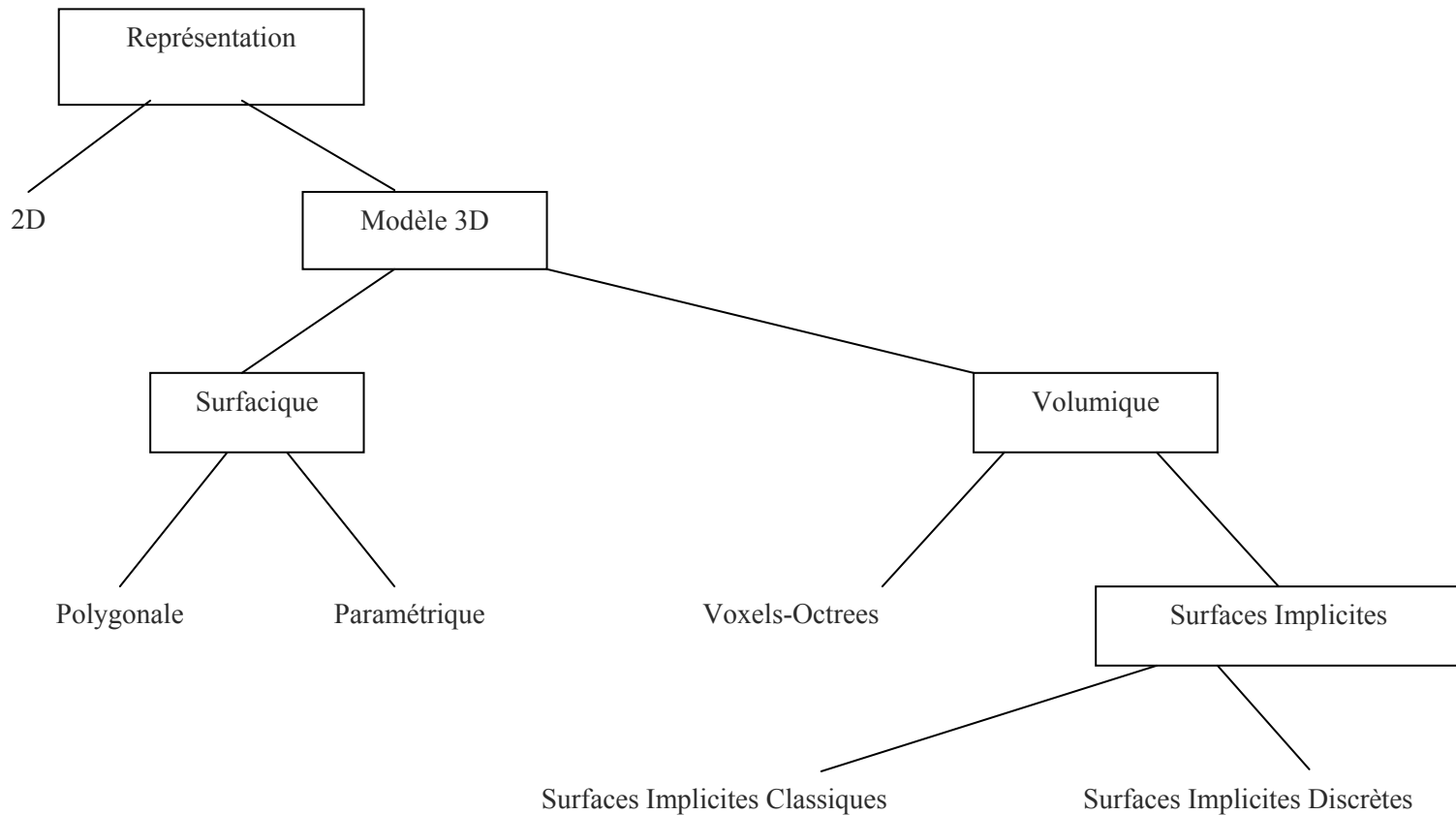


Partie II- Modélisation

1. Techniques de modélisation
2. Modélisation surfacique
3. **Modélisation volumique**
 - **Représentations**
 - **Volumes discrets, CSG, surfaces implicites,**
...
 - Modélisation volumique interactive

Représentations volumiques



Modéliser un solide

- Densité

La densité d'une méthode de représentation est évaluée par rapport au coût mémoire nécessaire à sa sauvegarde.

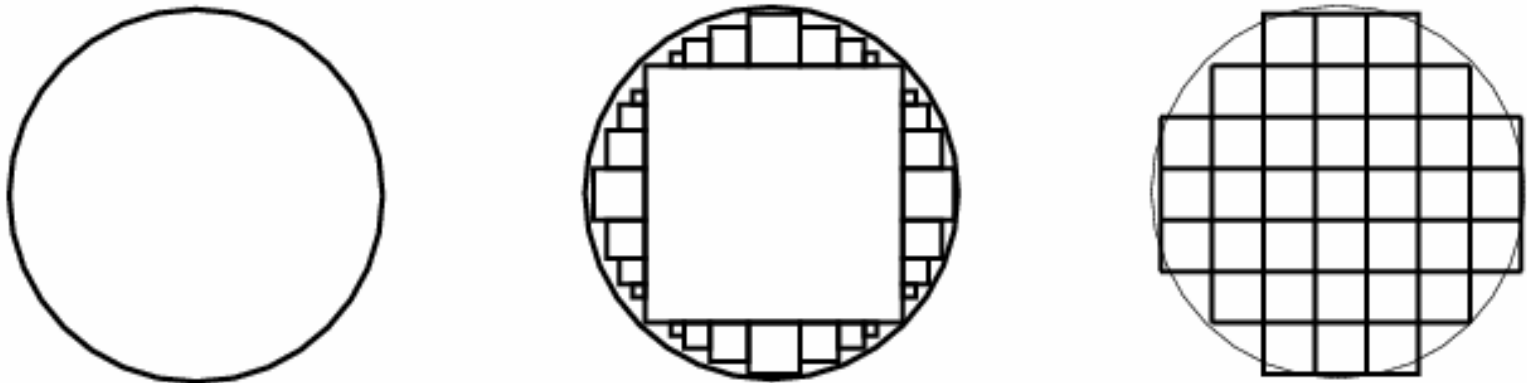


Figure 23: Exemples de représentations données en ordre décroissant de la densité: (a) la représentation paramétrique- instanciation de primitives, (b) la représentation décompositive avec des cellules adaptives, et (c) la représentation décompositive avec des cellules uniformes

