

CHAPITRE 07

Modèles Volumiques

Gilles Gesquière

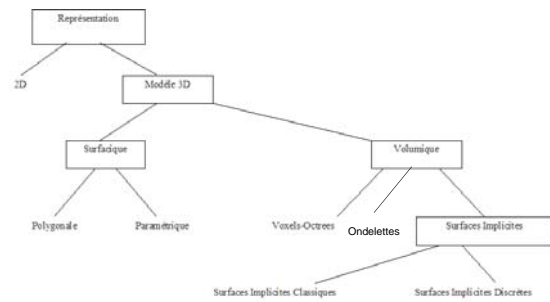
Ce cours est une **compilation** :

- Du cours de Modélisation géométrique (IRIT-UPS Toulouse; Equipe Vortex)
- Cours de Christian Jacquemin (LIMSIS- Paris 11)
- Cours de Marc Daniel (LSIS- Marseille)
- Cours G. Gesquière (Gamagra/ Lyon 2)

UNIVERSITÉ **LUMIÈRE** LYON 2
UNIVERSITÉ DE LYON

1

Continu Vs Discret



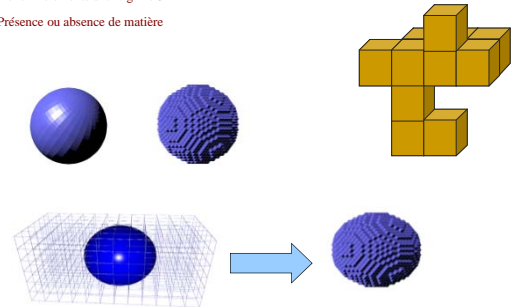
Plan

- Représentation Volumique
 - Voxel
 - Octree
 - Octree régulier et adaptatif
 - Représentation surfacique et volumique d'un objet 3D
 - Ondelettes
 - Surfaces implicites
- Modèle B-Rep

Modèles Volumiques : Voxels

■ Volumes discrets

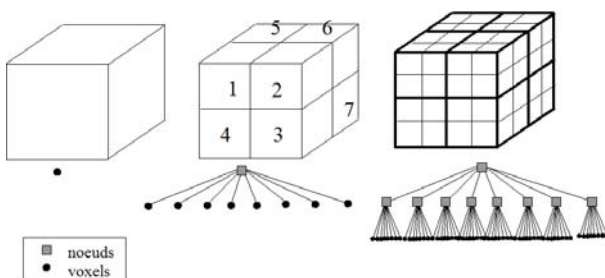
- Voxel = éléments d'une grille 3D
- Présence ou absence de matière



Modèle volumique : octree régulier

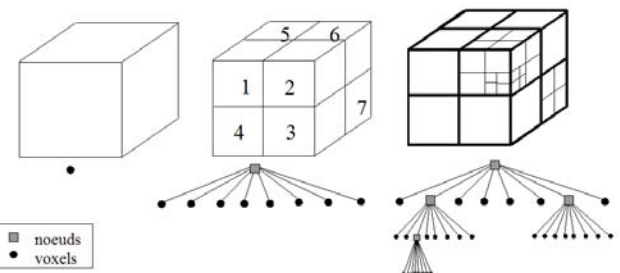
Arbre à huit branches.

Octree régulier : subdivise de façon récursive un volume cubique en huit sous-cubes de tailles égales. Les feuilles de l'octree sont appelées des « voxels ».



Modèle volumique : Octree adaptatif

Octree adaptatif, la profondeur de chaque branche peut être de taille différente. Permet de subdiviser l'espace de départ de façon irrégulière.



Modèles Volumiques : Octree adaptatif

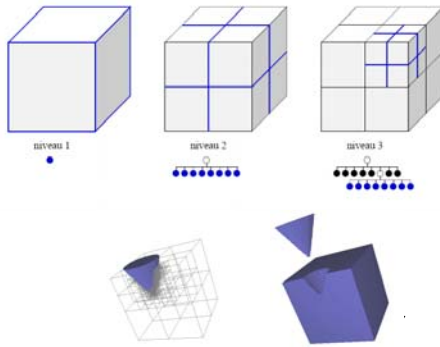
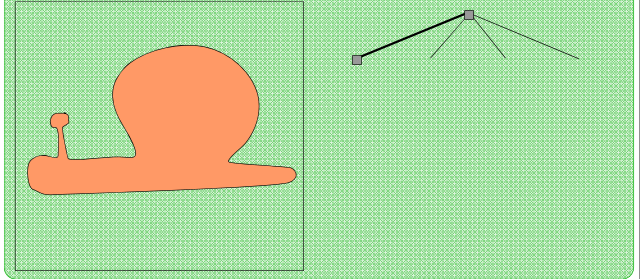


Illustration sur un quadtree

- Un quadtree est un arbre à quatre branches. C'est l'équivalent de l'octree en deux dimensions.
 - Dessinez les feuilles du quadtree adaptatif de profondeur quatre représentant l'objet ci-dessous.
 - Représentez le quadtree sous forme d'arbre en supposant que l'on a une représentation « volumique » de l'objet (ne développez que la 1^{ère} branche).



