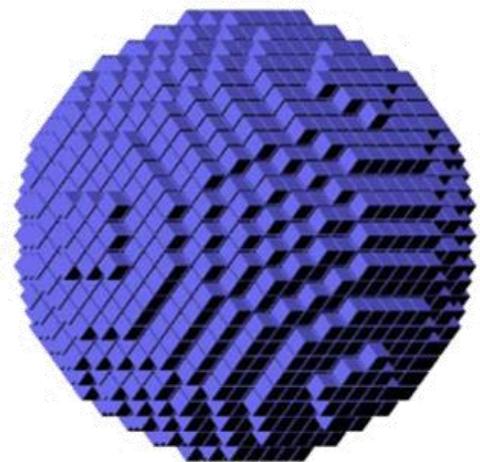
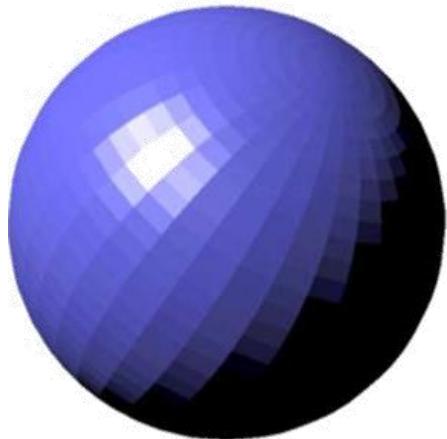


# Modélisation et Programmation 3D

## Modèles volumiques

Cours du 20/02/2017



# Plan

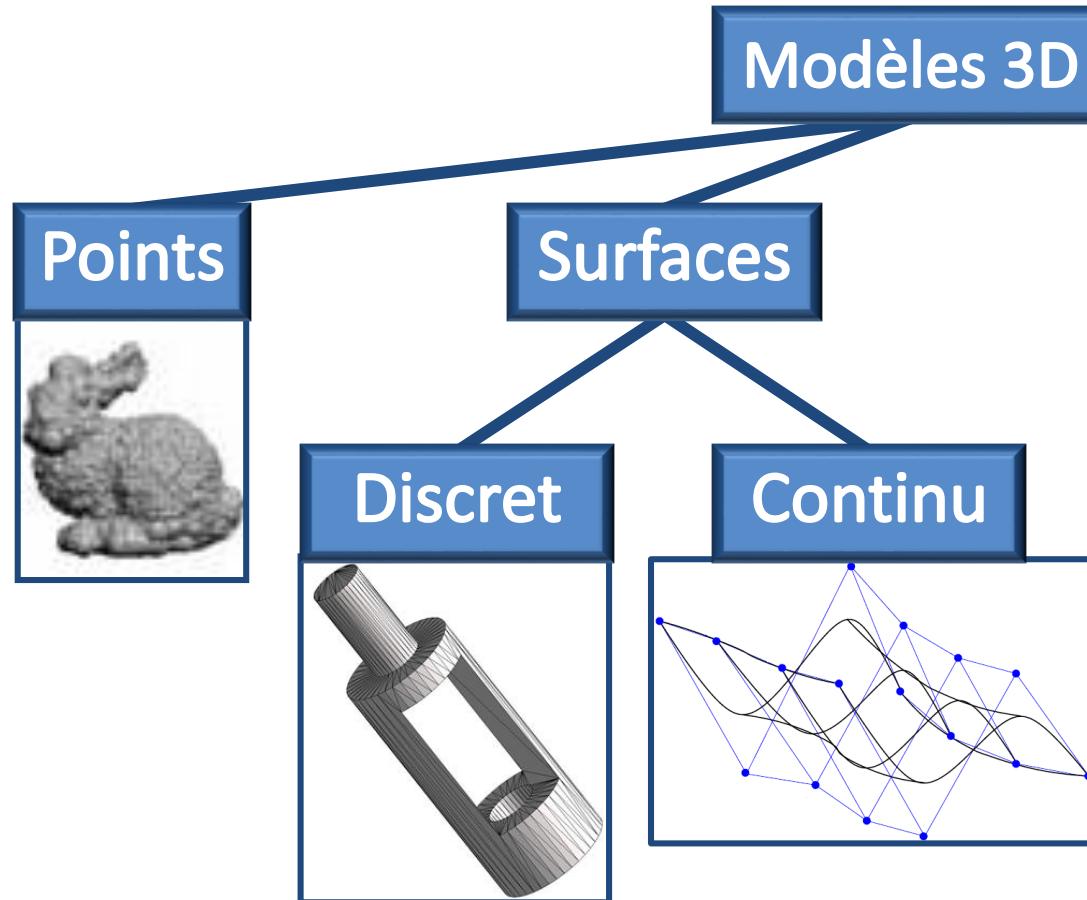
- Introduction
- Octree
- Modèles volumiques basés ondelette
- Surfaces implicites
- Composition arborescente de solides
- Passage du volumique au surfacique

# Plan

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

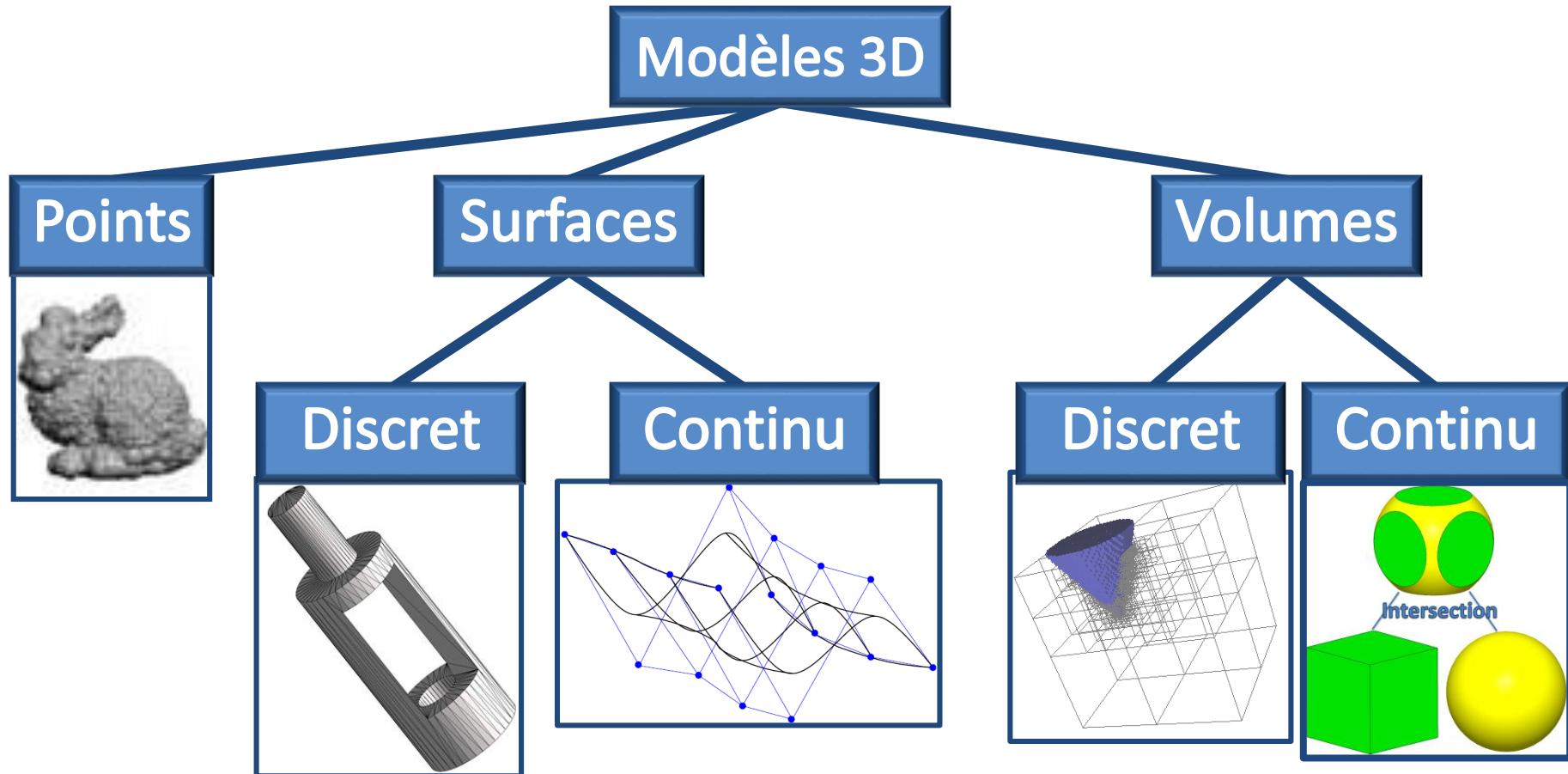
# Introduction

→ Représentation 3D possibles :



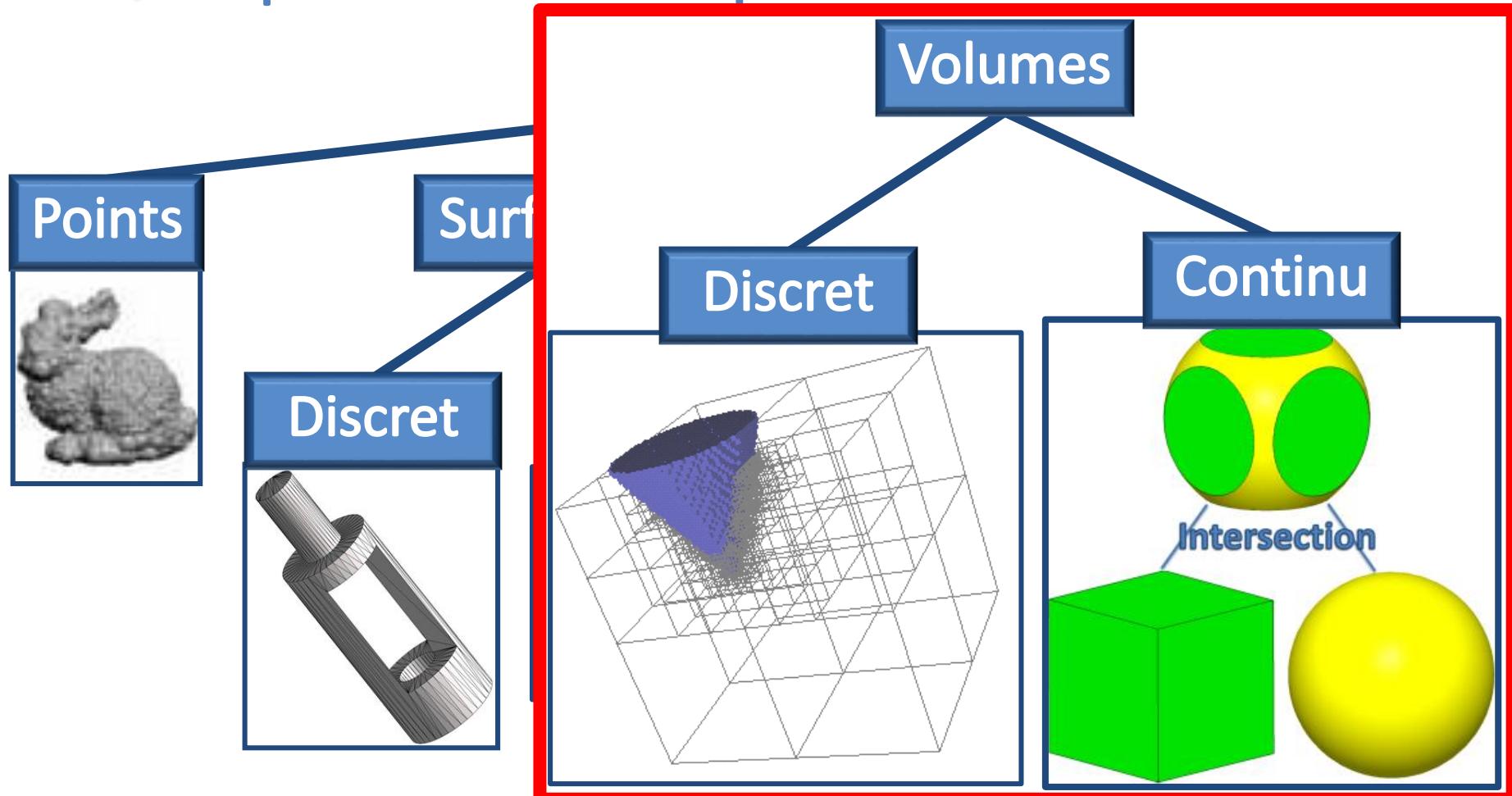
# Introduction

→ Représentation 3D possibles :



# Introduction

→ Représentation 3D possibles :



# Introduction

→ Modèles volumiques :

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

# Introduction

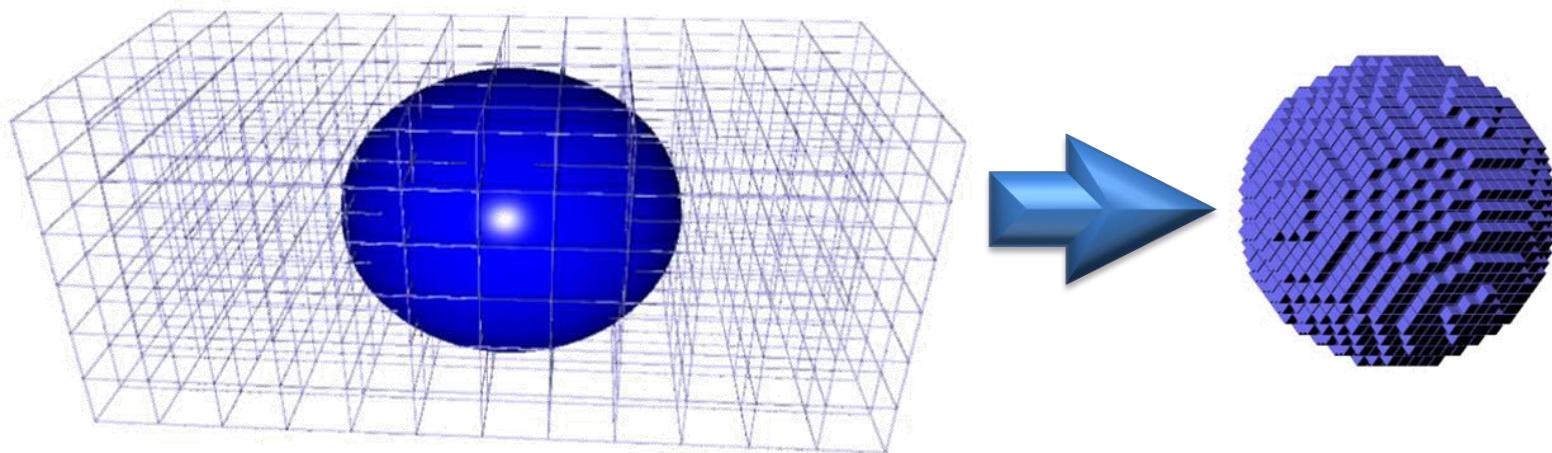
→ Modèles volumiques :

- 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

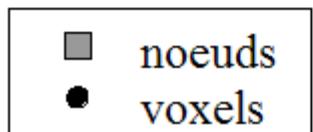
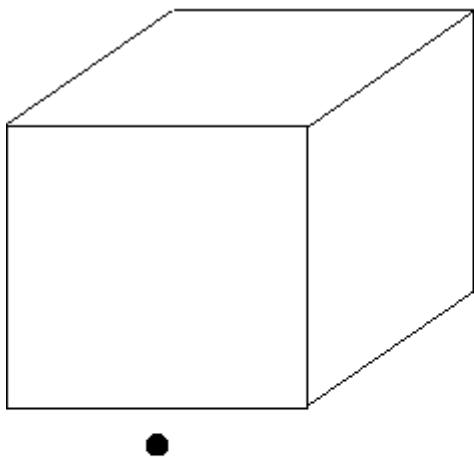


# Plan

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

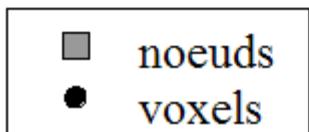
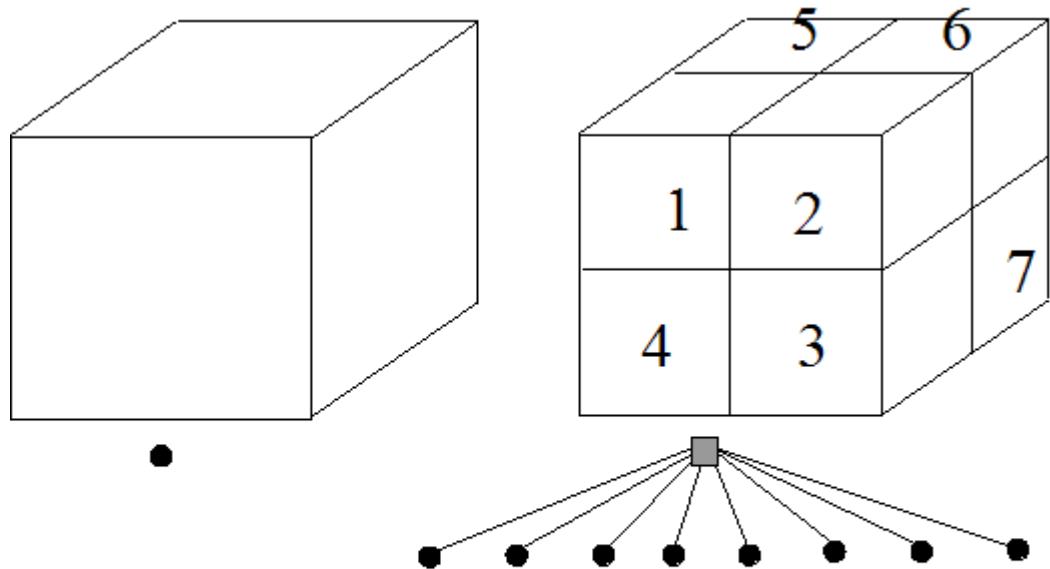
# Octree