Représentations volumiques

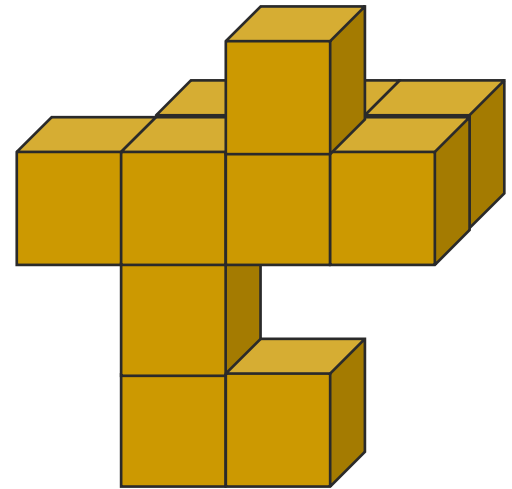
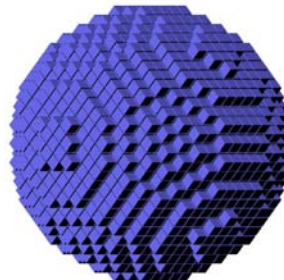
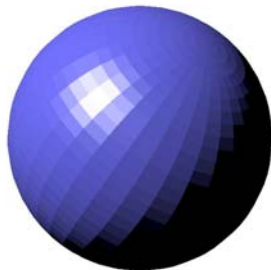
1. Voxels

Volumes discrets

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

Visualisation

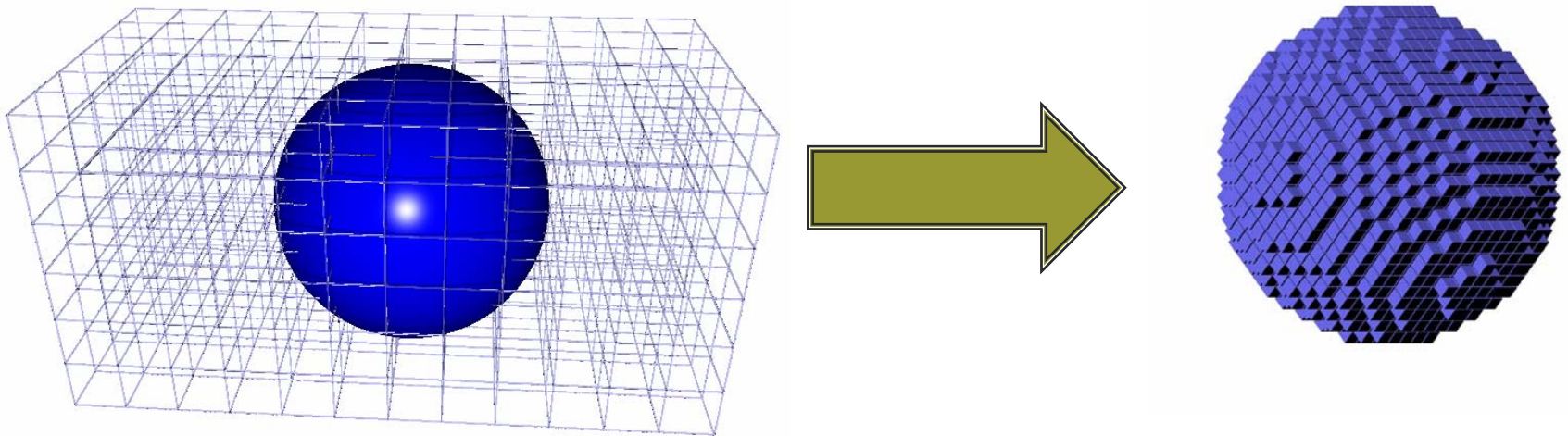
- Rendu volumique
- Marching cubes



Représentations volumiques

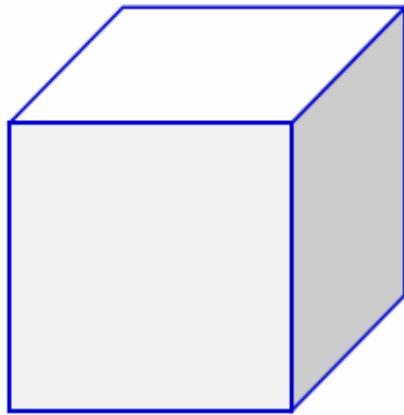
1. Voxels

- Décomposition de l'objet en « cellules »

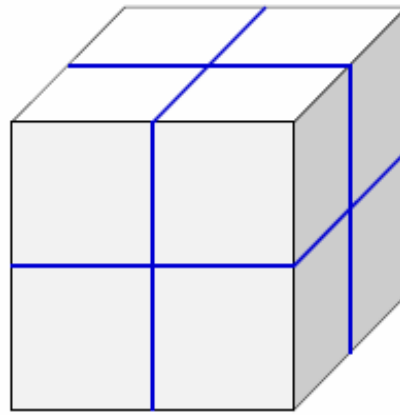


Représentations volumiques

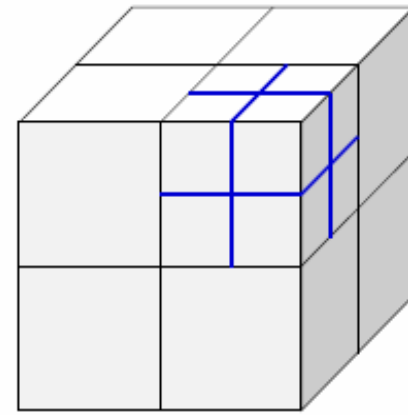
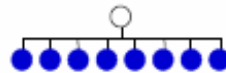
2. Arbre Octal



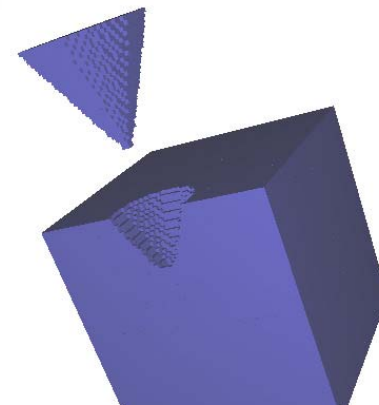
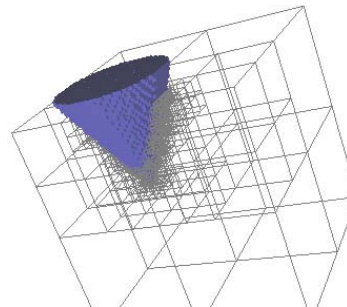
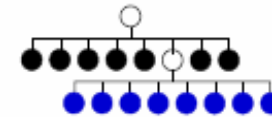
niveau 1



