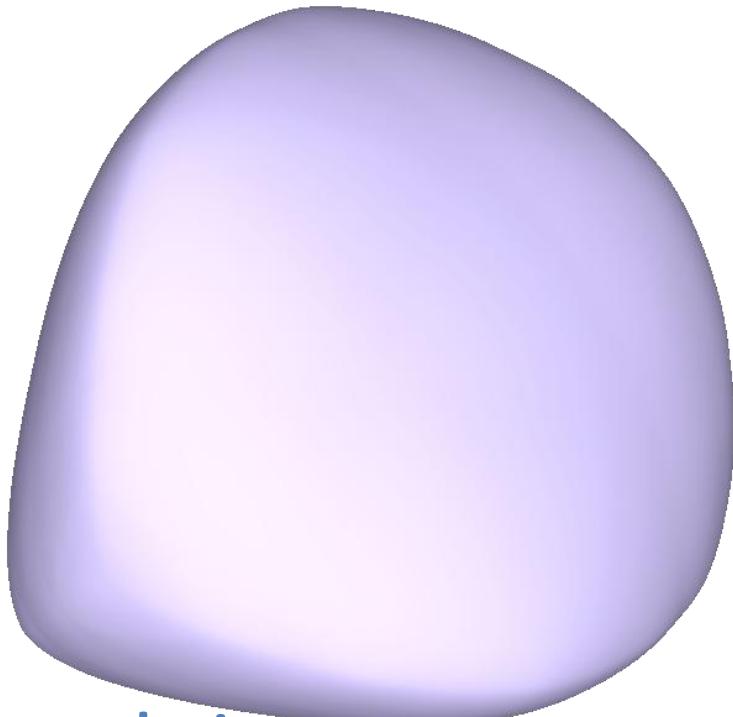


interpolation

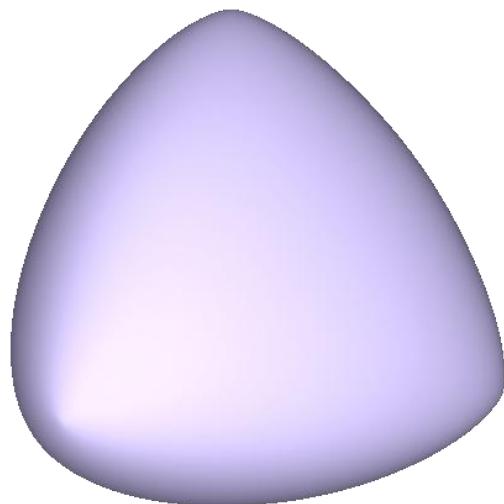


Subdivision d'une surface

- Créer une surface à partir de points :
 - interpolation : la surface passe par les points,
 - approximation : la surface est attirée par les points.



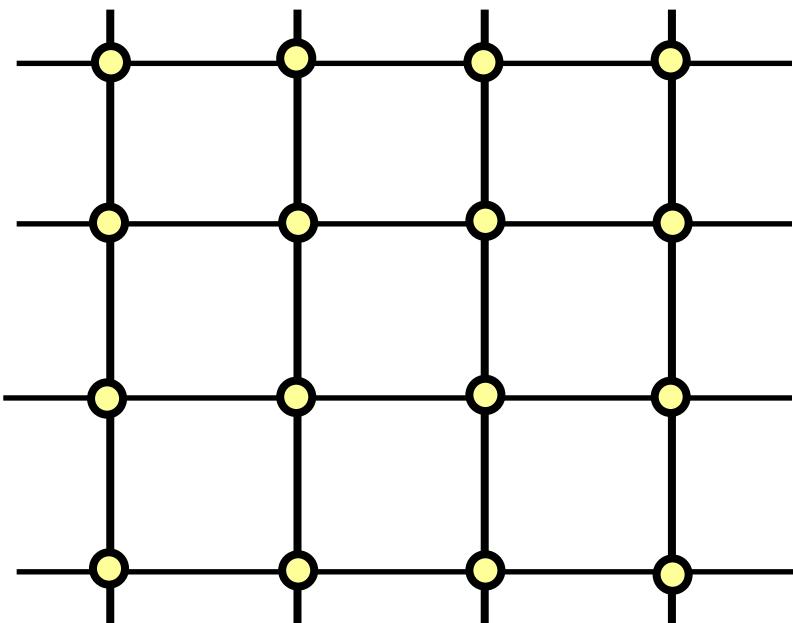
interpolation



approximation

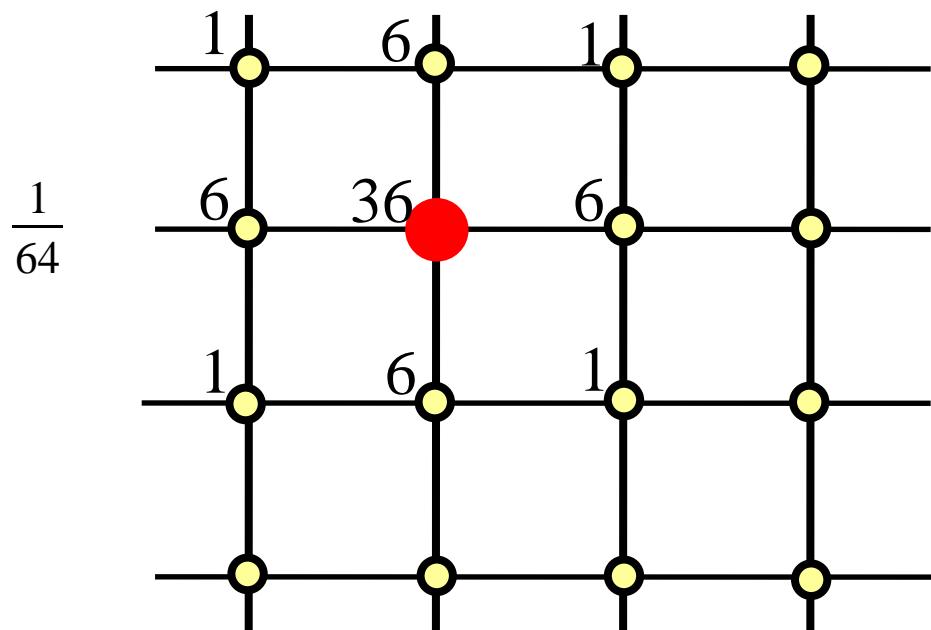
Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :



