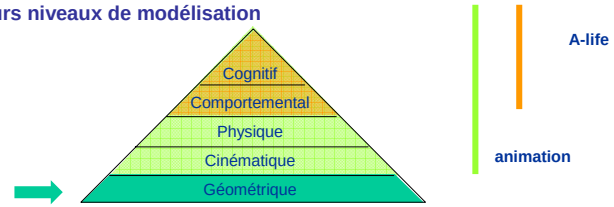
2. La modélisation

2.1 La modélisation 3D

les facteurs que la modélisation tend à déterminer sont :

- les structures de données, les algorithmes, la conception du hard
- le coût de traitement d'un objet
- l'apparence finale d'un objet

- **plusieurs niveaux de modélisation**



représentation et modélisation d'objets géométriques souvent dépendante des algorithmes de rendu

1

Définition et exploitation du modèle

- **Définition**
  - Modèle de calcul d'objets réels ou imaginaires
  - Décomposition en primitives
  - Organisation en structures de données ou procédures
  - Manipulation du modèle (modifications)
  - Visualisation du modèle
- **Exploitation du modèle**
  - Visualiser et vérifier le design
  - Observer les relations
  - Vérifier la faisabilité
  - Calculer des mesures dépendantes de la géométrie
  - Déterminer les phénomènes physiques
  - Appliquer des algorithmes de rendu
  - Exprimer des vues artistiques

2

Pertinence d'un modèle

- **Coût**
  - Capacité de stockage (nombre et taille des primitives)
  - Temps de construction (capture des données, modification de ces données, disponibilité des outils)
  - Temps d'affichage (les algorithmes dépendent de la représentation choisie)
  - Temps d'utilisation (par rapport aux applications, complexité des algorithmes)
- **Pertinence**
  - Aptitude à bien représenter la scène
  - Capable de supporter des conversions

3

Que décrit le modèle

- **Les objets et leurs attributs**
  - Forme / géométrie
  - Couleur
  - Réflexions
  - Transmission
  - Aspect de la surface
  - Texture
  - Hiérarchie

4

2.2 Classification

- **représentations surfaciques (boundaries representations)**

  La surface est approximée (ou partitionnée) par des primitives de type :
  - points, systèmes de particules
  - Polygones
  - fractales
  - surfaces courbes
  - surfaces implicites, superquadrics, metaballs

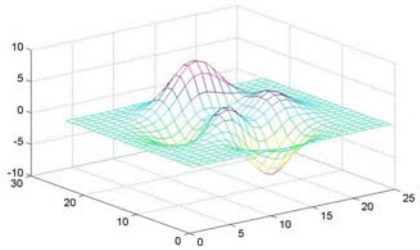
- **représentations volumiques**

  Le volume de l'objet est décomposé en unités volumiques :
  - voxels
  - octrees
  - CSG (constructive solid geometry)
  - ...

5

Points

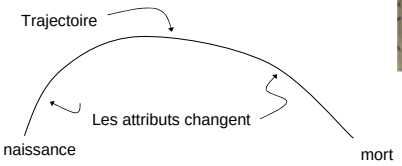
- Liste de coordonnées 3D
- Possibilité d'organiser en contours, ou sections
- la précision dépend du nombre de points



6

Systèmes de particules

- Ensemble de points se déplaçant le long d'une trajectoire
- Chaque point à une "histoire" (naissance et mort)
- Contrôlé généralement par des algorithmes probabilistes
- L'ensemble des points obéit à une distribution statistique



12000 particules

David K. McAllister, UNC

7

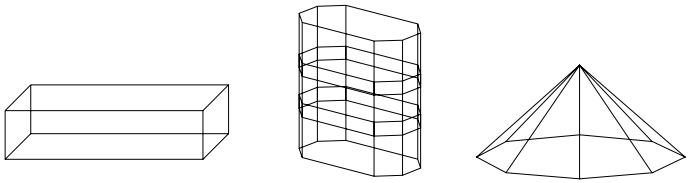
Systèmes de particules

Mark B. Allan
http://www.dnai.com/~mba/software/flow/

8

Représentation polygonale

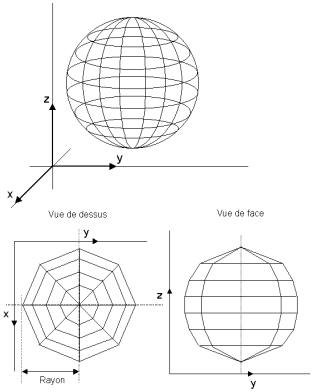
- objets représentés par des facettes polygonales
- représentation la plus courante
- affichage fil de fer (wire frame)



9

approximation de surfaces courbes

- **maillage (mesh)**
  - la qualité dépend de la précision
  - Il faudrait que le nombre de facettes dépende du degré de courbure local
  - Exemple de maillage d'une sphère vue en TD.