Représentation surfacique par octree

- **Octree régulier** : on subdivise jusqu'à la précision souhaitée et
 - soit la cellule n'est pas sécante à la surface et la feuille est vide (valeur 0 par exemple),
 - soit elle est sécante et la feuille est pleine (valeur 1 par exemple).
- **Octree adaptatif** :
 - soit la cellule n'est pas sécante à la surface :
 - c'est une feuille vide de l'octree,
 - soit la cellule est sécante à la surface :
 - si on est au niveau de précision désiré, c'est une feuille pleine de l'octree,
 - sinon, c'est un noeud qui va être subdivisé.

Représentation volumique par octree

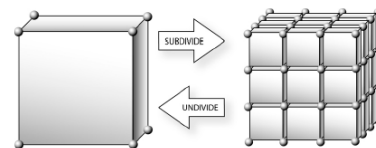
- **Octree régulier** : on subdivise jusqu'à la précision souhaitée et
 - soit elle est sécante et la feuille est pleine (valeur 0 par exemple),
 - soit elle est à l'intérieur de l'objet et elle vaut 1 par exemple,
 - soit elle est à l'extérieur de l'objet et elle vaut -1 par exemple.
- **Octree adaptatif** :
 - soit la cellule est sécante à la surface : si on est au niveau de précision désiré, c'est une feuille pleine de l'octree, sinon, c'est un noeud qui va être subdivisé,
 - soit la cellule n'est pas sécante à la surface : c'est soit une feuille « extérieure », soit une feuille « intérieure ».

Octree : +/-

- Les +
 - Représentation hiérarchique de l'objet : il peut être affiché à différentes résolutions.
 - Possibilité de représentation volumique.
 - Simplicité de positionnement d'un volume par rapport à l'objet : sécant ou non (éventuellement intérieur/extérieur).
 - Construction et parcours récursifs simples.
- Les -
 - Visualisation surfacique des voxels ?
 - Rendu temps réel pour des scènes complexes ?
 - Coup de stockage excessif.

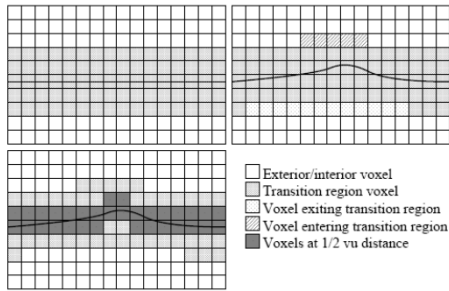
Modèles Volumiques : n-tree

- Réduire encore le nombre de cubes



Modèles Volumiques : Level Set

- Réduire encore le nombre de cubes (Level Set)
 - Volume stocké dans une grille hiérarchique sur deux niveaux.



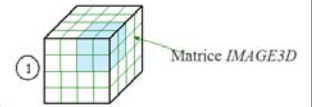
13

Modèle volumique basé ondelette

Énumération uniforme

Matrice 3D

Données : binaire ou niveau de gris



Énumération par ondelettes

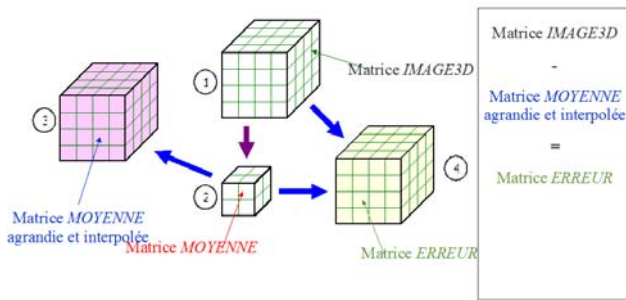
Matrices ERREUR

Matrice REDUC

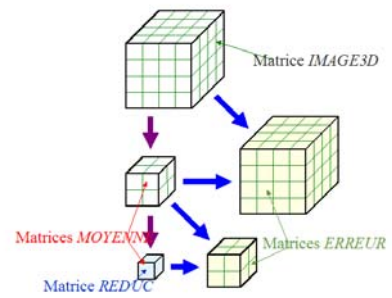
Niveau : n



Modèle volumique basé ondelette

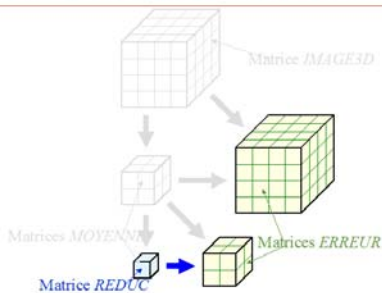


Modèle volumique basé ondelette

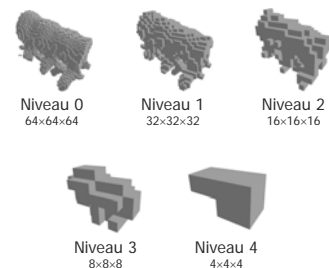


Modèle volumique basé ondelette

On ne code en mémoire que la matrice REDUC et les matrices ERREUR.