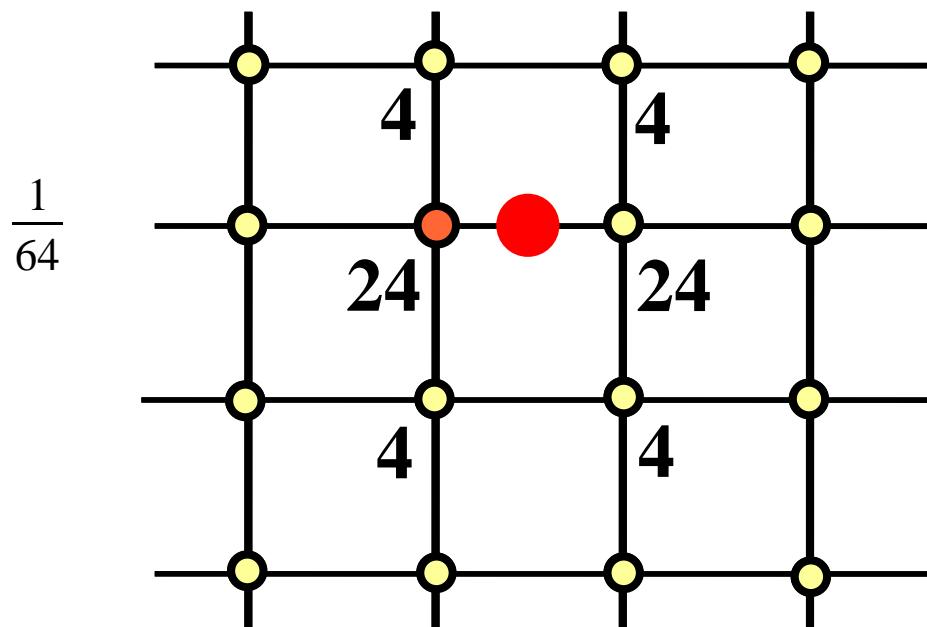
Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :
 - modification de sommet, ●



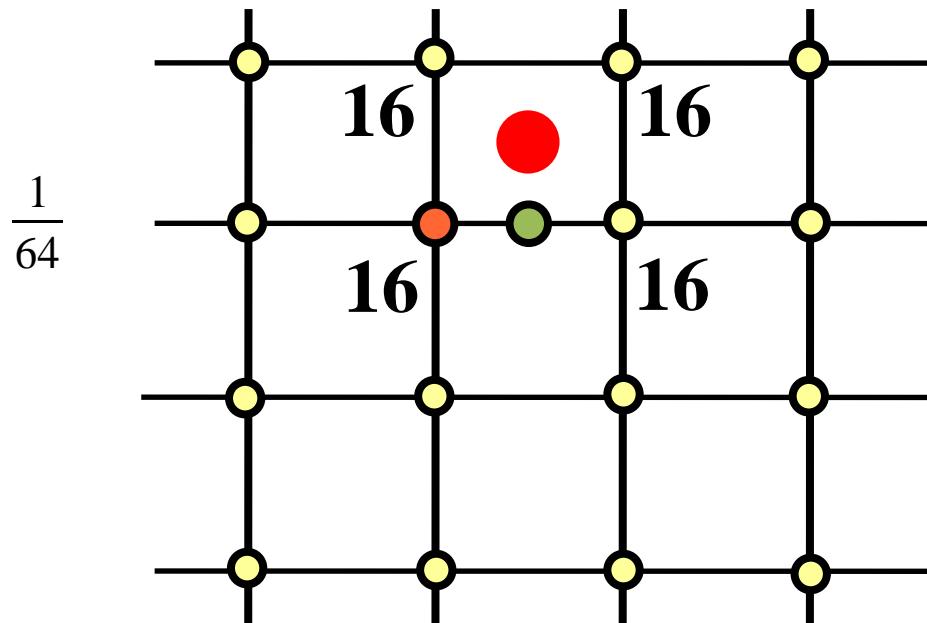
Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :
 - modification de sommet, ●
 - ajout d'un sommet par arête, ○



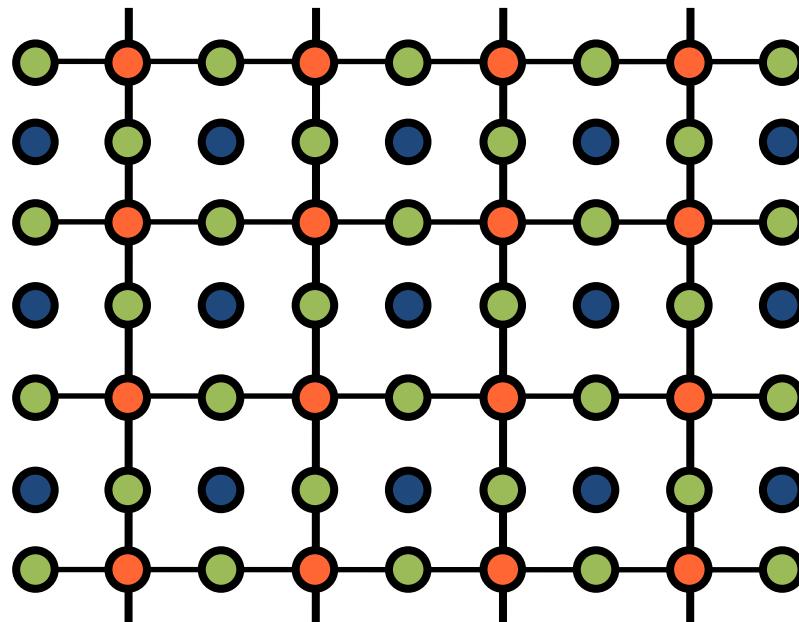
Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :
 - modification de sommet, ●
 - ajout d'un sommet par arête, ○
 - ajout d'un sommet par face. ●



Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :
 - modification de sommet, ●
 - ajout d'un sommet par arête, ○
 - ajout d'un sommet par face. ●

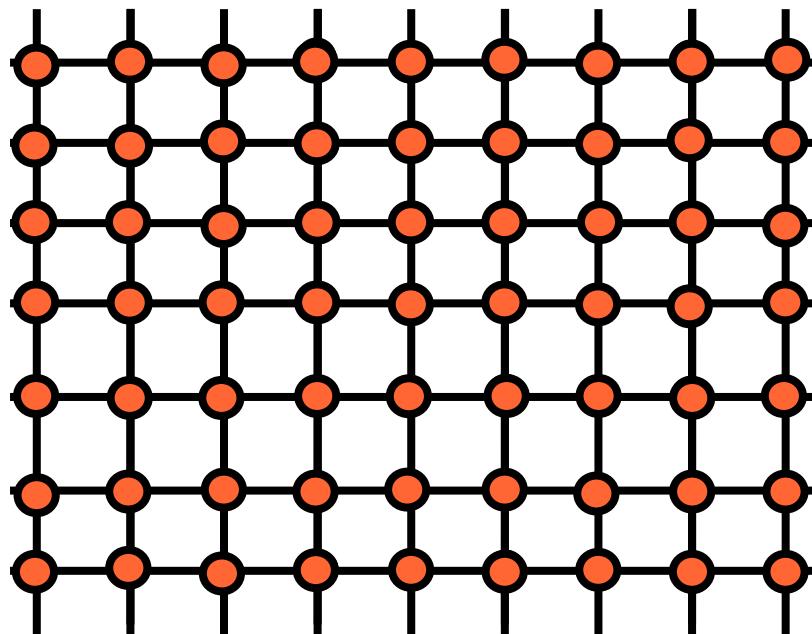


Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :

- modification de sommet, ●
- ajout d'un sommet par arête, ●
- ajout d'un sommet par face. ●

remaillage

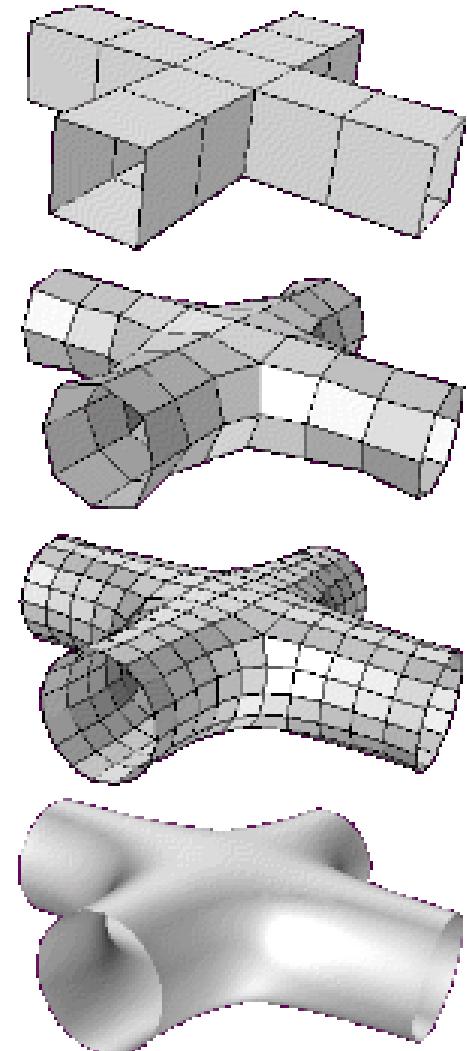
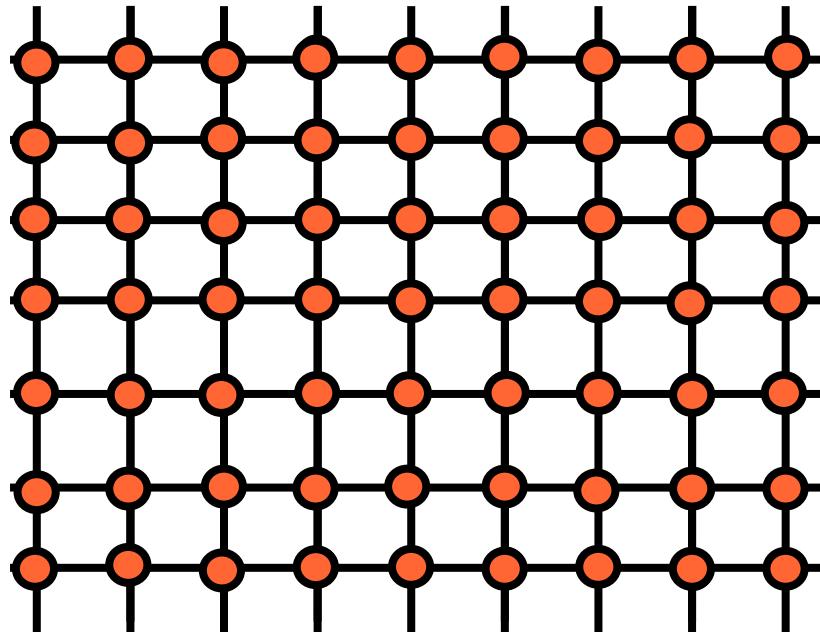


Subdivision d'une surface

- Schéma de subdivision :