niveau 2



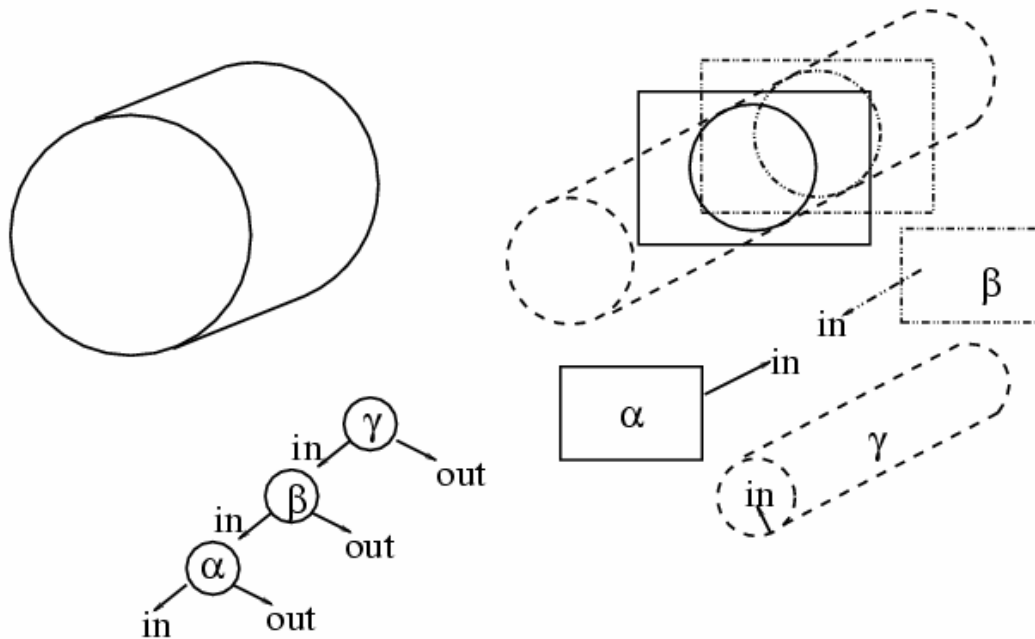
niveau 3



3. BSP

Arbre Binaire de subdivision spatiale (BSP)

A chaque étape de la subdivision, l'espace est partitionné en deux sous-espaces classés selon leurs appartenance au solide.



Représentations volumiques

4. Arbres CSG

GÉOMÉTRIE CONSTRUCTIVE DES SOLIDES: BUTS

Buts

Construire des solides complexes à partir d'**opérations élémentaires** sur des **solides élémentaires**.

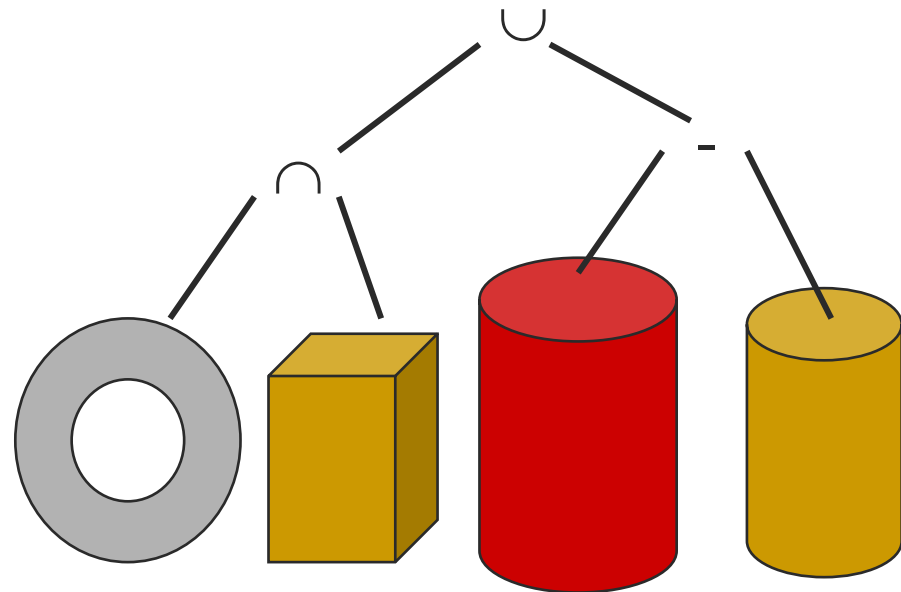
- limiter les bibliothèques d'objets géométriques élémentaires,
- fournir des mécanismes opératoires pour la construction des solides par **agglomération**, **intersection** ou **extrusion**,
- fournir un mécanisme récursif de construction d'objets permettant la création de bibliothèques.

Représentations volumiques

4. Arbres CSG

Constructive Solid Geometry

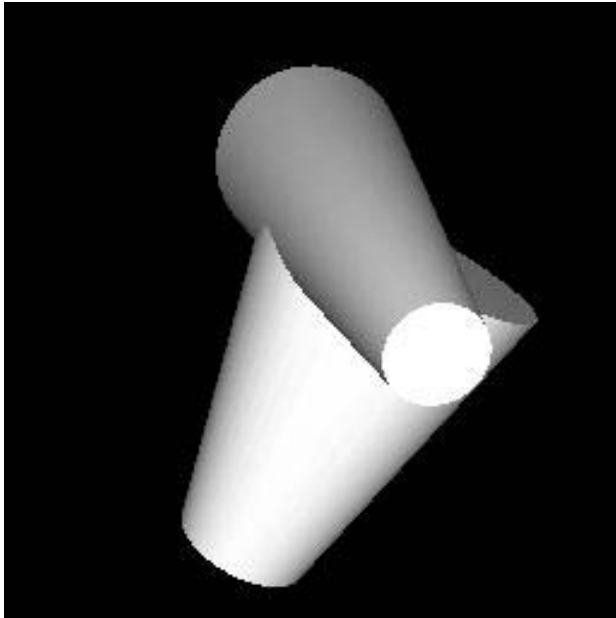
- Opérateurs booléens
 - Union (ou)
 - Intersection (et)
 - Différence (not)
- Arbre de construction
- Très utilisé en CAO, mais visualisation délicate



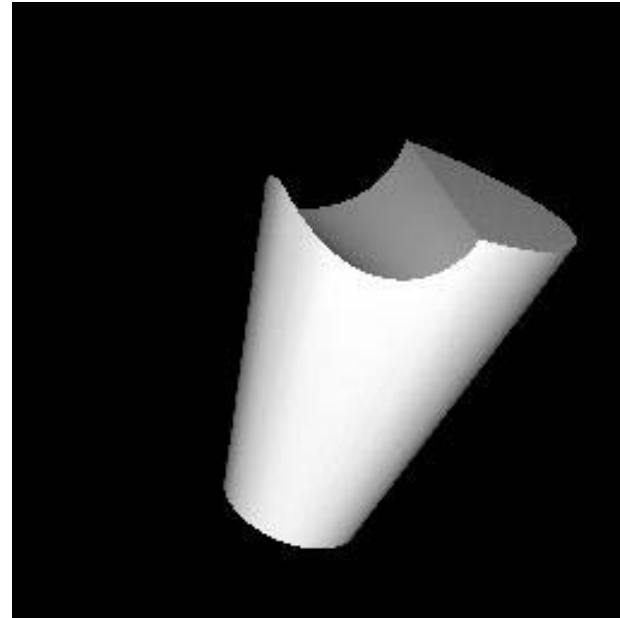
Représentations volumiques

4. Arbres CSG

- Exemple avec 2 primitives :



Union



Différence

Représentations volumiques

4. Arbres CSG

GÉOMÉTRIE CONSTRUCTIVE DES SOLIDES: OPÉRATIONS DE BASE

Définitions

$$S = S_1 \text{ Oper } S_2$$

Union:

Le solide S est la réunion des deux solides S_1 et S_2 . Les frontières sont conservées.

