

Synthèse d'images

TD2

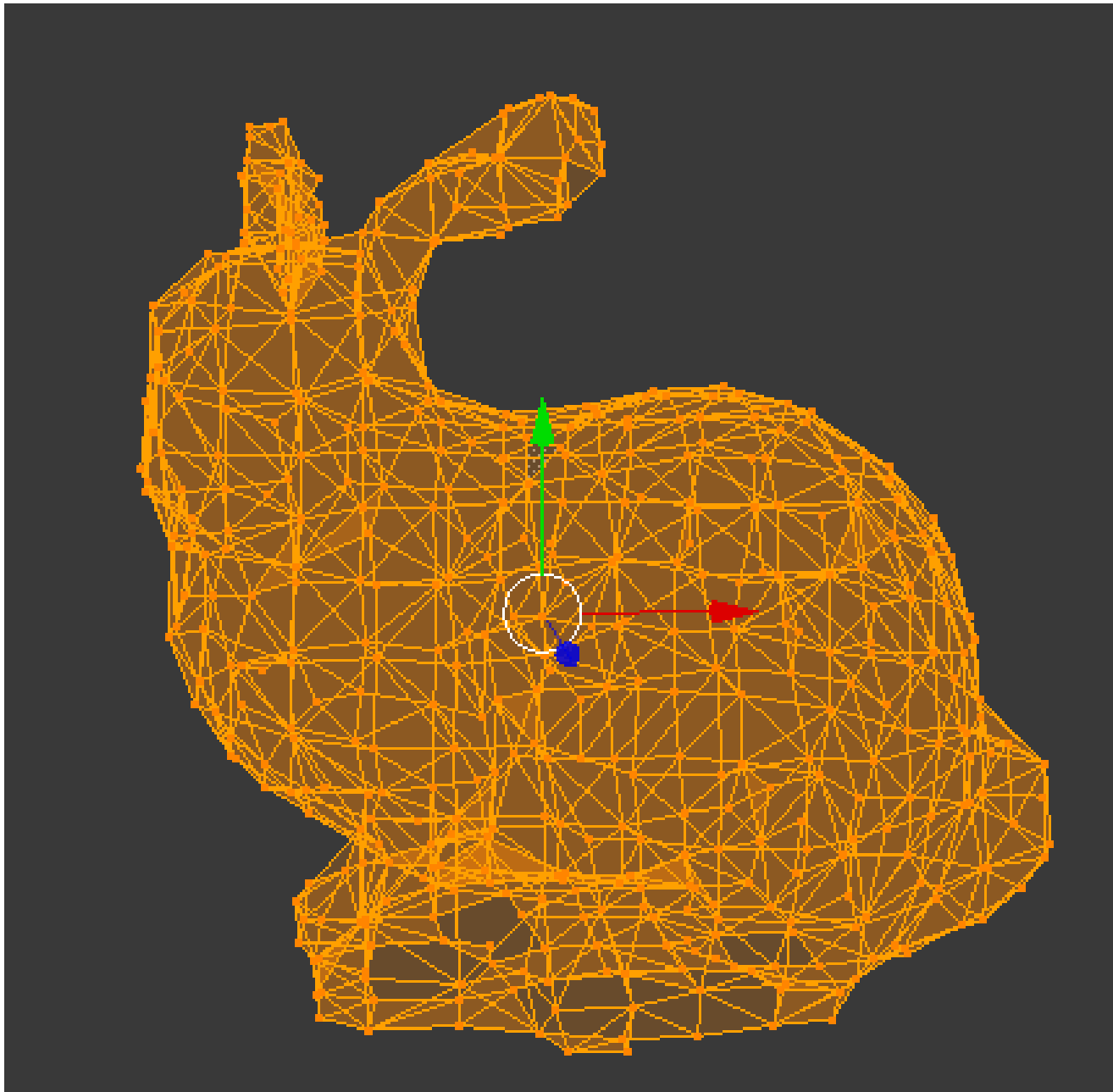


Observation

- Un objet se perçoit par :
 - Sa forme (TD2)
 - Son aspect (TD3)