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



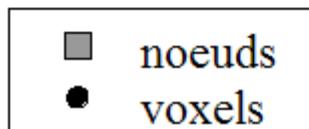
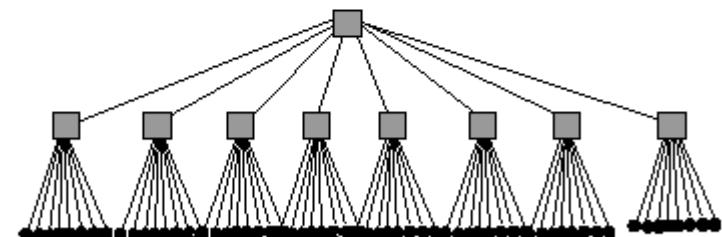
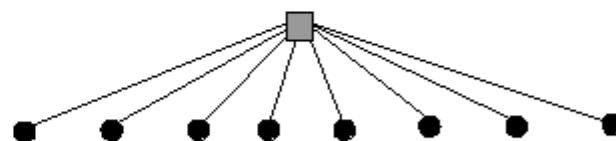
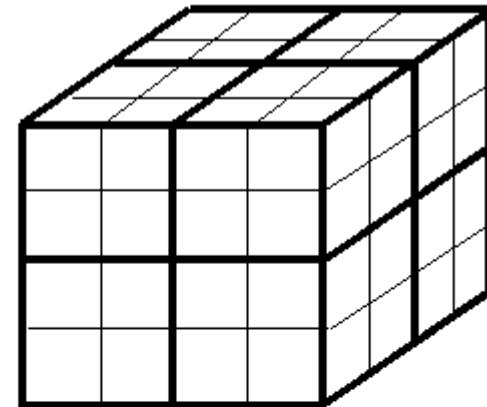
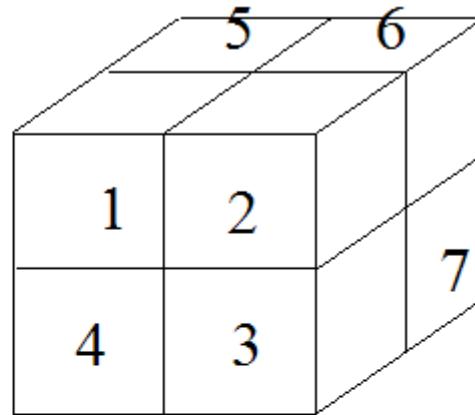
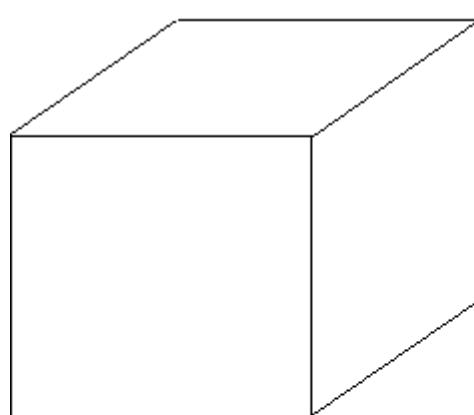
# Octree

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



# Octree

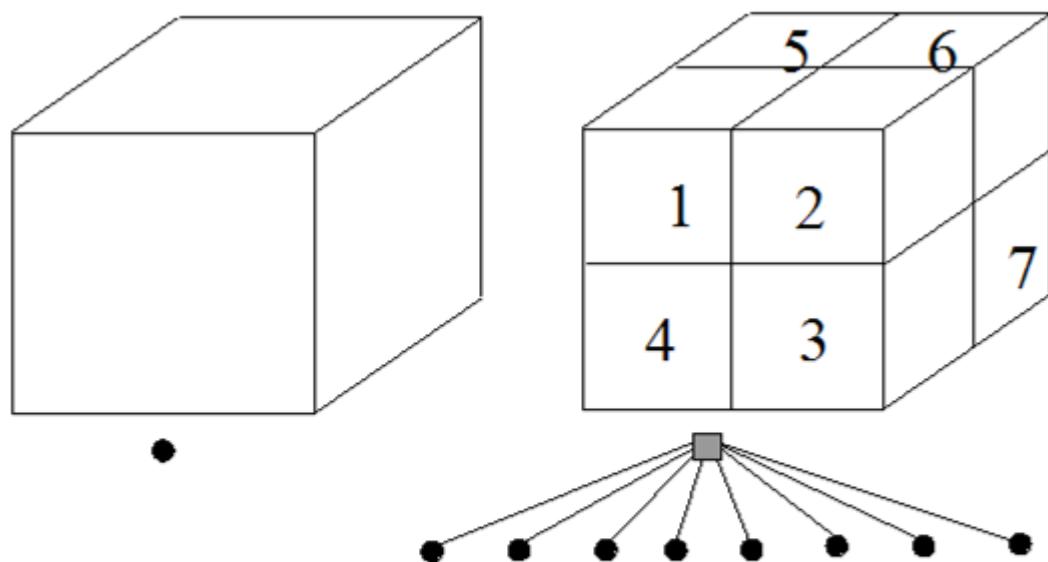
- Octree régulier :
  - subdivise de façon récursive un volume cubique en 8 sous-cubes de tailles égales
  - les feuilles de l'octree sont appelés des **voxels**



# Octree

- Octree adaptatif :

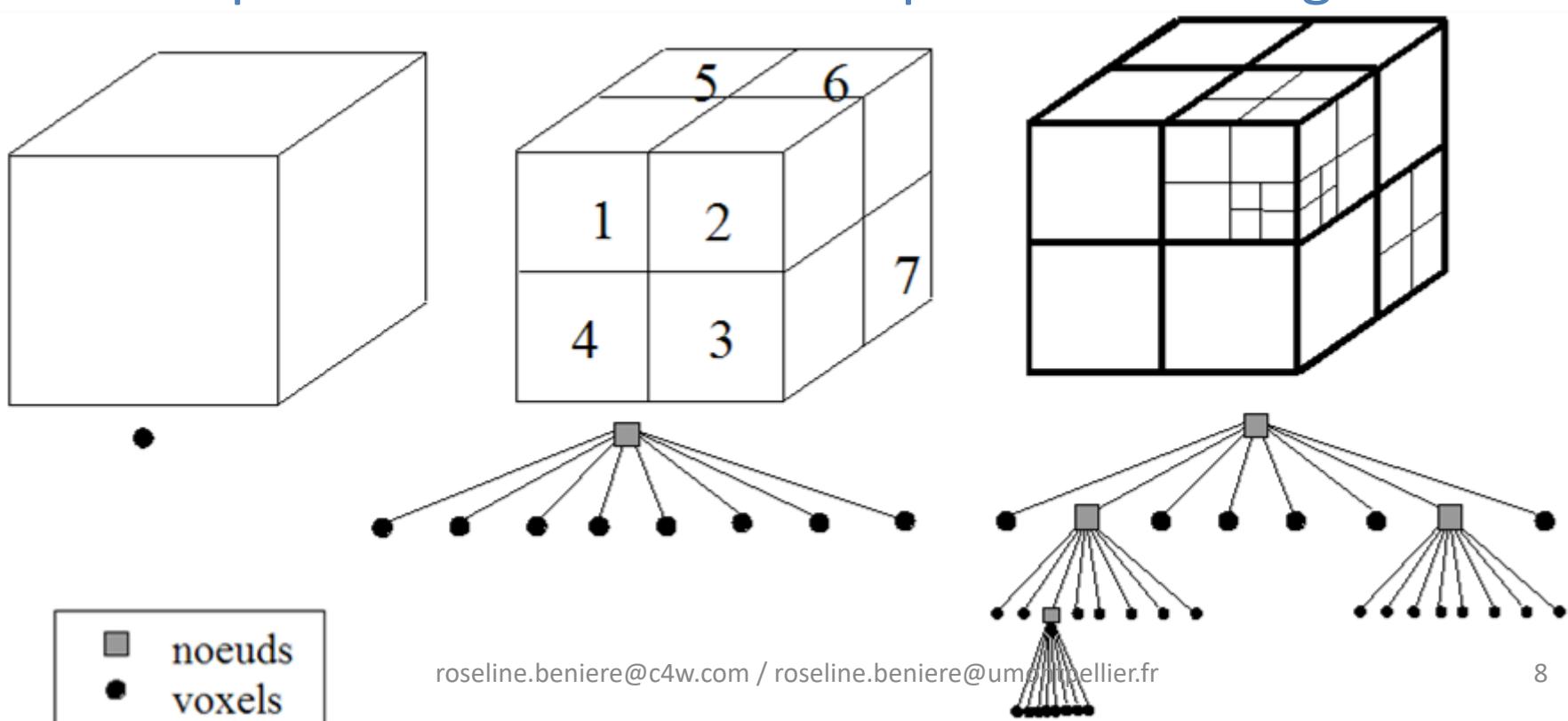
- la profondeur de chaque branche peut être de taille différente



# Octree

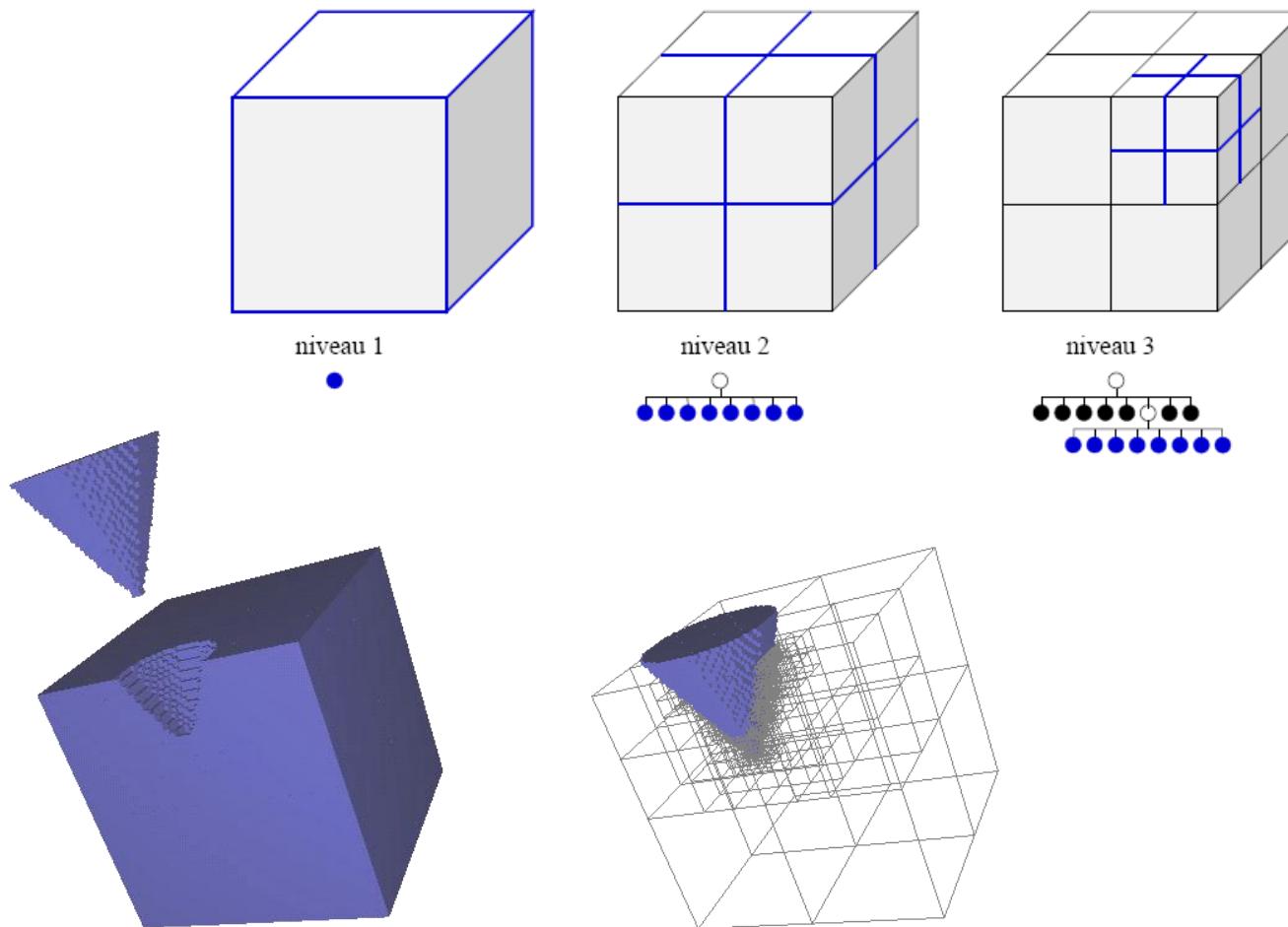
- Octree adaptatif :

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



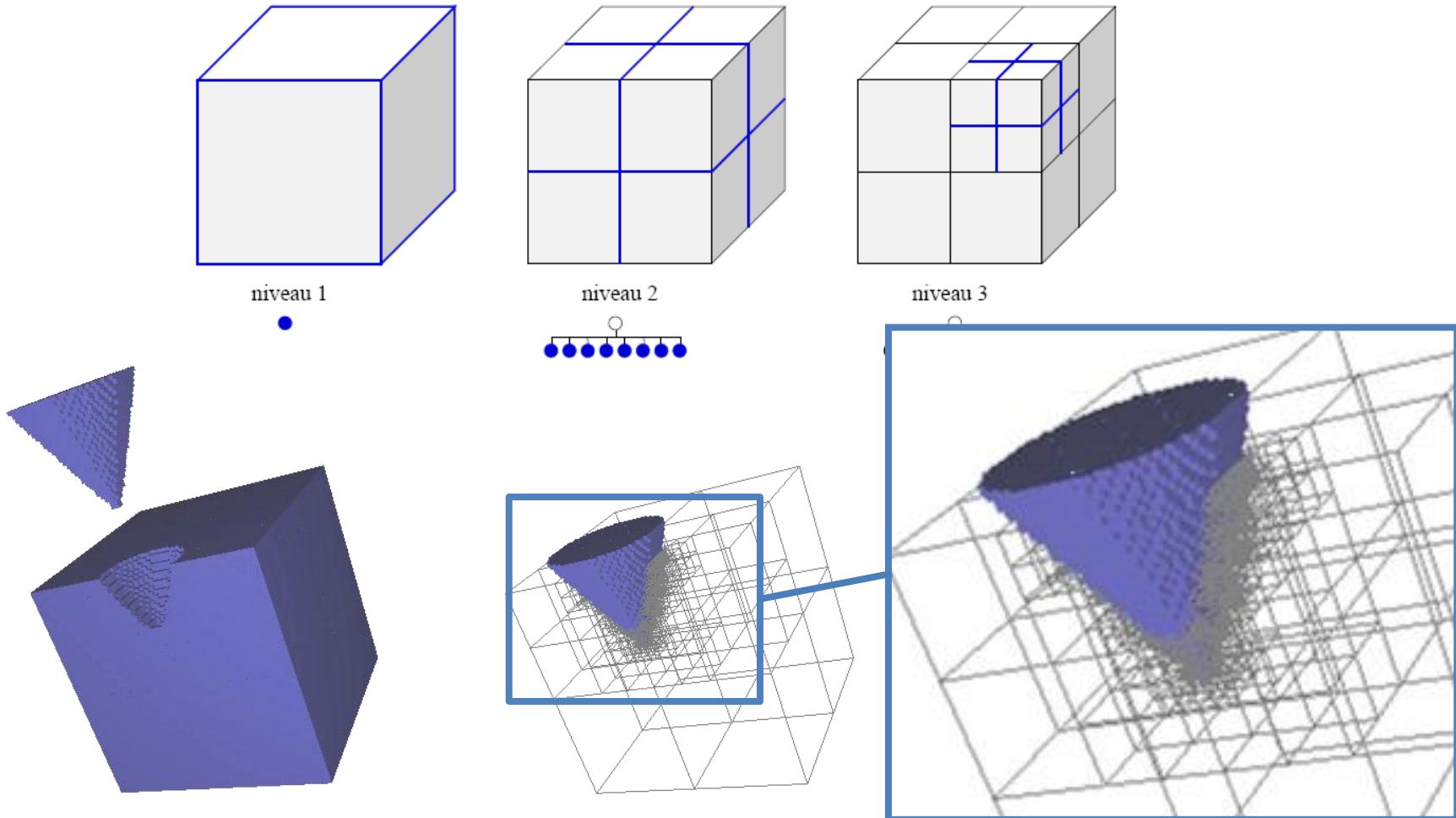
# Octree

- Octree adaptatif (illustration):



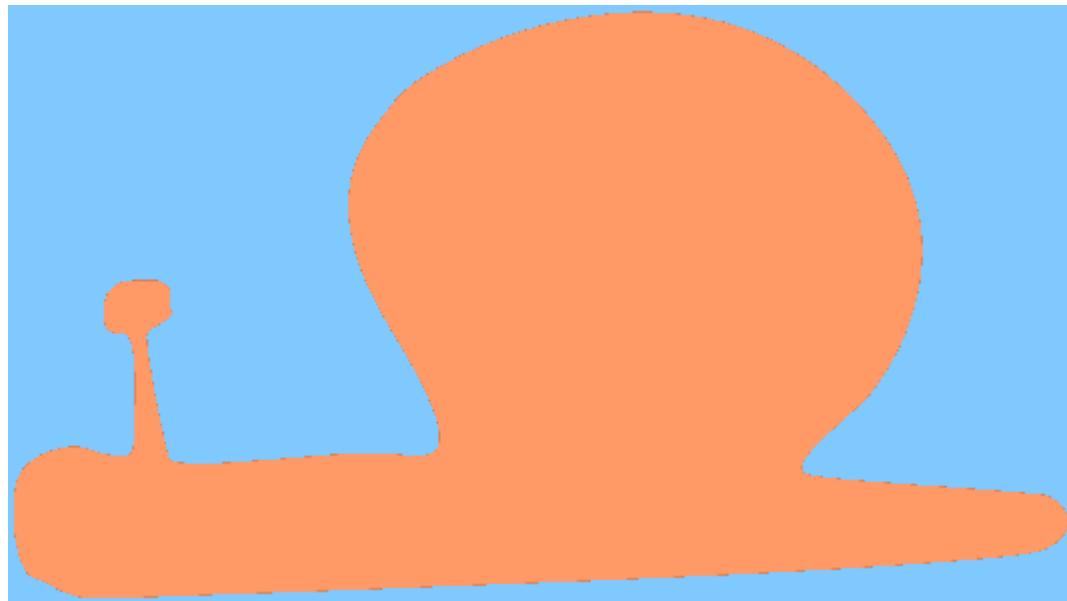
# Octree

- Octree adaptatif (illustration):



