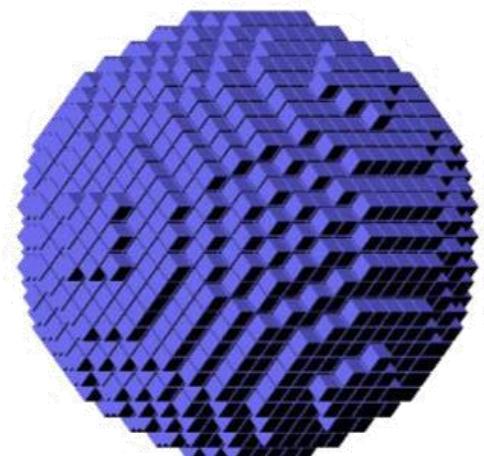
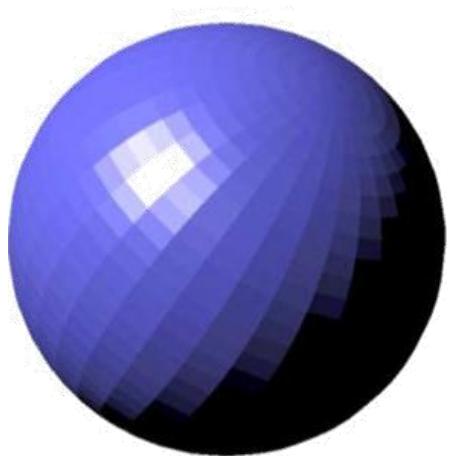


Modélisation et Programmation 3D

Modèles volumiques

Cours du 02/03/2015



Plan

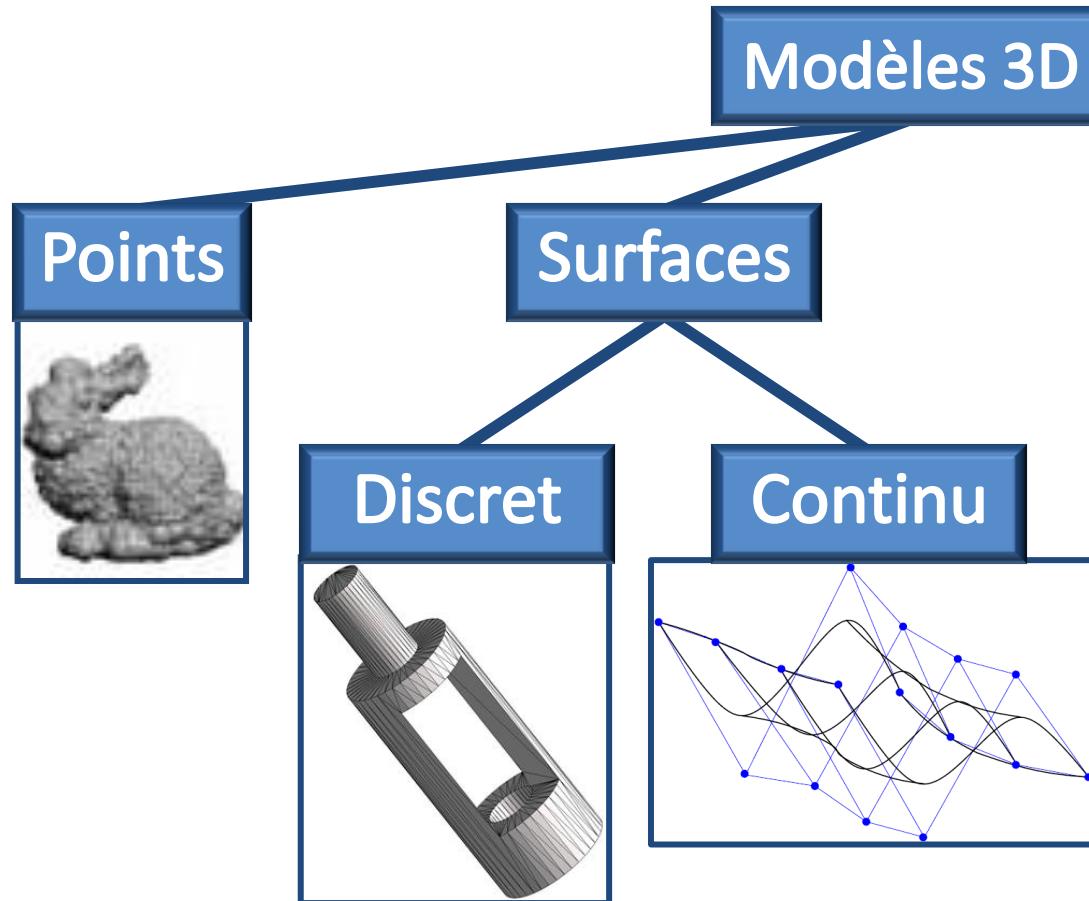
- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

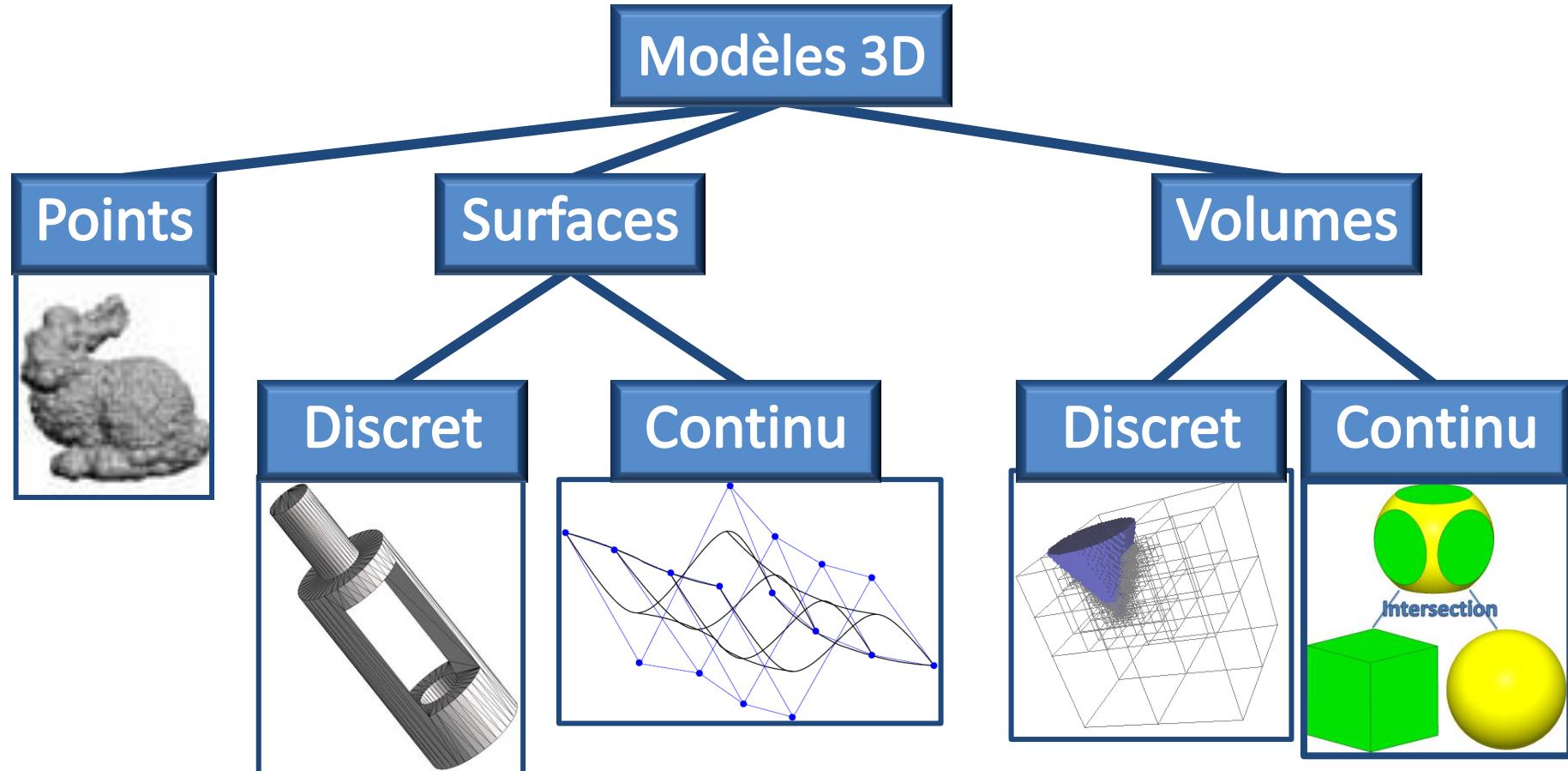
Introduction

→ Représentation 3D possibles :



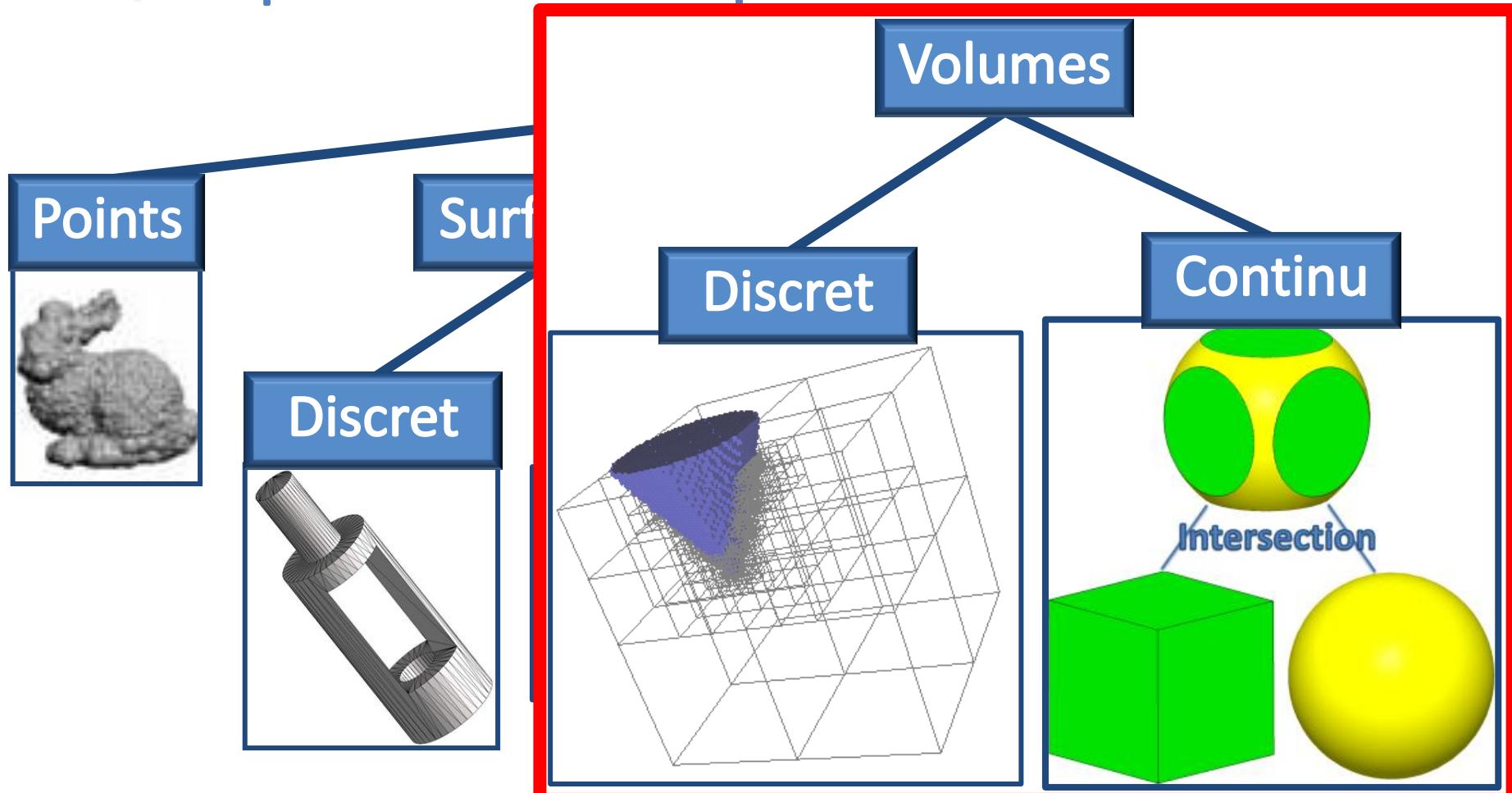
Introduction

→ Représentation 3D possibles :



Introduction

→ Représentation 3D possibles :



Introduction

→ Modèles volumiques :

➤ volumes discrets ➔ voxel (élément de grille 3D)

Introduction

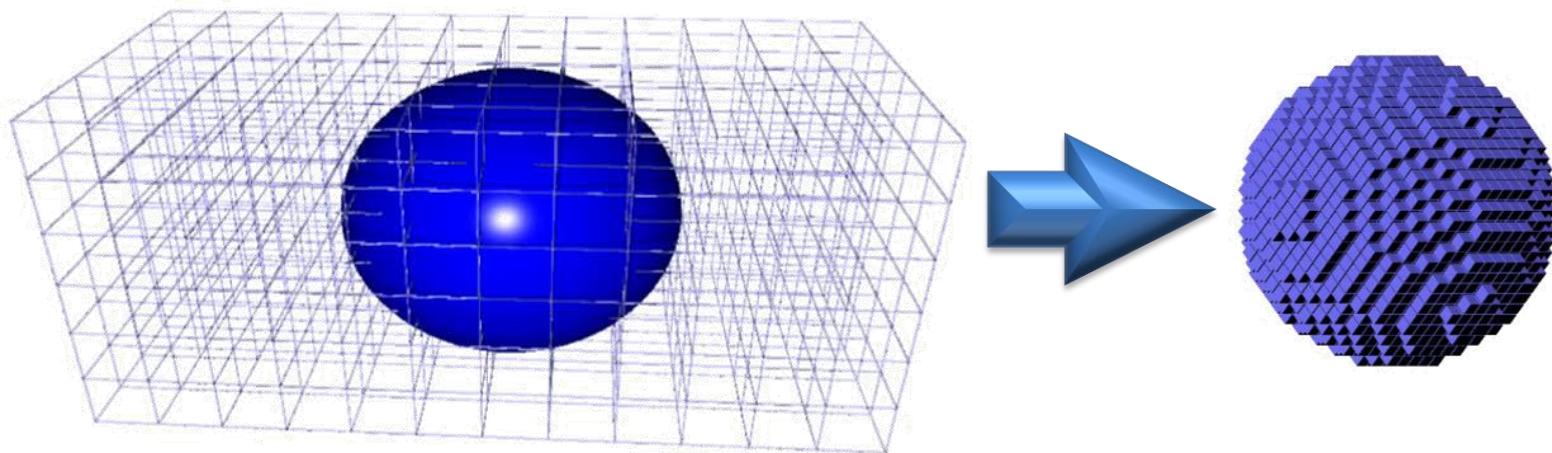
→ Modèles volumiques :

- volumes discrets → voxel (élément de grille 3D)
- principe ➤ présence ou absence de matière

Introduction

→ Modèles volumiques :

- volumes discrets → voxel (élément de grille 3D)
- principe → présence ou absence de matière

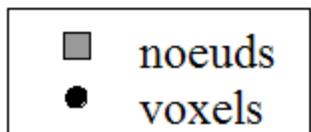
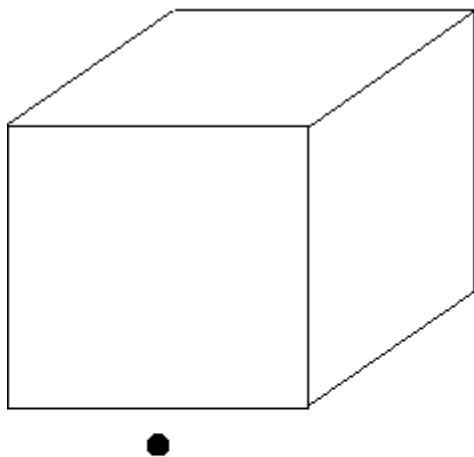


Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

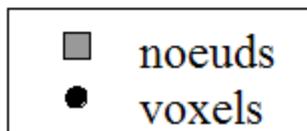
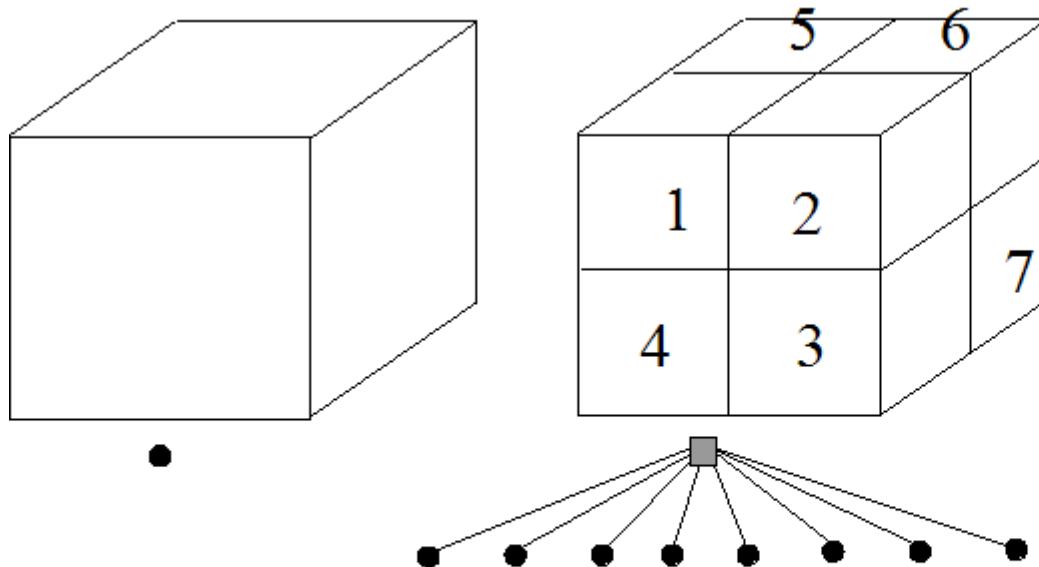
Octree