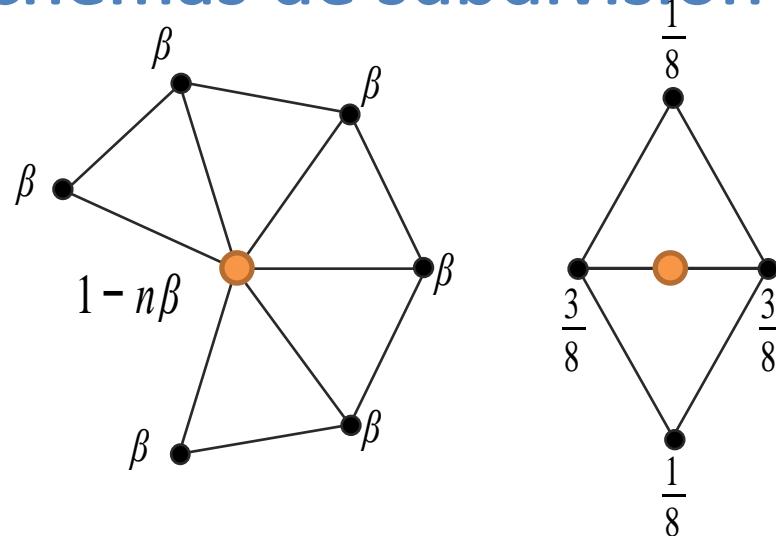
- modification de sommet, ●
- ajout d'un sommet par arête, ●
- ajout d'un sommet par face. ●

remaillage



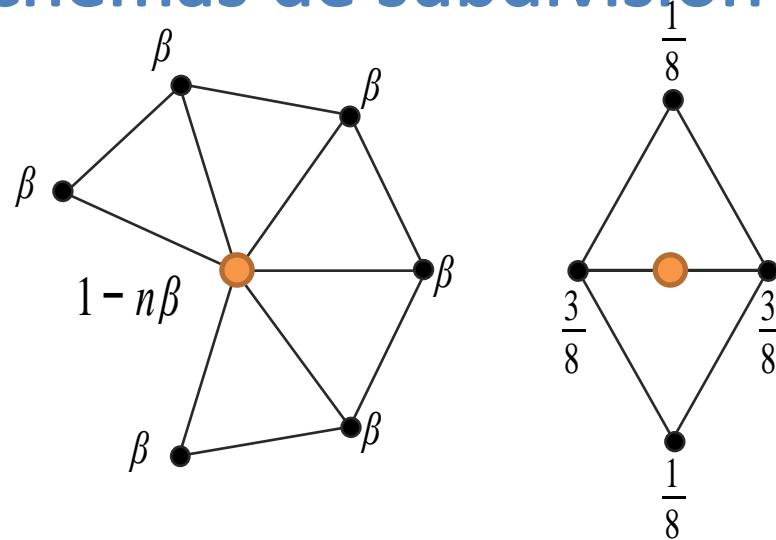
Subdivision d'une surface

- Il existe plusieurs schémas de subdivision :
 - schéma Loop,



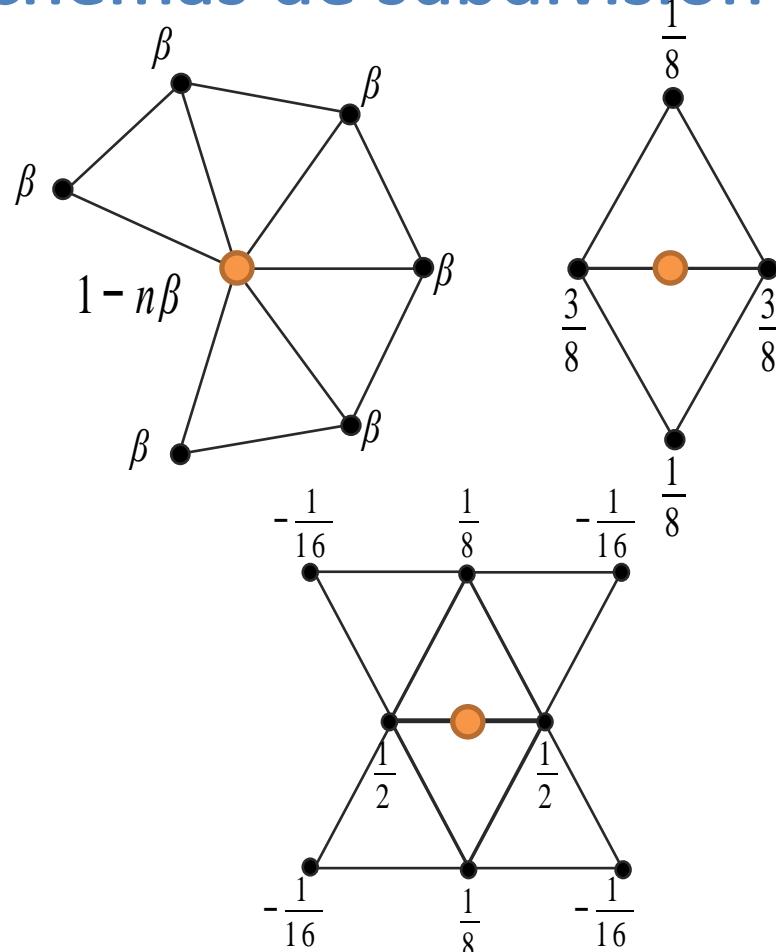
Subdivision d'une surface

- Il existe plusieurs schémas de subdivision :
 - schéma Loop,
- approximation



Subdivision d'une surface

- Il existe plusieurs schémas de subdivision :
 - schéma Loop,
 - approximation
 - schéma Butterfly.