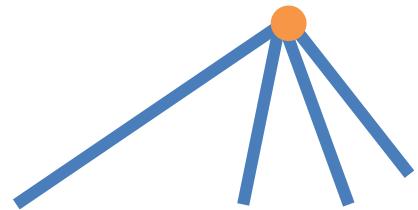
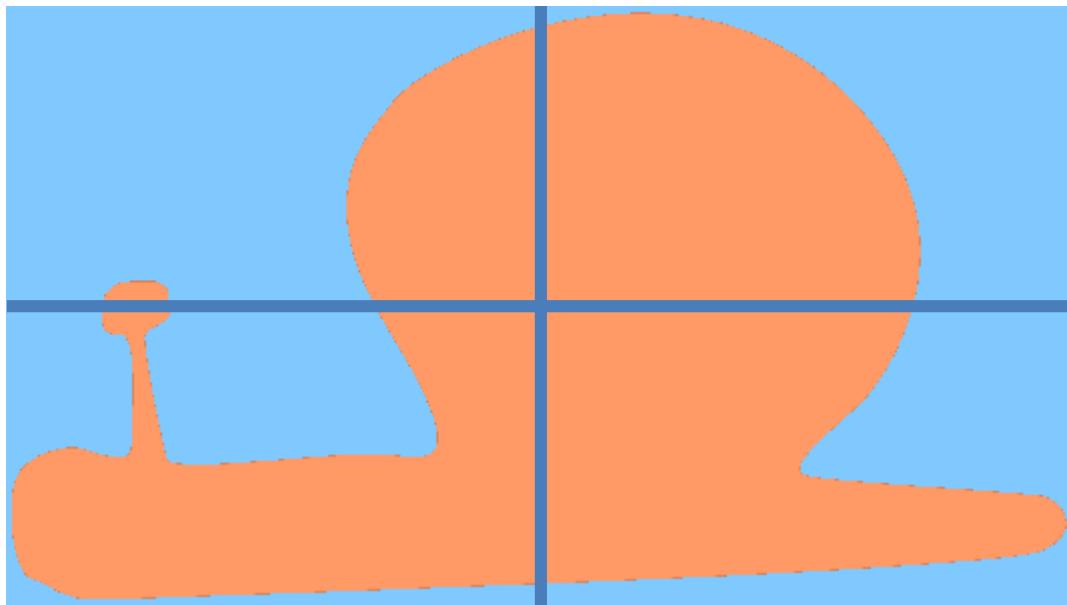
# Octree

- Octree adaptatif :
  - exemple 2D



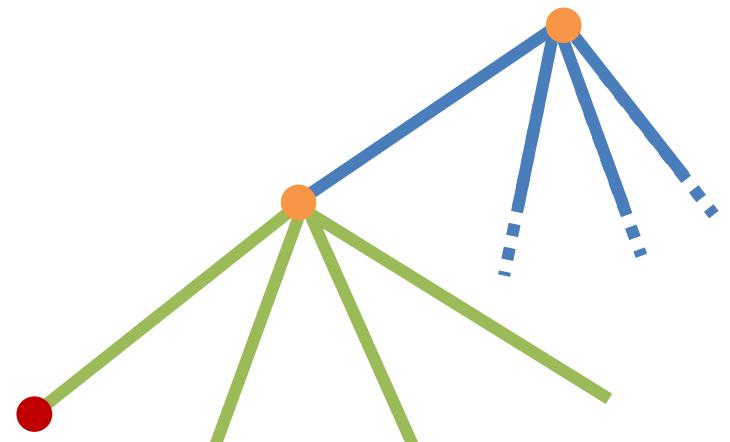
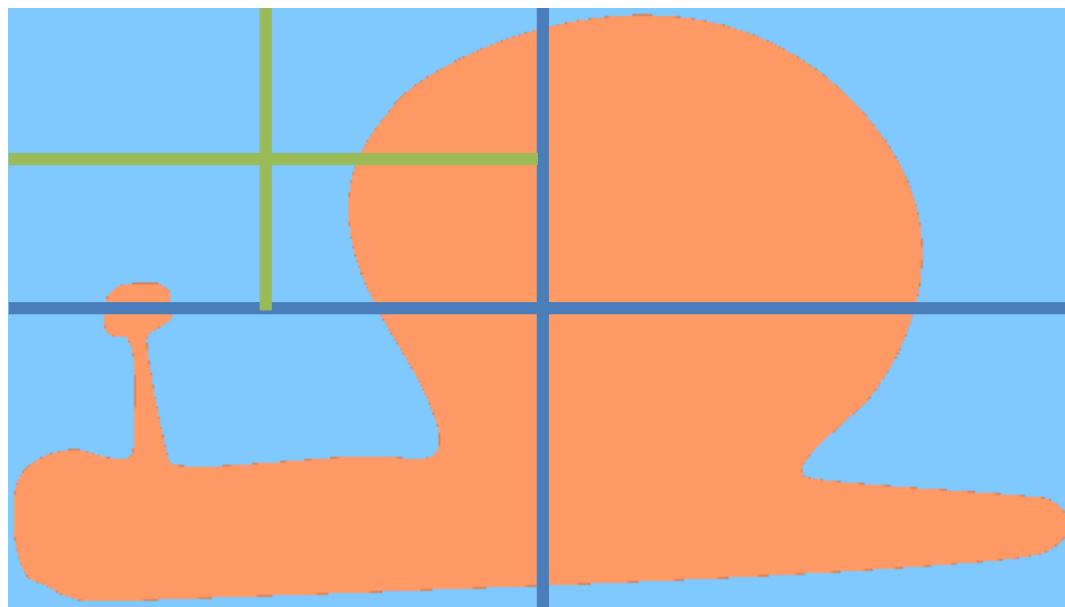
# Octree

- Octree adaptatif :
  - exemple 2D



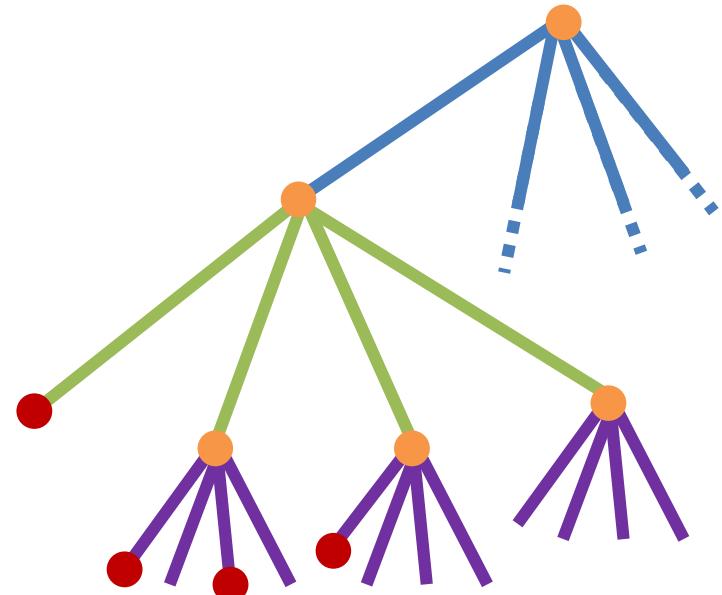
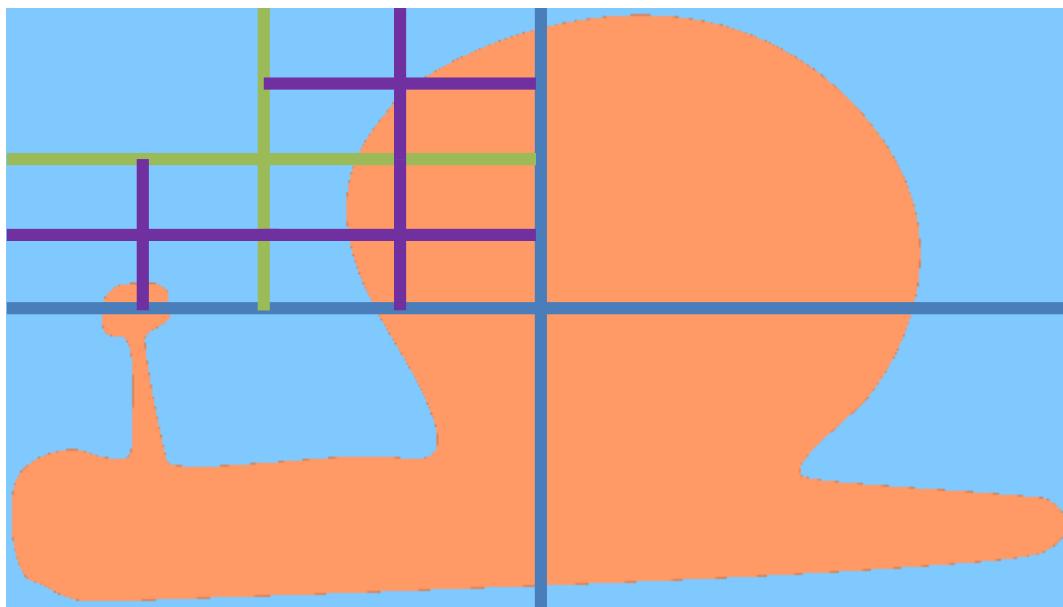
# Octree

- Octree adaptatif :
  - exemple 2D



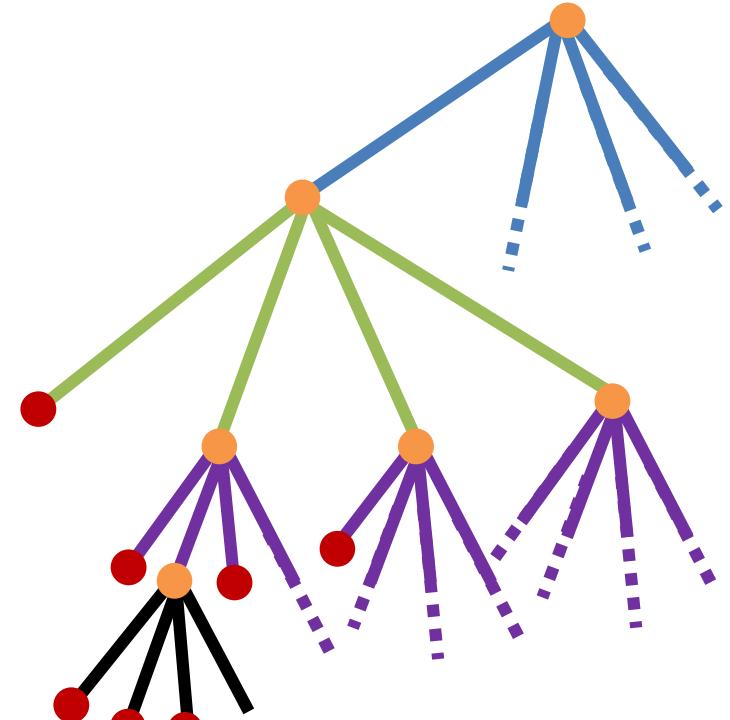
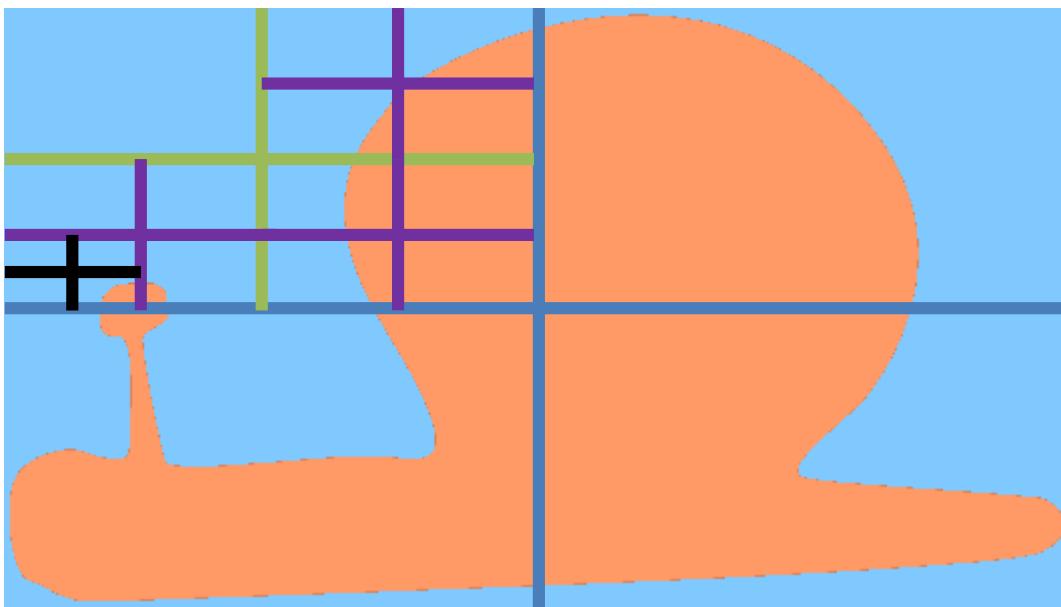
# Octree

- Octree adaptatif :
  - exemple 2D



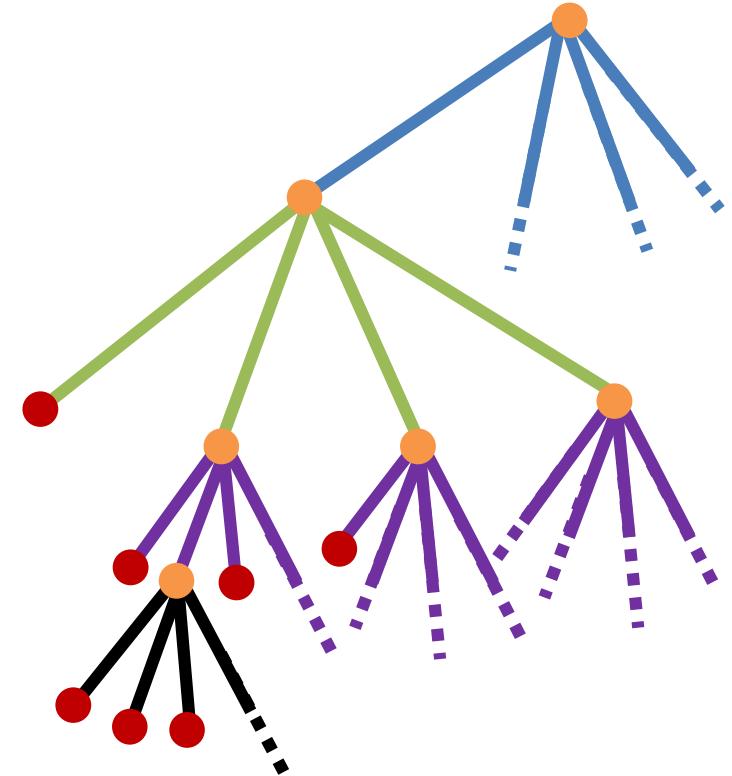
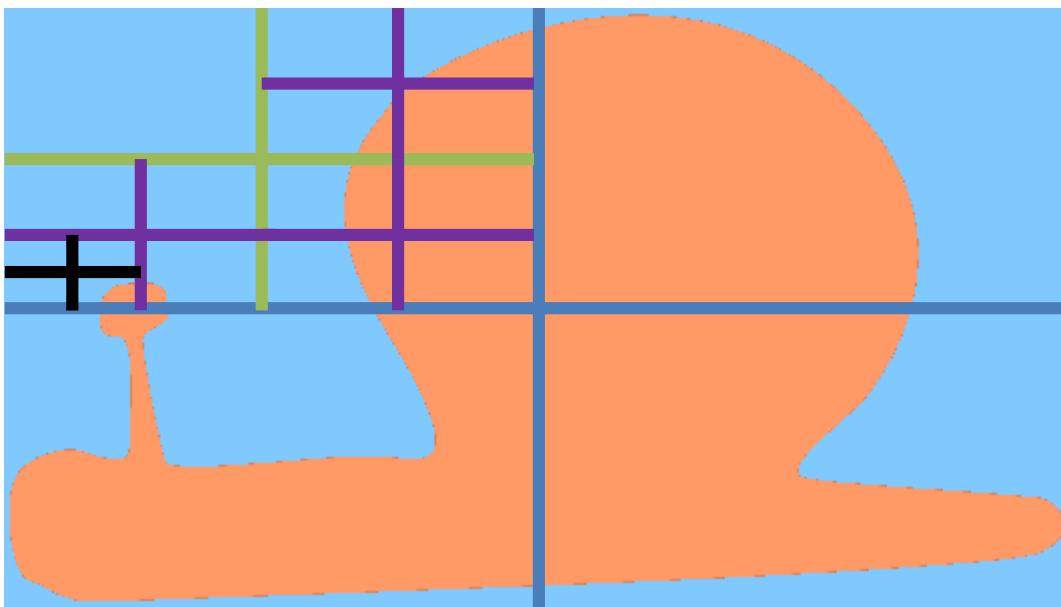
# Octree

- 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

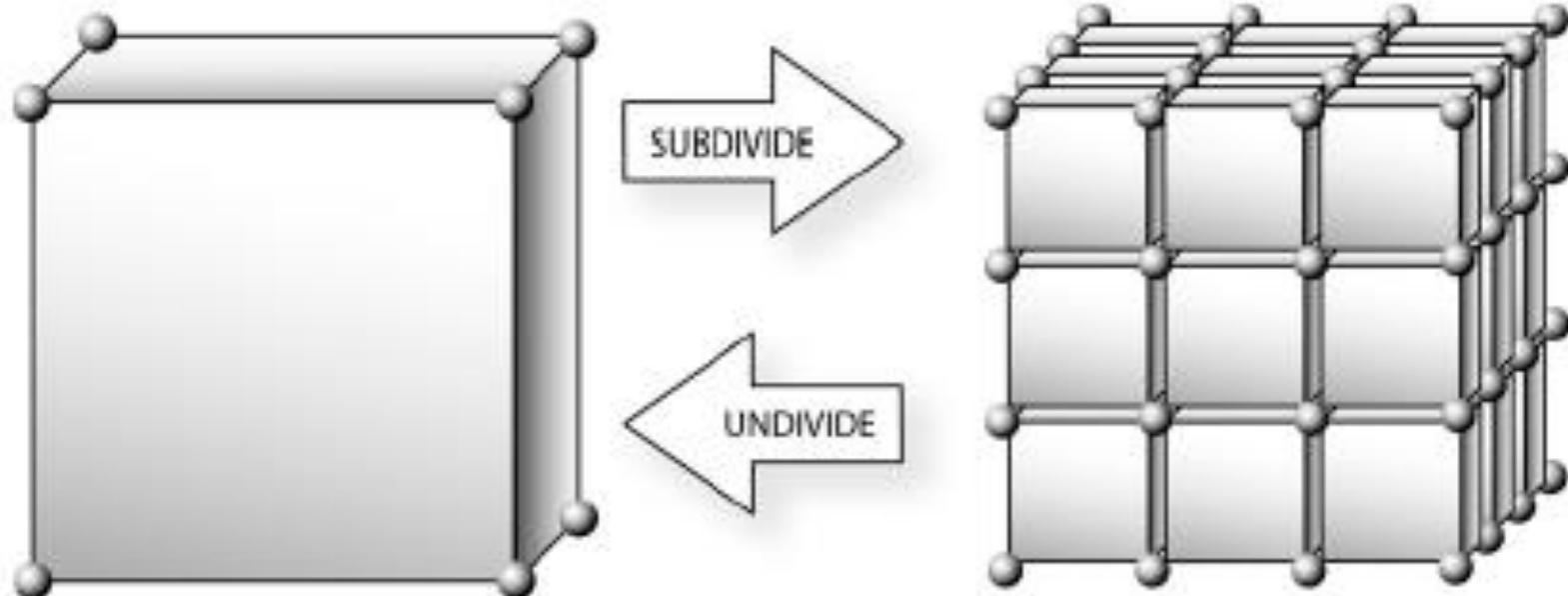
- les - :