- Octree régulier :
 - subdivise de façon récursive un volume cubique



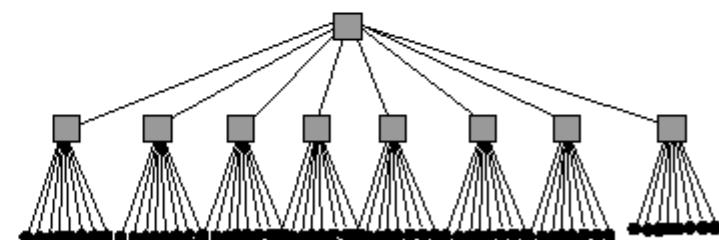
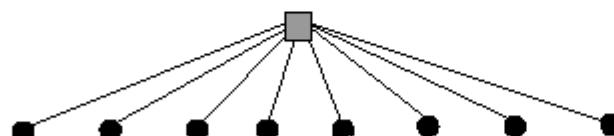
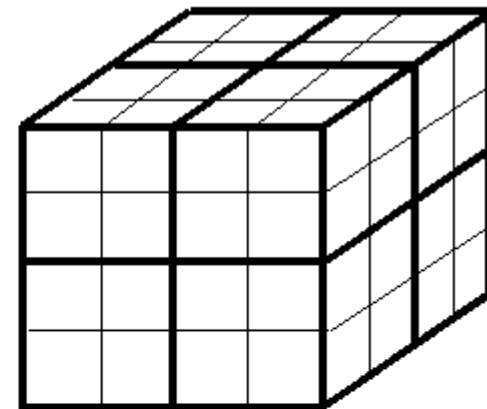
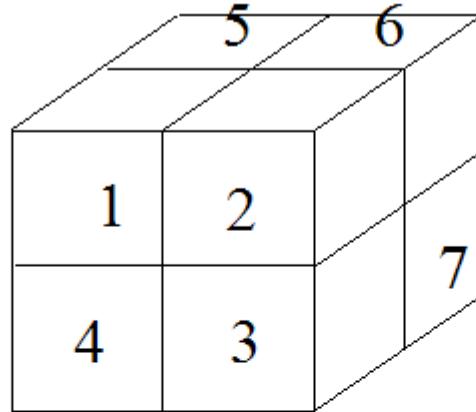
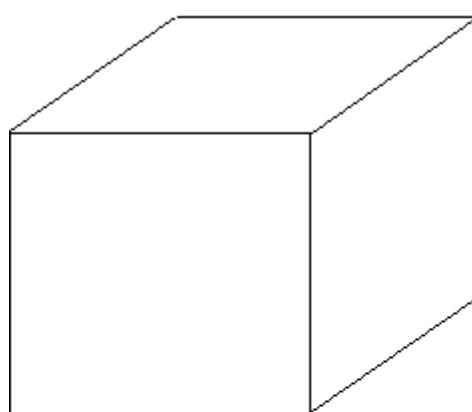
Octree

- Octree régulier :
 - subdivise de façon récursive un volume cubique en 8 sous-cubes de tailles égales



Octree

- Octree régulier :
 - subdivise de façon récursive un volume cubique en 8 sous-cubes de tailles égales
 - les feuilles de l'octree sont appelés des **voxels**

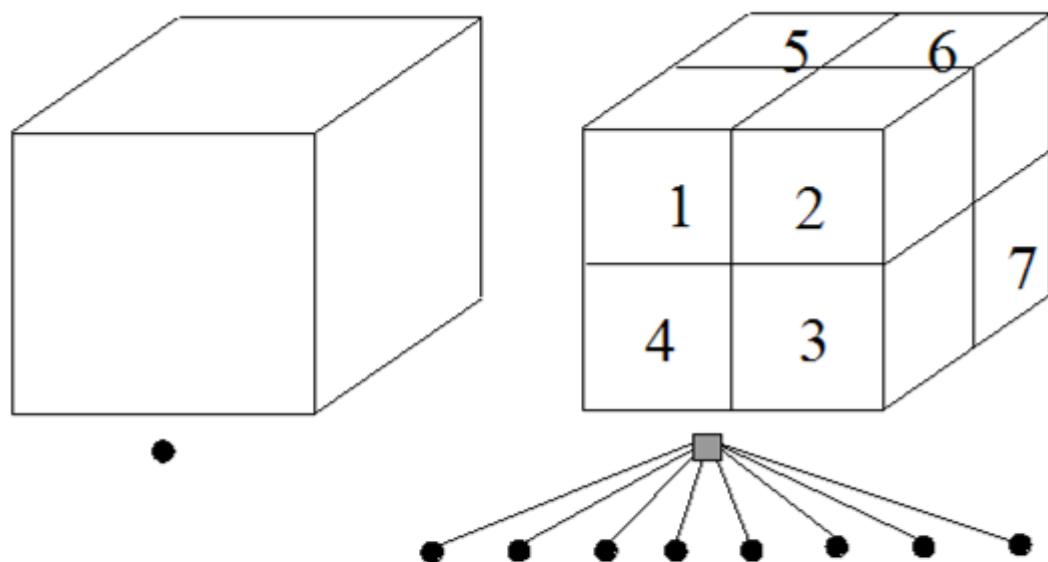


■ noeuds
● voxels

Octree

- Octree adaptatif :

- la profondeur de chaque branche peut être de taille différente

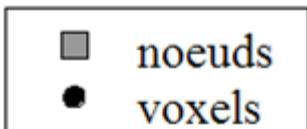
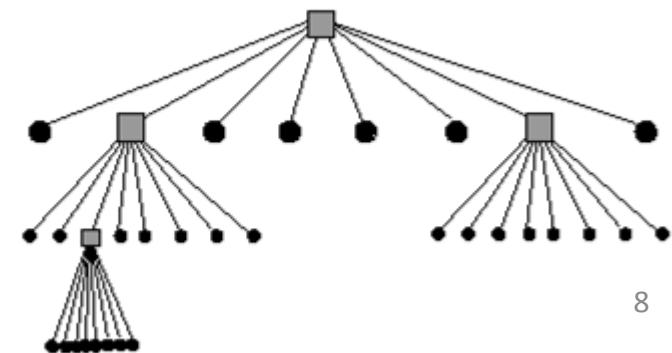
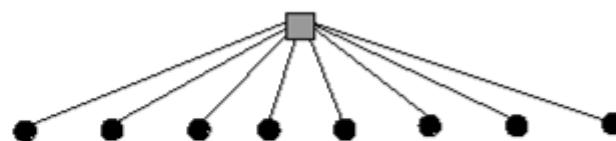
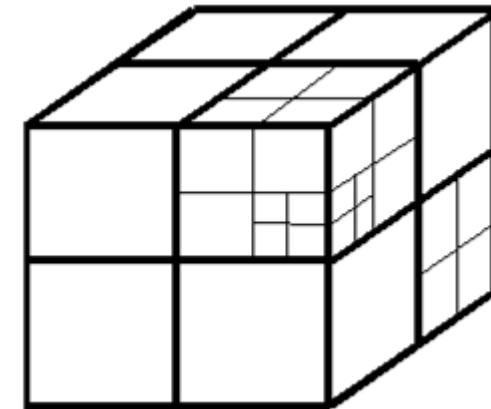
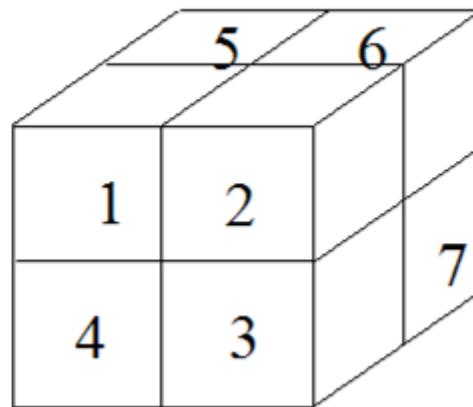
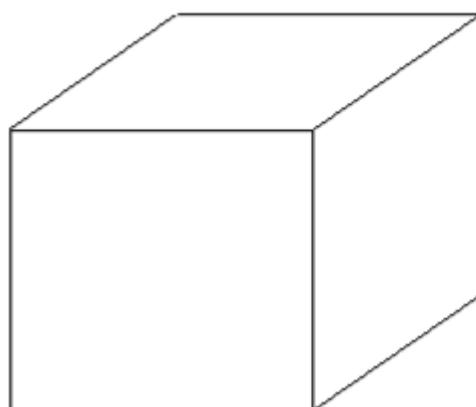


■ noeuds
● voxels

Octree

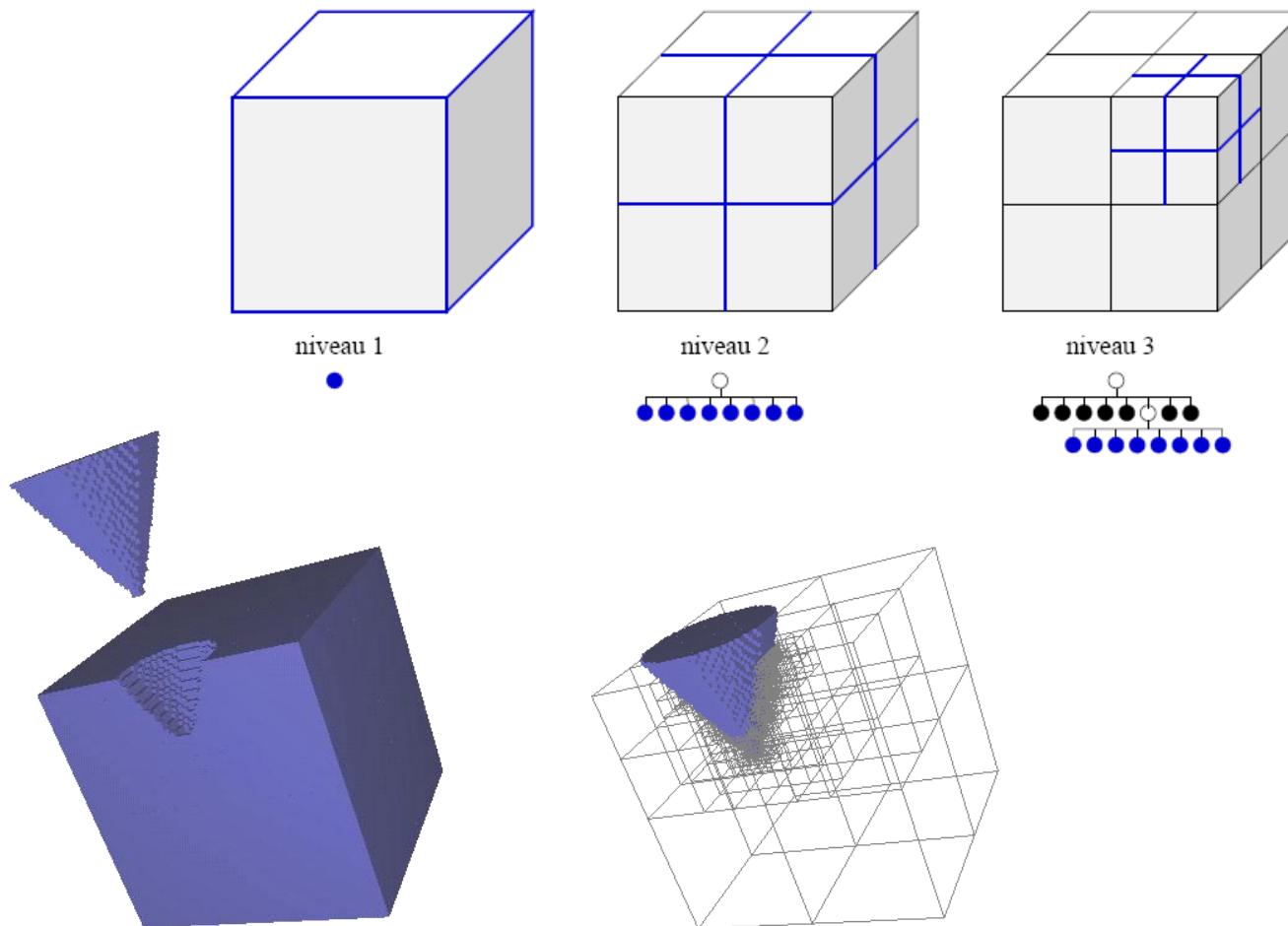
- Octree adaptatif :

- la profondeur de chaque branche peut être de taille différente
- permet de subdiviser l'espace initial irrégulièrement



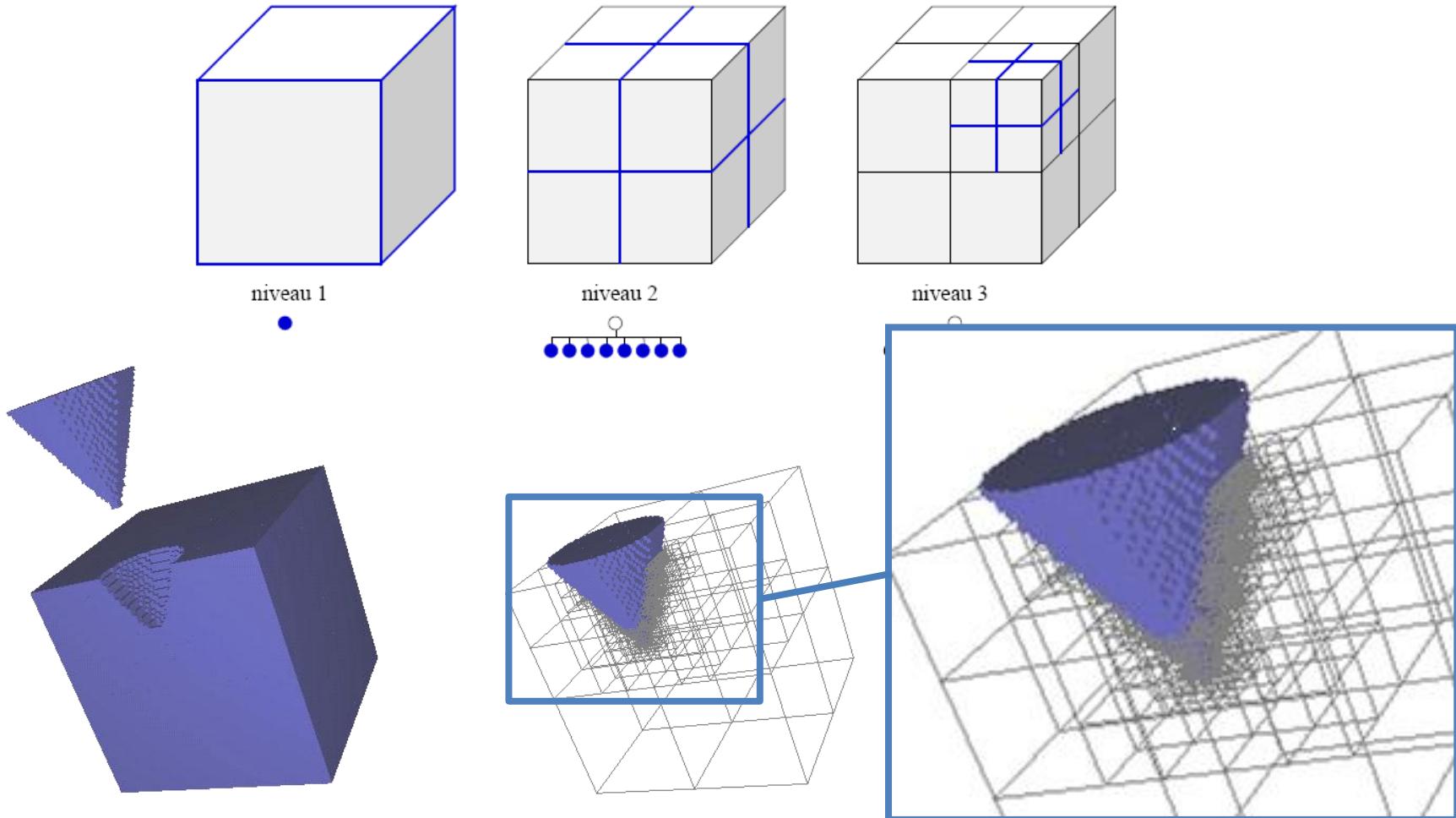
Octree

- Octree adaptatif (illustration):



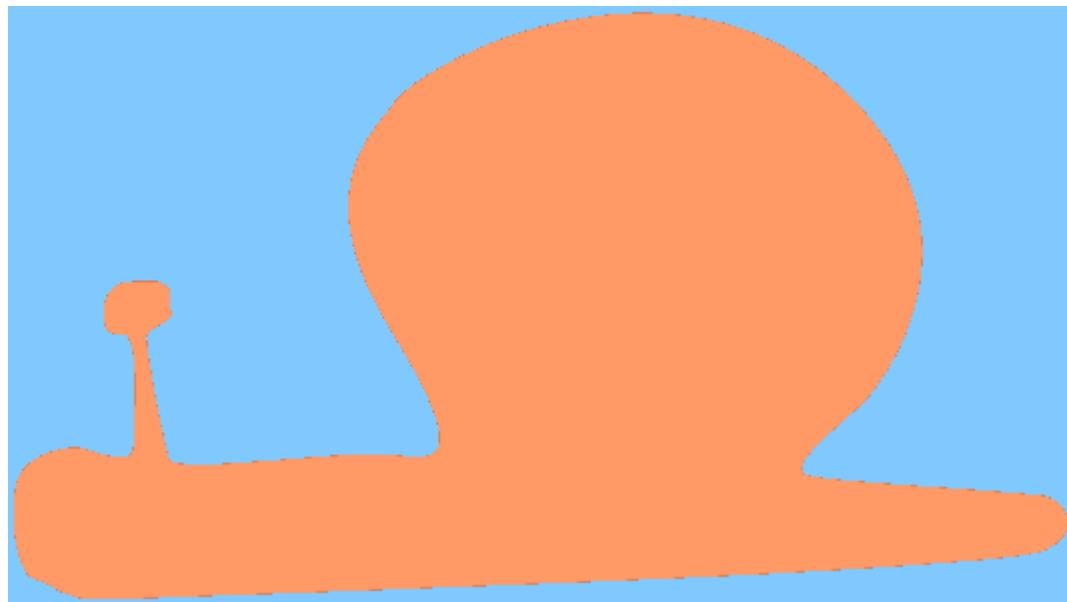
Octree

- Octree adaptatif (illustration):



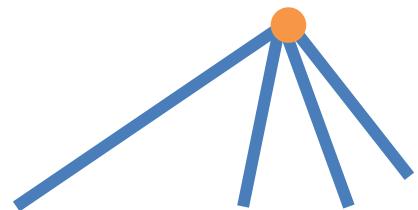
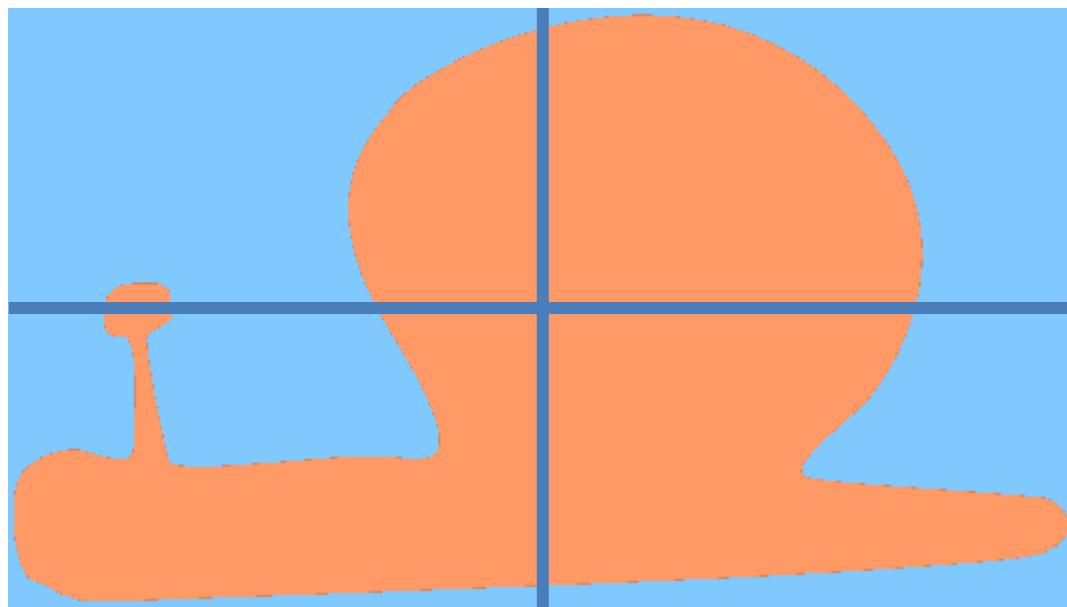
Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