Intersection:

Le solide S est constitué des enveloppes communes aux deux solides S_1 et S_2 .

Difference:

Le solide S est le solide S_1 dont on a soustrait le volume du solide S_2 .

Merge:

Le solide S est la réunion des deux solides S_1 et S_2 . Les frontières incluses sont effacées.

Représentations volumiques

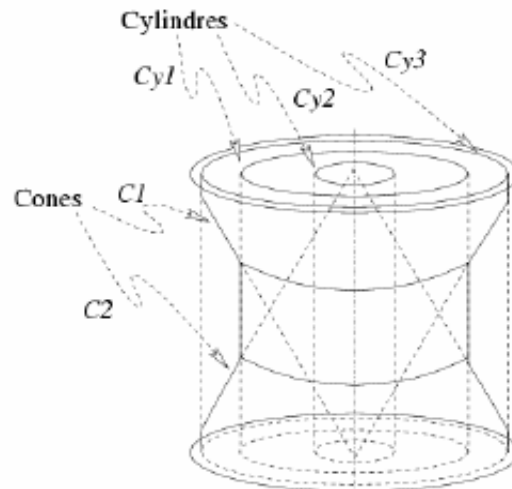
4. Arbres CSG

GÉOMÉTRIE CONSTRUCTIVE DES SOLIDES: EXEMPLE (1/3)

Modélisation d'une bobine

Solide construit à partir de volumes élémentaires

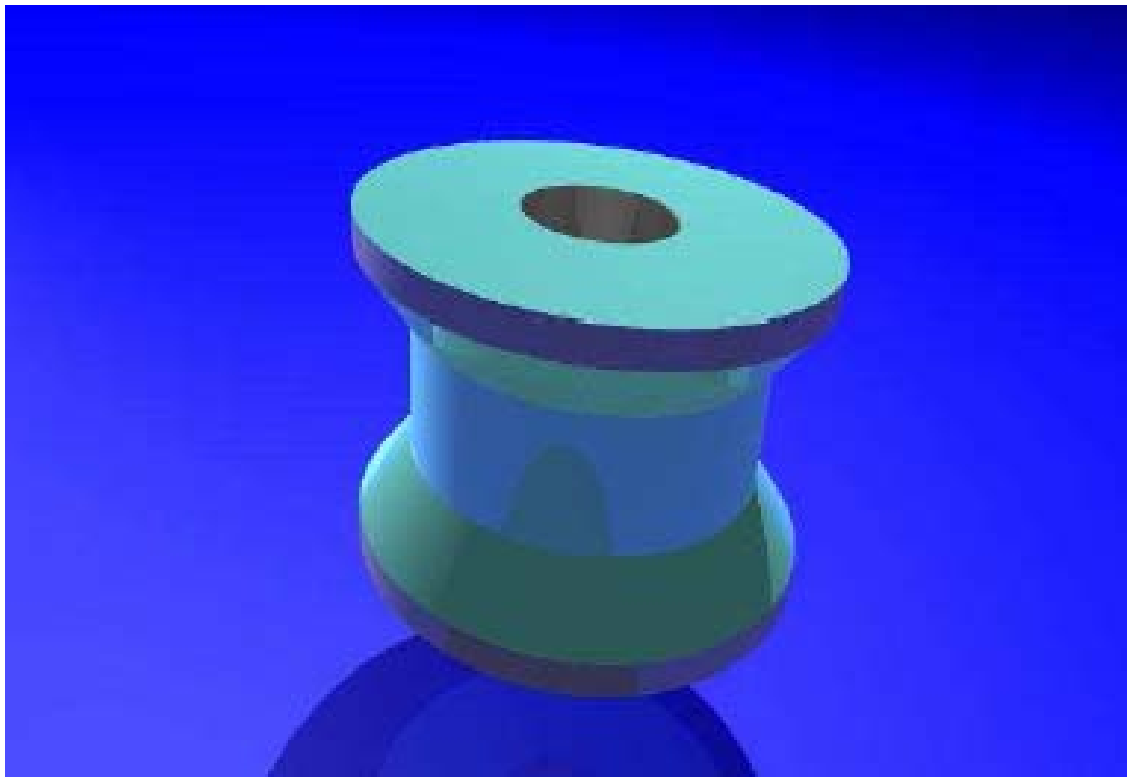
$$((C1 \cup C2 \cup Cyl) - Cy2) \cap Cy3$$



Représentations volumiques

4. Arbres CSG

CSG : 2/3



Représentations volumiques

4. Arbres CSG

GÉOMÉTRIE CONSTRUCTIVE DES SOLIDES: EXEMPLE

(3/3)

Définition en POVray

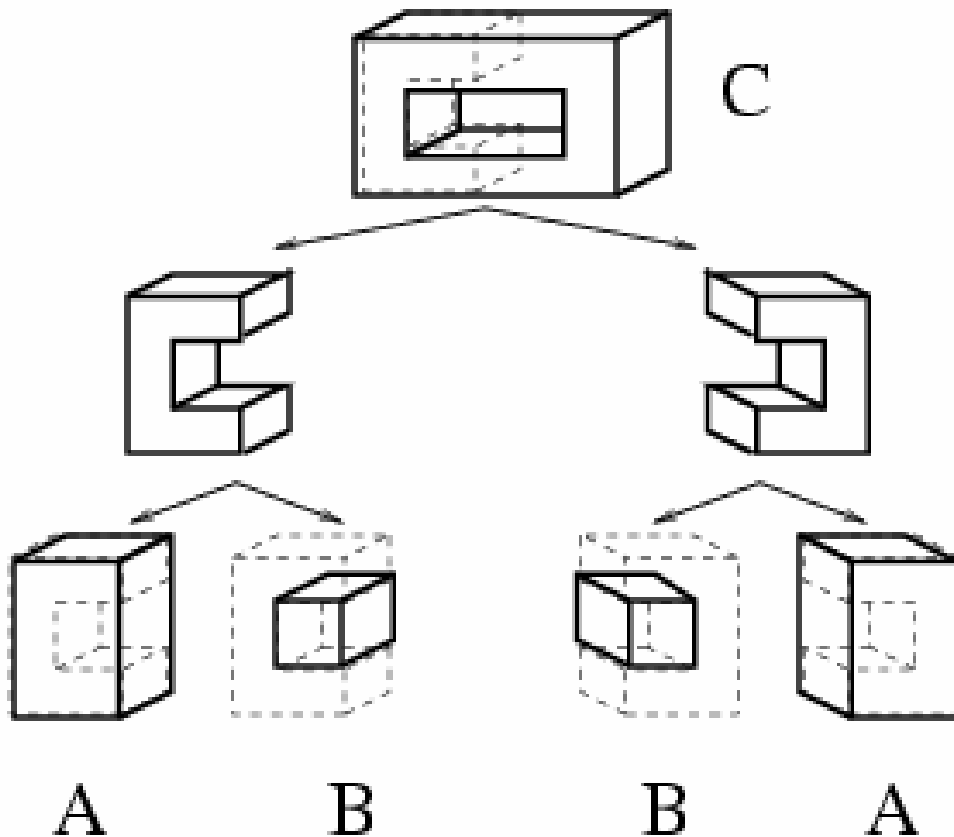
```
intersection {
  difference {
    // exterieur de la bobine
    union{
      // bord superieur C1
      cone { <0, 0, 1.0>, 1, <0, 0, 0.0>, 0 }
      // bord inferieur C2
      cone { <0, 0, 1.0>, 0, <0, 0, 0.0>, 1 }
      // support du fil Cy1
      cylinder{ <0, 0, 1.0>, <0, 0, 0.0> .7 }
    }

    // axe de la bobine Cy2
    cylinder{ <0, 0, 2.0>, <0, 0, -1.0> .3 }
  }

  // bord exterieur de la bobine Cy3
  cylinder{ <0, 0, 2.0>, <0, 0, -1.0> .9 }
}
```