- 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 :

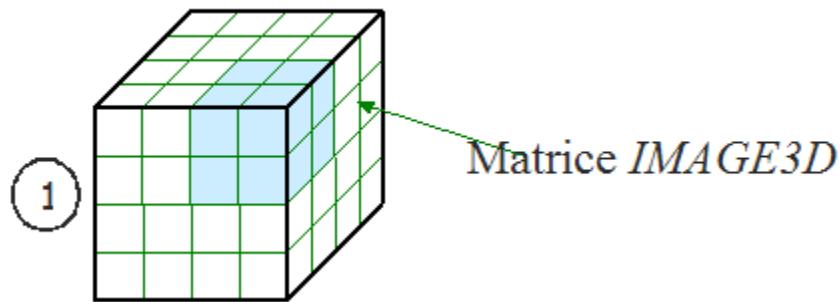


# Plan

- 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



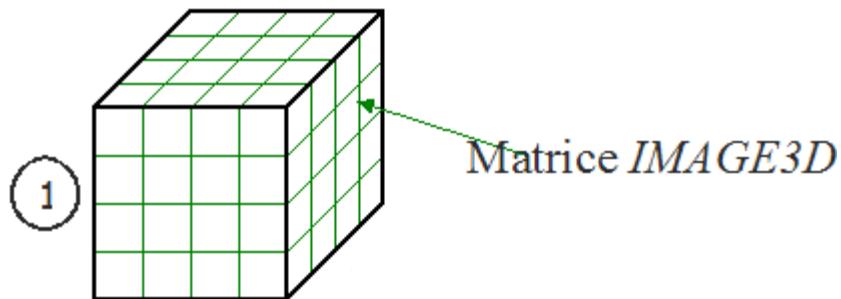
# Modèle volumique basé ondelette

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



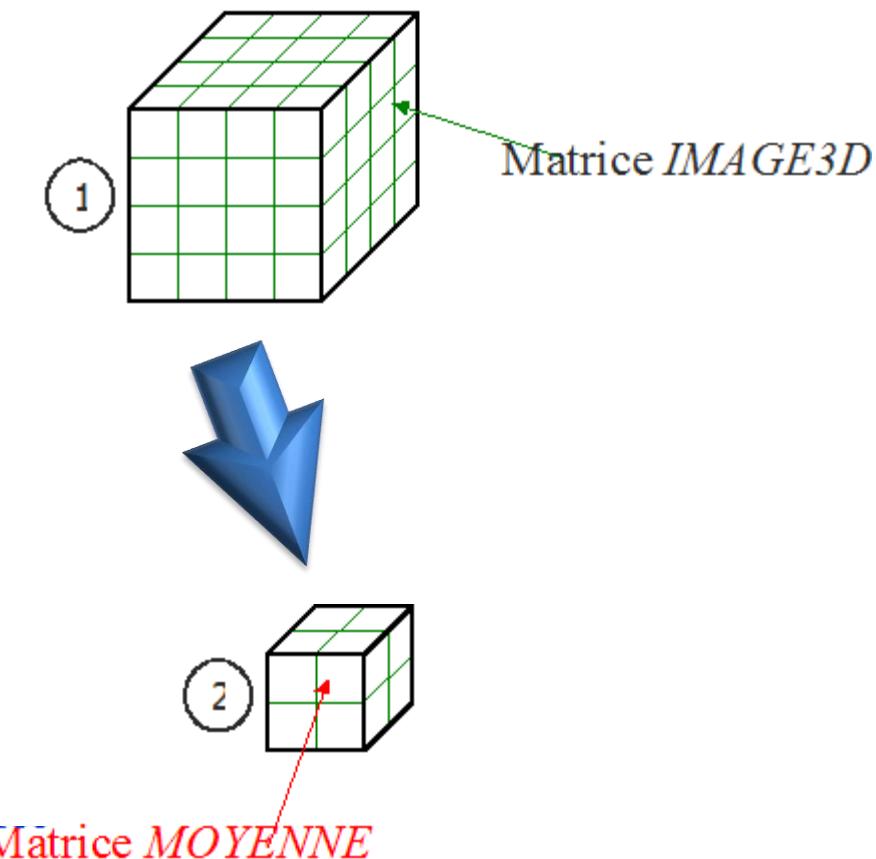
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



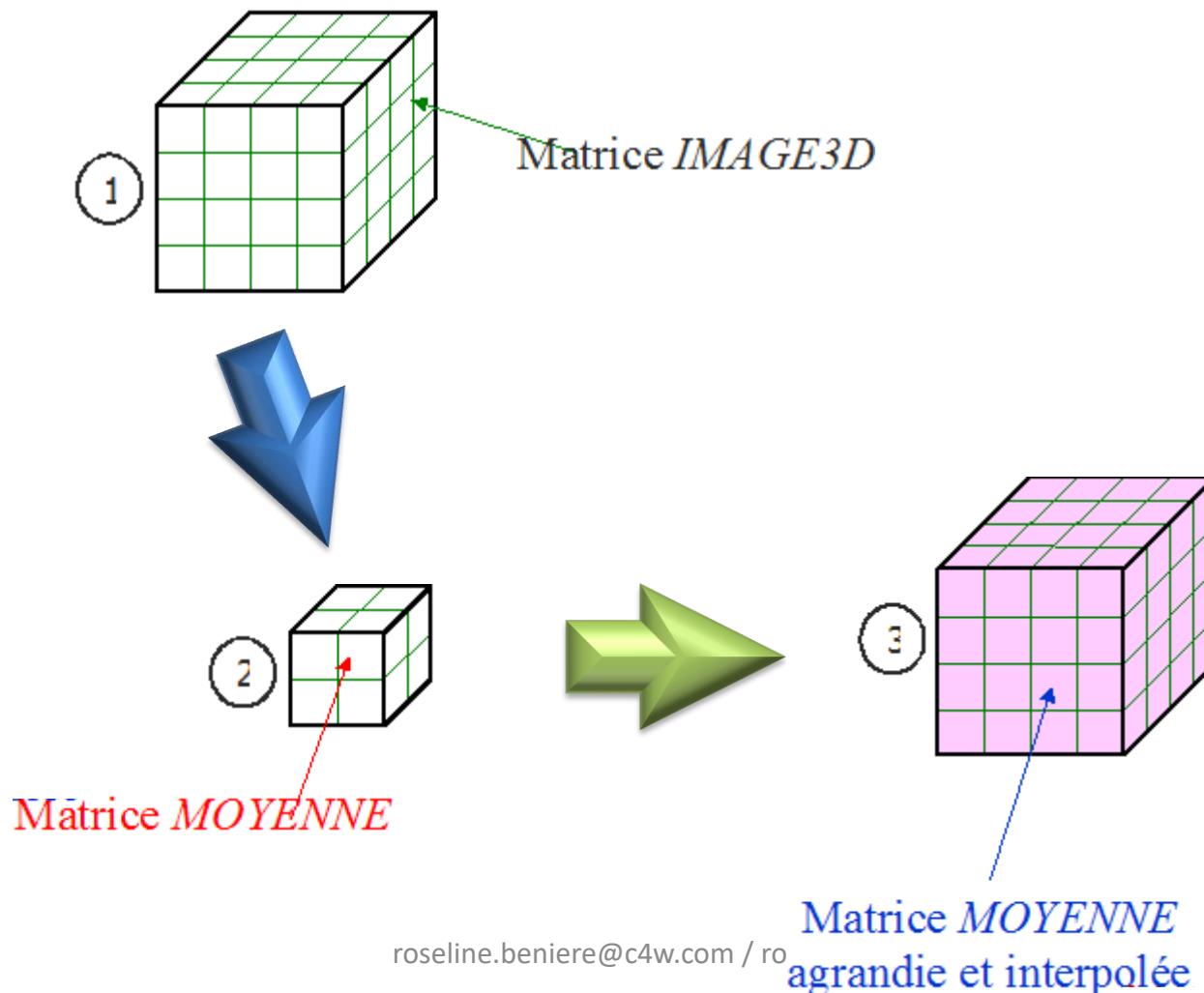
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



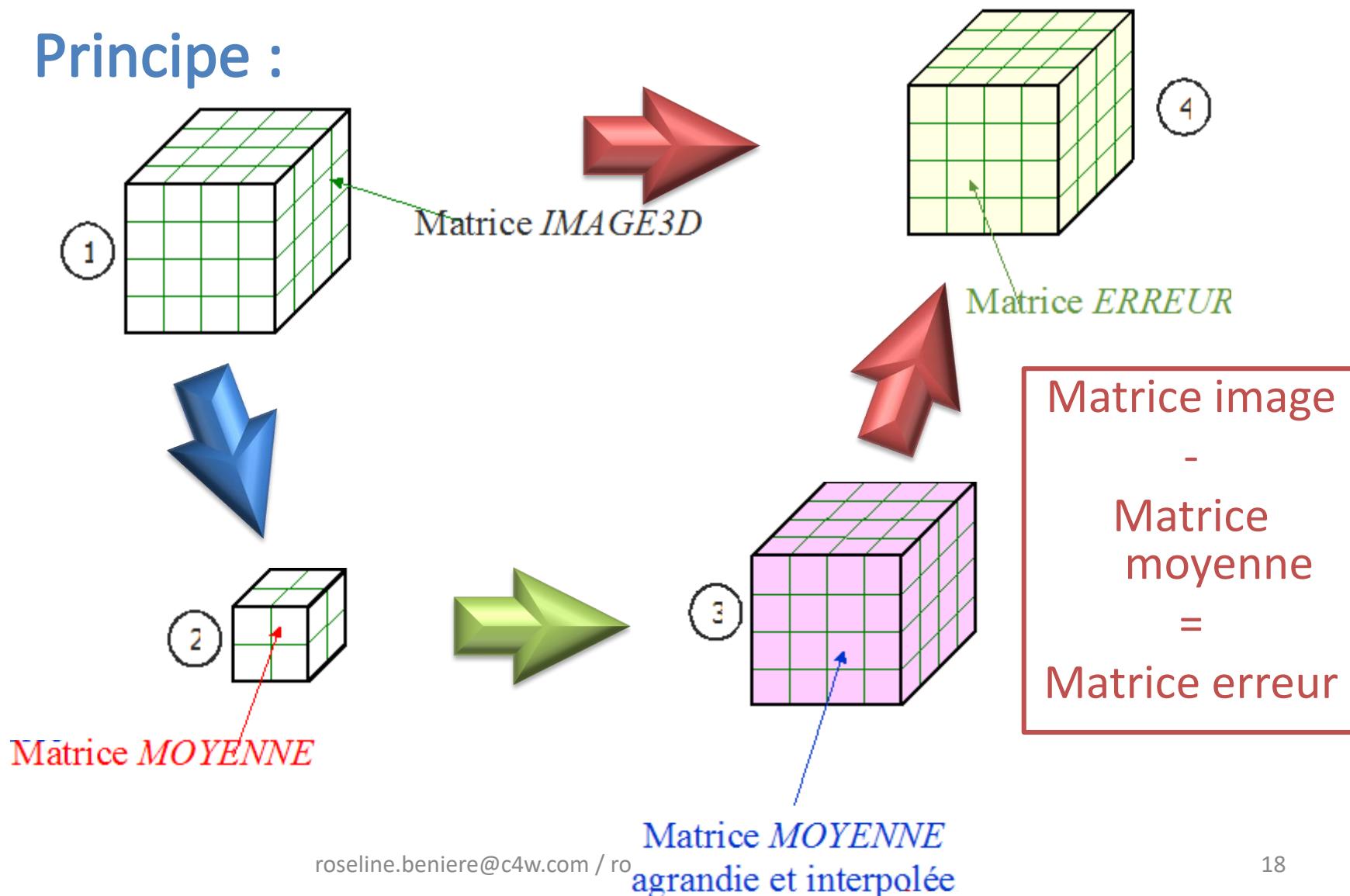
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



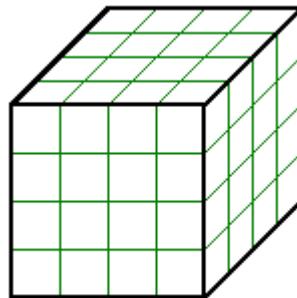
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



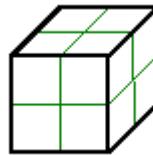
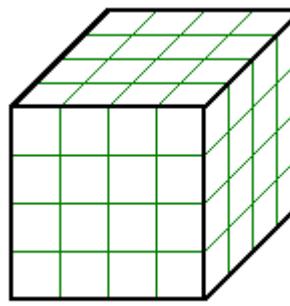
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



# Modèle volumique basé ondelette

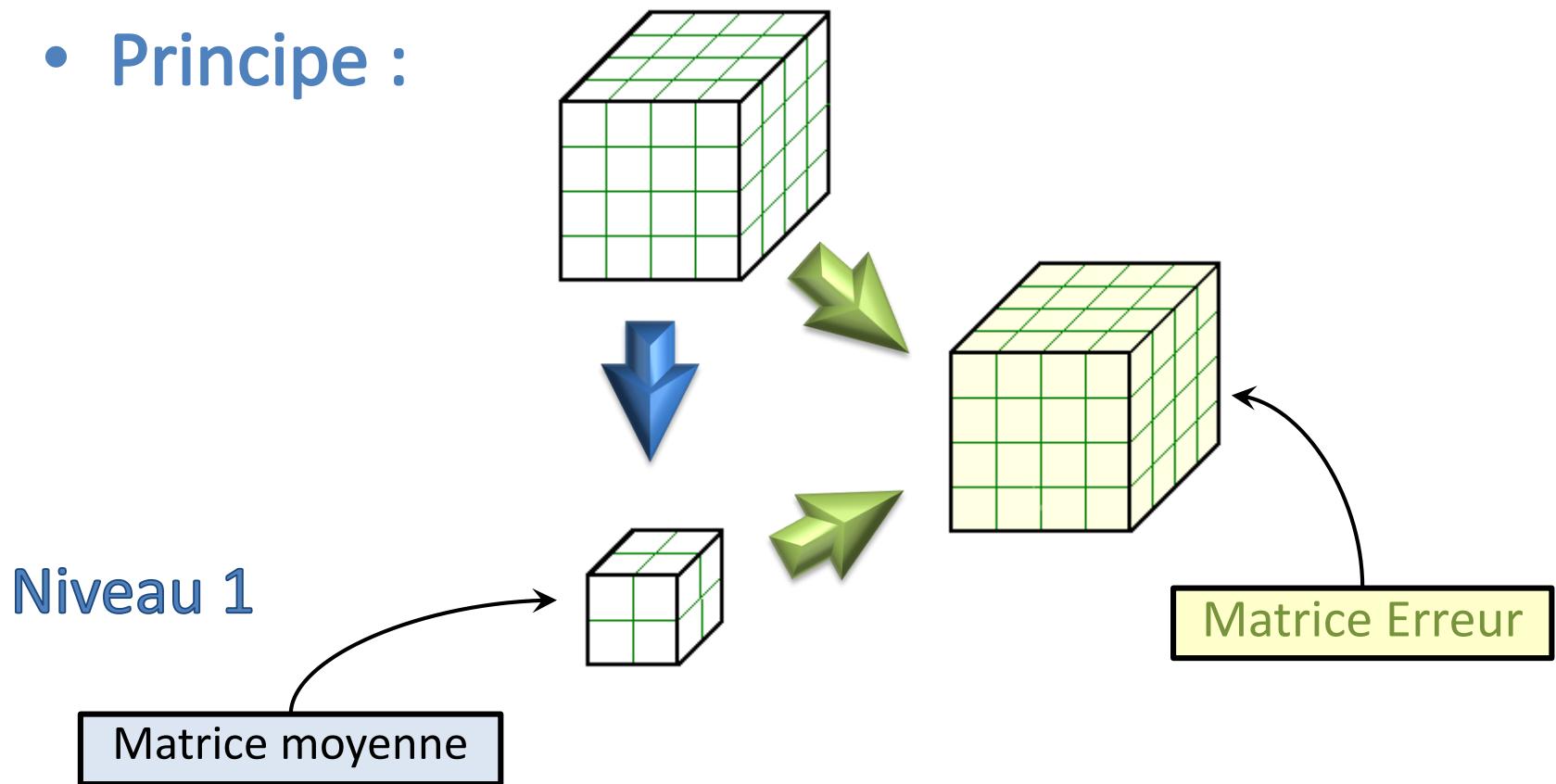
- Principe :