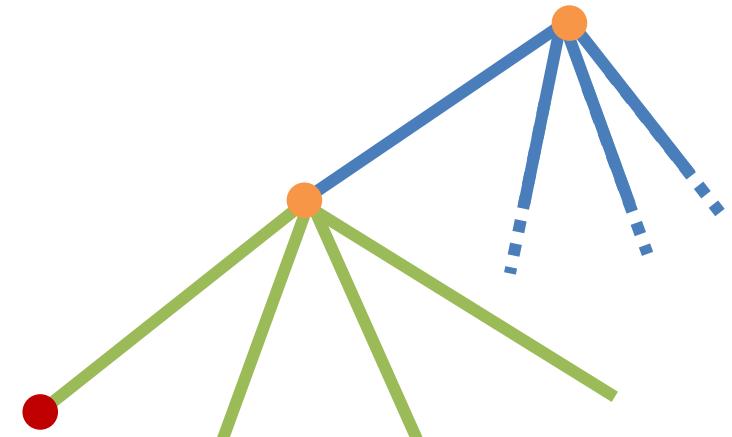
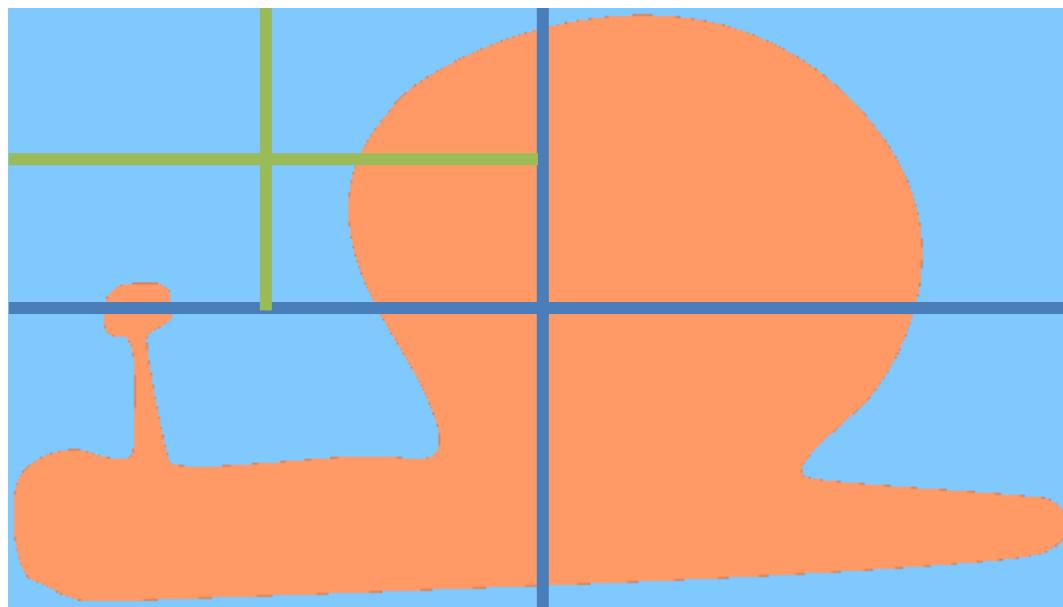
Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



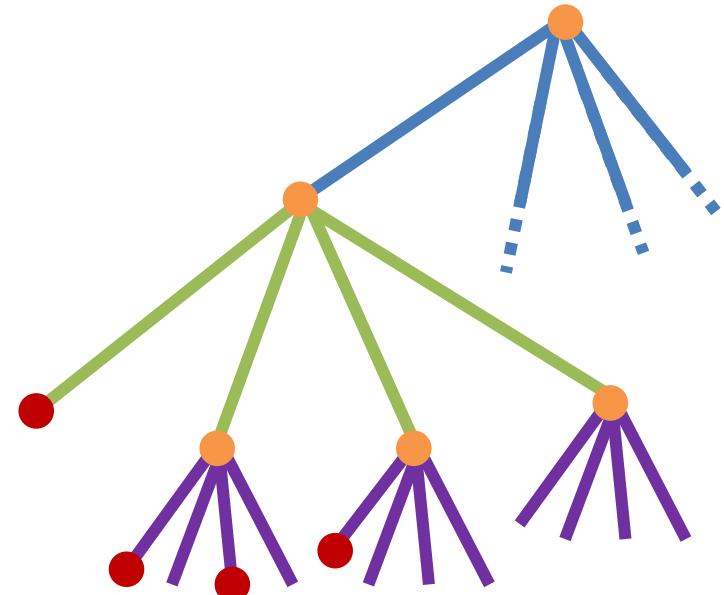
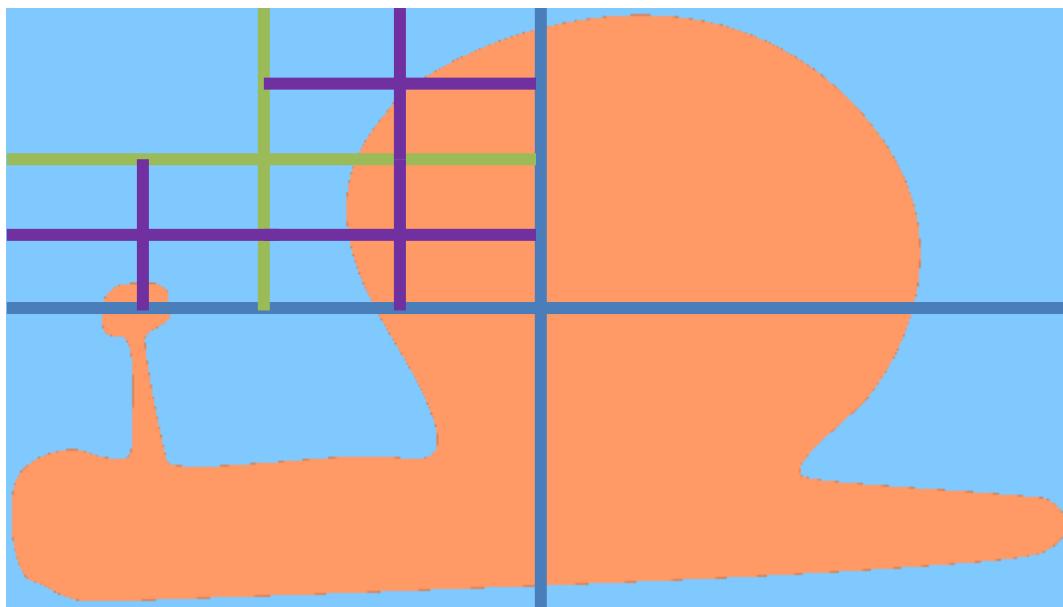
Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



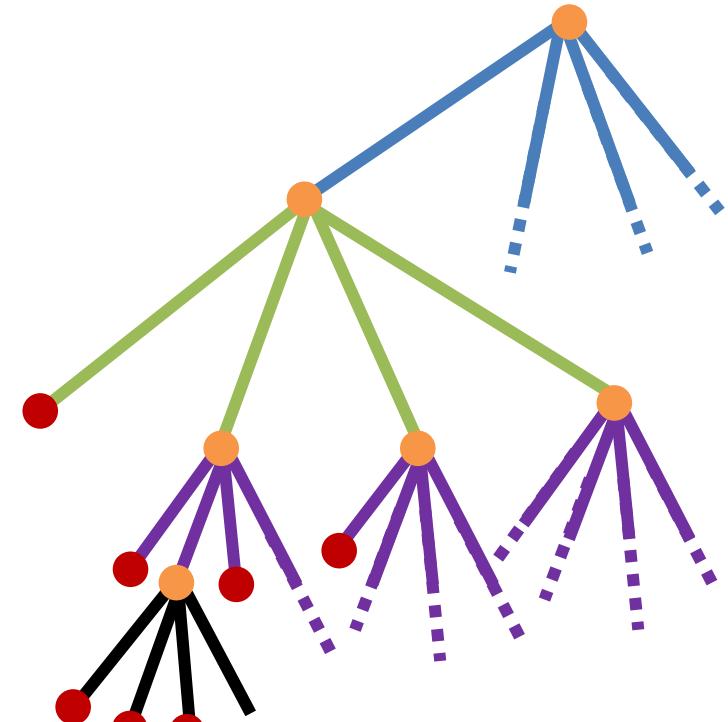
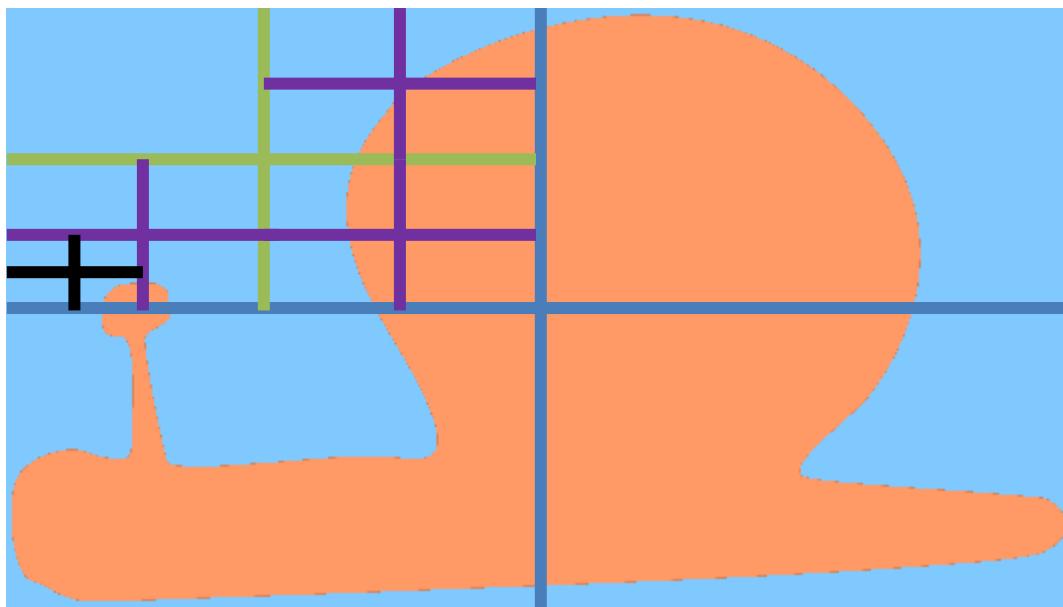
Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



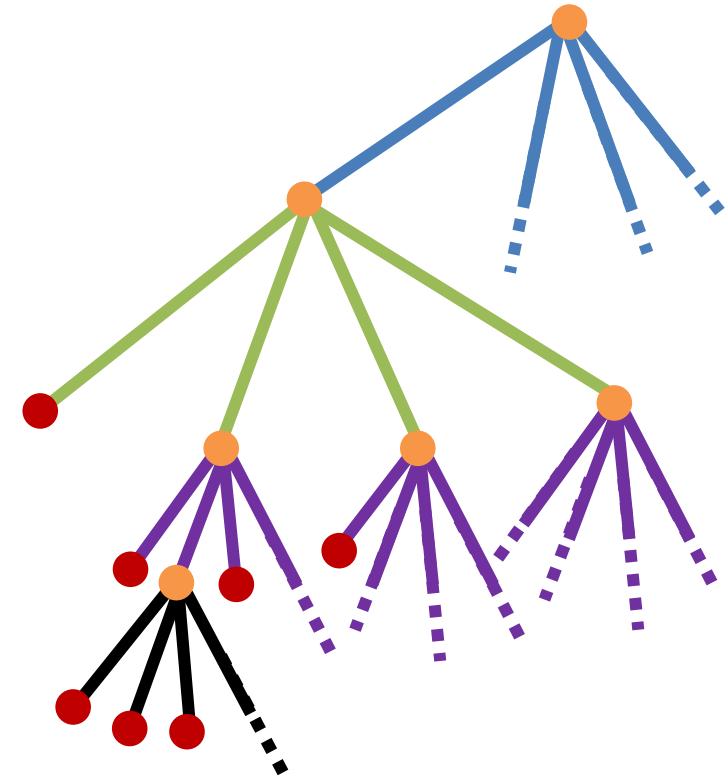
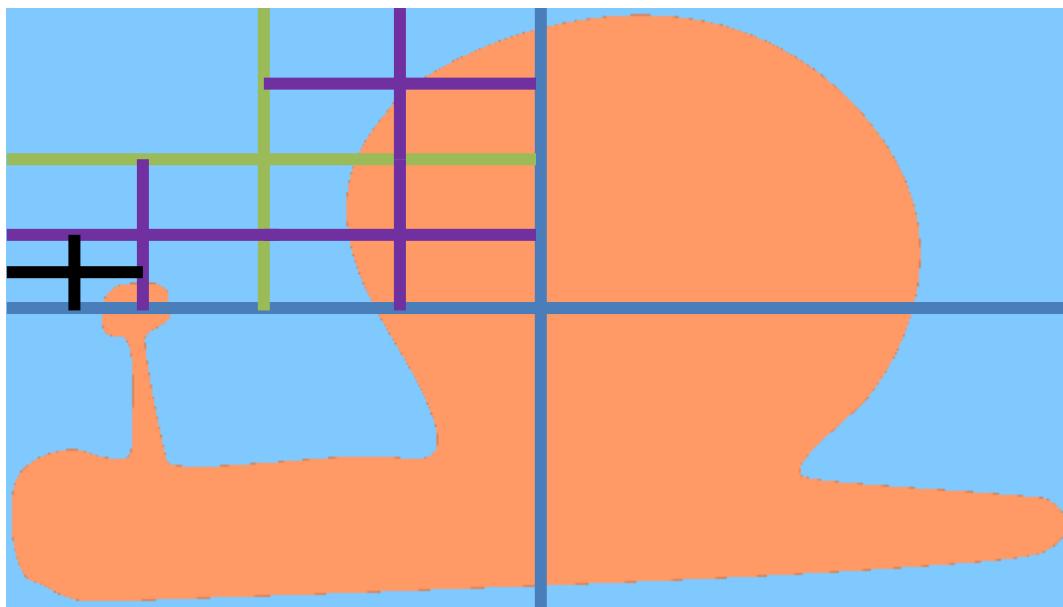
Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



Octree

- Octree adaptatif :
 - exemple 2D



Octree

- Représentation surfacique par octree :
 - octree régulier : on subdivise jusqu'à la précision
 - si la cellule intersecte la surface → 1
 - si la cellule n'intersecte pas la surface → 0
 - on ne garde que les voxels égales à 1

Octree

- Représentation surfacique par octree :
 - octree régulier : on subdivise jusqu'à la précision
 - si la cellule intersecte la surface → 1
 - si la cellule n'intersecte pas la surface → 0
 - on ne garde que les voxels égales à 1
 - octree adaptatif :
 - soit la cellule n'intersecte pas → 0
 - soit la cellule intersecte :
 - si bon niveau de précision → 1
 - sinon la cellule sera subdivisé récursivement

Octree

- Représentation volumique par octree :
 - octree régulier : on subdivise jusqu'à la précision
 - si la cellule intersecte la surface → 0
 - si la cellule est à l'intérieur → 1
 - si la cellule n'est pas à l'intérieur → -1
 - on ne garde que les voxels égales à 1 ou 0

Octree

- Représentation volumique par octree :
 - octree adaptatif :
 - soit la cellule n'intersecte pas la surface :
 - si la cellule est à l'intérieur ➔ 1
 - si la cellule n'est pas à l'intérieur ➔ -1
 - soit la cellule intersecte la surface :
 - si bon niveau de précision ➔ 0
 - sinon la cellule sera subdivisé récursivement

Octree

- Octree +/- :

- les +

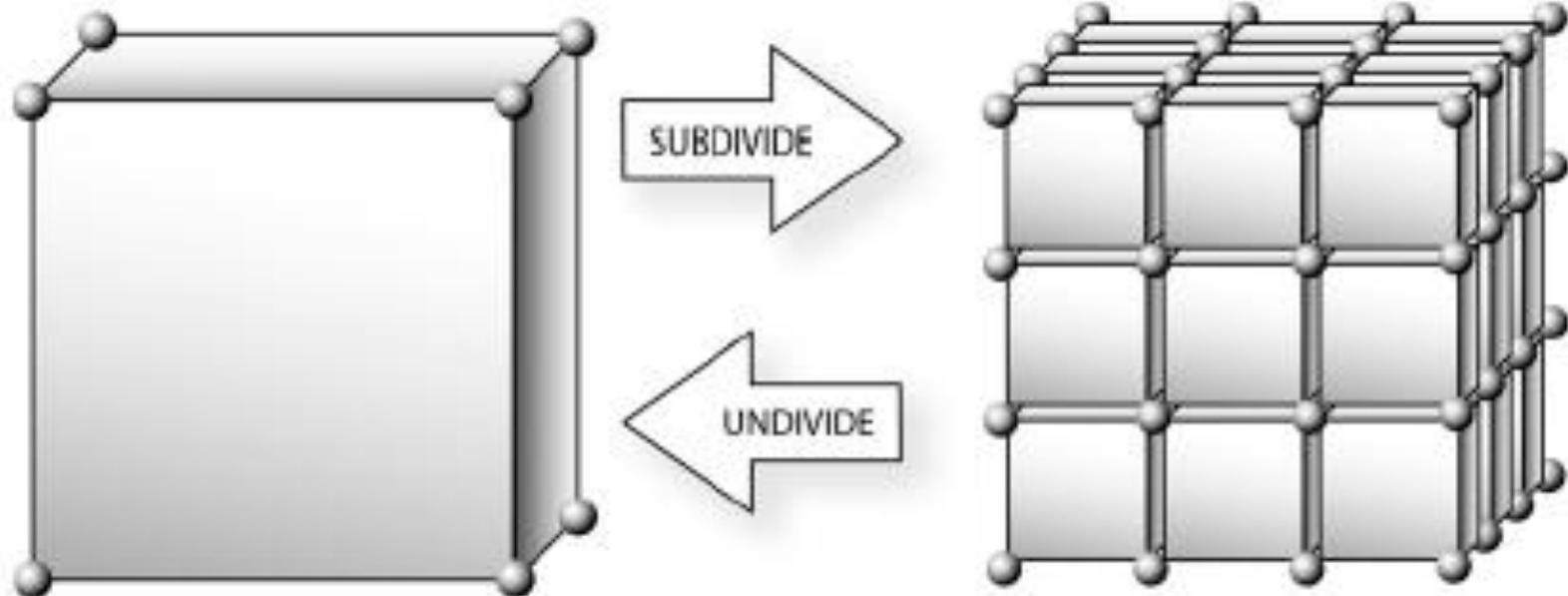
- facilité d'afficher à différentes résolutions
 - possibilité de représentation volumique
 - simplicité de construction et de parcours

- les - :

- visualisation par voxel ➔ ``pixélisé''
 - rendu temps réel pour des scènes complexes ??
 - taille mémoire importante

Octree

- N-tree :
 - réduire le nombre de cube car moins de subdivision :