4. Arbres CSG

Autre exemple :



4. Arbres CSG

- Unicité

Une méthode de représentation est considérée comme étant unique si à tout solide correspond une seule représentation de ce type.

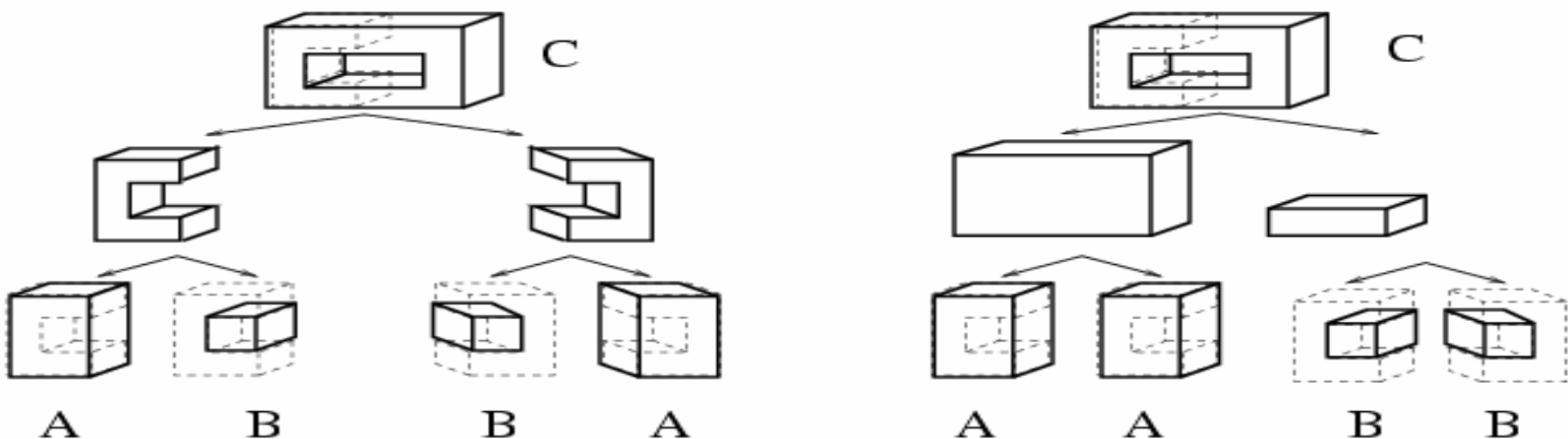


Figure 20: Exemples de différentes représentations constructives CSG (Constructive Solid Geometry) d'un seul et même solide.

4. Arbres CSG

■ Fermeture :

- Une méthode de représentation est considérée comme étant fermée par rapport à un ensemble d'opérations si le résultat des répétitions successives d'opérations de cet ensemble ne l'invalide pas i.e. correspond toujours à un solide

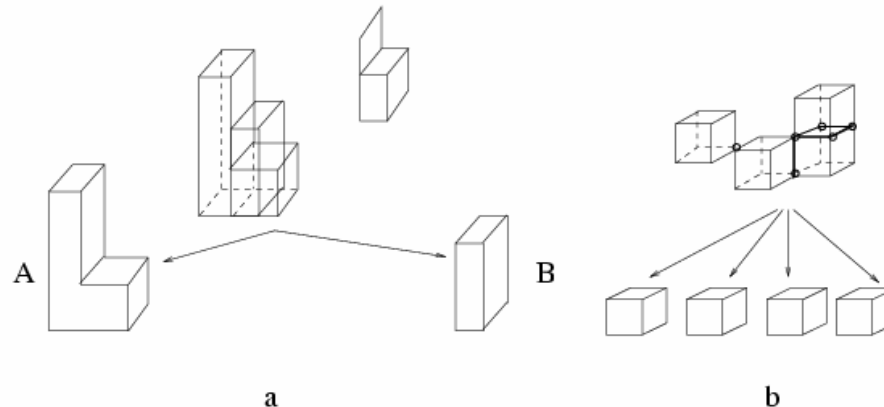


Figure : Les opérations (a) intersection et (b) union peuvent produire des résultats invalides

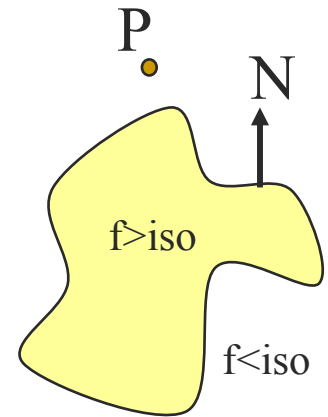
Représentations volumiques

5. Surfaces implicites

Définies par une équation implicite

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

- f est la « fonction potentiel »
- normale à la surface : $N = - \nabla f$
- modélisation volumique : *intérieure* $f(x,y,z) > iso$
 - test d'appartenance d'un point
(détections de collisions, lancer de rayons)



Représentations volumiques

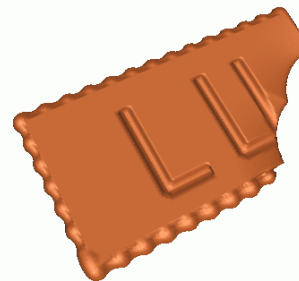
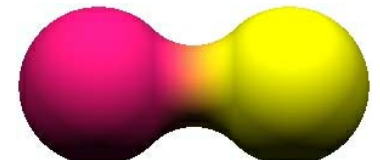
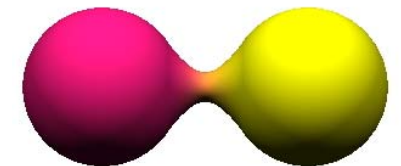
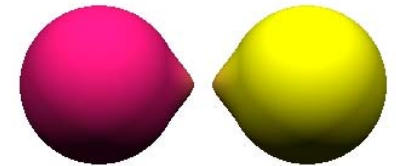
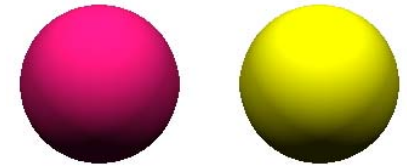
5. Surfaces implicites

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

Intérêt : Combiner des

éléments

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



Représentations volumiques

5. Surfaces implicites

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

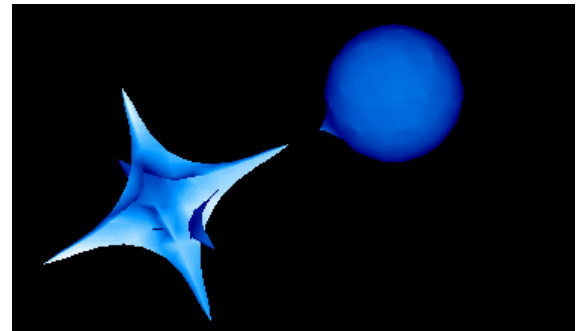
Définition et contrôle de f ?