Matrice moyenne

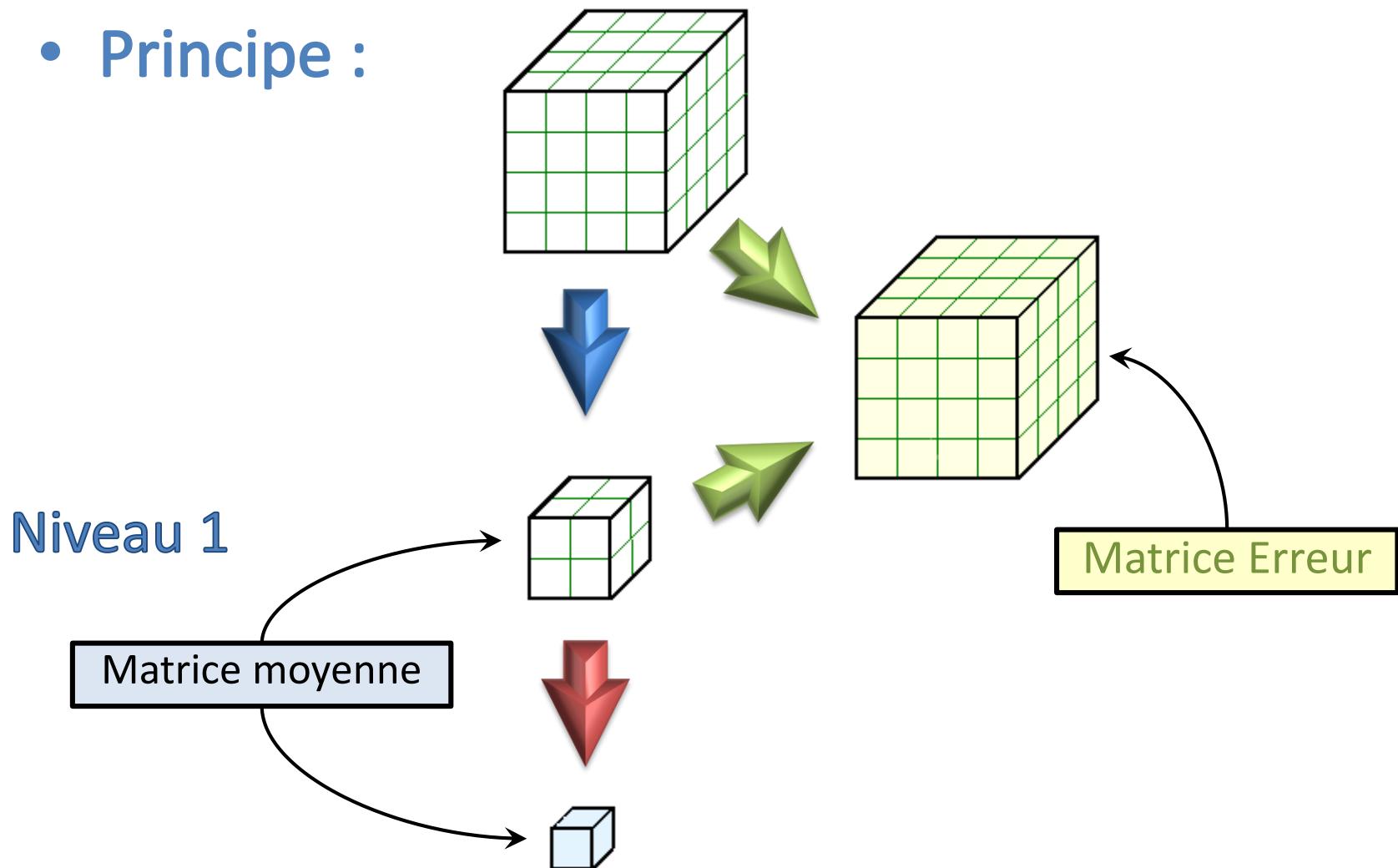
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



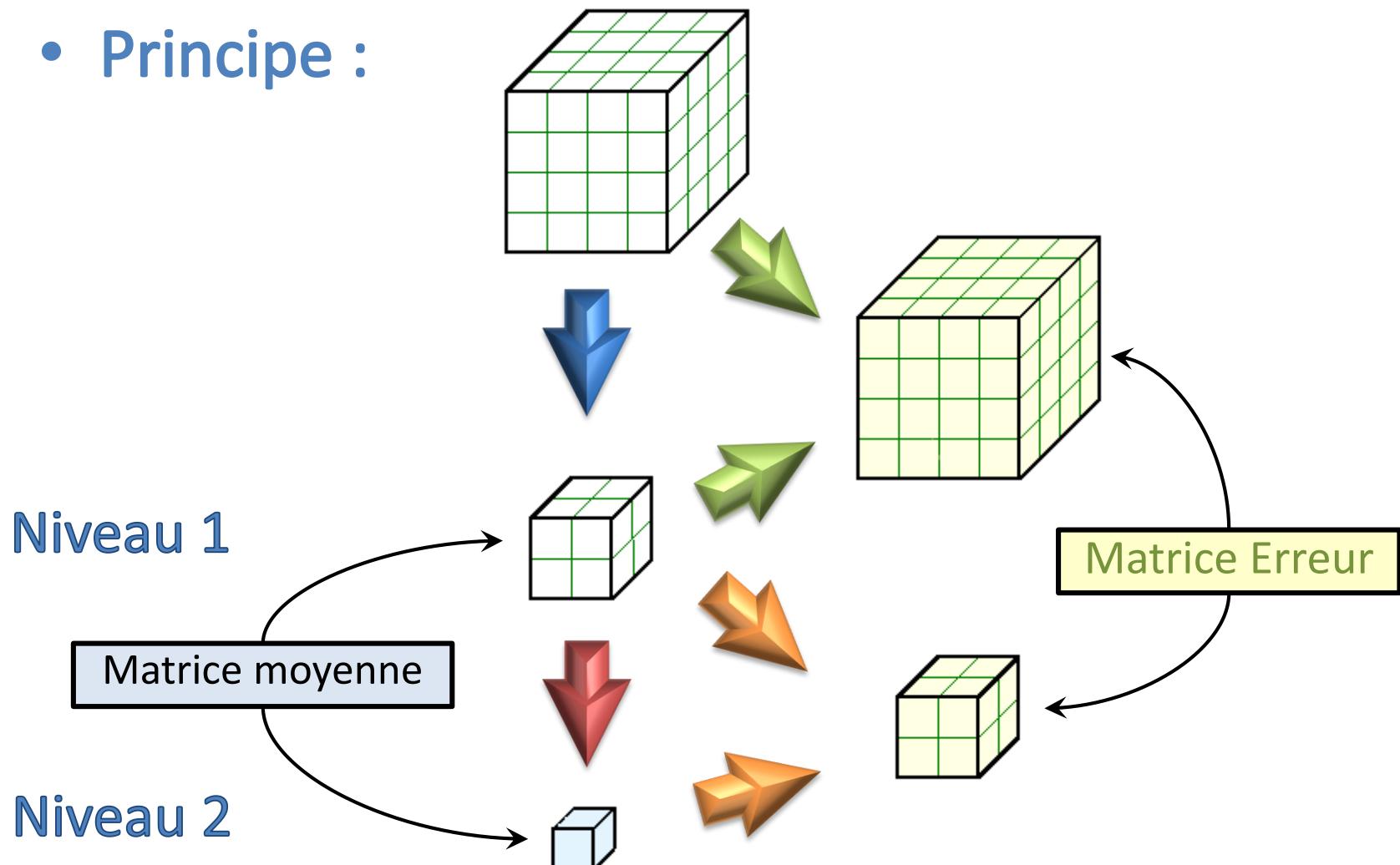
# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



# Modèle volumique basé ondelette

- Principe :



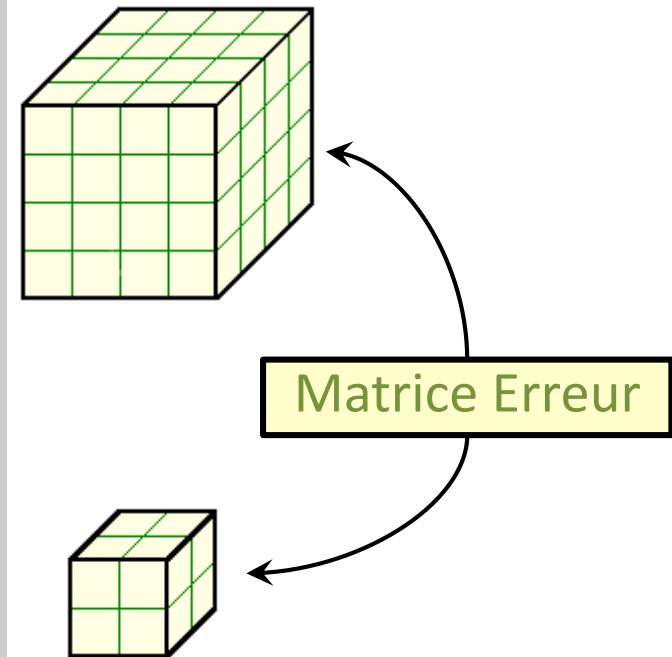
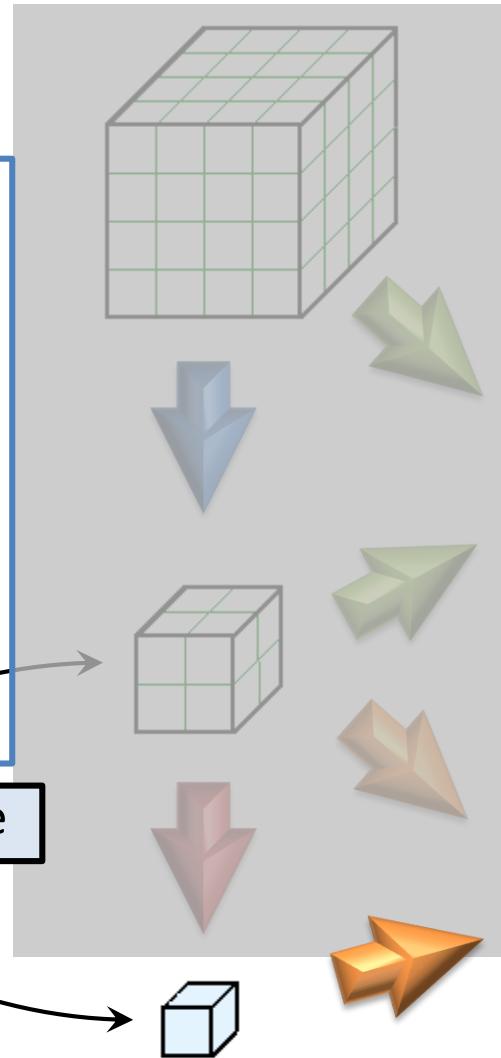
...

# 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 :



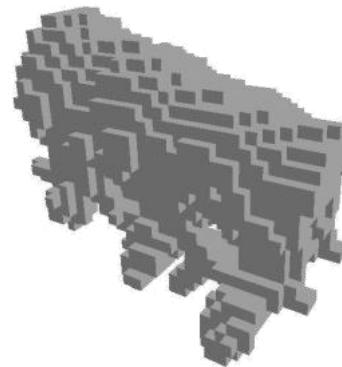
Niveau 0 : 64x64x64

# Modèle volumique basé ondelette

- Exemple :



Niveau 0 : 64x64x64



Niveau 1 : 32x32x32

# Modèle volumique basé ondelette

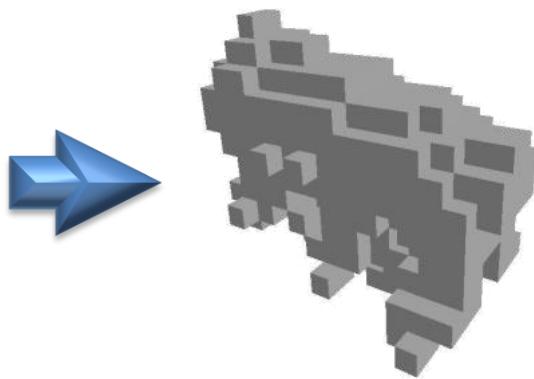
- Exemple :



Niveau 0 : 64x64x64



Niveau 1 : 32x32x32



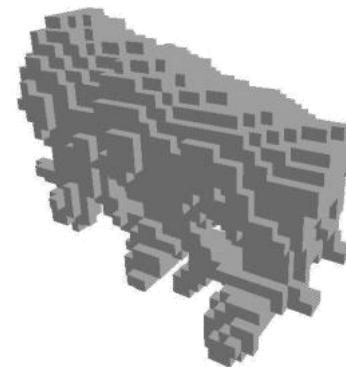
Niveau 2 : 16x16x16

# Modèle volumique basé ondelette

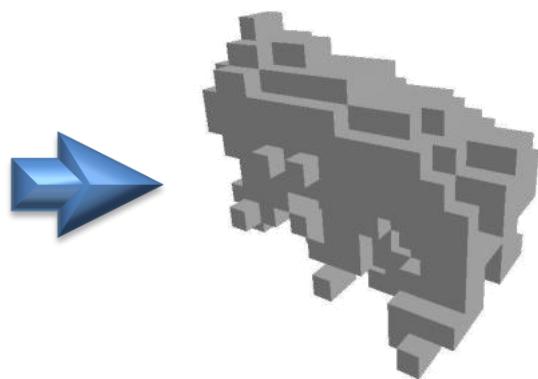
- Exemple :



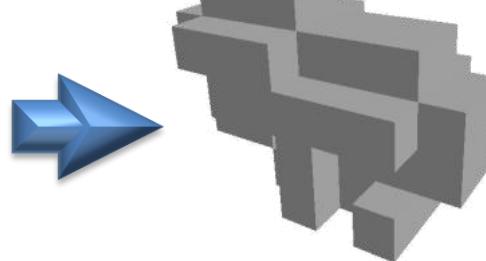
Niveau 0 : 64x64x64



Niveau 1 : 32x32x32



Niveau 2 : 16x16x16



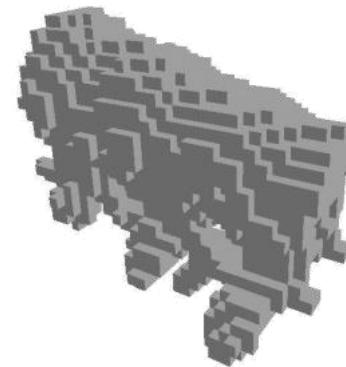
Niveau 3 : 8x8x8

# Modèle volumique basé ondelette

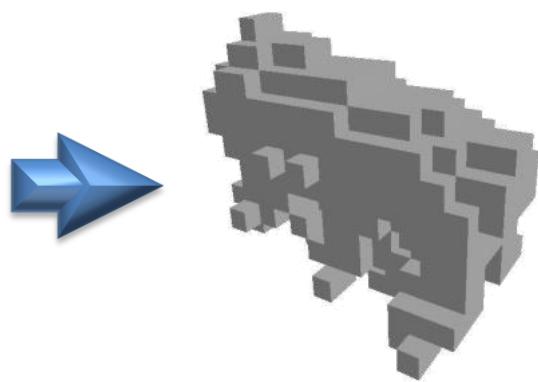
- Exemple :



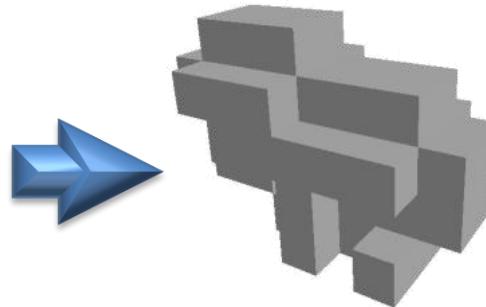
Niveau 0 : 64x64x64



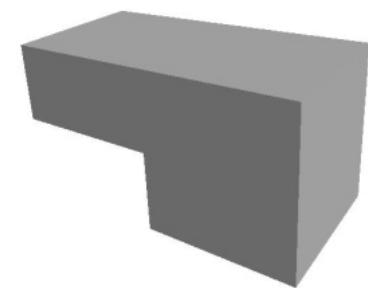
Niveau 1 : 32x32x32



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

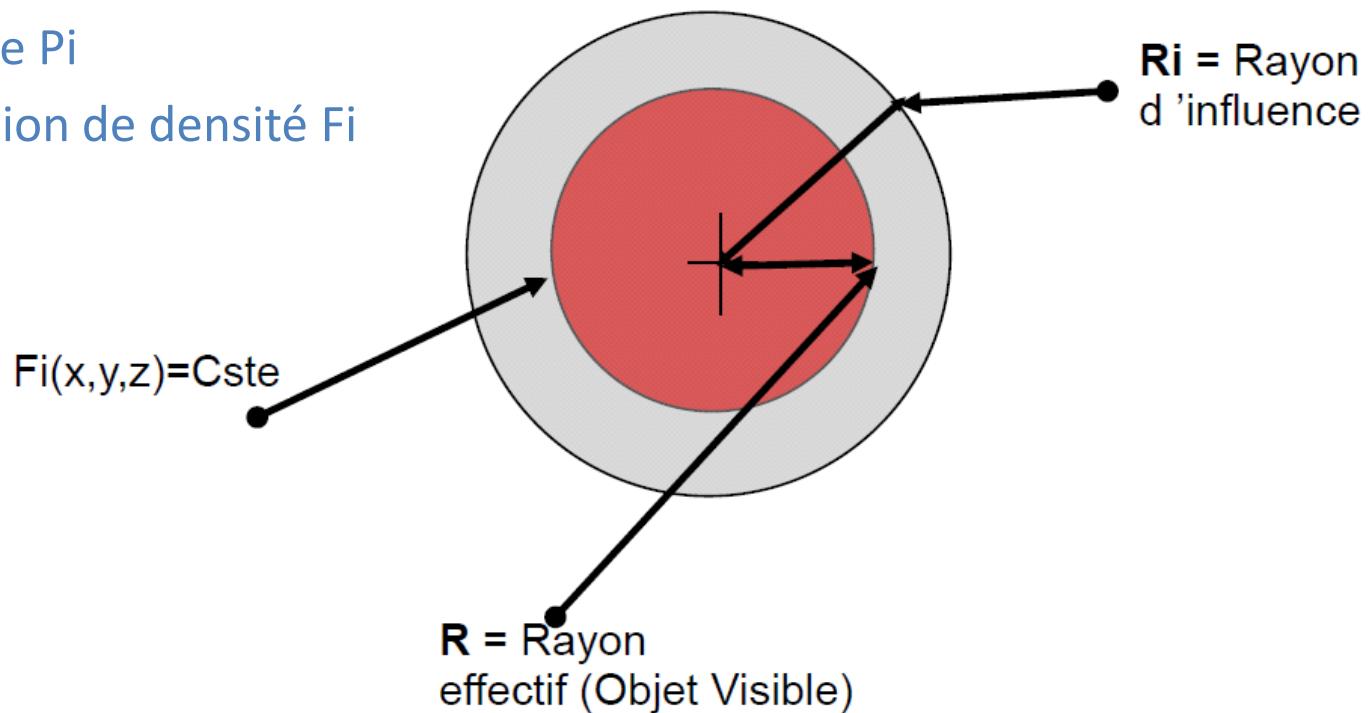
- Définition :
  - Points(x, y, z) tels que  $F_i(x,y,z) = \text{constante} \rightarrow \text{seuil}$

# Surfaces implicites

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

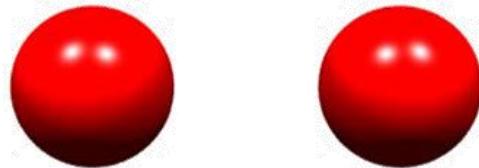
- Construction par composition d'objets implicites :
  - Fonction de densité défini par ``mélange''

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

# Surfaces implicites

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

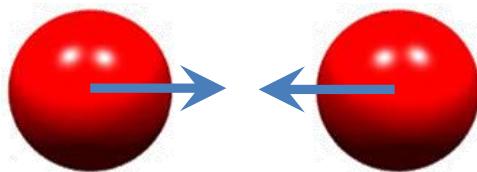
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