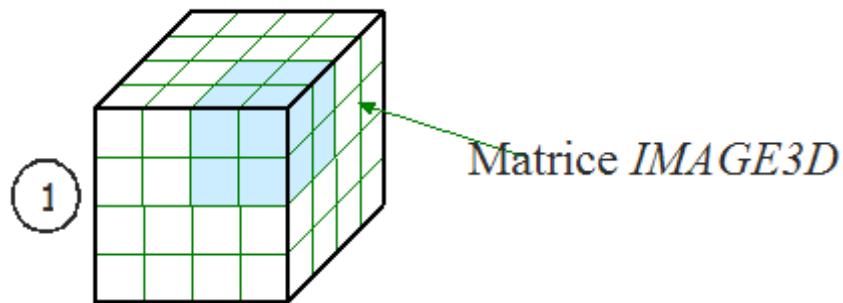


Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

Modèle volumique basé ondelette

- Permet de gagner de place mémoire



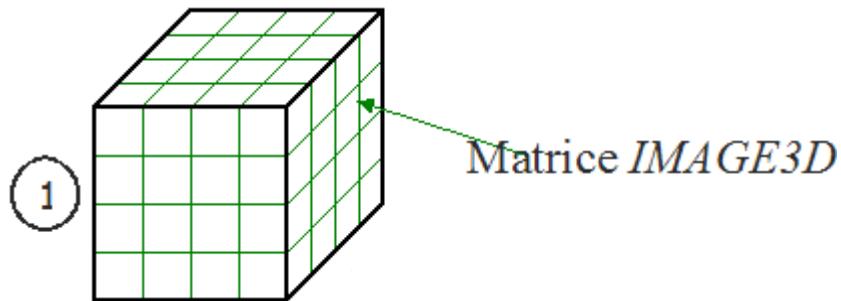
Modèle volumique basé ondelette

- Permet de gagner de place mémoire
- Principe :
 - une matrice 3D décrit par :
 - une matrice moyenne
 - une matrice contenant les erreurs



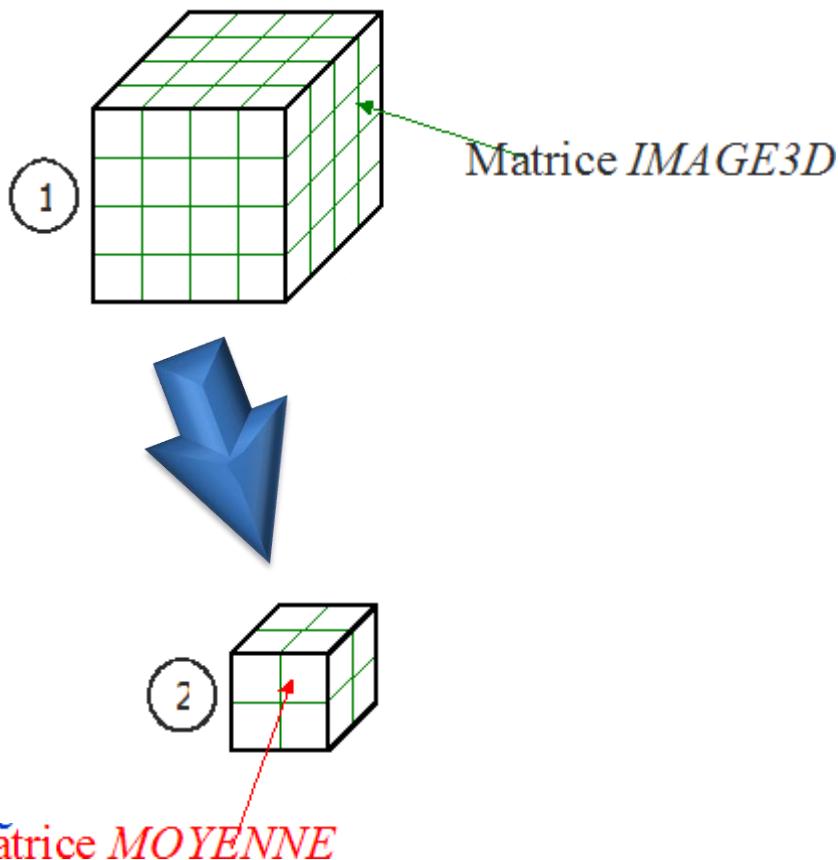
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



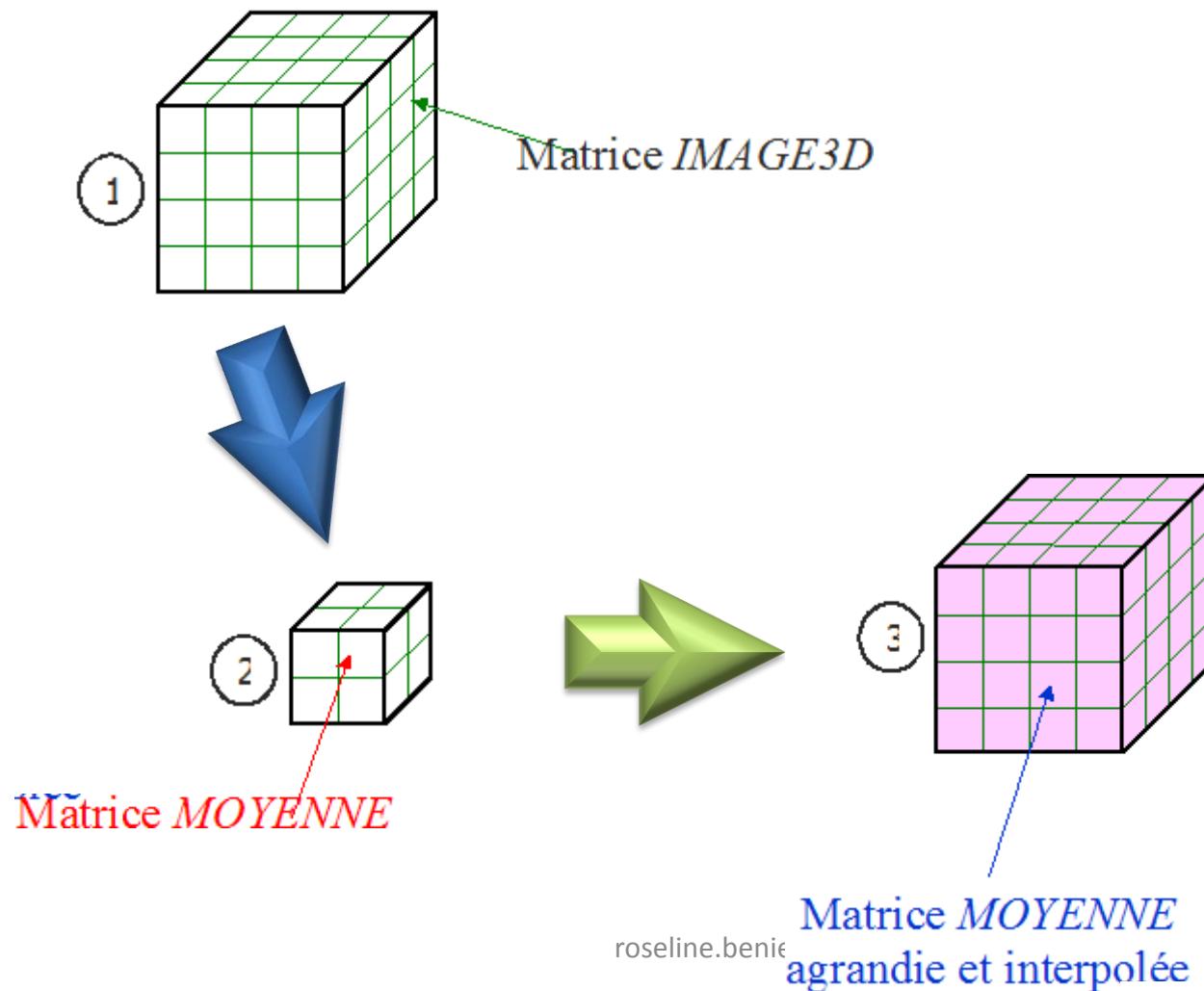
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



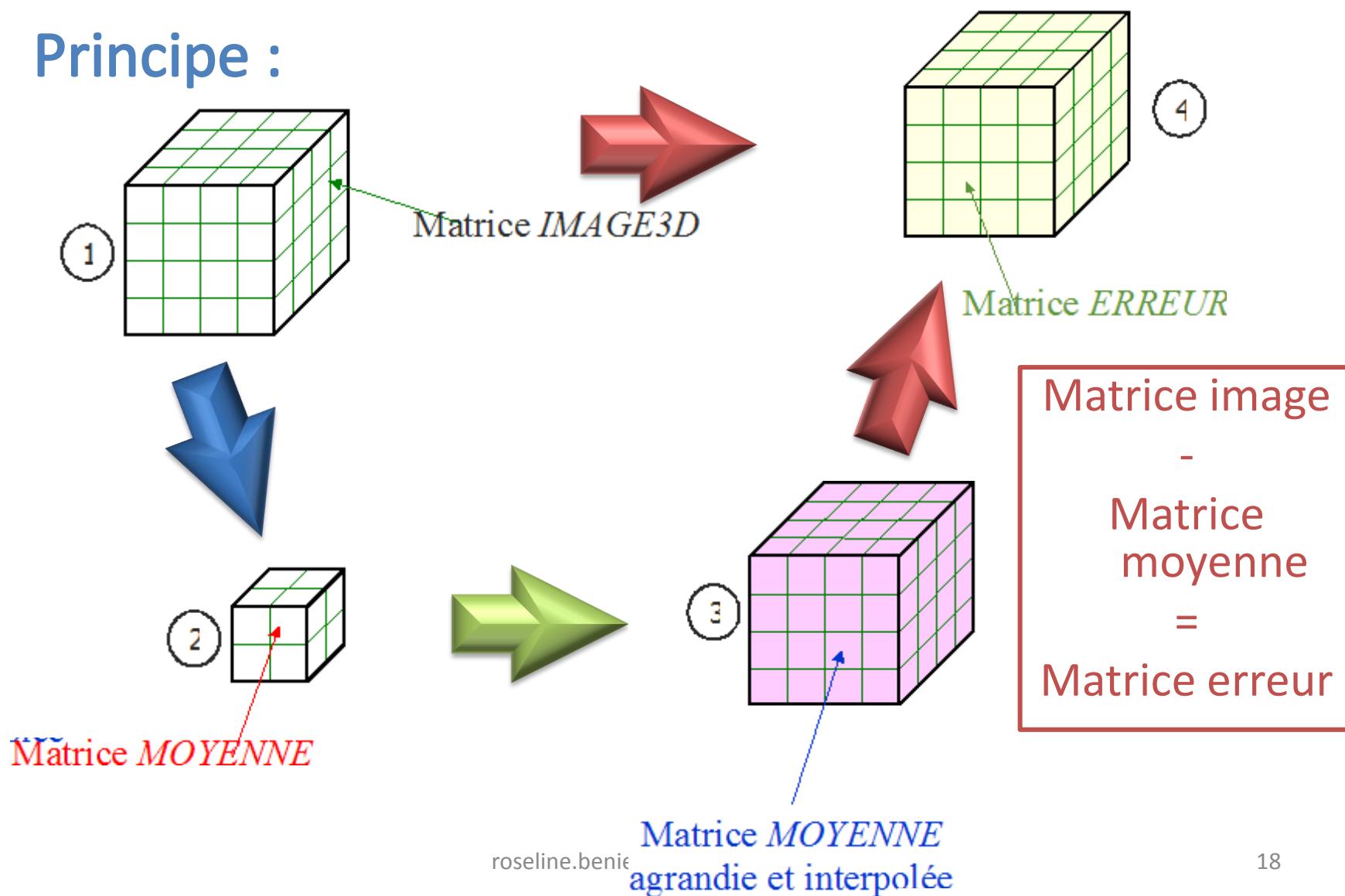
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



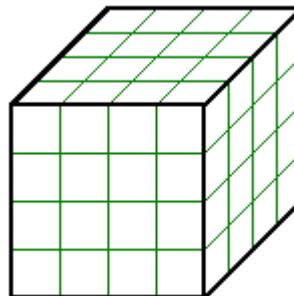
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



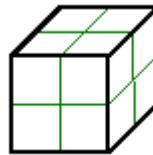
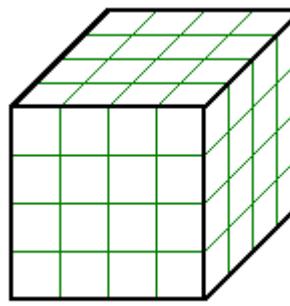
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



Modèle volumique basé ondelette

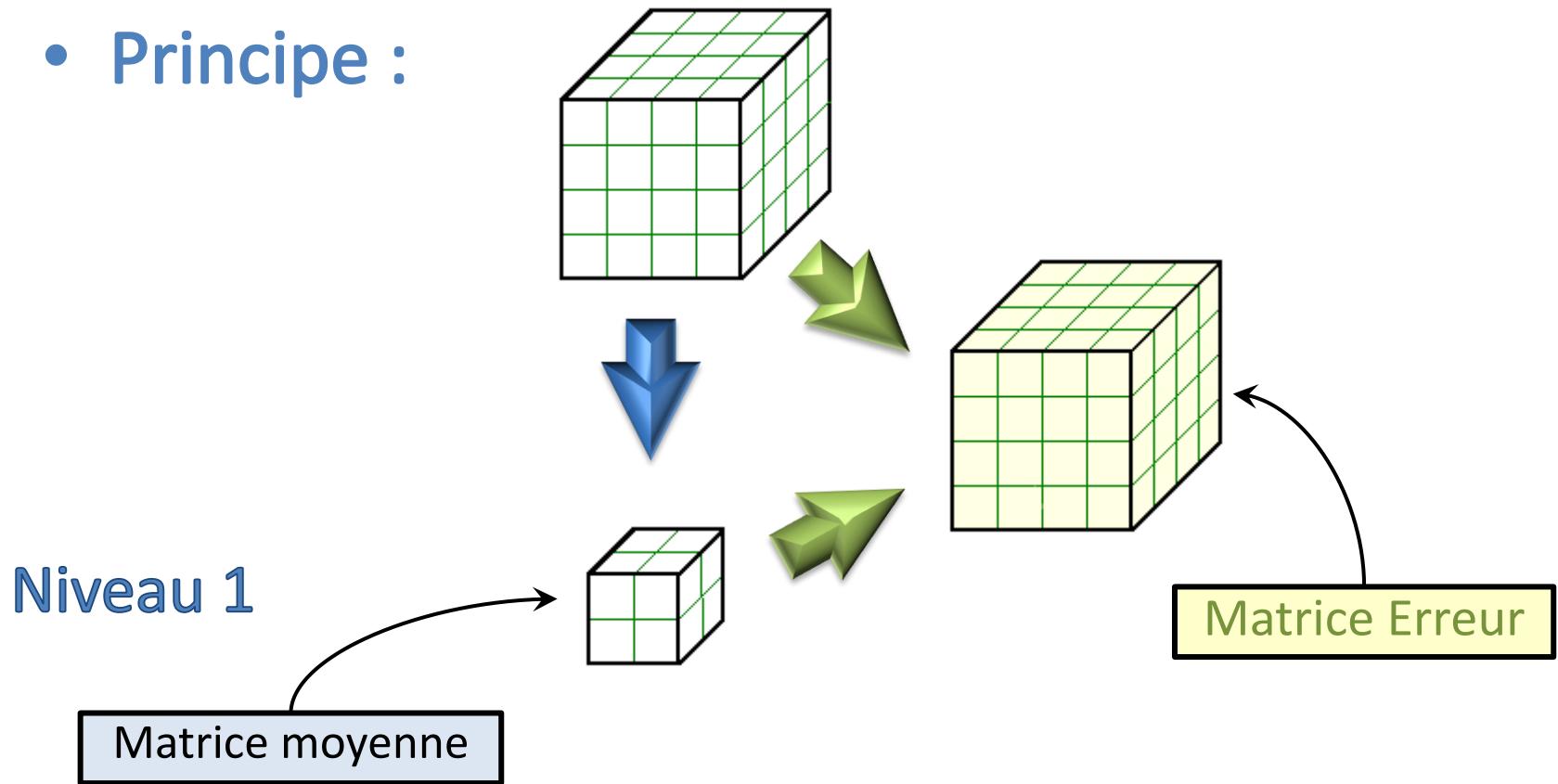
- Principe :



Matrice moyenne

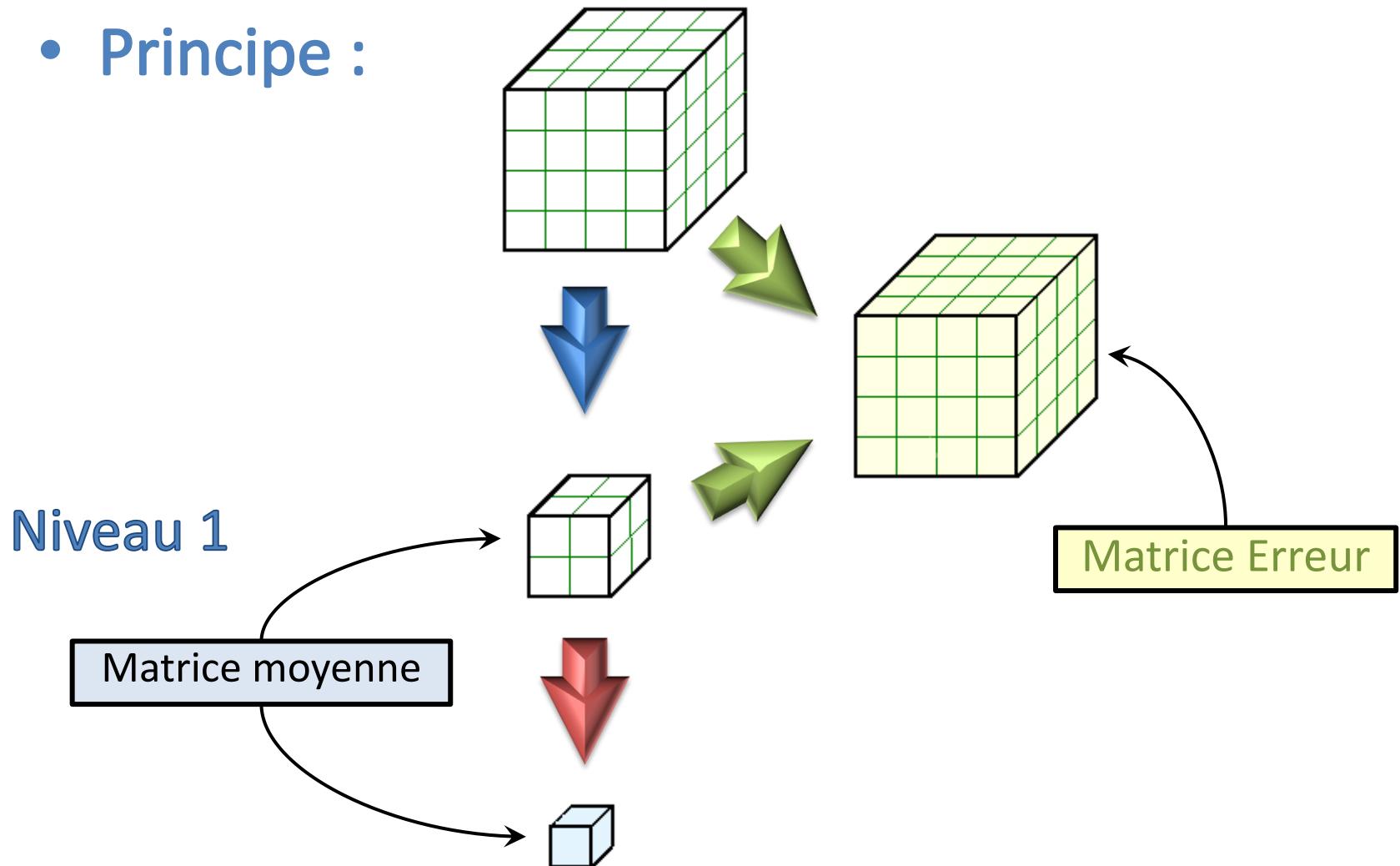
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