- Trois catégories de surfaces

1. Algébriques (équation analytique)

- Super-ellipsoïdes
- Super-quadriques

Primitives de base, mais contrôle des formes peu intuitif

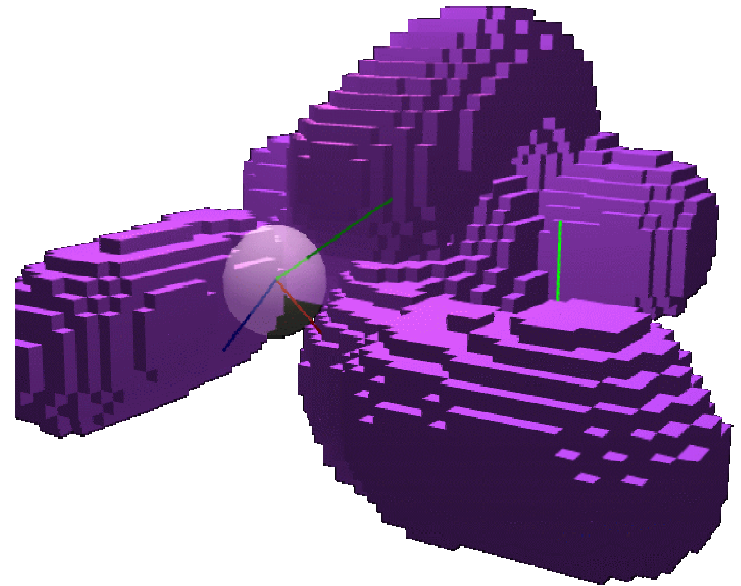
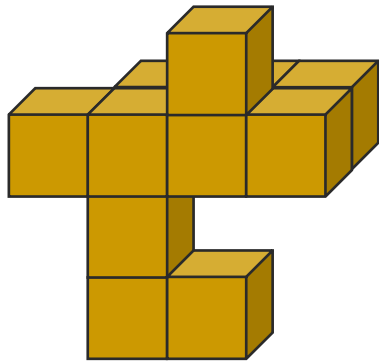


Représentations volumiques

5. Surfaces implicites

2. Définies par valeurs

- Dans une grille

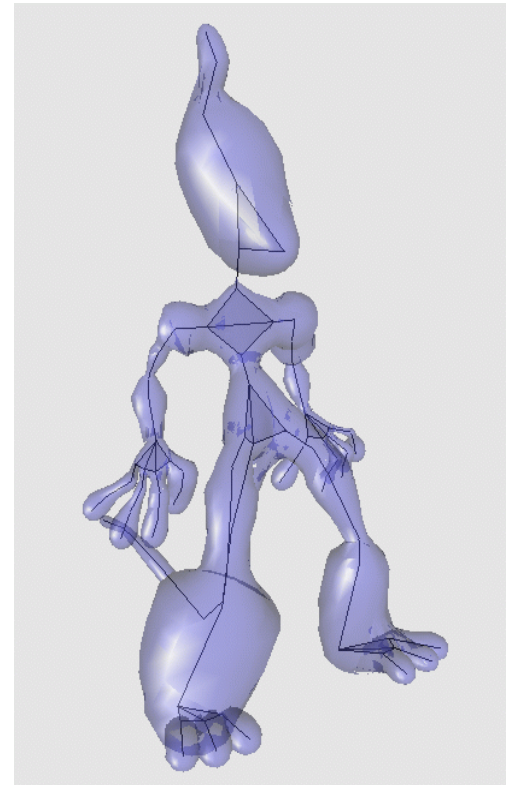
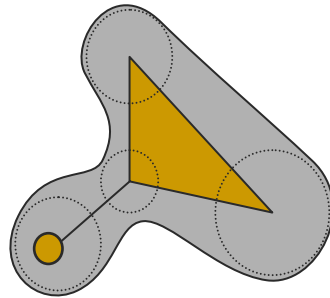


Représentations volumiques

5. Surfaces implicites

3. Définies par squelettes

- Représentation compacte & intuitive
- Primitives de contrôle

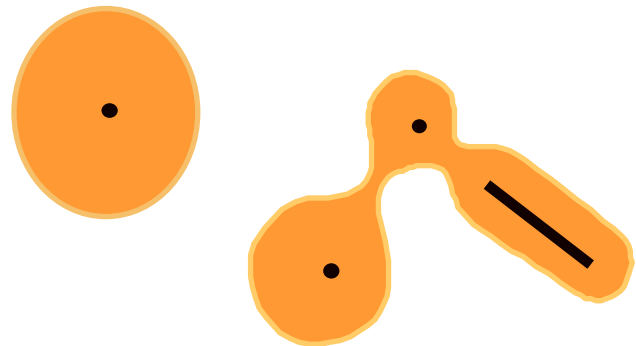
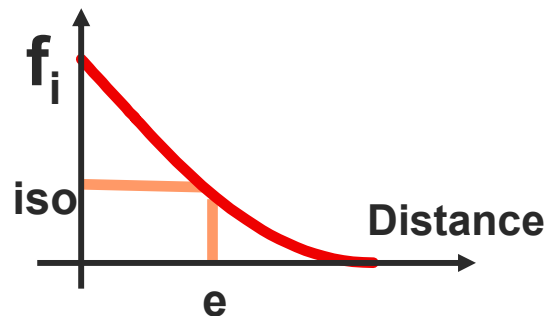


Représentations volumiques

5. Surfaces implicites

3. Définies par squelettes

- $f = \sum f_i$ $S = \{ P / f(P) = iso \}$
- f_i fonction décroissante de la *distance*(P, S_i)
 - Contrôle local si f_i à support compact
 - Topologie variable
 - Deux paramètres importants : taille et rayon d'influence