# Surfaces implicites

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

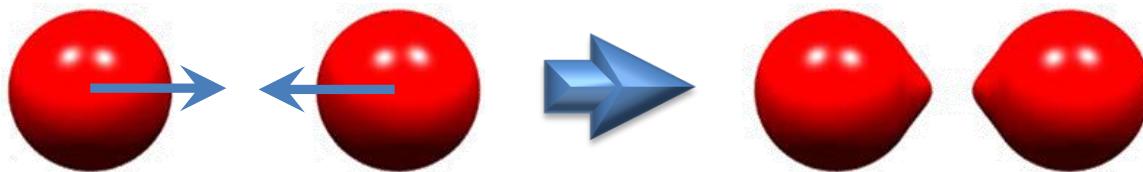
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



# Surfaces implicites

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

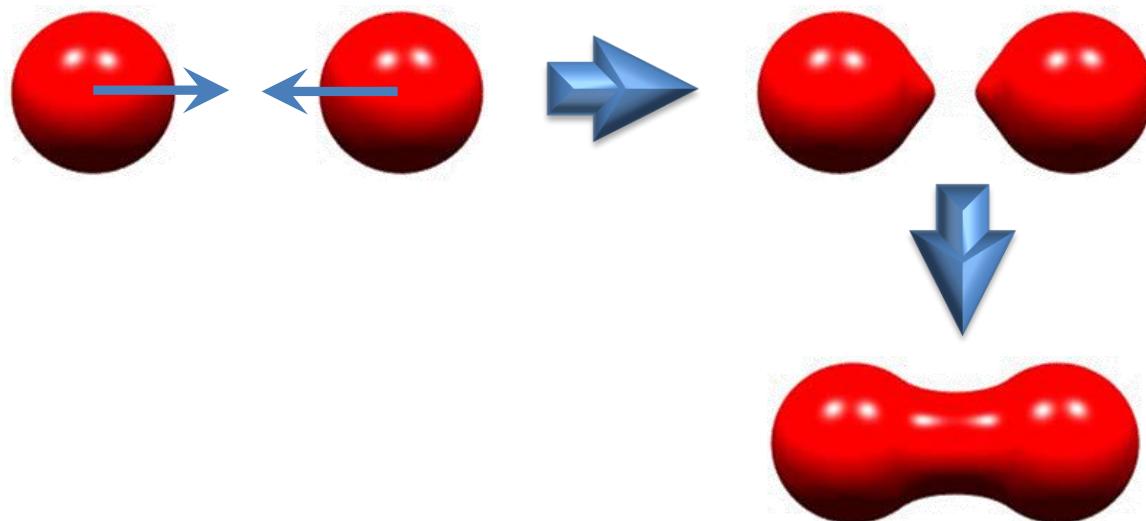
$$\rightarrow F(r) = \sum_{i=1}^n F_i(r)$$



# Surfaces implicites

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

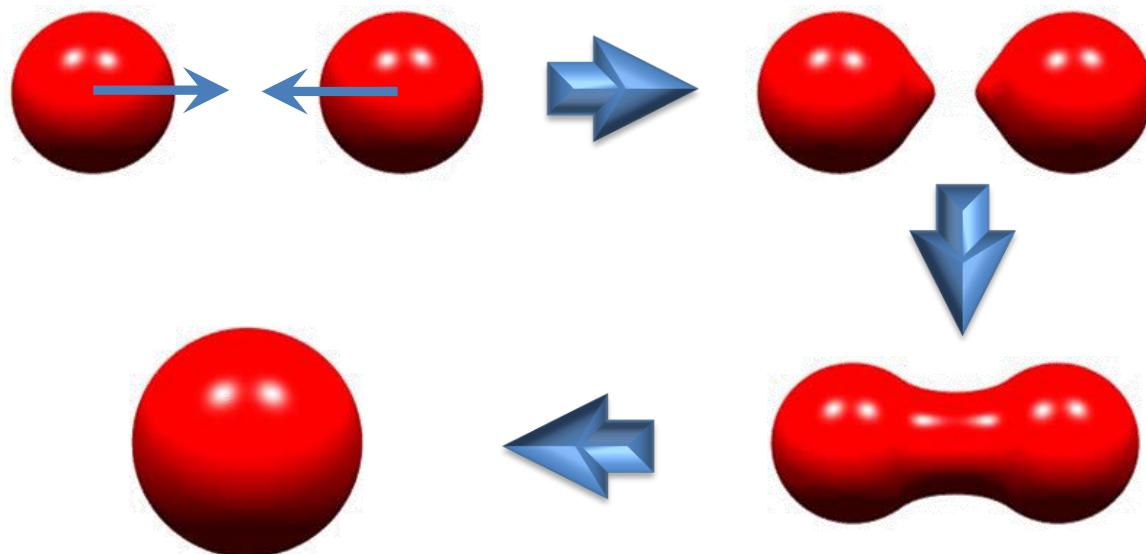
$$\rightarrow F(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^n F_i(\mathbf{r})$$



# Surfaces implicites

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

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



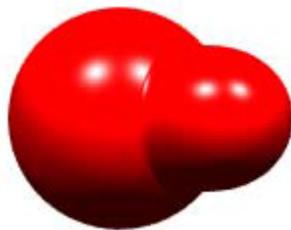
# Surfaces implicites

- Influence positive      ou      Influence négative

# Surfaces implicites

- Influence positive      ou      Influence négative

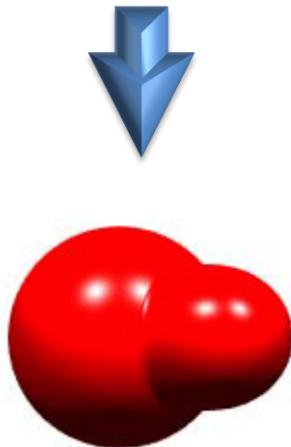
$$F(r) = F_1 + F_2$$



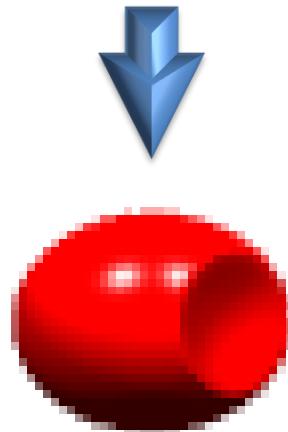
# Surfaces implicites

- Influence positive      ou      Influence négative

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

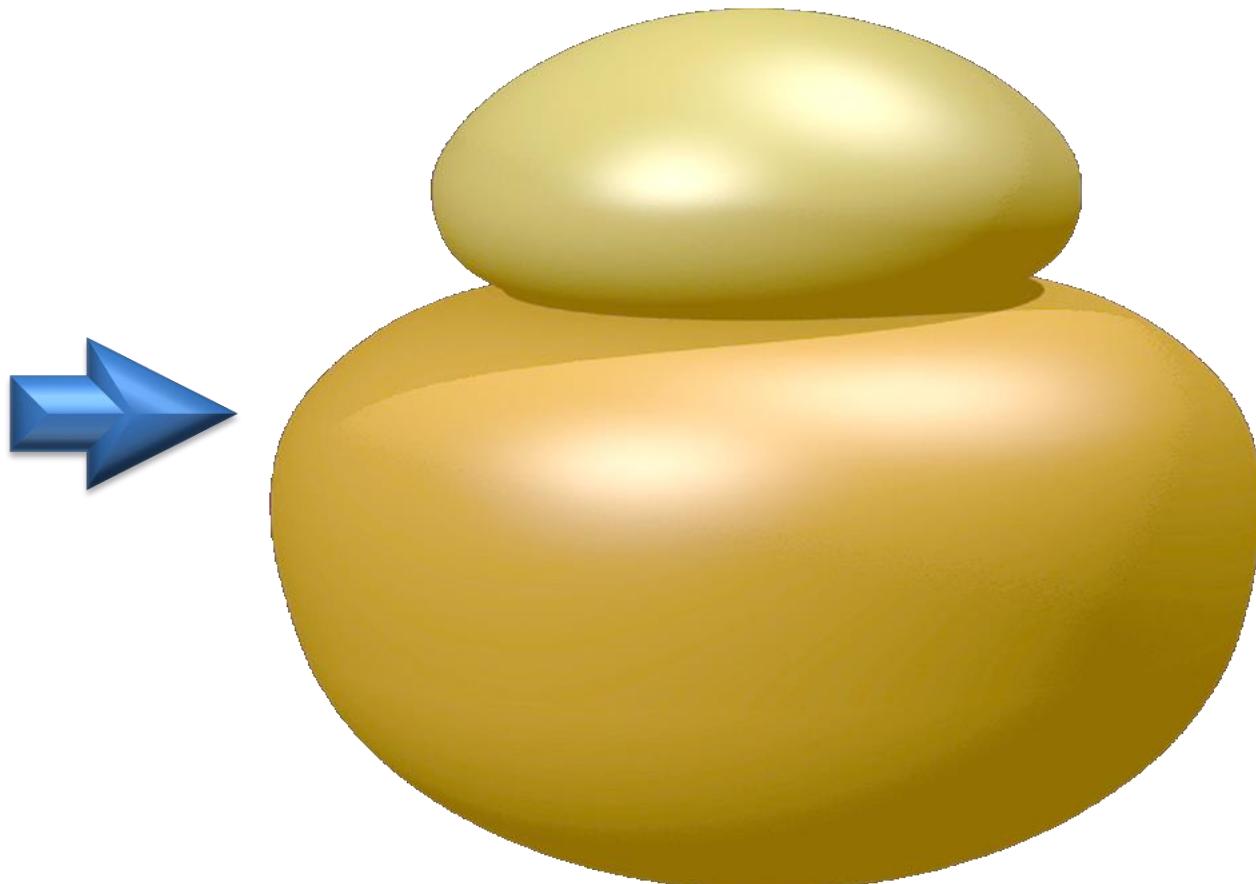


$$F(r) = F_1 - F_2$$



# Surfaces implicites

- Permet de modéliser des “chocs” entre objet :



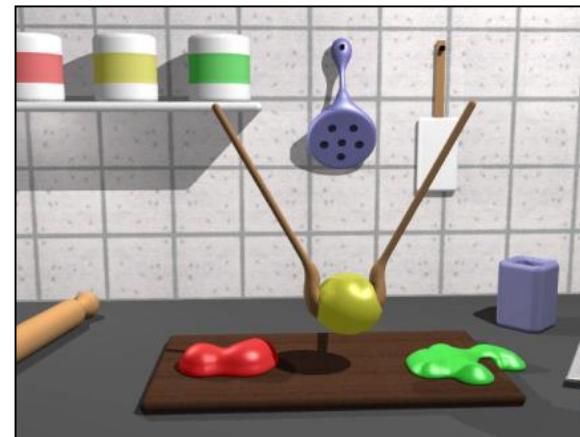
# Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



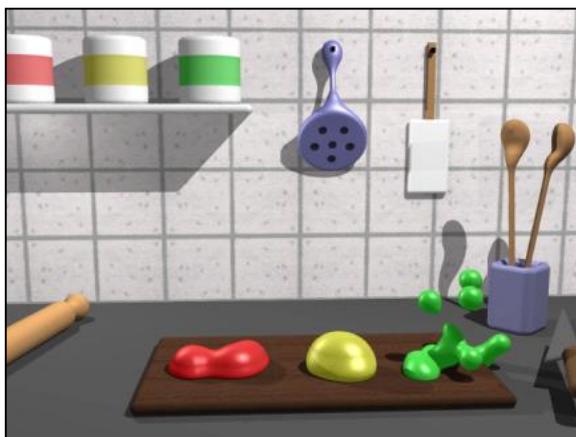
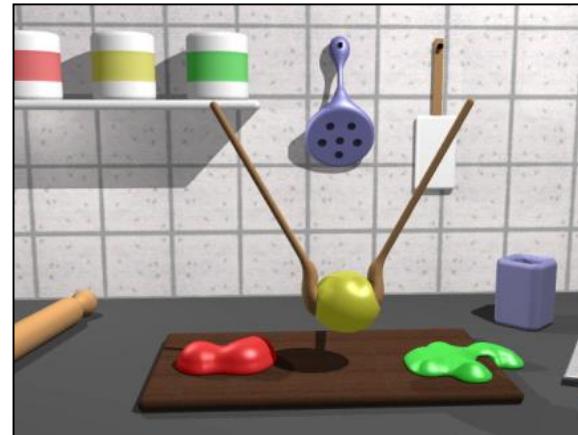
# Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



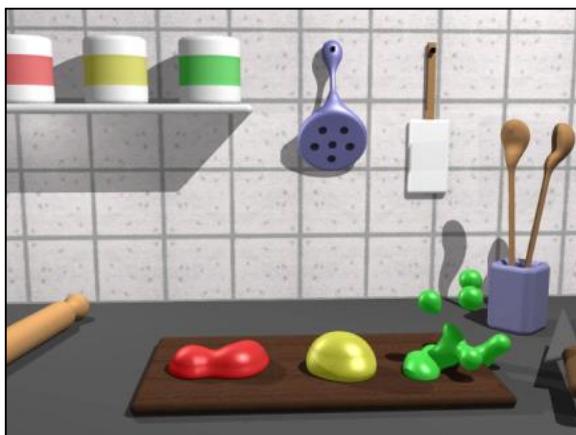
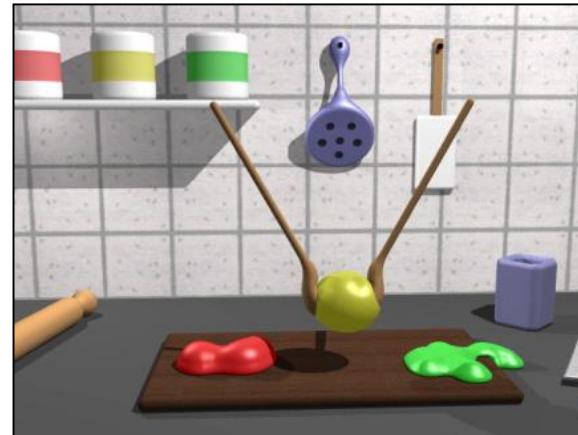
# Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



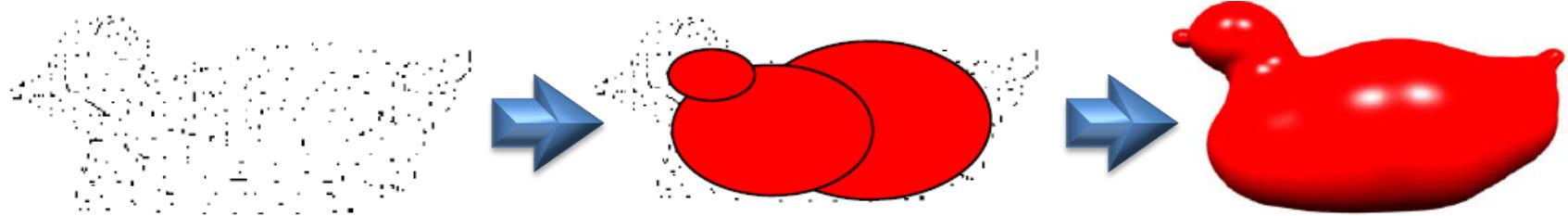
# Surfaces implicites

- Exemple d'animation possibles :



# Surfaces implicites

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



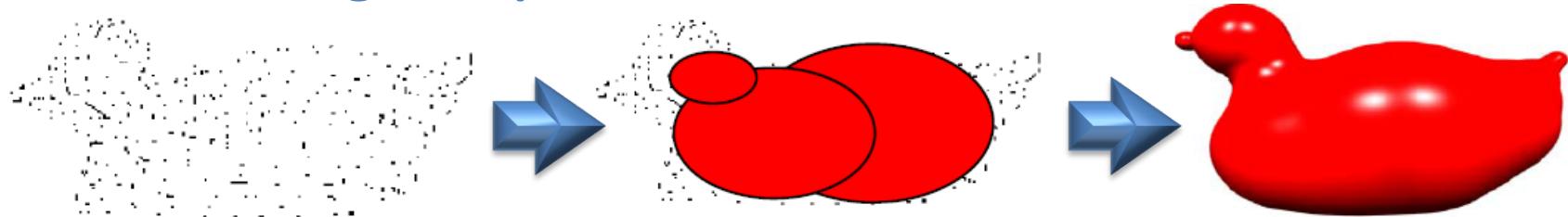
Extrait de : « Reconstruction Implicit de Surfaces 3D à partir de Régions 2D dans des Plans Parallèles », Adeline Pihuit, Olivier Palombi et Marie-Paule Cani , Afif 2009

[roseline.beniere@c4w.com](mailto:roseline.beniere@c4w.com) / [roseline.beniere@umontpellier.fr](mailto:roseline.beniere@umontpellier.fr)

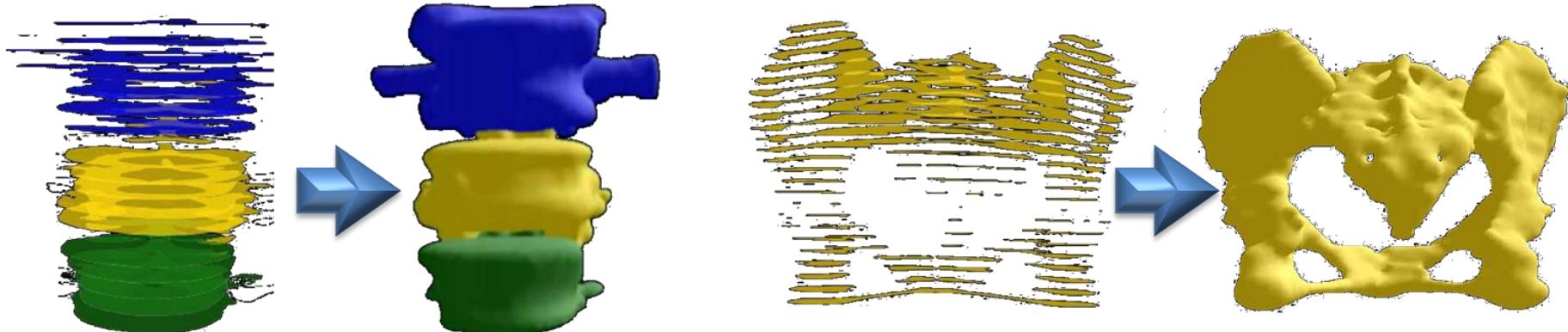
# Surfaces implicites

- Construction à partir :