Subdivision d'une surface

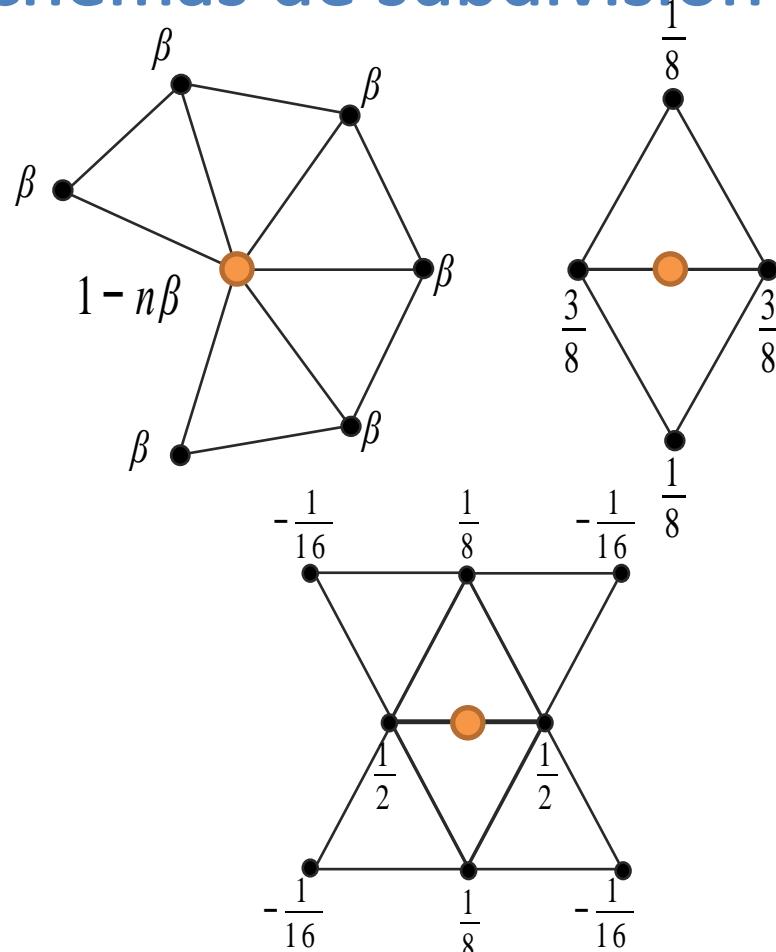
- Il existe plusieurs schémas de subdivision :

➤ schéma Loop,

approximation

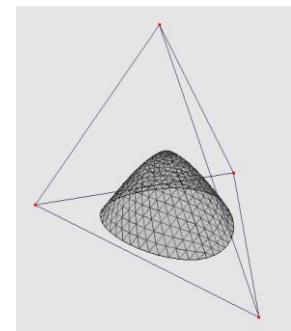
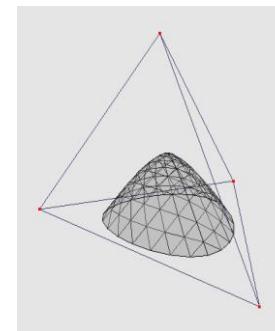
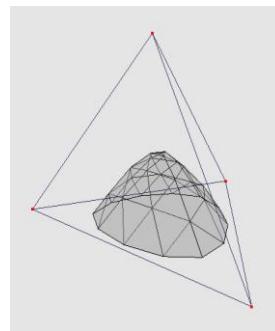
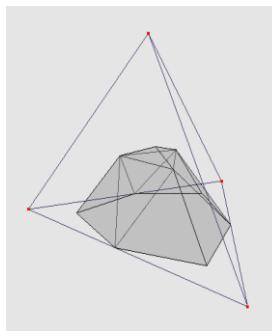
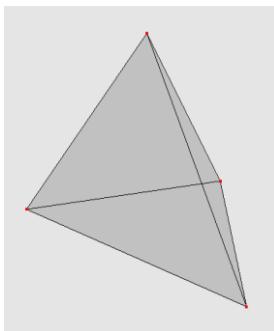
➤ schéma Butterfly.

interpolation

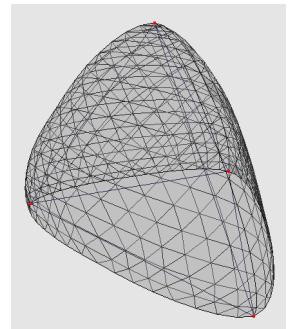
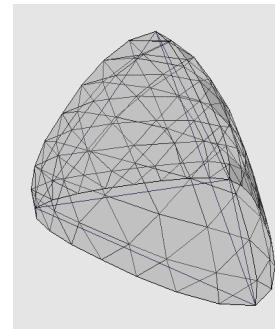
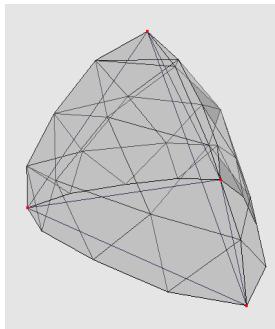
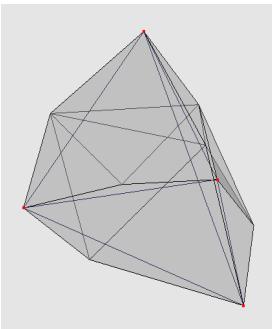
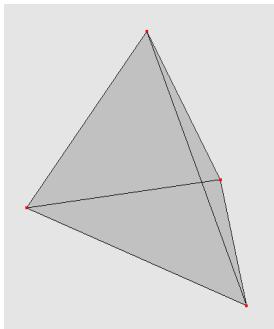


Subdivision d'une surface

- Il existe plusieurs schéma de subdivision :
 - schéma Loop,



- schéma Butterfly.