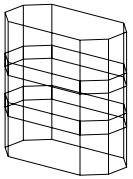


Maillage d 'une sphère

10

Quelques définitions

- **Polygone : un polygone est composé de sommets et d'arêtes.**
- **Polyèdre : un polyèdre est un solide limité par des <u>polygones plans</u> dont chaque coté (arête) est commun à exactement 2 polygones.**
- **Polyèdre convexe : il est situé tout entier du même coté du plan de chacune des faces.**



Polyèdre convexe

11

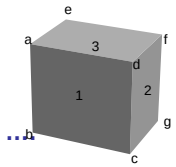
Structures de données

- **Structuration**

sommets	*vertex, vertices*
arêtes	*edges*
facettes polygonales	*polygonal facets*
objets	

- **Listes chaînées**
- **Tableaux**

évolution de la scène, rapidité d'accès



12

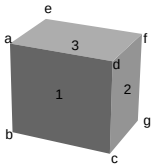
Structures de données

- **Liste des sommets (2 tables)**

Objet cube

Sommets	Coordonnées
1	x1,y1,z1
2	x2,y2,z2
3	x3,y3,z3
…	….

Faces	Sommets
1	a b c d
2	d c f g
3	a d f e
…	….



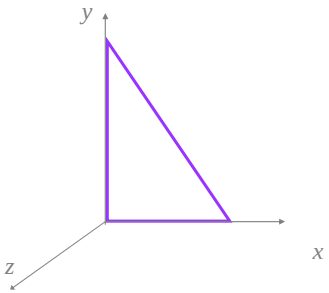
Structures de données

Liste des sommets (suite)

- **Les arêtes sont dessinées 2 fois**
- **Difficulté de retrouver un sommet commun à 2 faces**
- **Représentation par liste de sommets**
  OpenGL, Direct3D, VRML, POVRay…

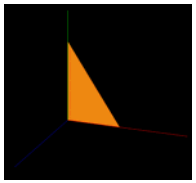
Exemple OpenGL

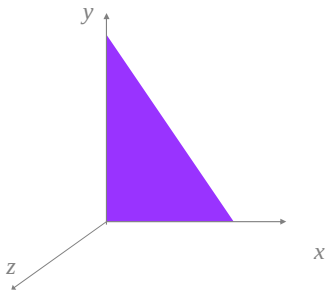
```
//affiche les arêtes du polygone formé de 3
  sommets (affichage fil de fer)

glBegin(GL_LINE_LOOP);
    {
      glVertex3i(0,0,0);
      glVertex3i(2,0,0);
      glVertex3i(0,3,0);
     }
glEnd()
```



Exemple OpenGL

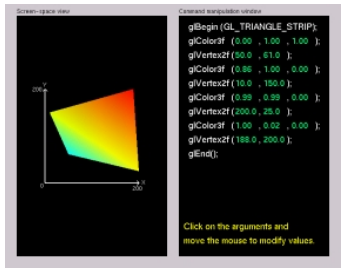
```
//affiche le polygone plein formé de 3 sommets

glBegin(GL_POLYGON);
    {
      glVertex3i(0,0,0);
      glVertex3i(2,0,0);
      glVertex3i(0,3,0);
     }
glEnd()
```





Exemple OpenGL : les primitives géométriques

exemple issu du tutoriel de Nate Robins : *http://www.xmission.com/~nate/tutors.html*



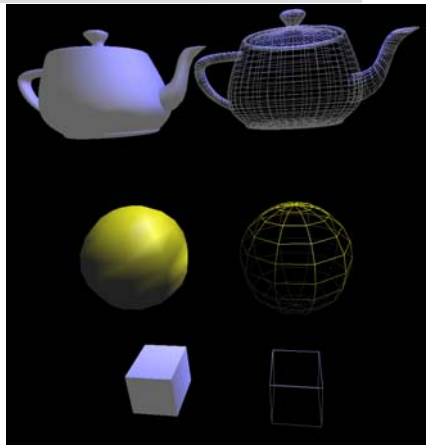
17

Objets prédéfinis (glut)

- **Cone**
- **Cube**
- **Tétraèdre**
- **Sphère**
- **Tore**
- **Théière**
- **....**

Ex :

```
glutWireCube(1);
glutWireTeapot(1);
glutSolidSphere(1.0, 10,10);
```



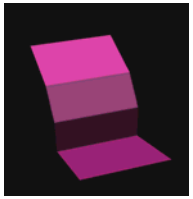
Lien entre la représentation et les algorithmes de rendu