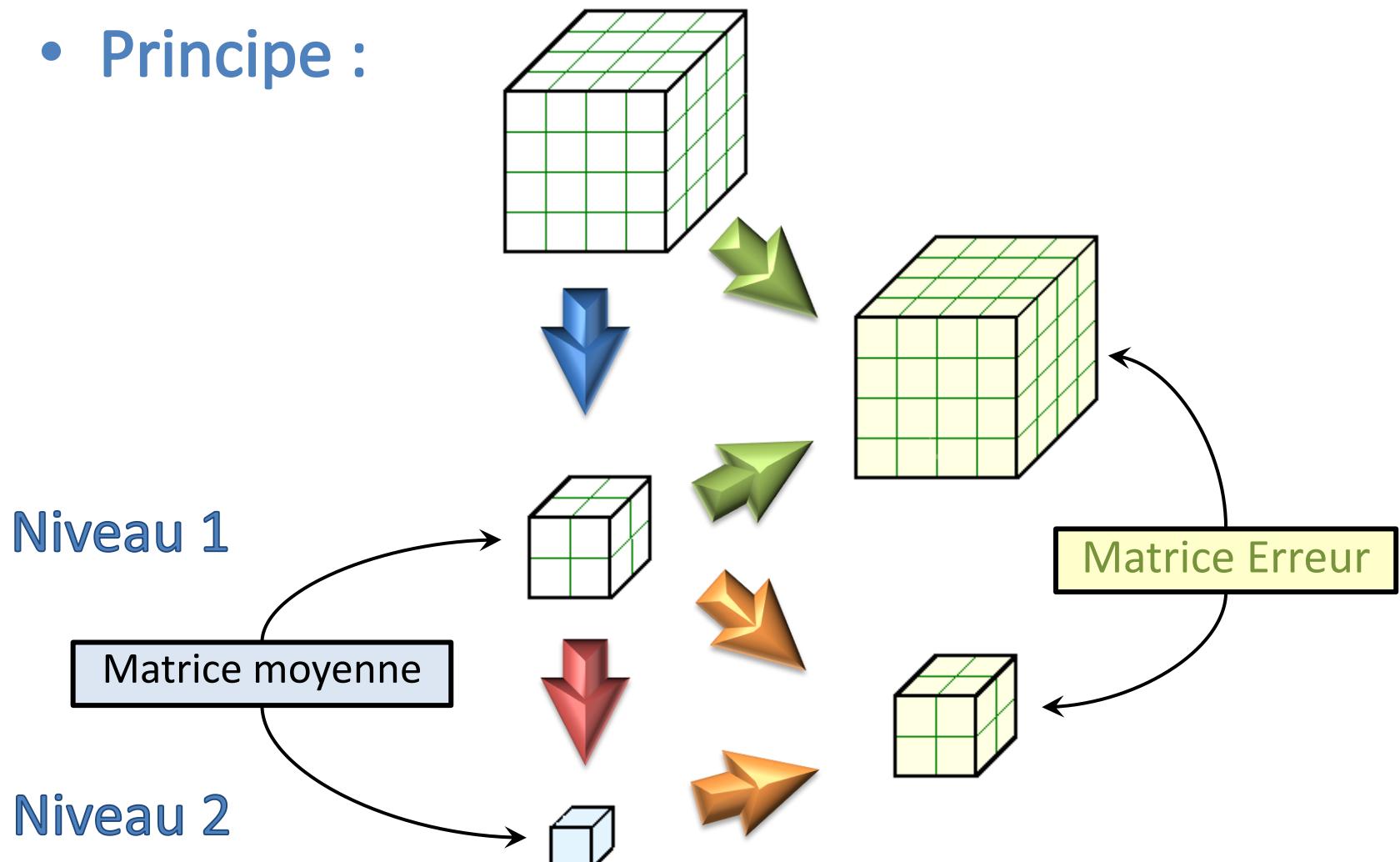
Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



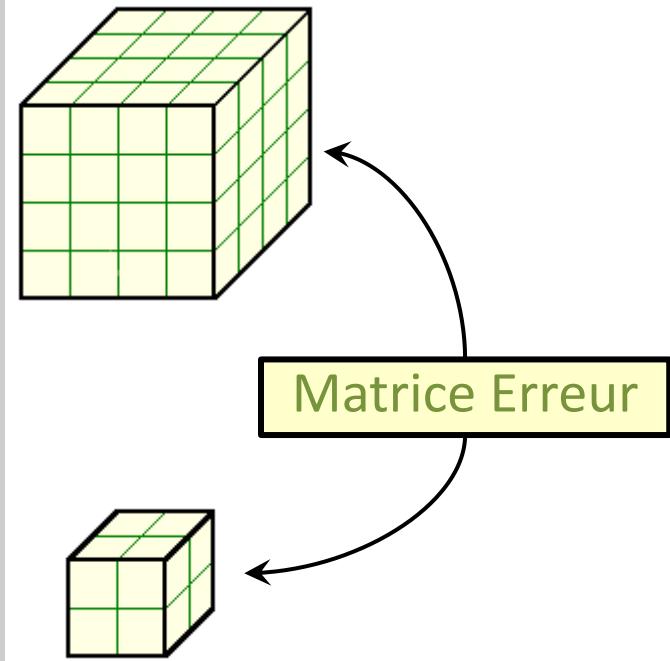
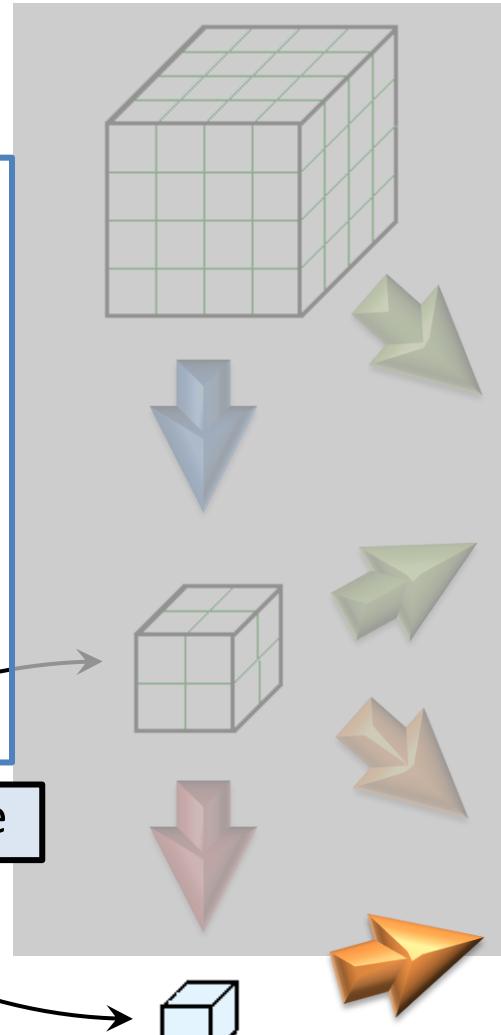
...

Modèle volumique basé ondelette

- **Principe :**

On ne stocke que
la **dernière**
matrice moyenne
et **toutes** les
matrices erreur

Matrice moyenne



Modèle volumique basé ondelette

- Exemple :



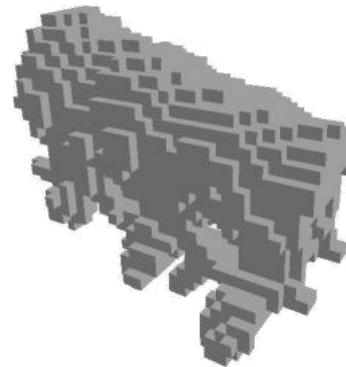
Niveau 0 : 64x64x64

Modèle volumique basé ondelette

- Exemple :



Niveau 0 : 64x64x64



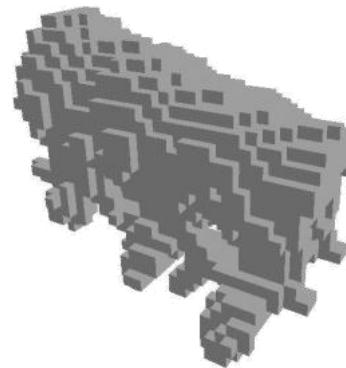
Niveau 1 : 32x32x32

Modèle volumique basé ondelette

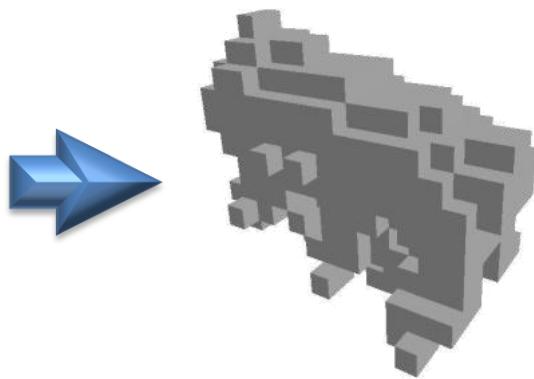
- Exemple :



Niveau 0 : 64x64x64



Niveau 1 : 32x32x32



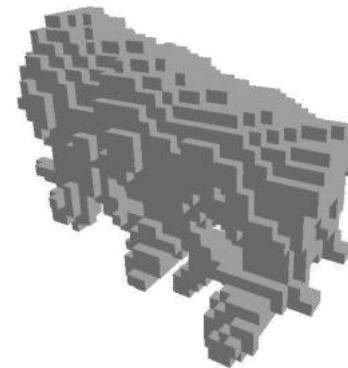
Niveau 2 : 16x16x16

Modèle volumique basé ondelette

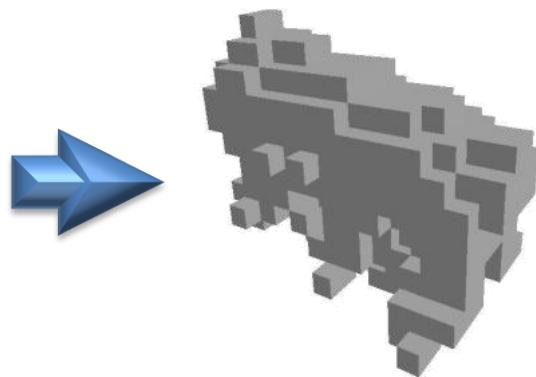
- Exemple :



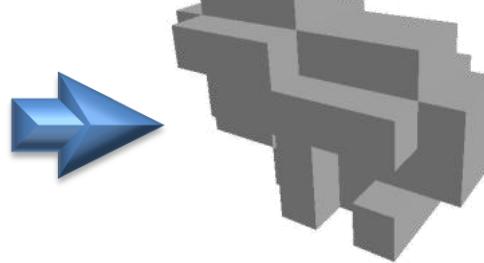
Niveau 0 : 64x64x64



Niveau 1 : 32x32x32



Niveau 2 : 16x16x16



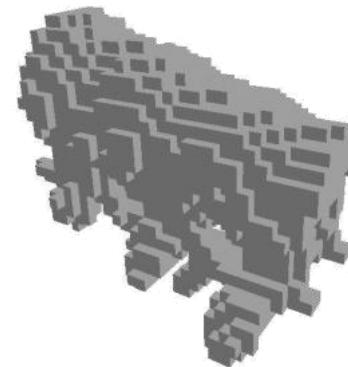
Niveau 3 : 8x8x8

Modèle volumique basé ondelette

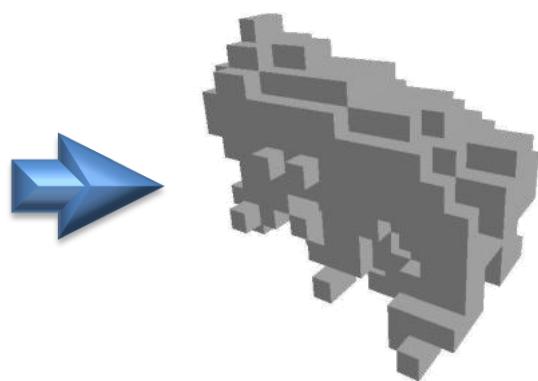
- Exemple :



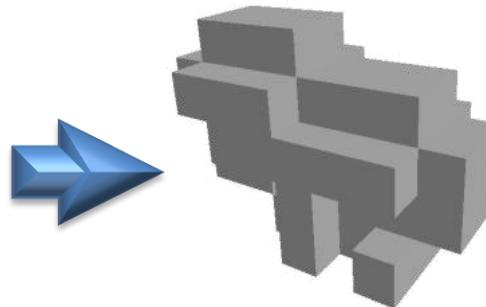
Niveau 0 : 64x64x64



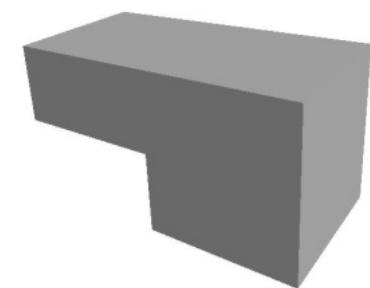
Niveau 1 : 32x32x32



Niveau 2 : 16x16x16



Niveau 3 : 8x8x8



Niveau 4 : 4x4x4

Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

Surfaces implicites

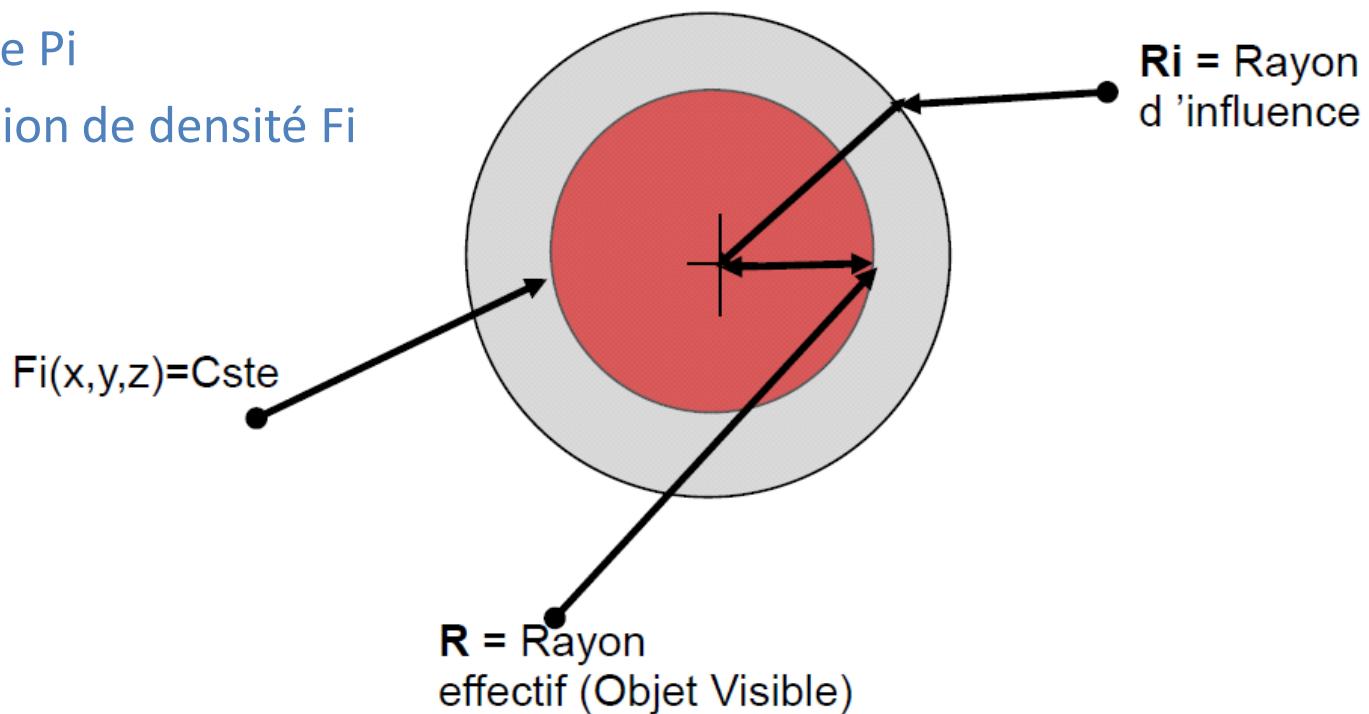
- Définition :
 - Points(x, y, z) tels que $F_i(x,y,z) = \text{constante} \rightarrow \text{seuil}$

Surfaces implicites

- Définition :
 - Points(x, y, z) tels que $F_i(x,y,z) = \text{constante} \rightarrow$ seuil
 - Objet implicite B_i
 - Centre P_i
 - Fonction de densité F_i

Surfaces implicites

- Définition :
 - Points (x, y, z) tels que $F_i(x, y, z) = \text{constante} \rightarrow$ seuil
 - Objet implicite B_i
 - Centre P_i
 - Fonction de densité F_i



Surfaces implicites

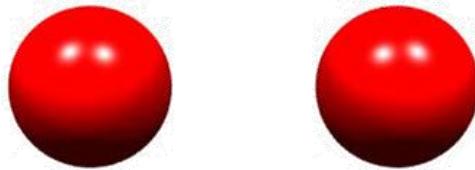
- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$

Surfaces implicites

- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

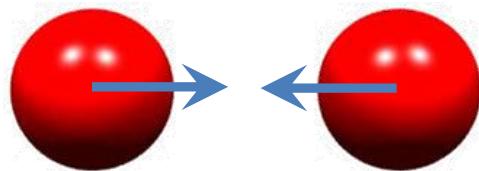
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



Surfaces implicites

- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

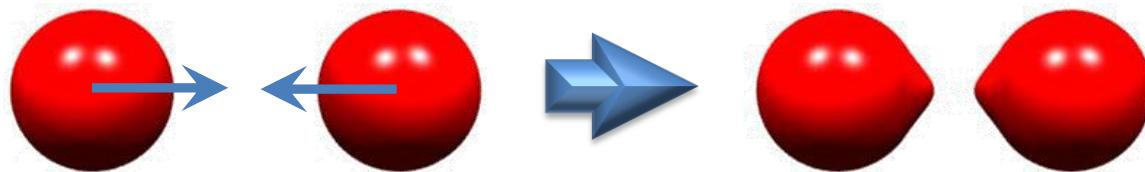
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



Surfaces implicites

- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

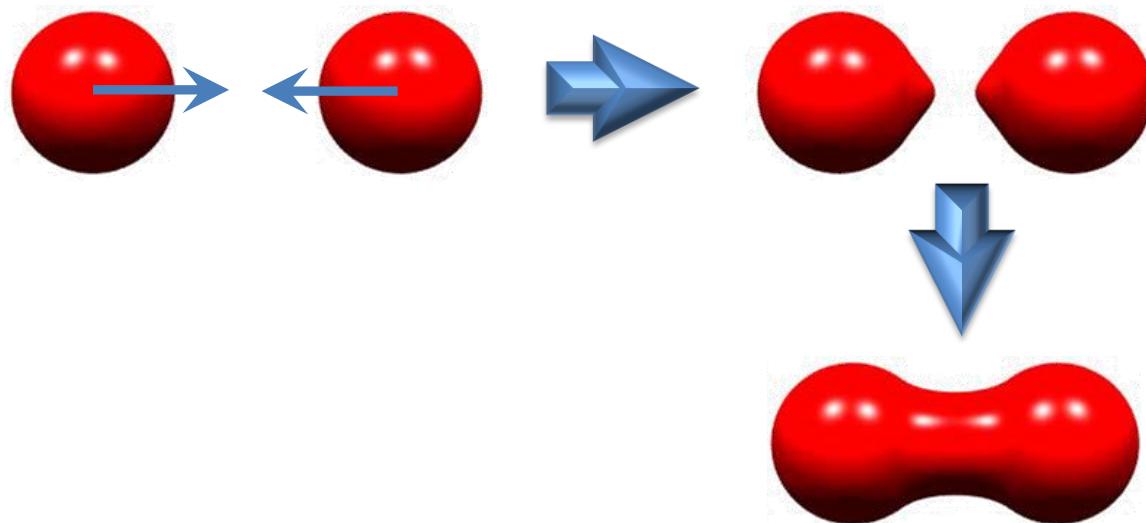
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