- d'un nuage de point



- d'un ensemble de tranches

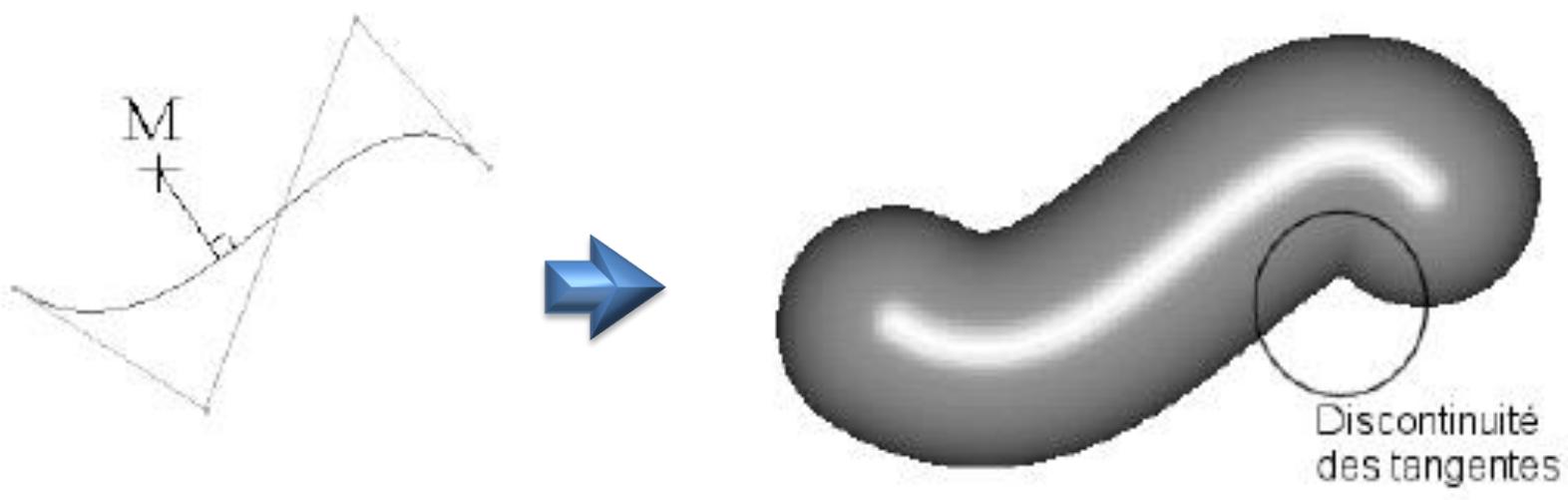


Extrait de : « Reconstruction Implicit de Surfaces 3D à partir de Régions 2D dans des Plans Parallèles », Adeline Pihuit, Olivier Palombi et Marie-Paule Cani , Afif 2009

[roseline.beniere@c4w.com](mailto:roseline.beniere@c4w.com) / [roseline.beniere@umontpellier.fr](mailto:roseline.beniere@umontpellier.fr)

# 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 / roseline.beniere@umontpellier.fr

# 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

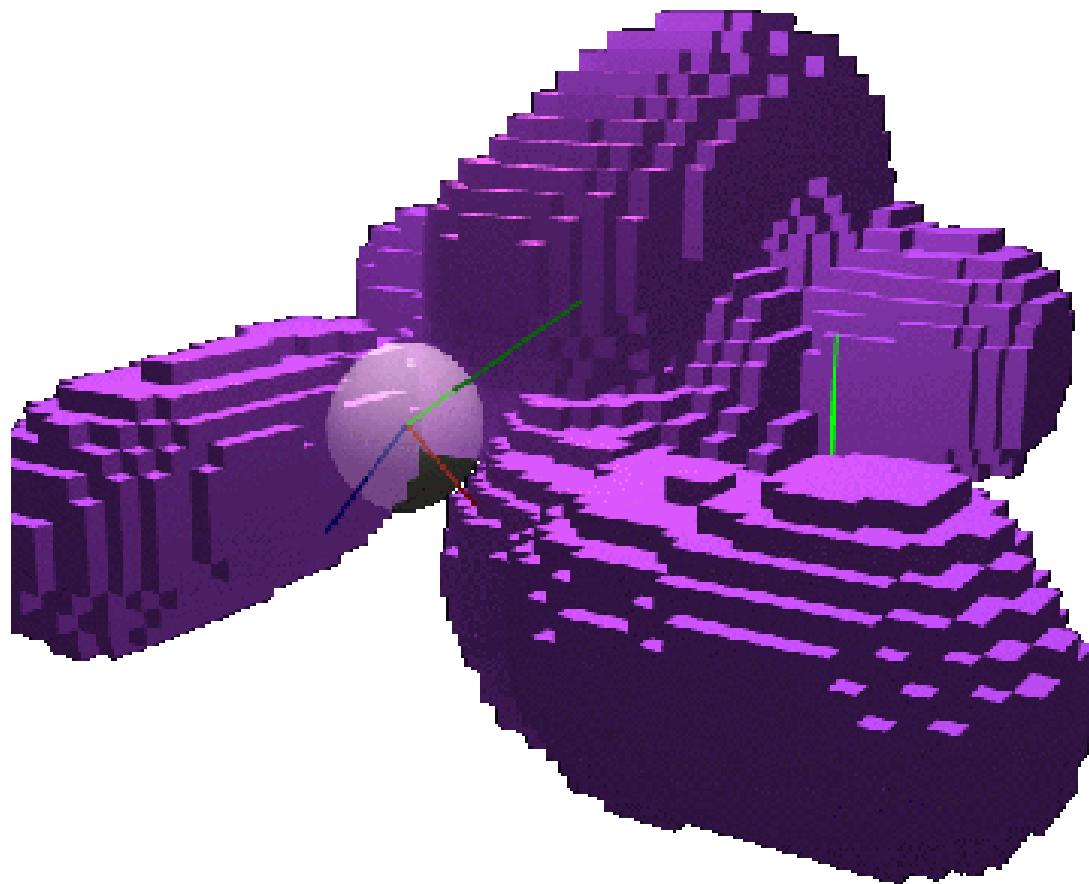
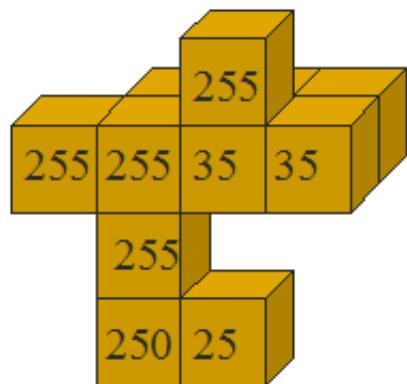


Extrait de : <http://liris.cnrs.fr/~egalin/Slides/blob-0-overview.pdf>

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

# 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 ...

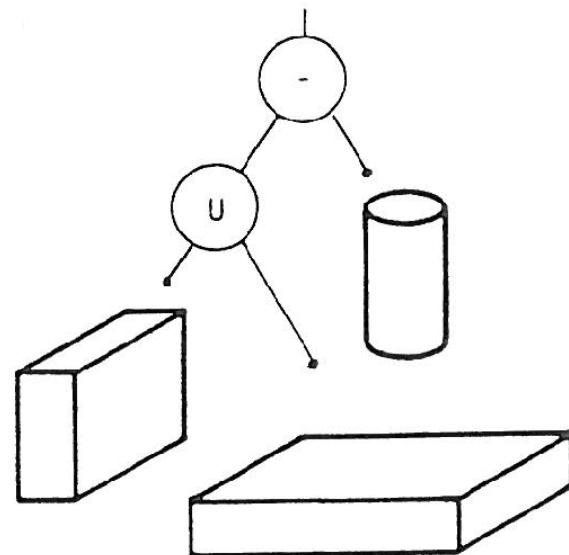
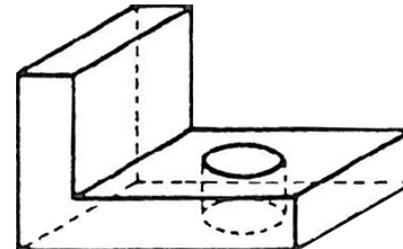
# Composition arborescente de solides

- 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 :

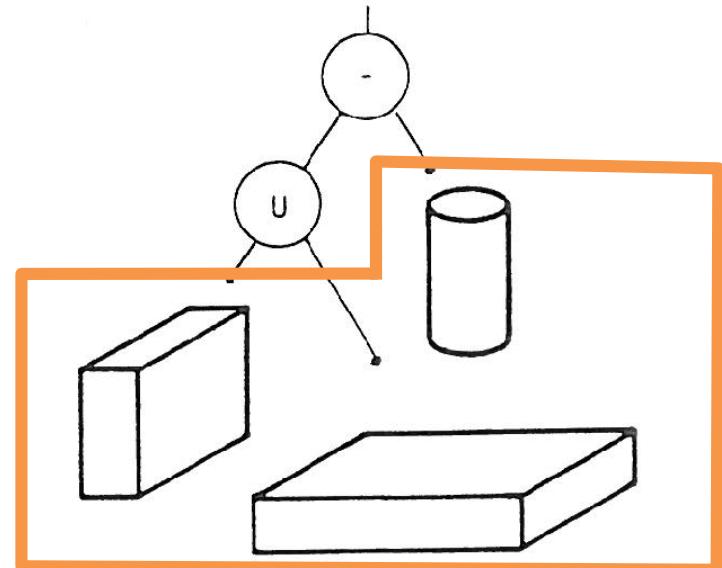
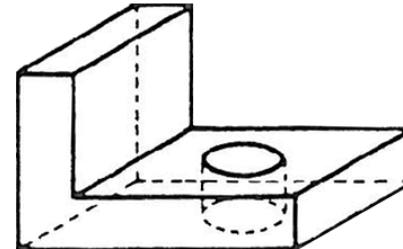


# Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry

➤représentation par un arbre binaire :

- primitives géométriques comme feuilles

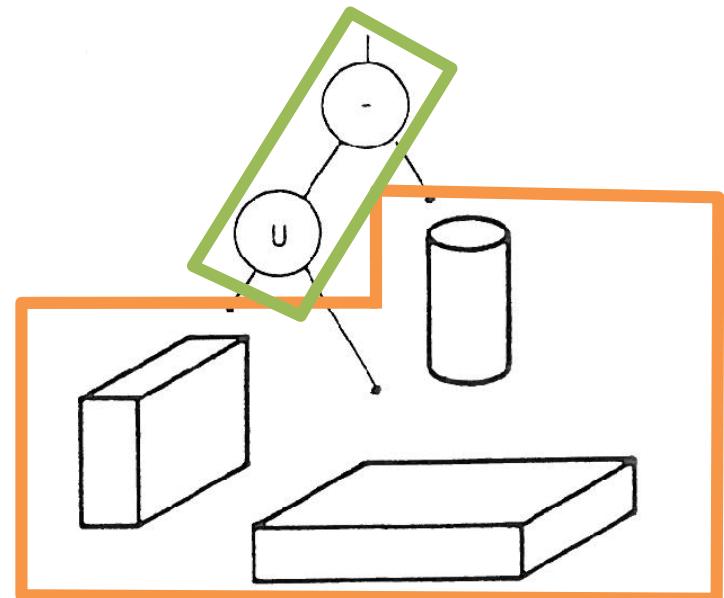
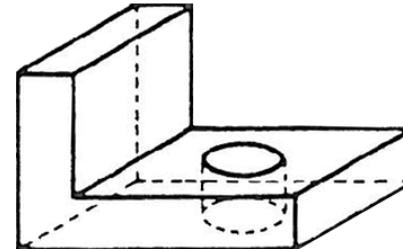


# Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry

➤représentation par un arbre binaire :

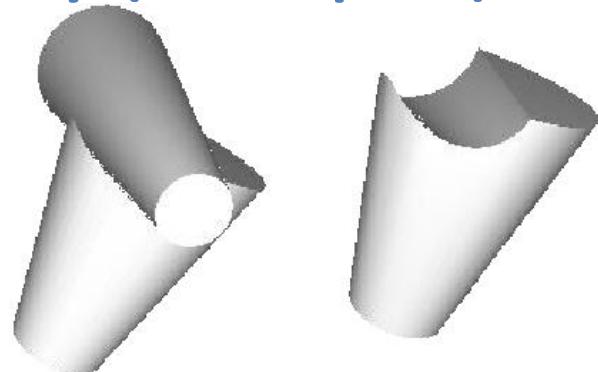
- primitives géométriques comme feuilles
- nœud comme opérateurs de composition



# Composition arborescente de solides

- Constructive Solid Geometry (exemples)

➤ Union ou Différence

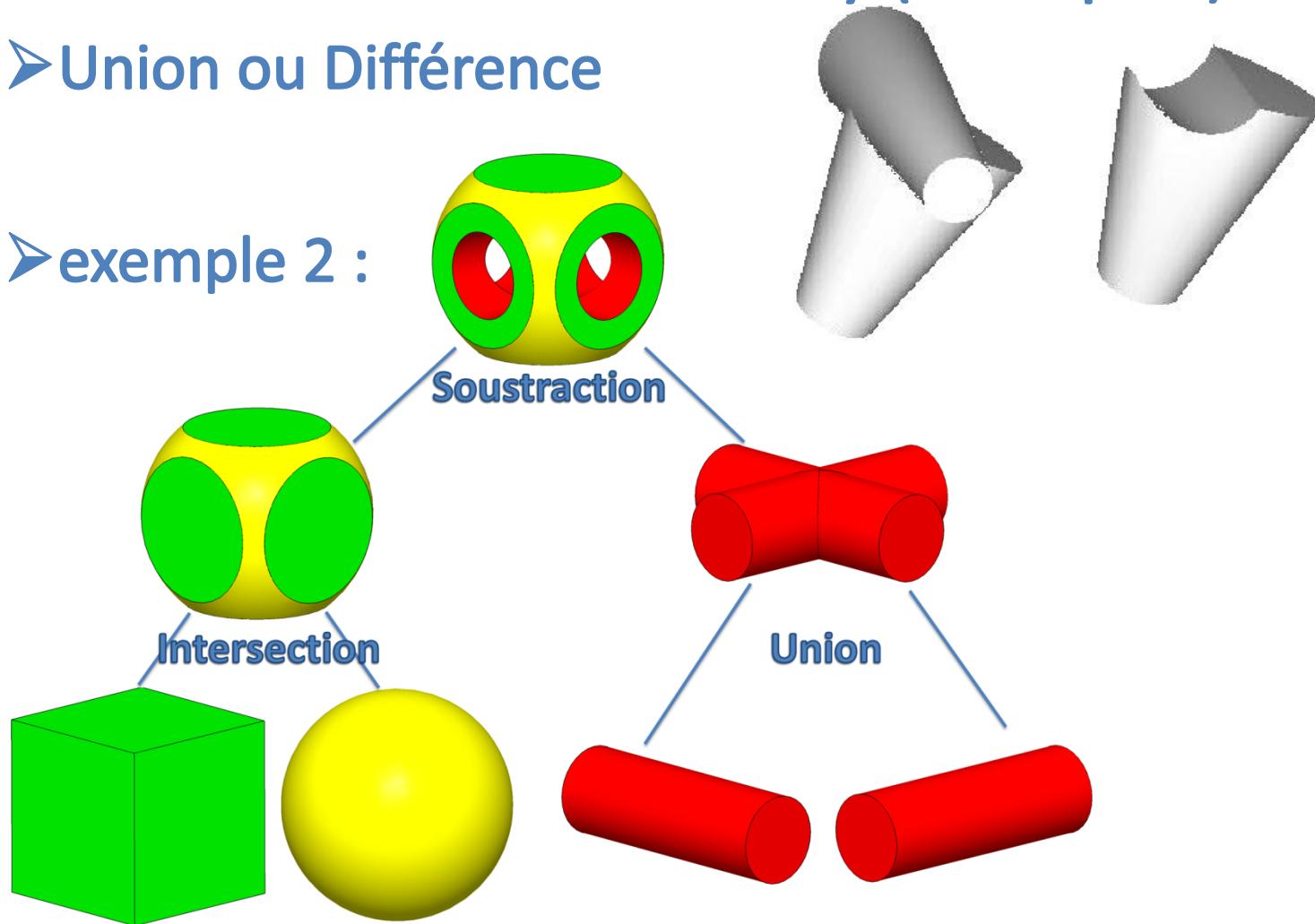


# Composition arborescente de solides

- 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

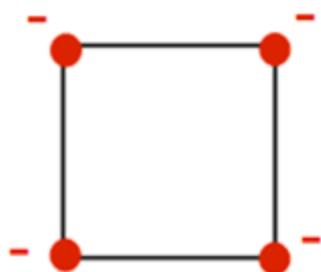
# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

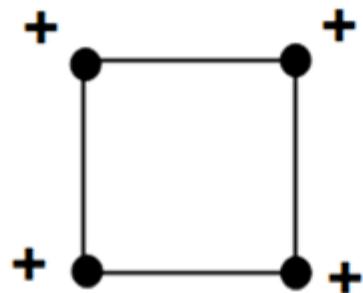
# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

➤ Idée en 2D



Non sécant

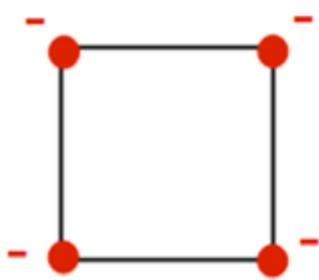


Non sécant

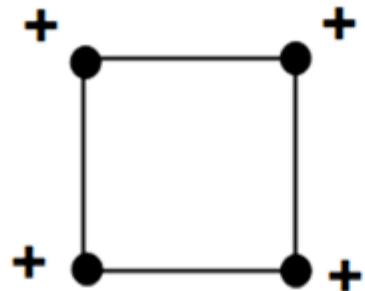
# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

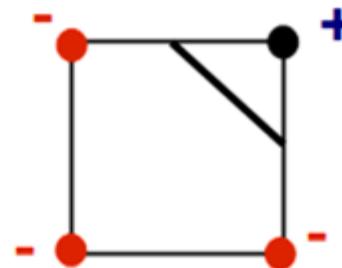
➤ Idée en 2D



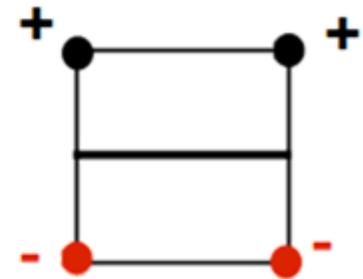
Non sécant



Non sécant



Sécant

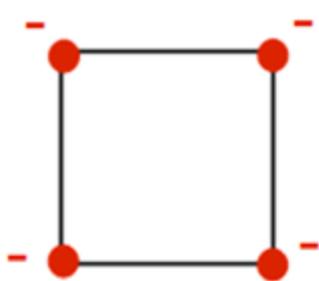


Sécant

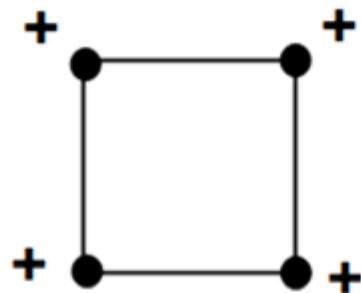
# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