Plan

- **Introduction**
- **Simplification**
 - Types de LOD (Level Of Details : Niveau de détail)
 - Méthodes de simplification
 - LOD sélection
- **Subdivision**
 - Subdivision d'une courbe
 - Subdivision d'une surface
 - **Subdivision adaptative**

Subdivision adaptative

- Le principe de la subdivision adaptative ou non-uniforme est de ne pas subdiviser tout le maillage de la même manière :

Subdivision adaptative

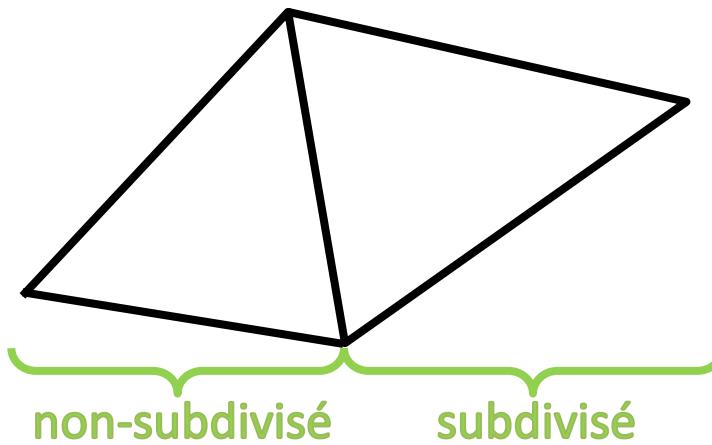
- Le principe de la subdivision adaptative ou non-uniforme est de ne pas subdiviser tout le maillage de la même manière :
➤ où subdiviser ➔ critère de subdivision?

Subdivision adaptative

- Le principe de la subdivision adaptative ou non-uniforme est de ne pas subdiviser tout le maillage de la même manière :
 - où subdiviser ➔ critère de subdivision?
 - comment subdiviser ➔ schéma spécifique de subdivision?

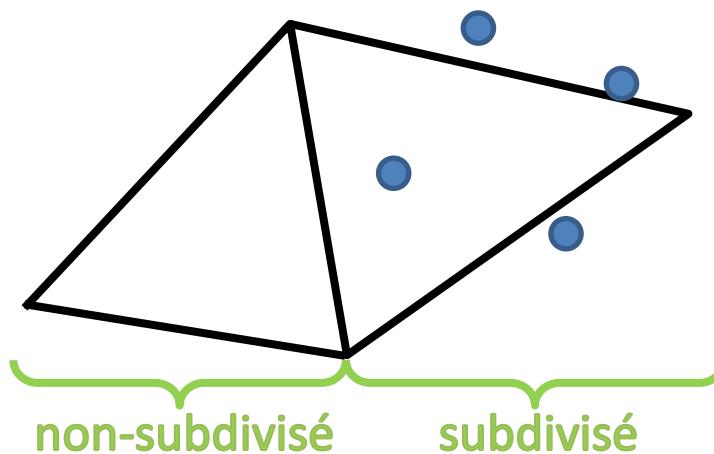
Subdivision adaptative

- Difficultés de la subdivision adaptative :



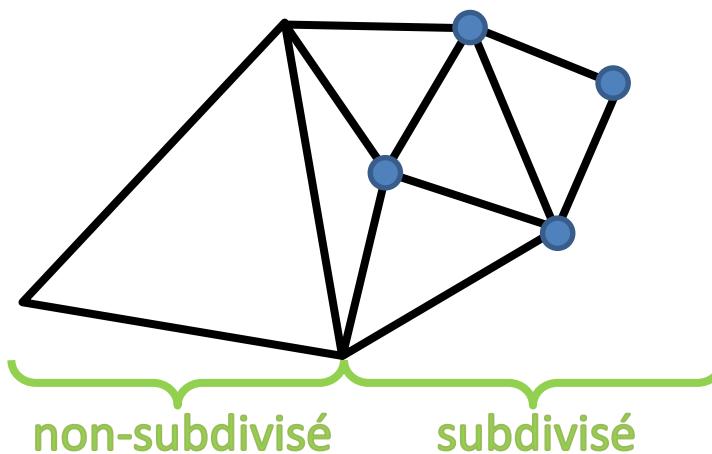
Subdivision adaptative

- Difficultés de la subdivision adaptative :



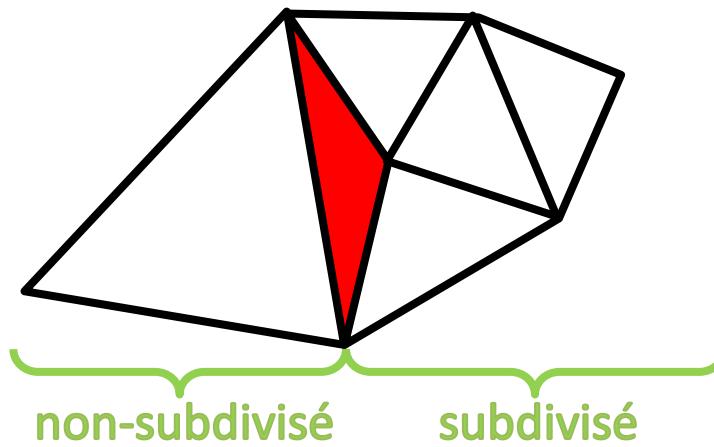
Subdivision adaptative

- Difficultés de la subdivision adaptative :



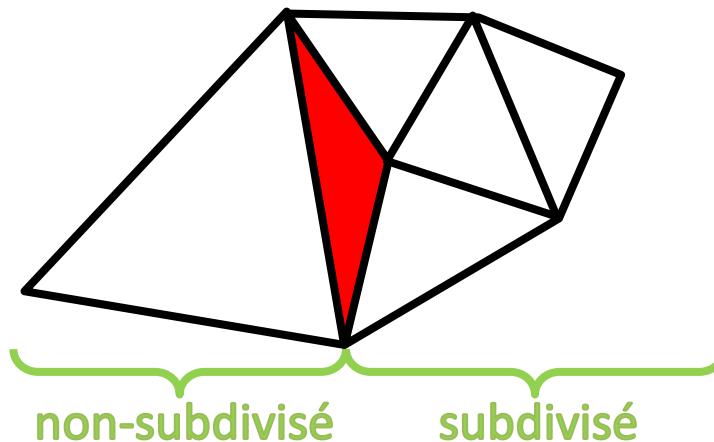
Subdivision adaptative

- Difficultés de la subdivision adaptative :