Surfaces implicites

- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

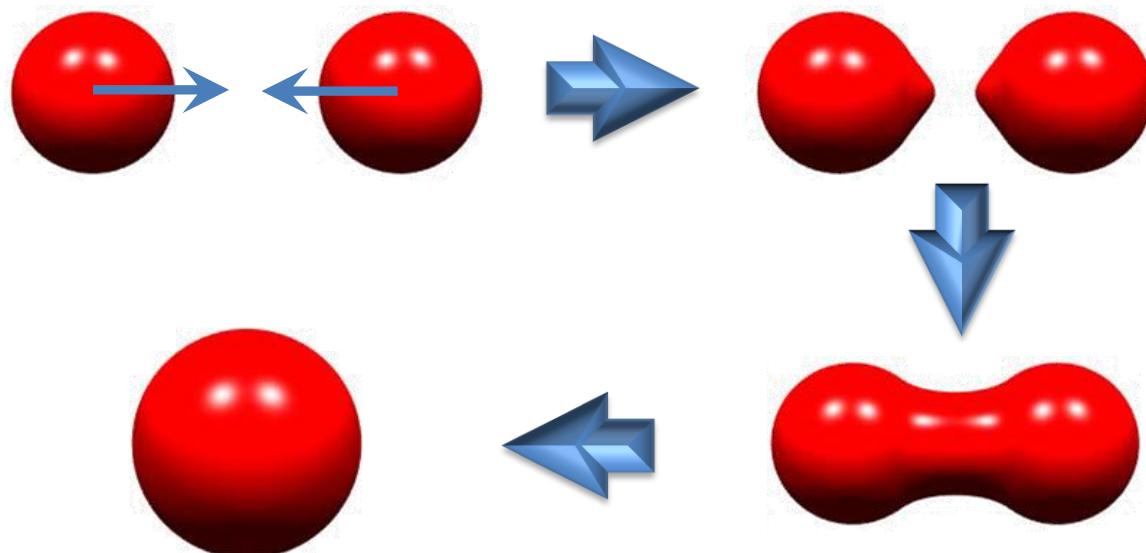
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



Surfaces implicites

- Construction par composition d'objets implicites :
 - Fonction de densité défini par ``mélange''

$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



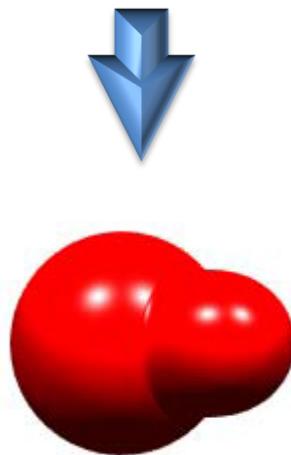
Surfaces implicites

- Influence positive ou Influence négative

Surfaces implicites

- Influence positive ou Influence négative

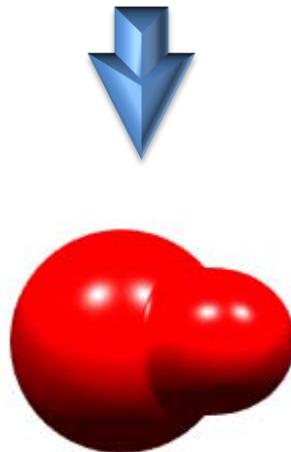
$$F(r) = F_1 + F_2$$



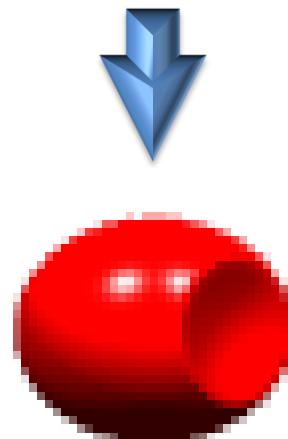
Surfaces implicites

- Influence positive ou Influence négative

$$F(r) = F_1 + F_2$$

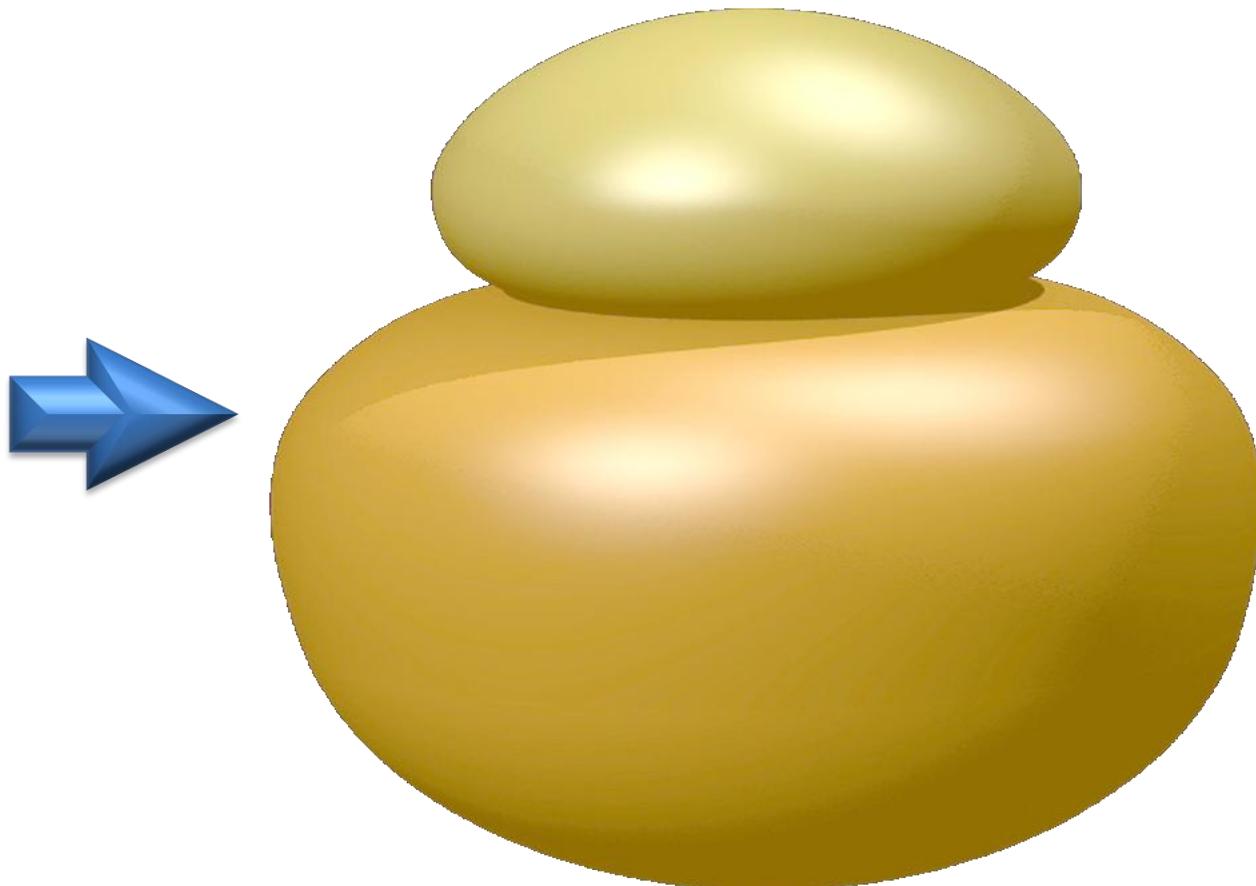


$$F(r) = F_1 - F_2$$



Surfaces implicites

- Permet de modéliser des “chocs” entre objet :



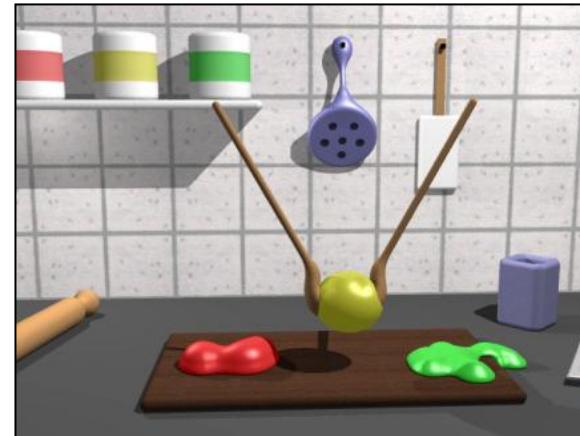
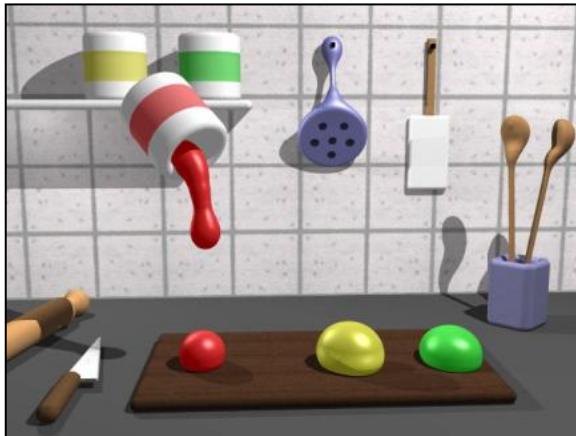
Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



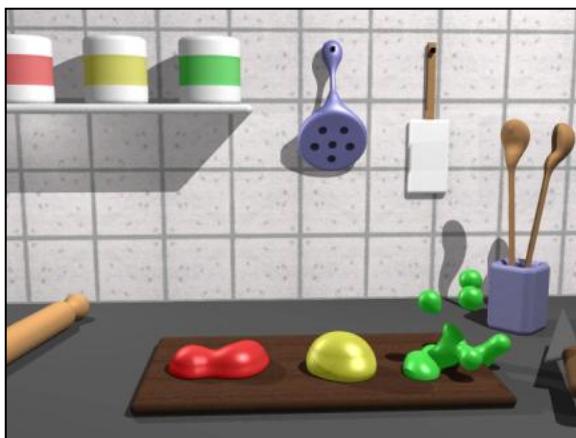
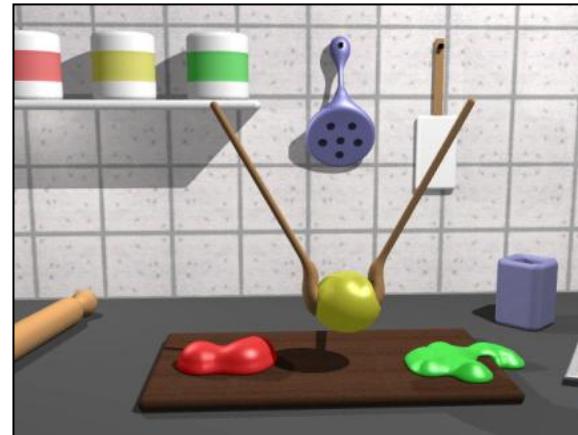
Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



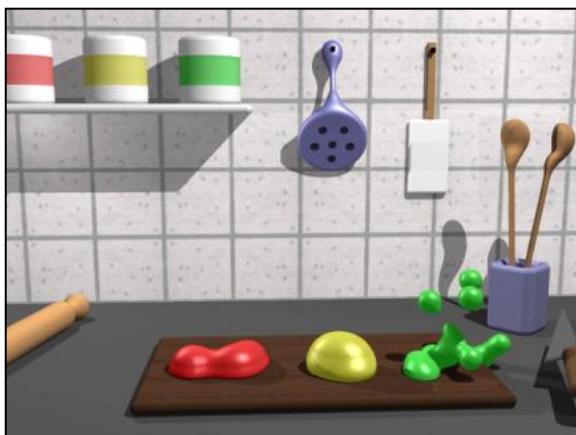
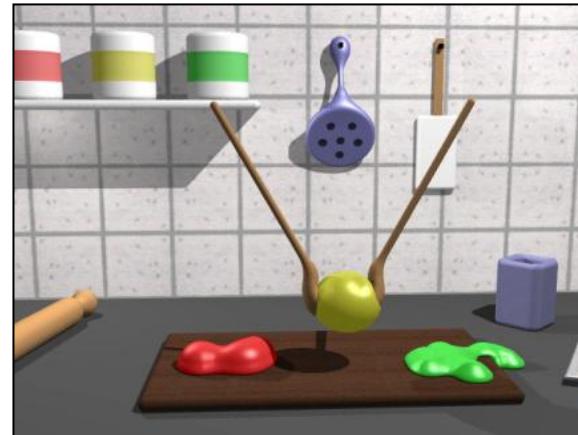
Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



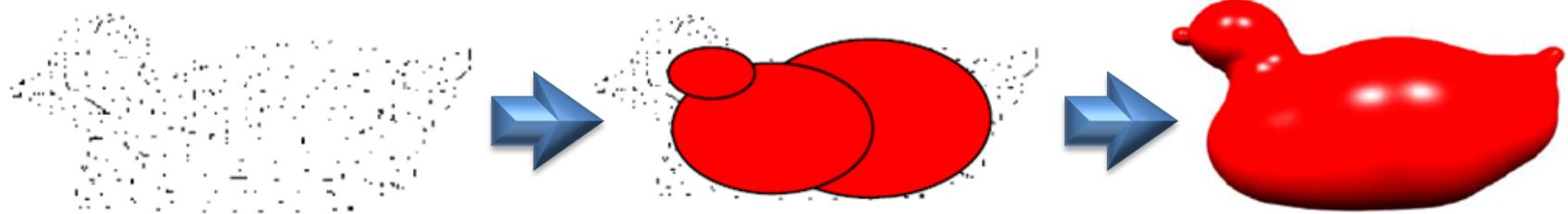
Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



Surfaces implicites

- Construction à partir :
 - d'un nuage de point



Extrait de : « Reconstruction Implicit de Surfaces 3D à partir de Régions 2D dans des Plans Parallèles », Adeline Pihuit, Olivier Palombi et Marie-Paule Cani , Afif 2009

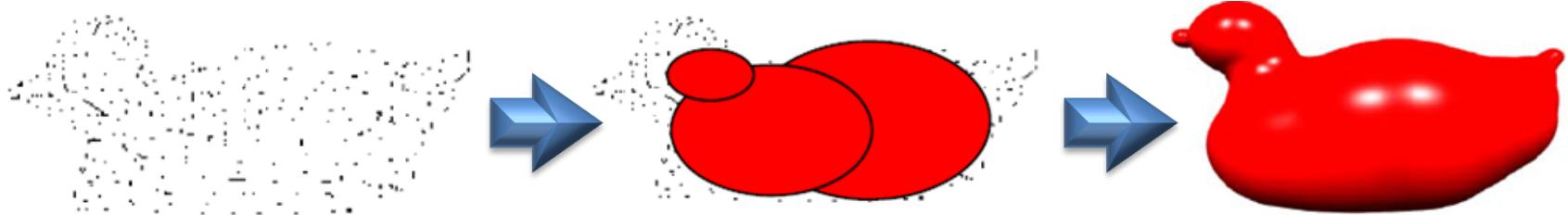
roseline.beniere@c4w.com

27

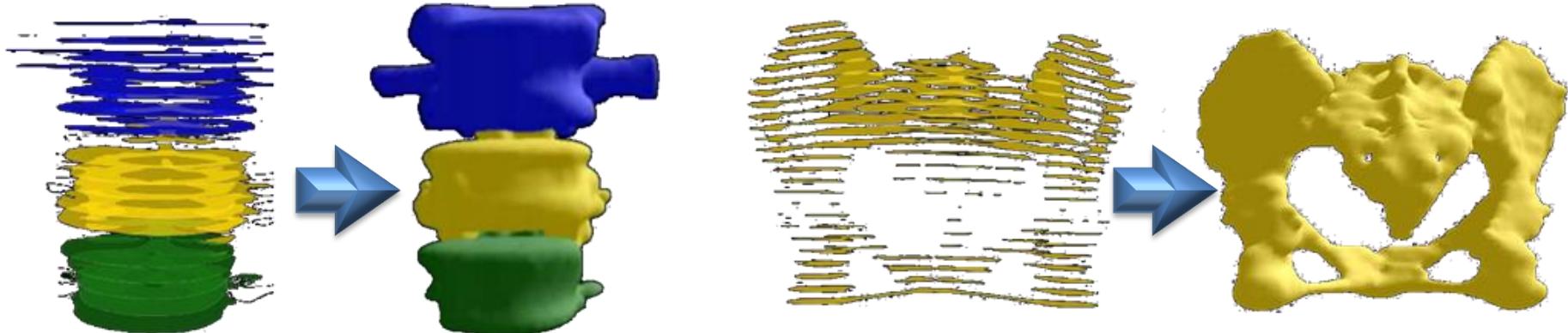
Surfaces implicites

- Construction à partir :

➤ d'un nuage de point



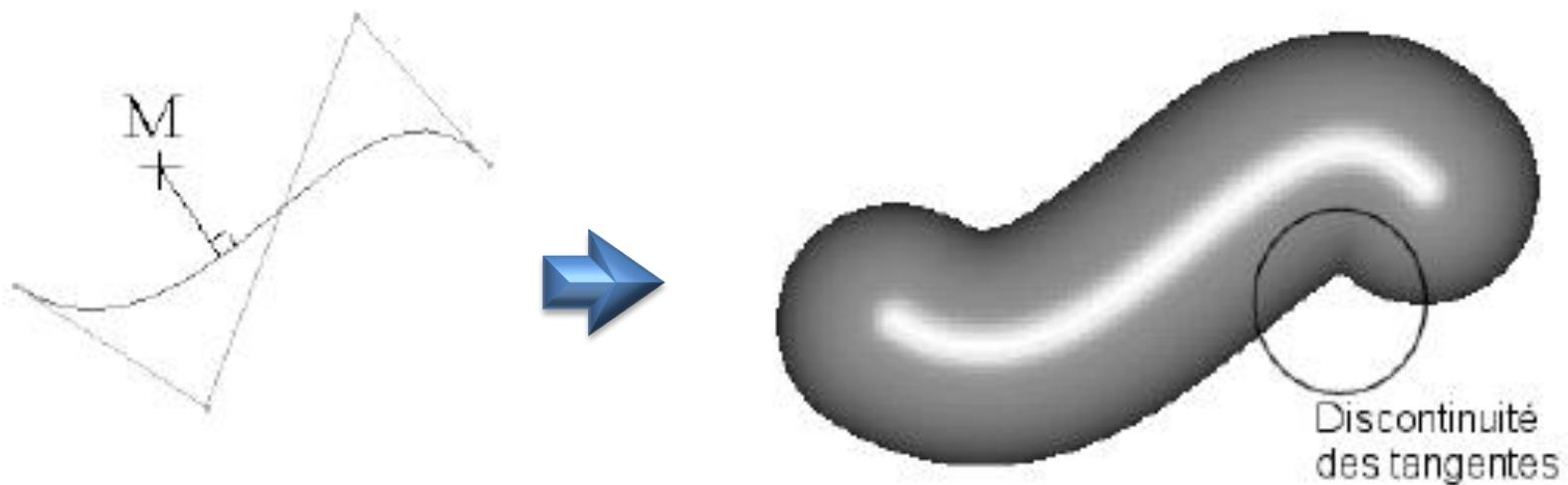
➤ d'un ensemble de tranches



Extrait de : « Reconstruction Implicit de Surfaces 3D à partir de Régions 2D dans des Plans Parallèles », Adeline Pihuit, Olivier Palombi et Marie-Paule Cani , Afif 2009

Surfaces implicites

- Construction à partir :
 - d'un squelette



Surfaces implicites

- Possibilité d'aller plus loin dans la gestion des formes de mélange :



Extrait de la thèse de Cédric Zanni :
« Modélisation implicite par squelette et
Applications », Université Joseph-Fourier -
Grenoble I, 2013

Surfaces implicites

- Différentes fonctions d'assemblage :
 - Blinn (82) ➔ Exponentielle
 - Nishimura (85) ➔ Quadrique
 - Wyvill (86) ➔ Polynôme de degré 6
 - Murakami (87) ➔ Polynôme de degré 4
 - ...