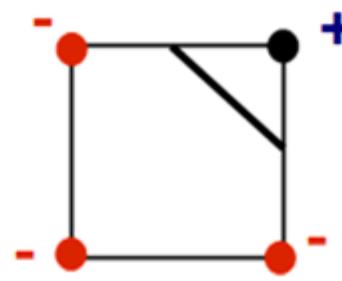
➤ Idée en 2D



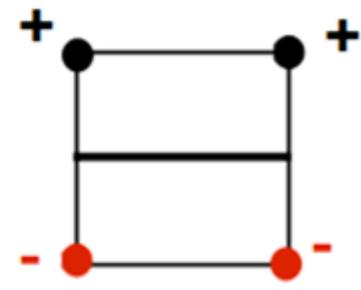
Non sécant



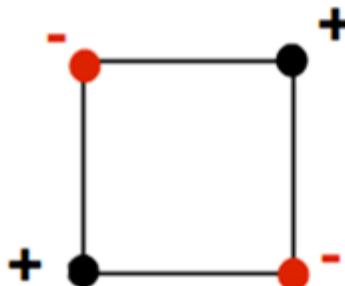
Non sécant



Sécant



Sécant

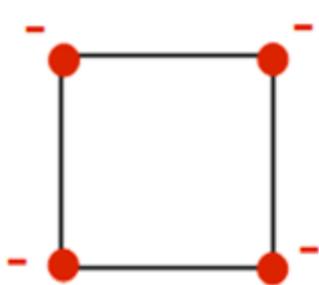


Sécant et indétermination

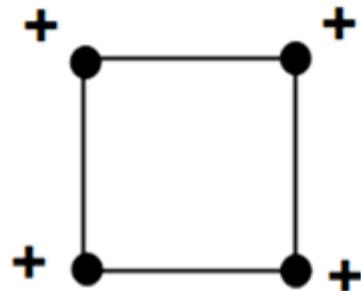
# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

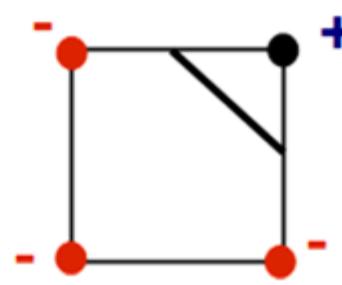
➤ Idée en 2D



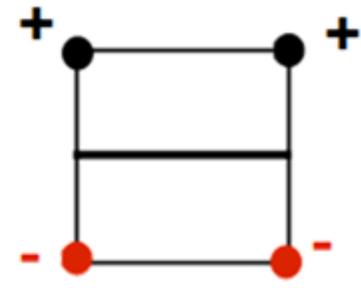
Non sécant



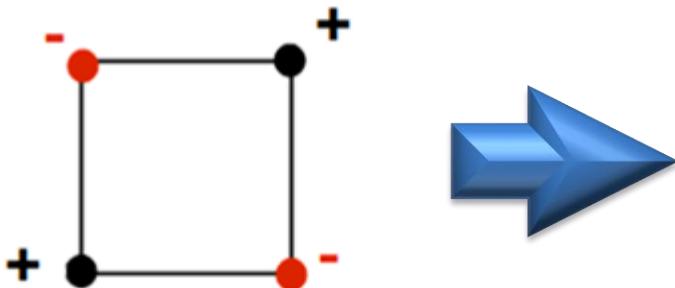
Non sécant



Sécant



Sécant



Sécant et indétermination

# Passage du volumique au surfacique

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

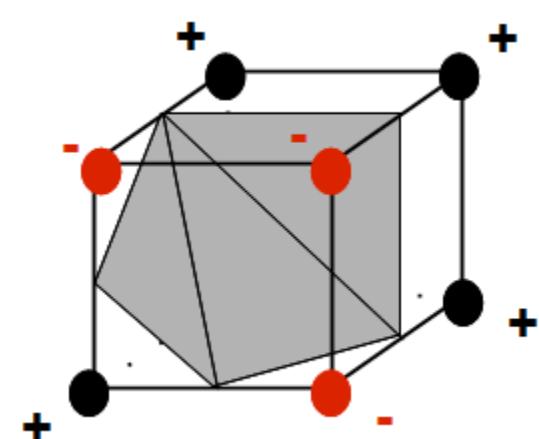
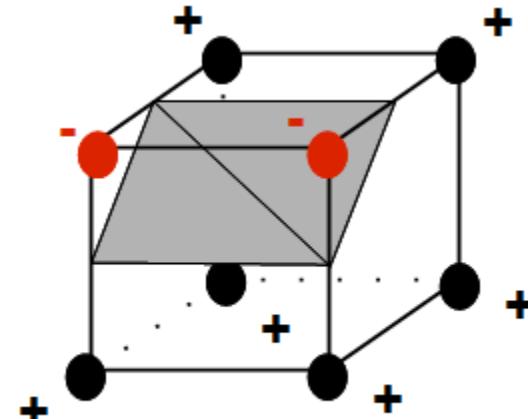
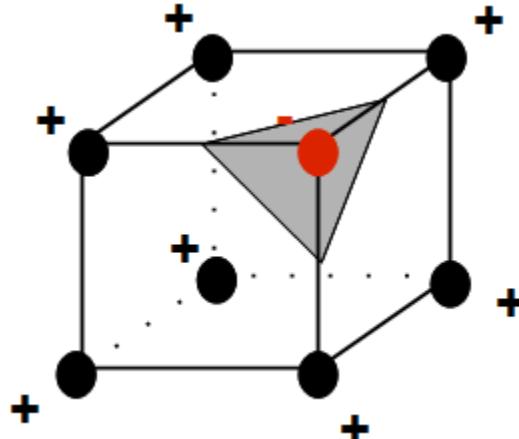
# Passage du volumique au surfacique

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

# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

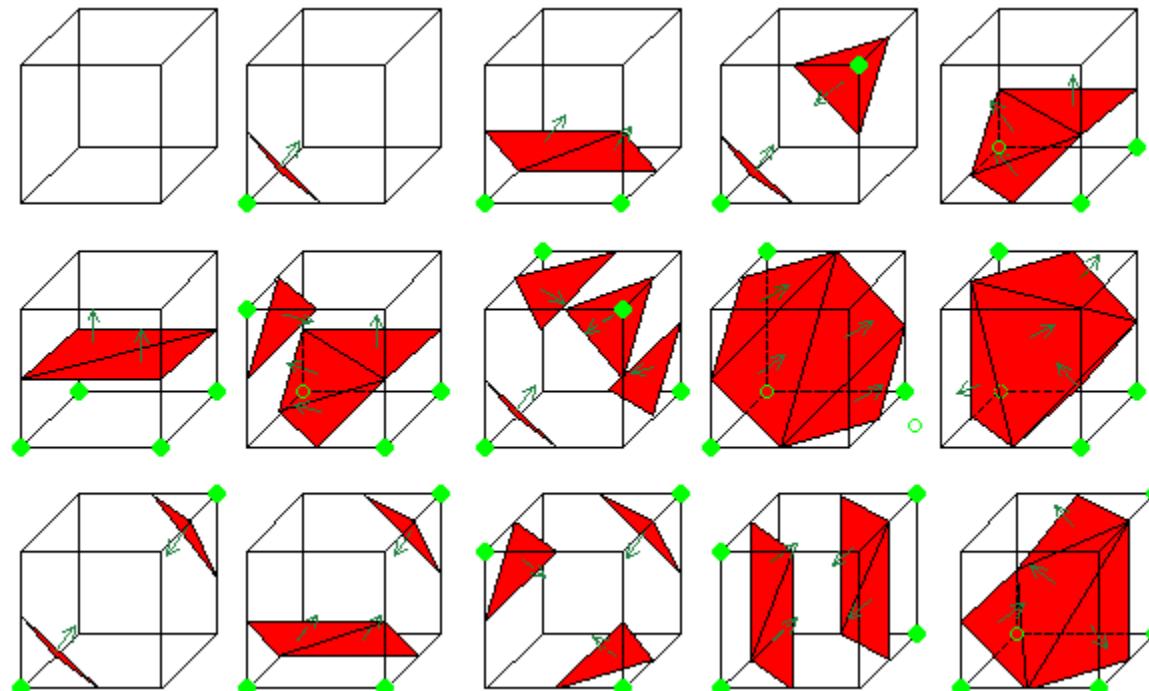
- En 3D : après exploitation des symétries
- il reste **15** cas différents :



# Passage du volumique au surfacique

- Algorithme du **Marching Cube** :

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

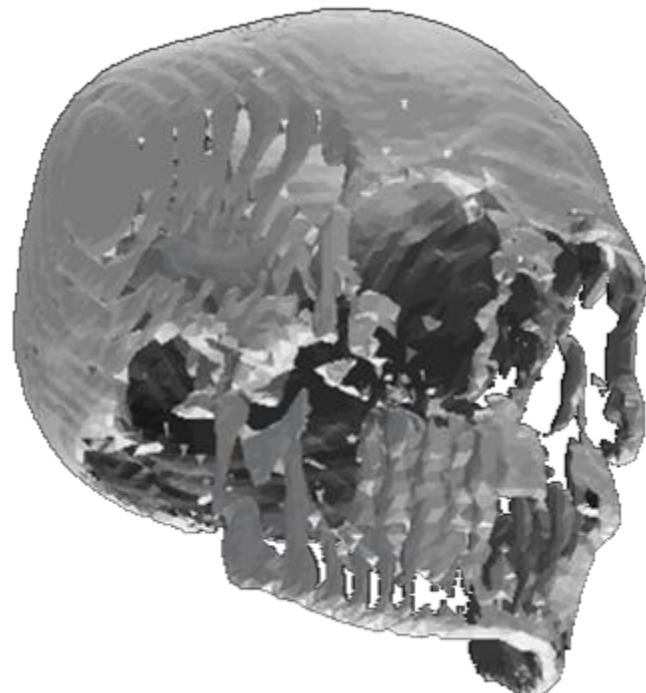
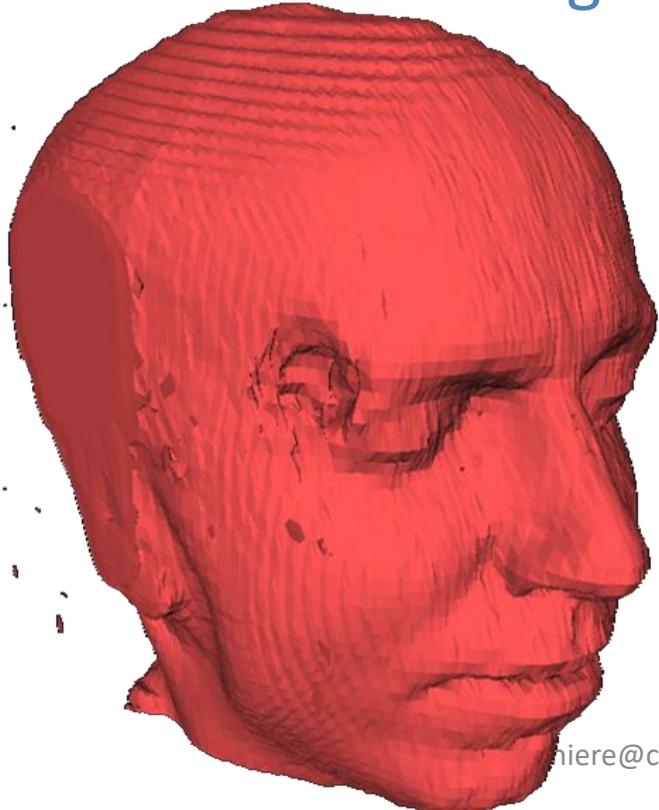


# Passage du volumique au surfacique

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

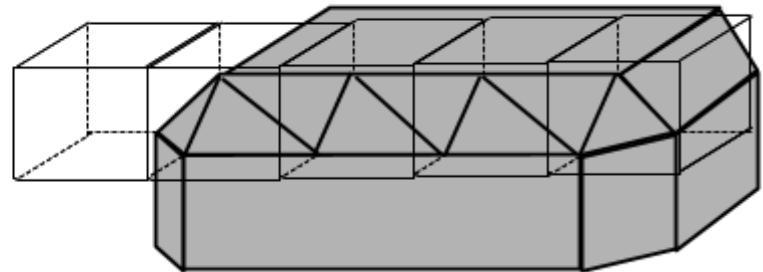
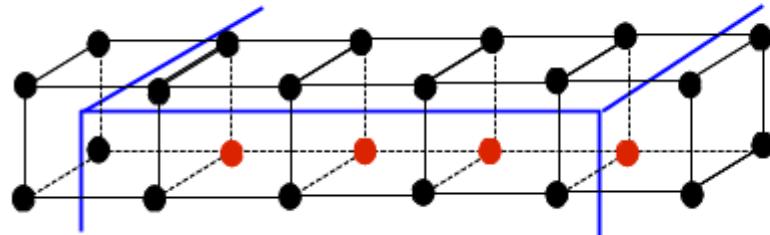
# Passage du volumique au surfacique

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



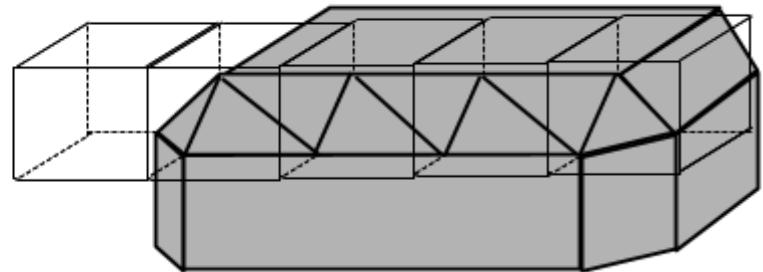
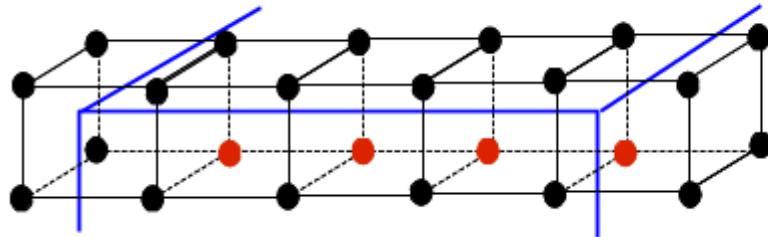
# Passage du volumique au surfacique

- 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.

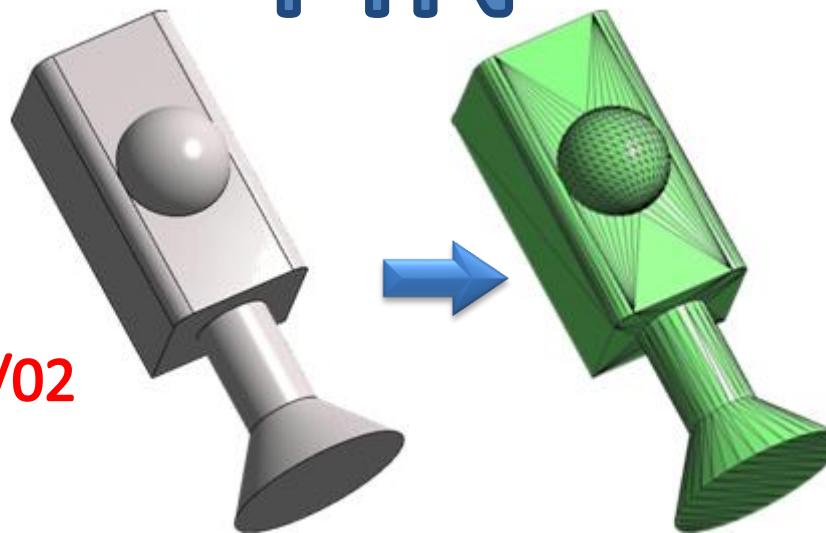
# Conclusion

- **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 27/02

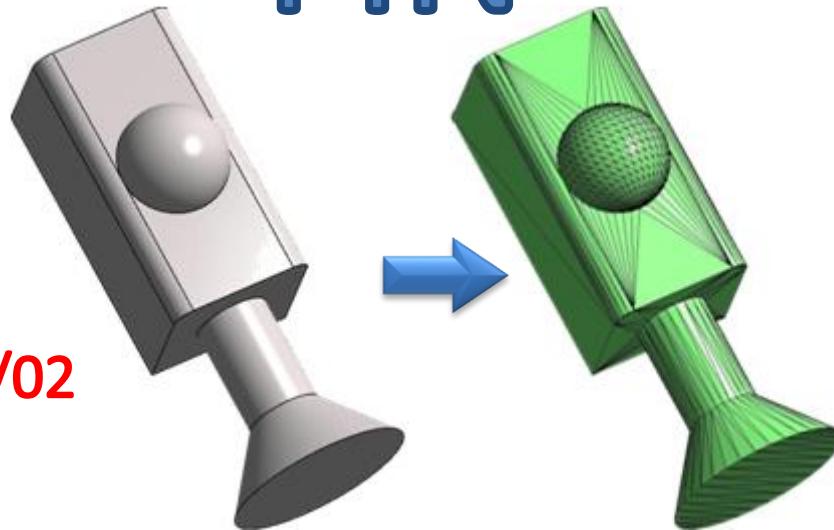


Pour récupérer les cours et le TD/TP:  
Moodle HMIN 212

**FIN**

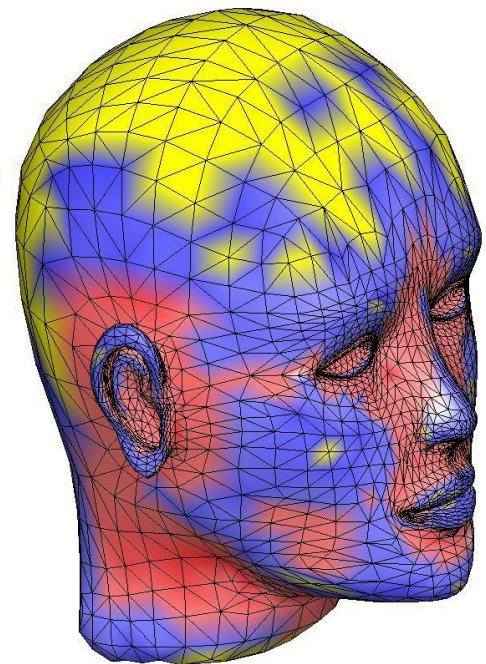
**Maillages**

**lundi 27/02**



**Maillages avancés**

**lundi 06/03**



**Pour récupérer les cours et le TD/TP:  
Moodle HMIN 212**

# 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)