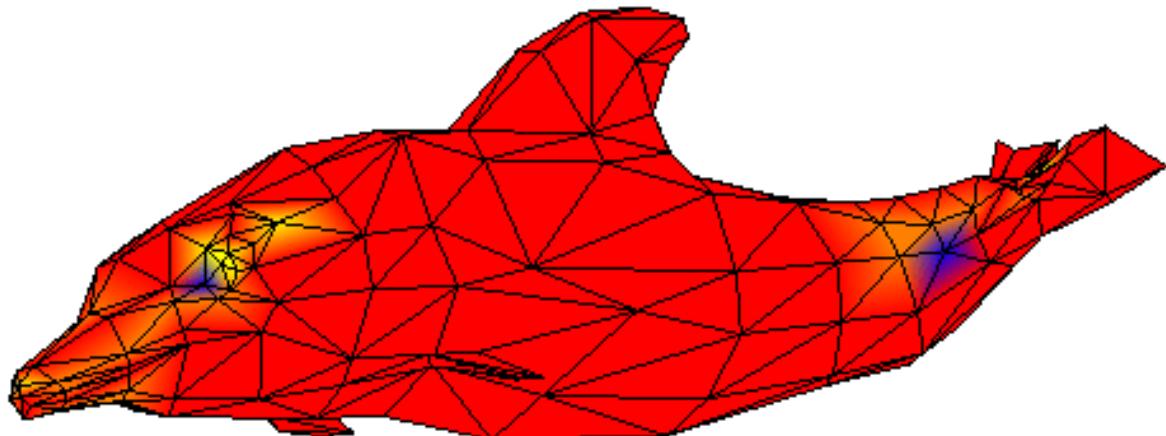
Subdivision adaptative

- Difficultés de la subdivision adaptative :
 - faire attention aux frontières entre zones subdivisées et zones non-subdivisées,
 - éviter les trous,
 - générer un “petit” nombre de triangles.



Subdivision adaptative

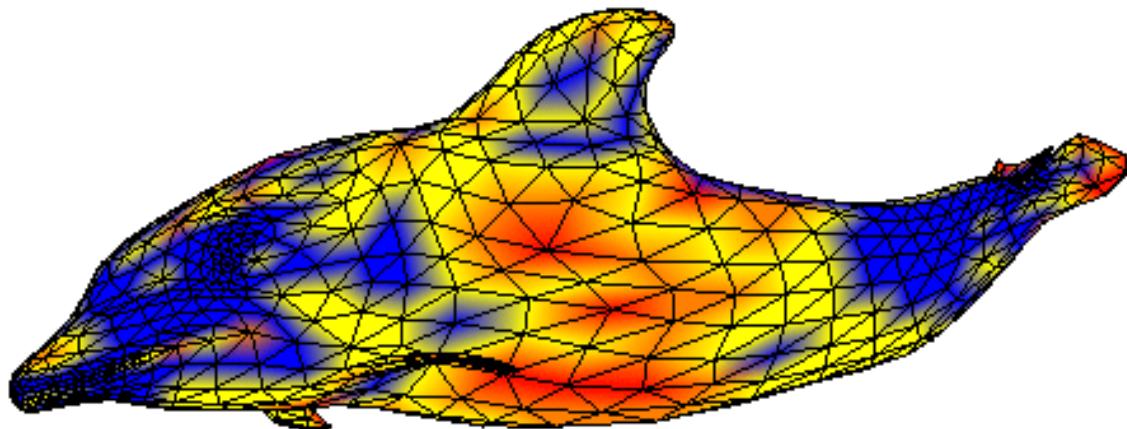
- Exemple d'utilisation:
 - on identifie les zones à subdiviser en fonction de la taille des triangles,
 - on subdivise les zones ayant des “gros” triangles.



468 triangles

Subdivision adaptative

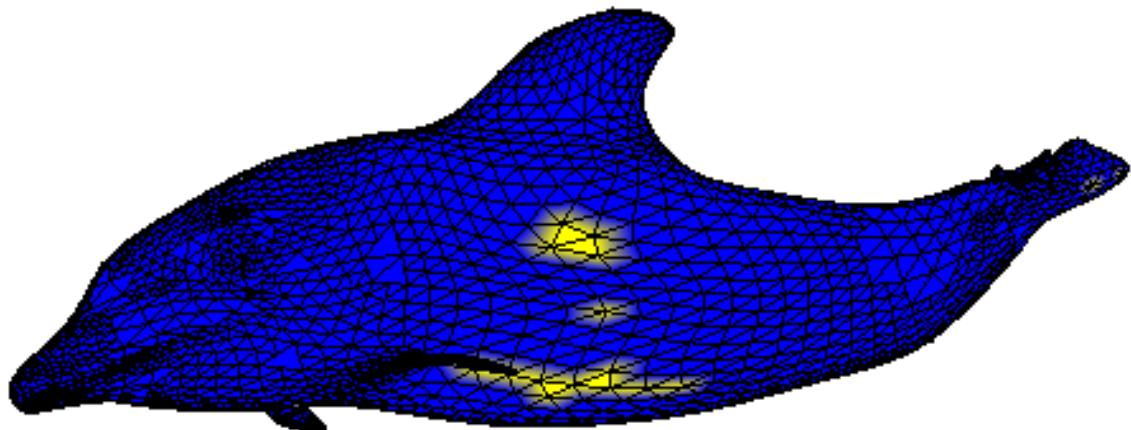
- Exemple d'utilisation:
 - on identifie les zones à subdiviser en fonction de la taille des triangles,
 - on subdivise les zones ayant des “gros” triangles.