Modèles Volumiques : ondelettes



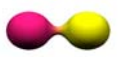




Modèles volumiques : surfaces implicites

$S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = iso \}$


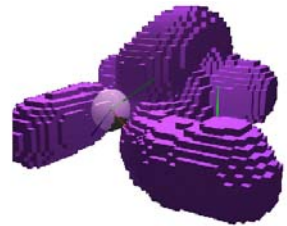
Intérêt : Combiner des éléments

- union : $f = \max(f_1, f_2)$
- Intersection : $f = \min(f_1, f_2)$
- « mélange » : $f = f_1 + f_2$

Modèles volumiques : Surfaces implicites

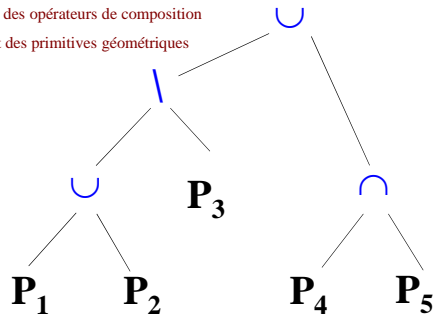
Surfaces implicites discrètes

Modèles volumiques : Arbres CSG

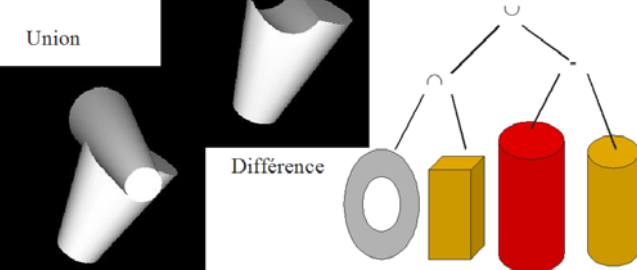
Constructive Solid Geometry : arbre de composition

- Les noeuds sont des opérateurs de composition
- Les feuilles sont des primitives géométriques



Modèles volumiques : Arbres CSG

Exemple avec 2 primitives :



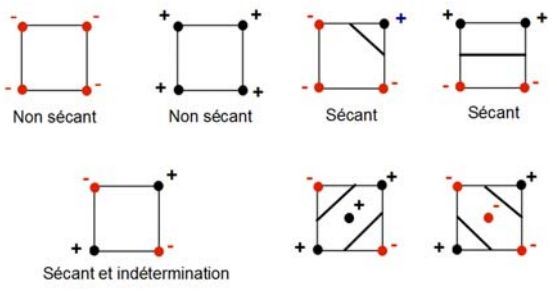
Union

Différence

Passage du volumique vers surfacique

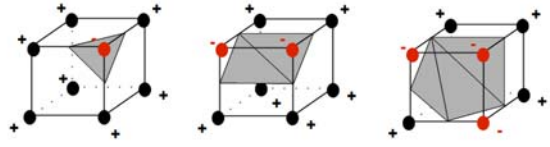
Algorithme du marching cube

- Illustration en 2D

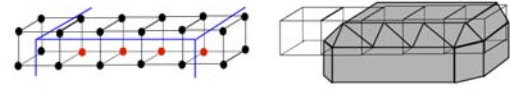


Passage du volumique vers surfacique

- En 3D, après exploitation des symétries, il reste 14 cas différents. Exemples :



- A partir d'un ensemble de cellules intersectant une surface, on obtient un maillage triangulaire de la surface.
- Problème des arêtes franches :




Extended marching cube

- Pour reconstruire correctement les arêtes, il existe des version étendues du marching cube [1]. En général, ces méthodes utilisent:

- Le calcul d'intersection entre une arête et la surface est effectué par interpolation linéaire:

P? tel que $f(P) = 0$



$$P = \frac{b}{b-a} P_1 + \frac{-a}{b-a} P_2$$

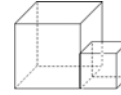
- La normale à la surface est évaluée aux points d'intersection

- On maille le cube à partir des plans passant par les points d'intersection (ayant comme normale la normale à la surface au point)

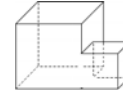
- [1] L. Kobbelt et al. "Feature Sensitive Surface Extraction from Data Volume". SIGGRAPH 2001

Modèle B-Rep

- **Boundary-Representation**
 - Un modèle est représenté par ses bords
 - Pas de notion de volume
 - On peut représenter des solides



B-Rep quelconque



B-Rep Solide