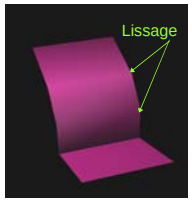
Exemple 1:

Certains algorithmes effectuent un lissage entre les facettes des objets

- distinction entre les arêtes réelles de l'objet et les arêtes créées par le maillage
- stockage des sommets communs ou des arêtes communes à plusieurs faces d'un même objet

⇨ Liste des arêtes





19

Lien entre la représentation et les algorithmes de rendu

- **Exemple 2 :**

Importance de l'ordre de stockage des sommets

Calcul de la normale d 'une face

$$\vec{N} = \overrightarrow{P_1P_2} \wedge \overrightarrow{P_1P_3}$$
$$-\vec{N} = \overrightarrow{P_1P_3} \wedge \overrightarrow{P_1P_2}$$

Normale sortante

Les points doivent être donnés dans l'ordre trigonométrique.

Equation du plan (P) contenant la facette

Si N est la normale

$$\vec{N} = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}$$

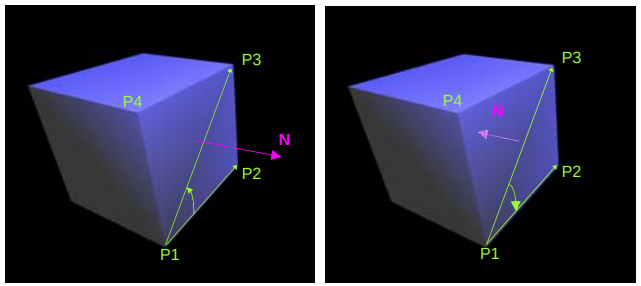
le plan P est défini par :

$$Ax + By + Cz + D = 0$$
$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 = -D$$

20

Lien entre la représentation et les algorithmes de rendu

- **Exemple 2 :**



21

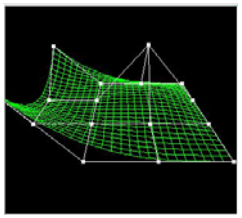
Exemples de modélisation polygonale d'objets

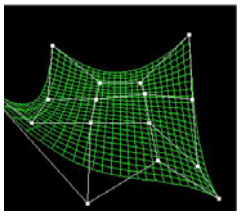
- **Conversions d'objets réels en réseau polygonal**
  - digitaliseur 3D
  - manuellement
  - télémètres laser
- **Génération de modèles à partir de définitions**
  - description mathématique
  - coupes successives (méthode du sweeping)

22

Surfaces courbes

- **même approche que le maillage polygonal. Chaque pièce du maillage est une surface délimitée par des contours (segments ou arc de courbes).**
  Surfaces : plans, surfaces de Bezier, B-spline, NURBS...





http://www.tc.cornell.edu/Visualization/contrib/cs490-96to97/anson/BezierPatchApplet/index.html

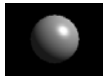
23

CSG : Constructive Solid Geometry

- **Arbres de construction**
  - idée : appliquer des opérateurs booléens ou des transformations linéaires sur des objets dits élémentaires.
  - Modélisation interactive
    Possibilité de modéliser des objets complexes de façon très simple
  - Les algorithmes de rendu sont coûteux (temps)
    Difficulté de faire des modifications locales

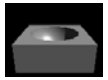
24

Exemples de CSG



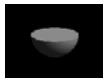
sphère

boite



boite - sphère

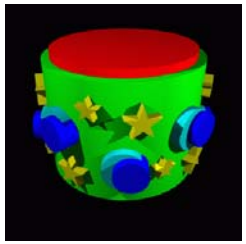
boite + sphère

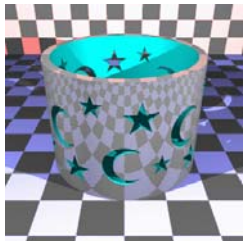


boite ∩ sphère

http://www.cl.cam.ac.uk/Teaching/1998/AGraphics/l3a.html

Exemples de CSG





http://www.cl.cam.ac.uk/Teaching/1998/AGraphics/l3a.html

Autres représentations

- **Octrees :**
  représentation hiérarchique de l 'occupation de la scène. Unité volumique : Voxel
- **Fractales**
  plus adaptée aux scènes naturelles.

- **Metaballs**
- *http://www.eml.hiroshima-u.ac.jp/~nis/javaexampl/image/bear1.jpg*

2.3 Modélisation d'une scène

- **Les objets**
  - description de l'objet
  - transformations
  - matière
- **Les éclairages**
  - type d'éclairage
  - transformations

Pour la visualisation d'une scène : il faut définir les paramètres de l'observateur (la caméra)