Surfaces implicites

- Application :
 - représentation mathématiques adaptée à la modélisation de volume (de géométrie et de topologie changeante)



Extrait de : Terminator 2

roseline.beniere@c4w.com

31

Surfaces implicites

- Application :
 - modélisation de terrains
 - caractérisation volumique des matériaux
 - lissage de la surface par convolution

Surfaces implicites

- Application :

- modélisation de terrains

- caractérisation volumique des matériaux
 - lissage de la surface par convolution
 - représentation implicite de rochers



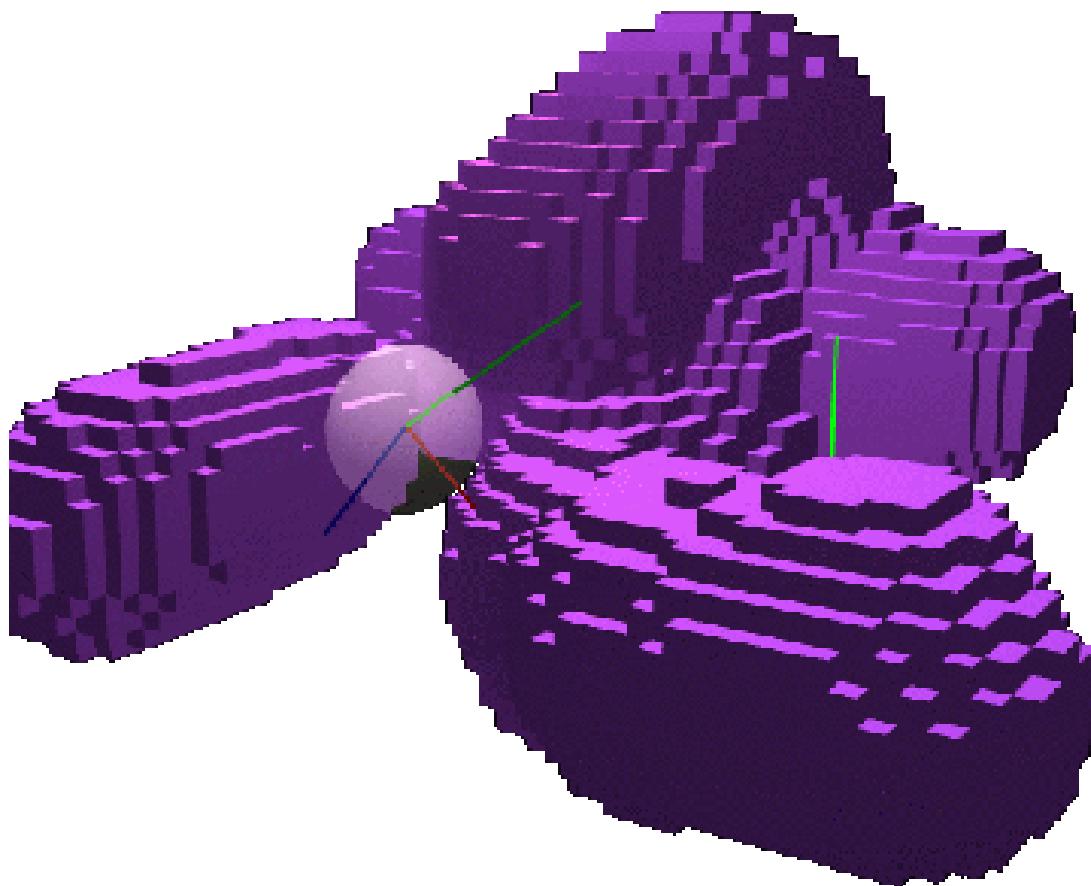
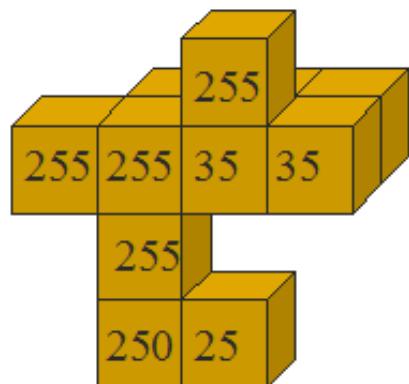
Extrait de : <http://liris.cnrs.fr/~egalin/Slides/blob-0-overview.pdf>

roseline.beniere@c4w.com

32

Surfaces implicites

- Discrétisation :
 - par voxel



Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry → CSG

➤ un des formalismes les plus répandus

Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry → CSG
 - un des formalismes les plus répandus
 - à partir d'un ensemble de primitives solides :
 - parallélépipèdes
 - sphères
 - cylindres ...

Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry → CSG
 - un des formalismes les plus répandus
 - à partir d'un ensemble de primitives solides :
 - parallélépipèdes
 - sphères
 - cylindres ...
 - transformations dans l'espace
 - translation
 - rotation ...

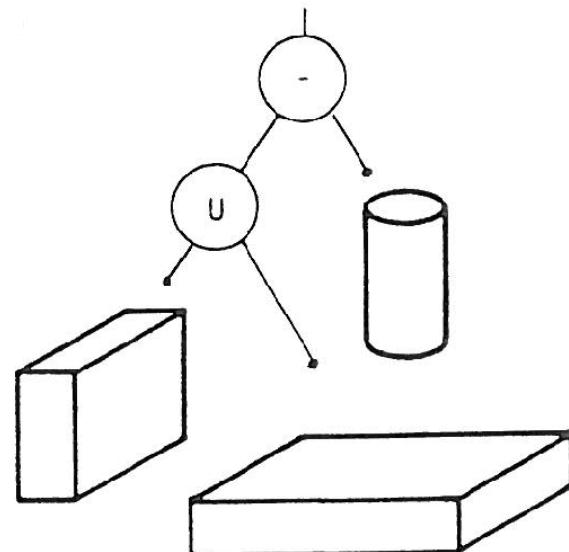
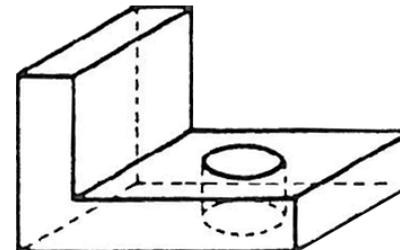
Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry → CSG
 - un des formalismes les plus répandus
 - à partir d'un ensemble de primitives solides :
 - parallélépipèdes
 - sphères
 - cylindres ...
 - transformations dans l'espace
 - translation
 - rotation ...
 - combinaisons de ces primitives
 - union
 - soustraction ...

Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry

➤représentation par un arbre binaire :

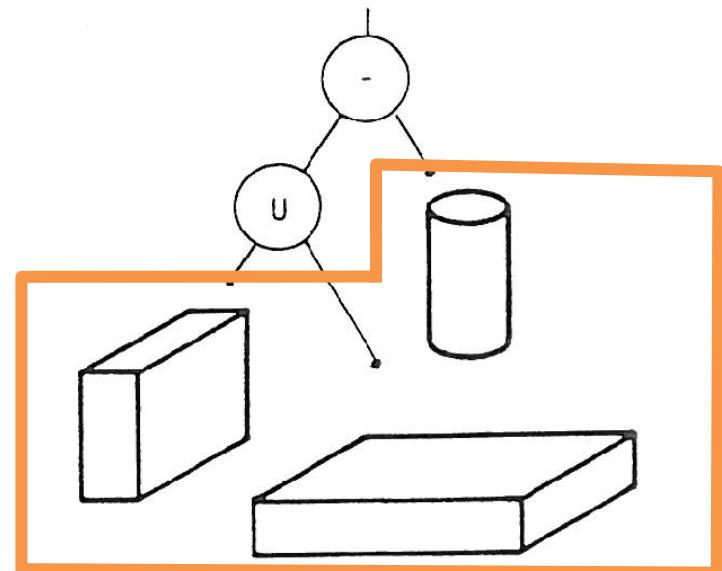
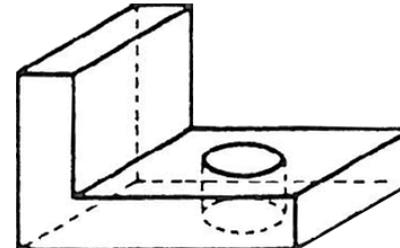


Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry

➤représentation par un arbre binaire :

- primitives géométriques comme feuilles

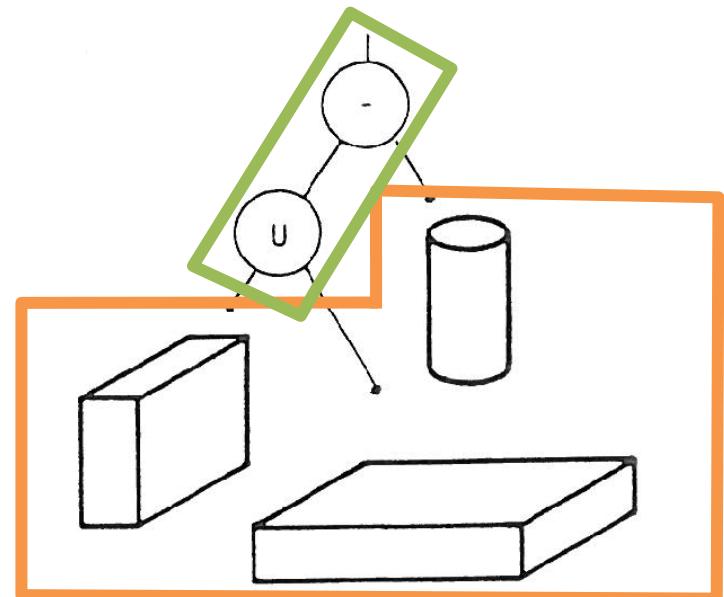
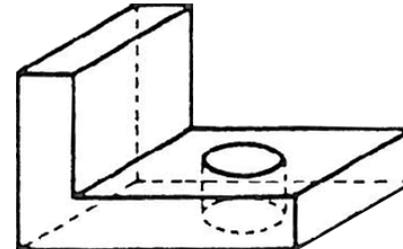


Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry

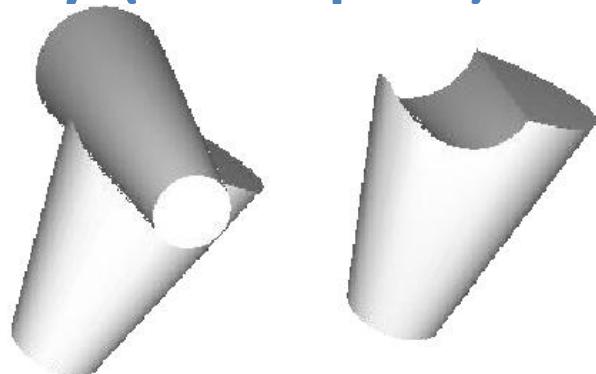
➤représentation par un arbre binaire :

- primitives géométriques comme feuilles
- nœud comme opérateurs de composition



Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry (exemples)
 - Union ou Différence

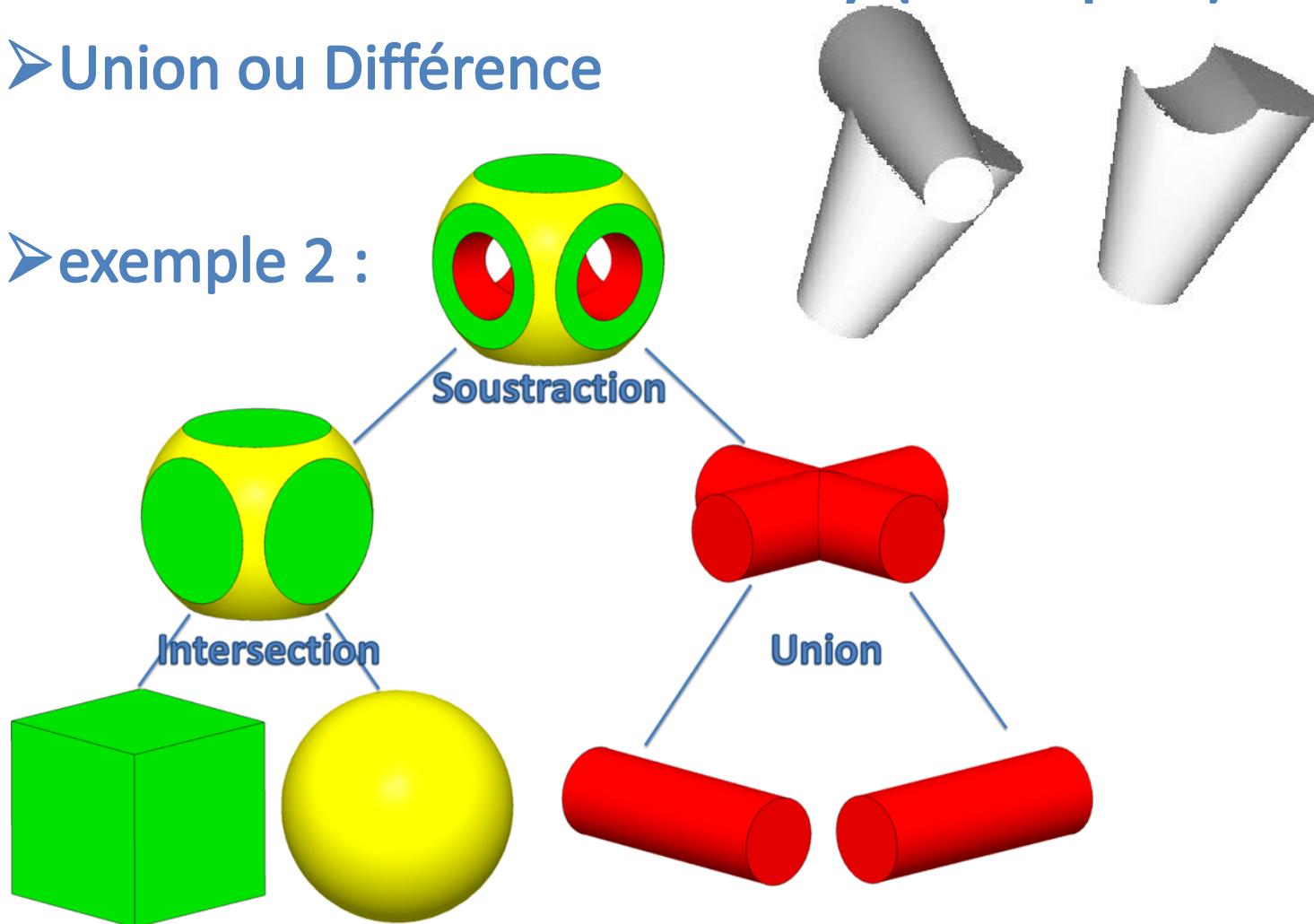


Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry (exemples)

➤ Union ou Différence

➤ exemple 2 :



Composition arborescente de solides

- CSG + surfaces implicites

➤ à la fois union / intersection ...

➤ mais aussi mélange / déformation ...



Plan

- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

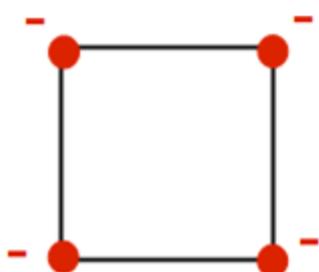
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

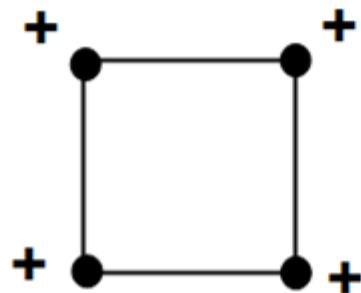
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

➤ Idée en 2D



Non sécant

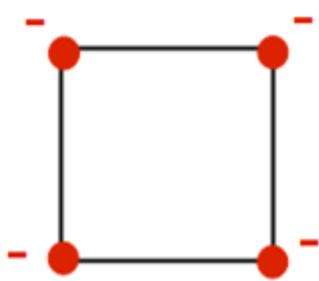


Non sécant

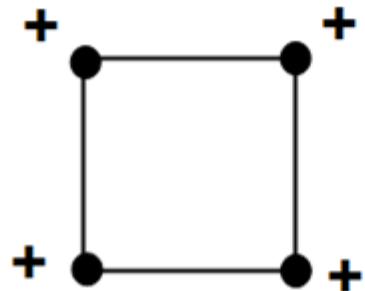
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

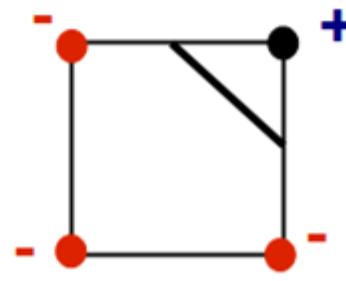
➤ Idée en 2D



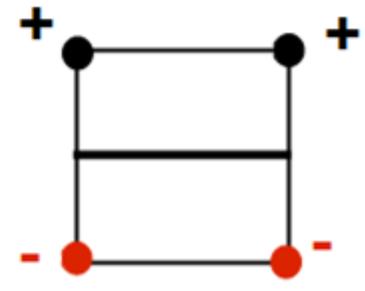
Non sécant



Non sécant



Sécant

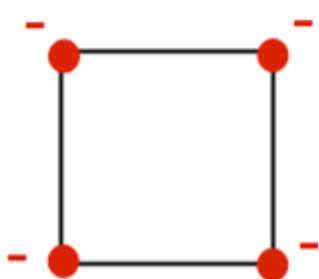


Sécant

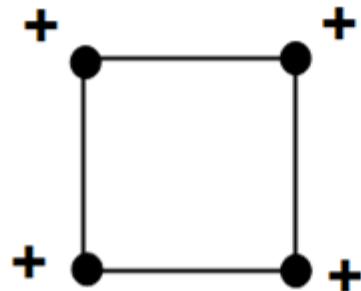
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

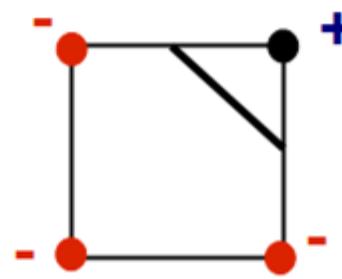
➤ Idée en 2D



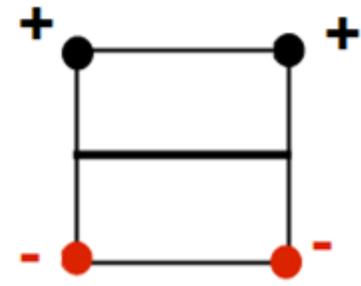
Non sécant



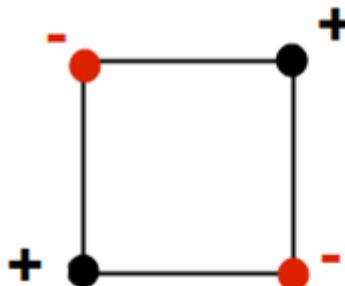
Non sécant



Sécant



Sécant

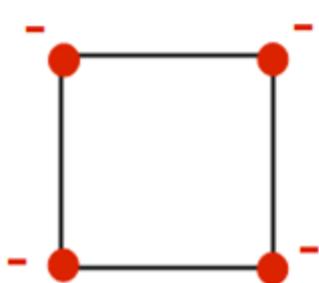


Sécant et indétermination

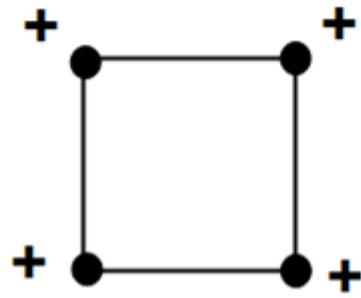
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