Représentations volumiques

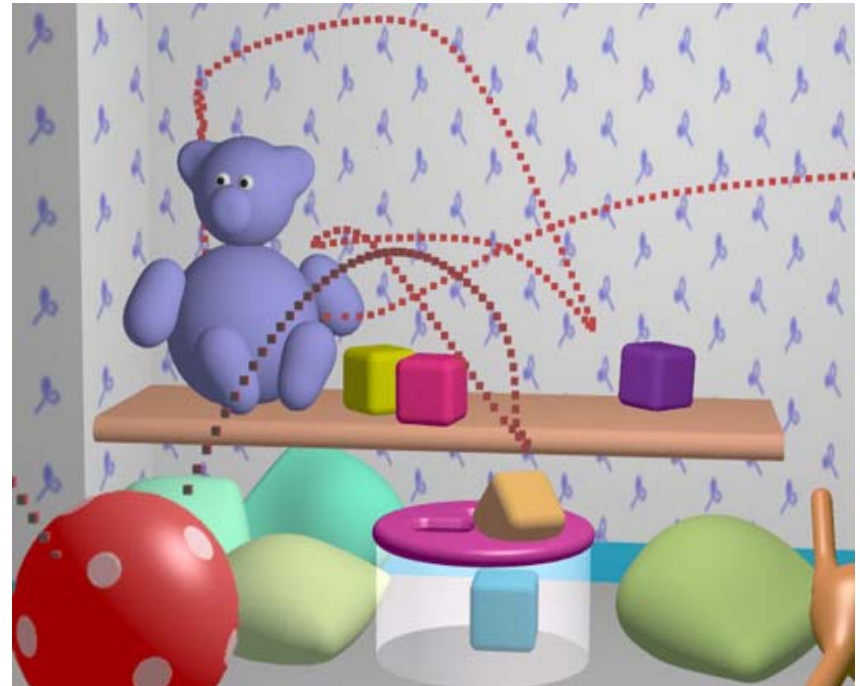
5. Surfaces implicites

Squelettes ponctuel

- Exponentiel
 - Blobs
 - Polynomial (contrôle local)
 - soft objects
 - meta-balls

Autres squelettes

- courbe, surface, volume....
- Savoir calculer la distance !



Squelette négatif : creuse l'objet !