1 692 triangles

Subdivision adaptative

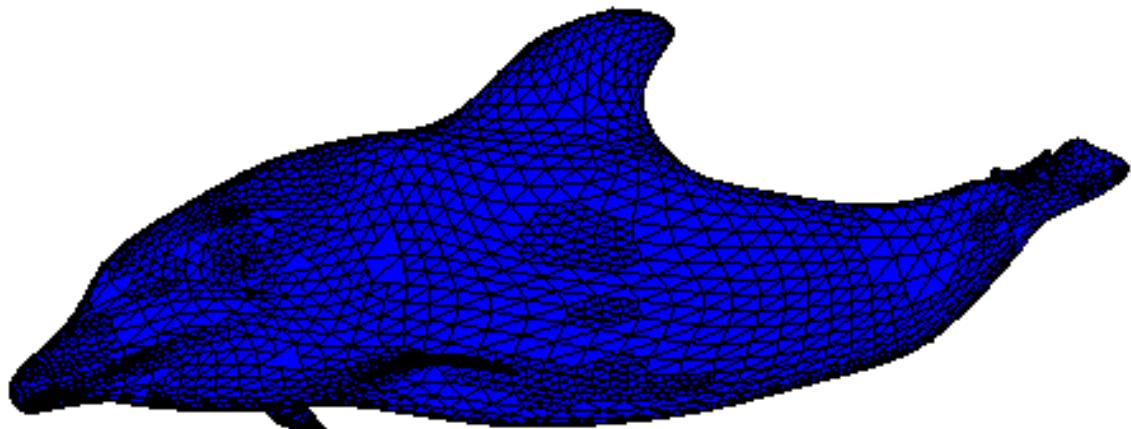
- Exemple d'utilisation:
 - on identifie les zones à subdiviser en fonction de la taille des triangles,
 - on subdivise les zones ayant des "gros" triangles.



5 022 triangles

Subdivision adaptative

- Exemple d'utilisation:
 - on identifie les zones à subdiviser en fonction de la taille des triangles,
 - on subdivise les zones ayant des “gros” triangles.



5 133 triangles

Conclusion : Simplification

- Pour diminuer le nombre de triangle à afficher on utilise un LOD :
 - maillages avec différentes résolutions,
 - le maillage pour la visualisation est choisi selon la position dans la scène.
- Plusieurs méthodes de simplification :
 - préservant la topologie
 - locale,
 - globale.
- Utiliser la distance entre surfaces pour trouver la bonne représentation

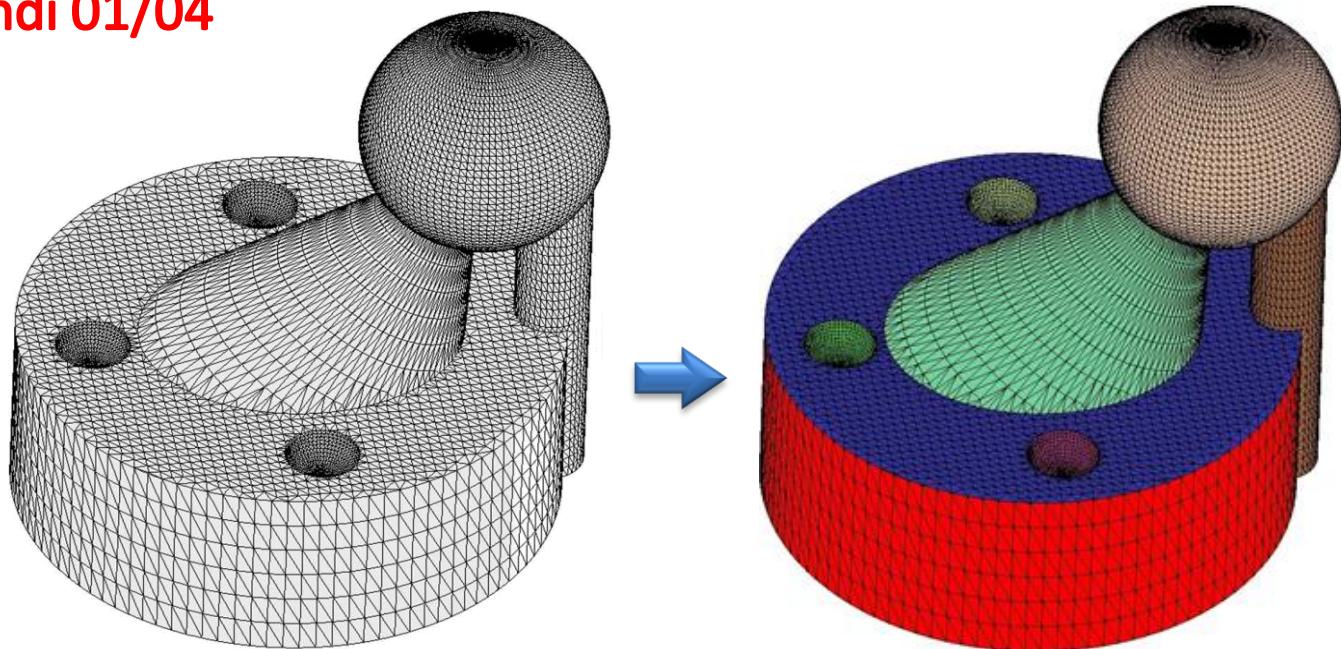
Conclusion : Subdivision

- Afin de “lisser” l'affichage on peut rajouter des triangles en subdivisant le maillage :
 - utilisation d'un schéma de subdivision,
 - approximation ou interpolation selon le résultat souhaité.
- Possibilité d'adapter le degré de subdivision au maillage.

FIN

Segmentation de maillage

lundi 01/04



Pour récupérer les cours et le TD/TP:
Moodle HMIN212

Sources

- Cours utilisés pour ce support :
 - Gilles Gesquière (Gamagora, LIRIS, Lyon)
 - Loïc Barthe (IRIT-UPS, Toulouse)
 - Sandrine Lanquetin (Université de Bourgogne)