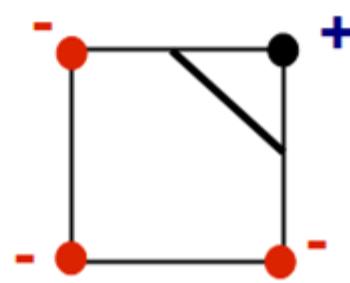
➤ Idée en 2D



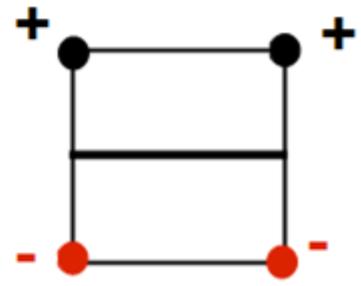
Non sécant



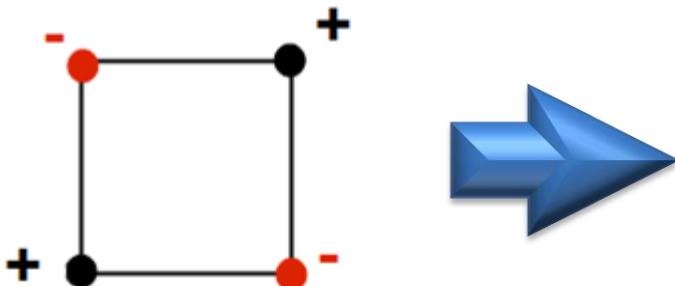
Non sécant



Sécant



Sécant



Sécant et indétermination

Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :
 - En 3D : après exploitation des symétries

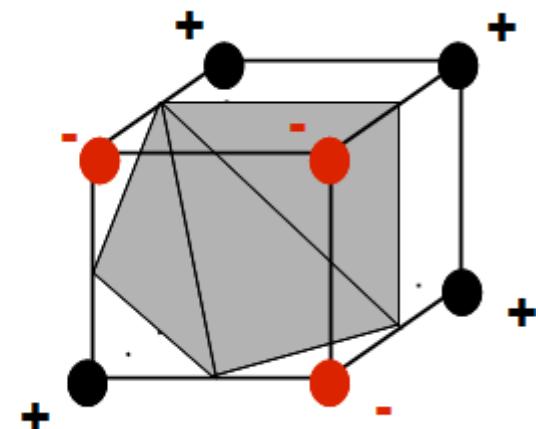
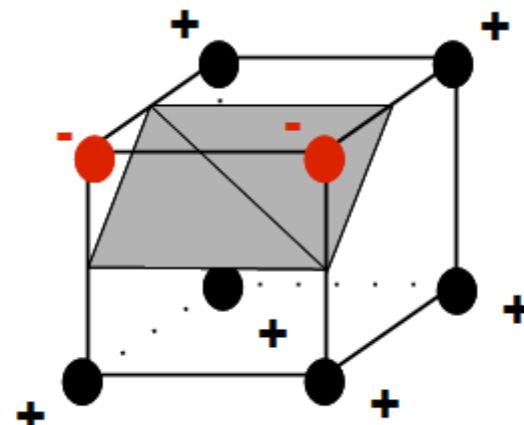
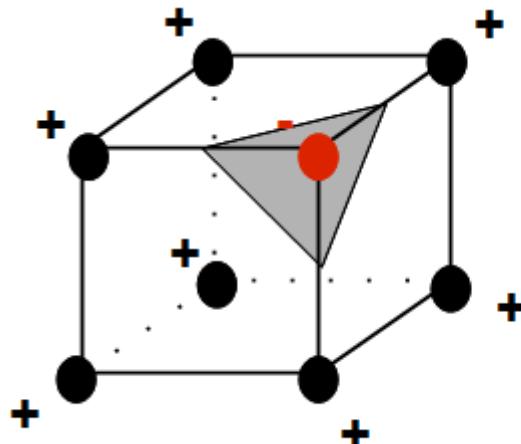
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :
 - En 3D : après exploitation des symétries
 - il reste **15** cas différents :

Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

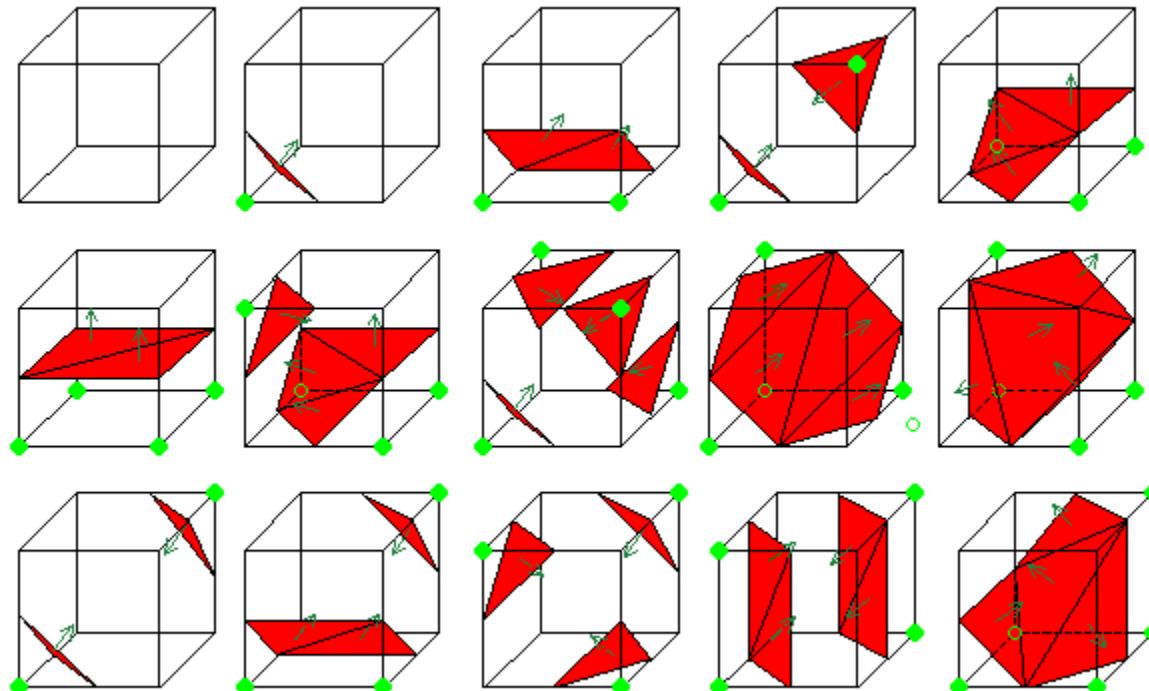
- En 3D : après exploitation des symétries
- il reste **15** cas différents :



Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

- En 3D : après exploitation des symétries
- il reste **15** cas différents :

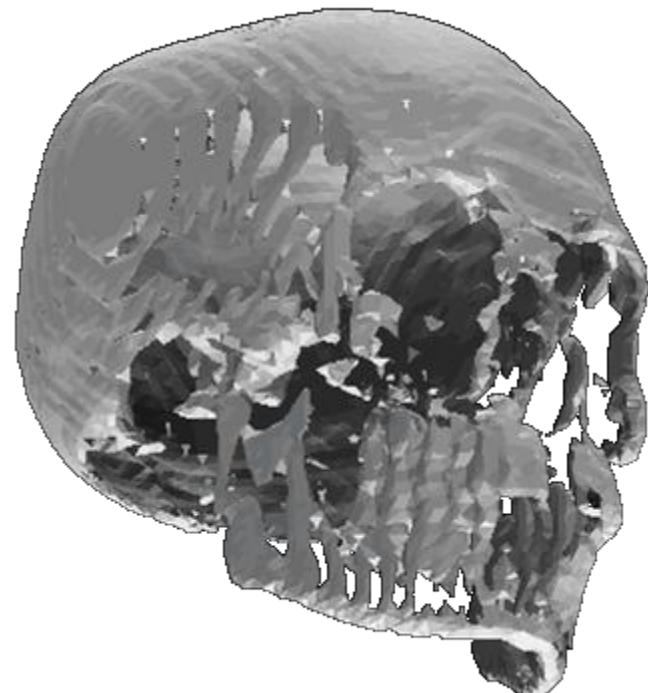
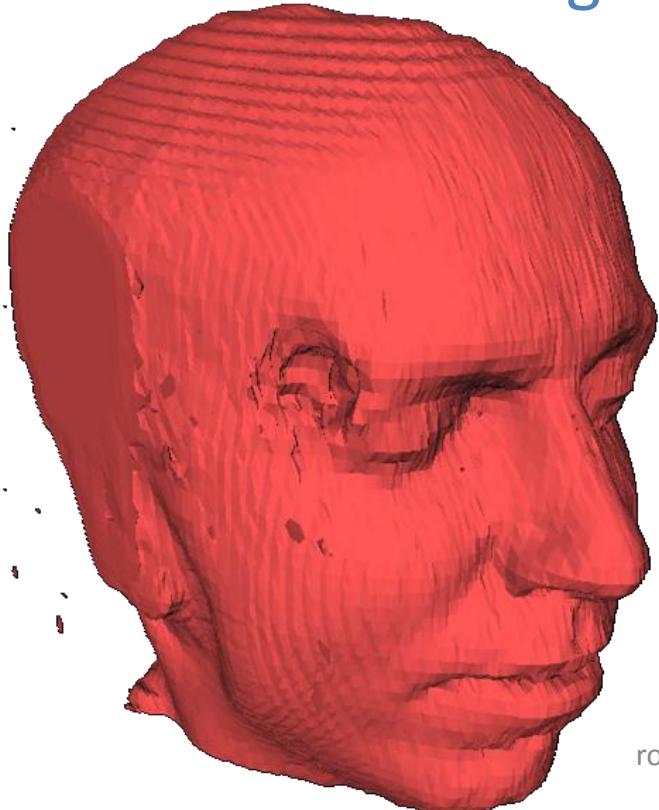


Passage du volumique au surfacique

- **Algorithme du Marching Cube :**
 - à partir d'un ensemble de cellules intersectant, on obtient un maillage triangulaire de la surface :

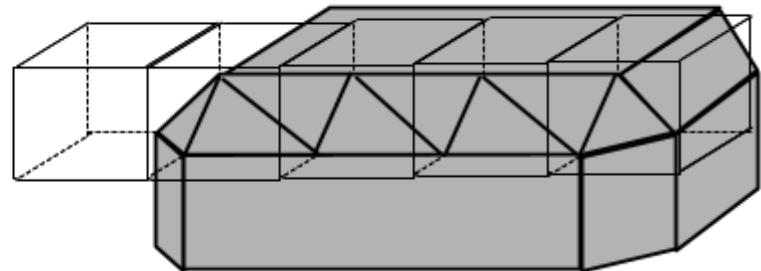
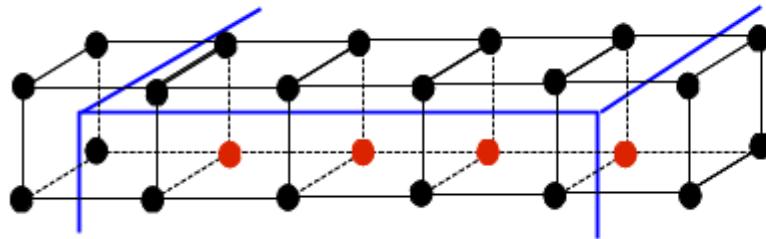
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :
 - à partir d'un ensemble de cellules intersectant, on obtient un maillage triangulaire de la surface :



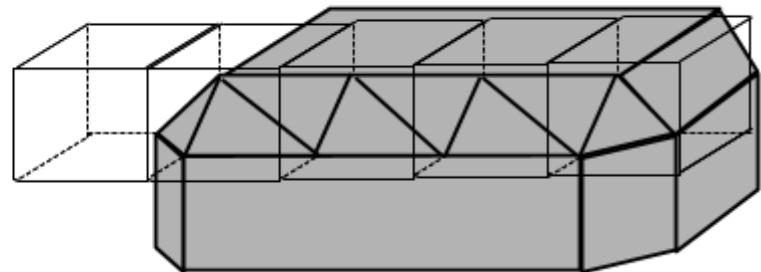
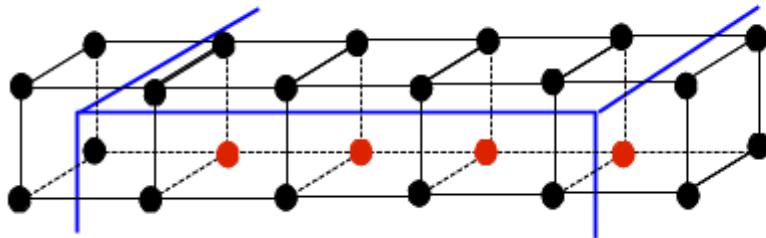
Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :
 - problème des arêtes saillantes :



Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :
 - problème des arêtes saillantes :



- il existe des améliorations possibles en utilisant les intersections entre les cubes et la surface.

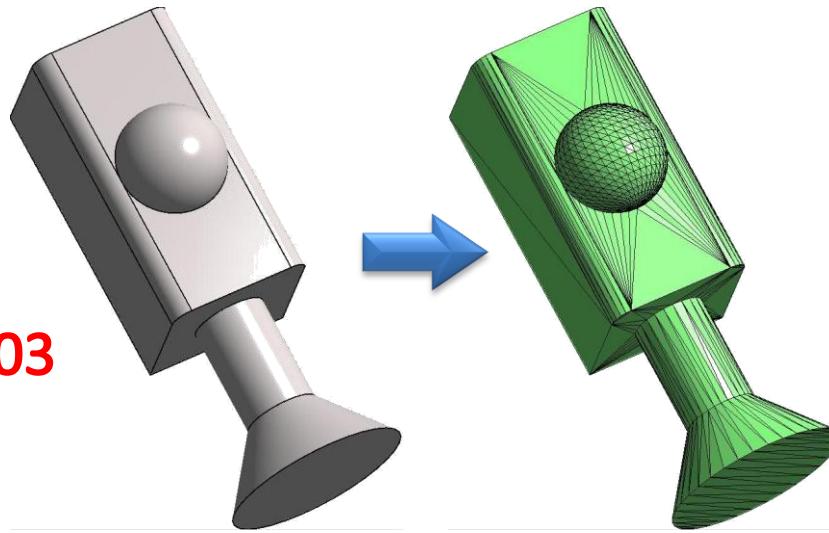
Conclusion

- **Représentation volumique :**
 - soit de manière continue,
 - surface implicite
 - modèle CSG
 - soit de manière discrète,
 - par voxel
 - en créant une surface triangulée par Marching Cube

FIN

Maillages

lundi 09/03



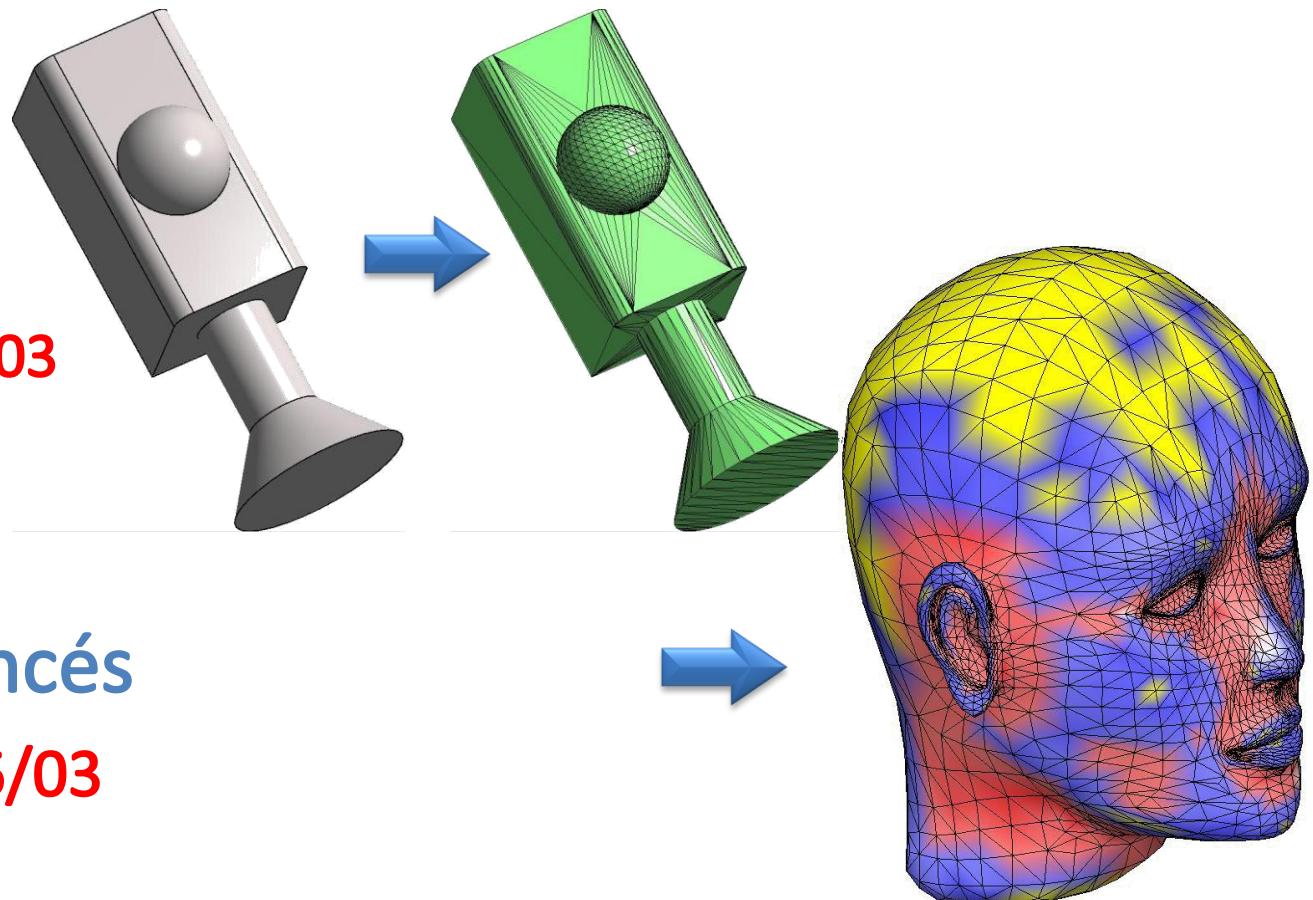
Pour récupérer les cours et le TD/TP:

<http://www.lirmm.fr/~beniere/Enseignements.php>

FIN

Maillages

lundi 09/03



Maillages avancés

lundi 16/03

Pour récupérer les cours et le TD/TP:

<http://www.lirmm.fr/~beniere/Enseignements.php>

Sources

- Cour utilisé pour ce support :
 - Gilles Gesquière (Gamagora Lyon)
 - Christian Jacquemin (LIMSI – Paris 11)
 - Marc Daniel (LSIS – Marseille)
 - Fabrice Aubert (LIFL – Lille)
 - Marc Neveu (Le2i - Dijon)
 - Equipe Vortex (IRIT – UPS Toulouse)