Représentations volumiques

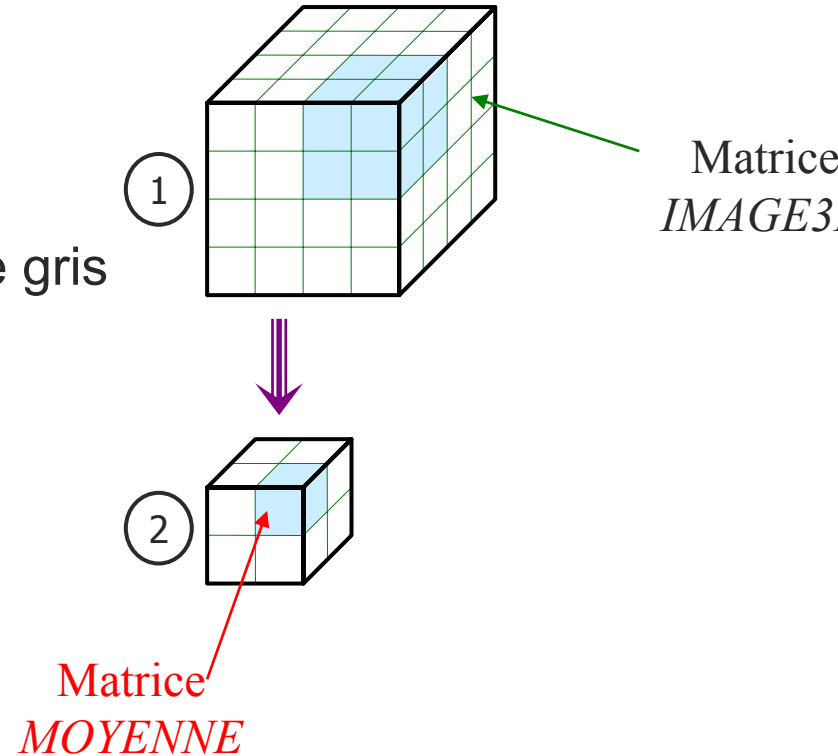
6. Enumération par ondelettes

- Énumération uniforme

- Matrice 3D
- Données : binaire ou niveau de gris

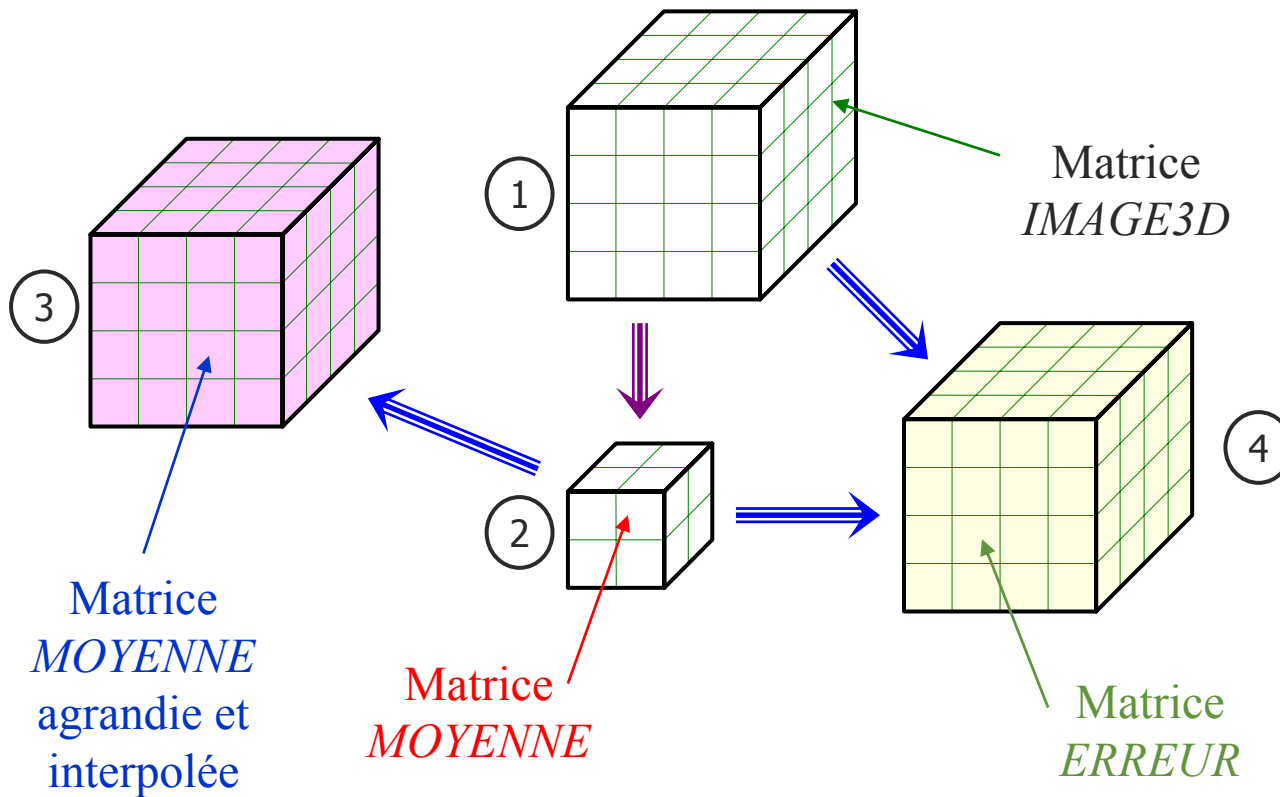
- Énumération par ondelettes

- Matrices ERREUR
- Matrice REDUC
- Niveau : n



Représentations volumiques

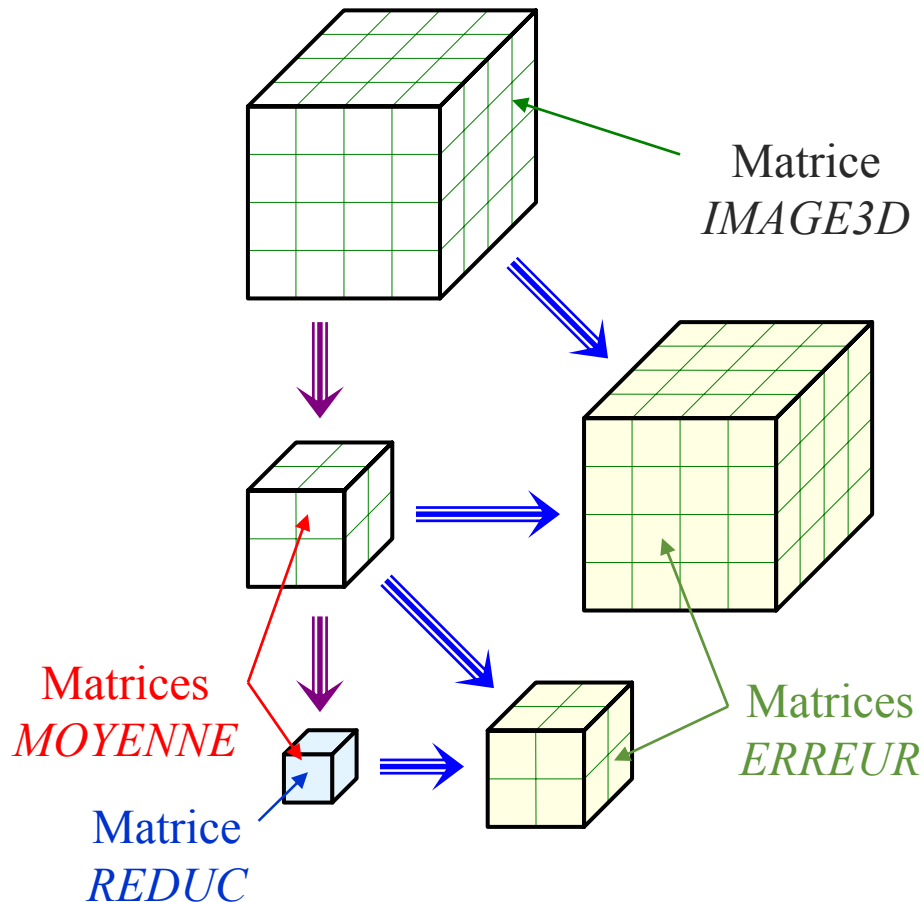
6. Enumération par ondelettes



$$\begin{aligned}
 & \text{Matrice } \mathit{IMAGE3D} \\
 & - \\
 & \text{Matrice } \mathit{MOYENNE} \\
 & \text{agrandie et} \\
 & \text{interpolée} \\
 & = \\
 & \text{Matrice } \mathit{ERREUR}
 \end{aligned}$$

Représentations volumiques

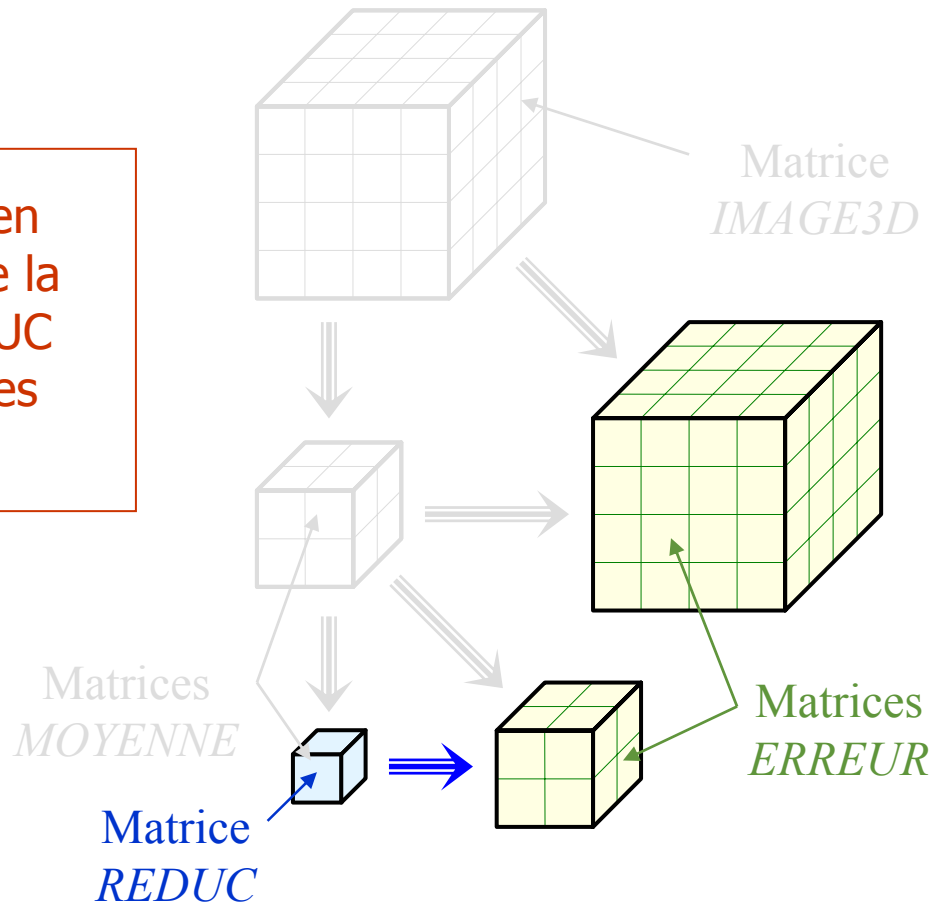
6. Enumération par ondelettes



Représentations volumiques

6. Enumération par ondelettes

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



Représentations volumiques

6. Enumération par ondelettes



Niveau 0
64×64×64



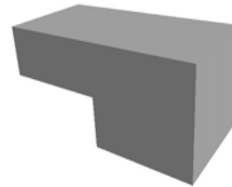
Niveau 1
32×32×32



Niveau 2
16×16×16



Niveau 3
8×8×8



Niveau 4
4×4×4

Représentations volumiques

6. Énumération par ondelettes

- Énumération par ondelettes
 - Inconvénients
 - Temps de construction
 - Temps de pré-calculs pour l'affichage
 - Avantages
 - Temps d'affichage diminue avec niveau d'affichage
 - Meilleure interactivité temps-réel utilisateur/objet