Maillages

Maillages



Généralités

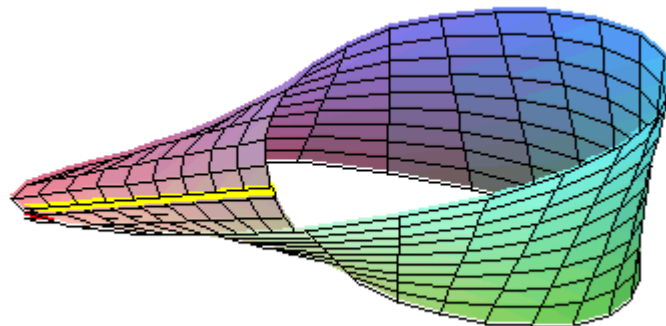
- Représentation 3D la plus utilisée
 - Autres (description en fin de CM s'il reste du temps) :
 - Surface implicite
 - Nuage de points (*point cloud*)
 - CSG
 - Surface de subdivision
 - voxels
- Composition de
 - Sommets (*vertex, vertices, vertexes*)
 - Arêtes (*edges*)
 - Faces (*faces*)

Généralités sur les faces

- Polygones
 - Donc forcément plat
 - ➡ problèmes de planarité
- Généralement des triangles
 - TOUJOURS plat
 - Il y a des cas dégénérés mais ça pose rarement des problèmes
 - Avantage également : c'est convexe
 - « Soupe de triangles »

Orientation des faces

- Les faces sont orientables
 - On peut définir un devant et un derrière (*front/back*)
 - Localement bien défini sur une face
 - Globalement ça peut poser problème

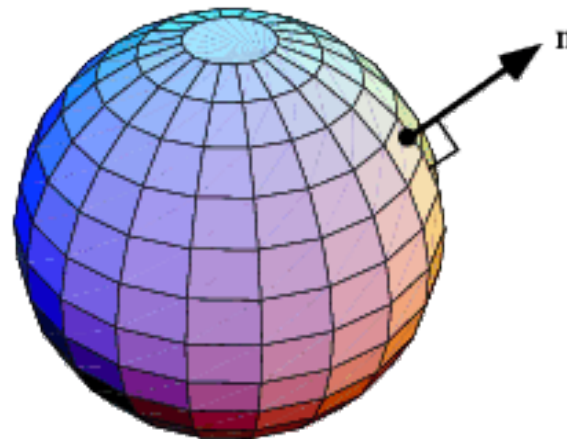
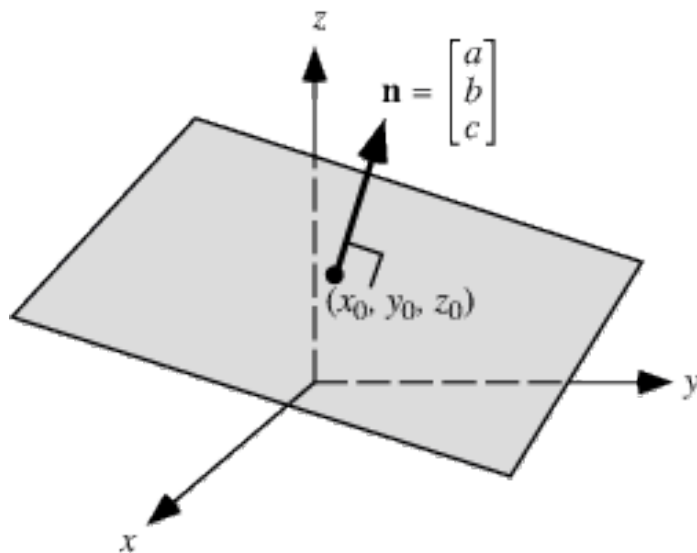


Orientation des faces(suite)

- Orientation, choix du *front face* (devant)
 - Problématique valable également en 2D
 - CW : *clockwise*, sens horaire
 - CCW : *counter clockwise*, sans anti-horaire
- Utilisation dans le *culling*
 - *Front face/back face culling*
 - ➡ Optimisation par élimination de faces lors du traitement

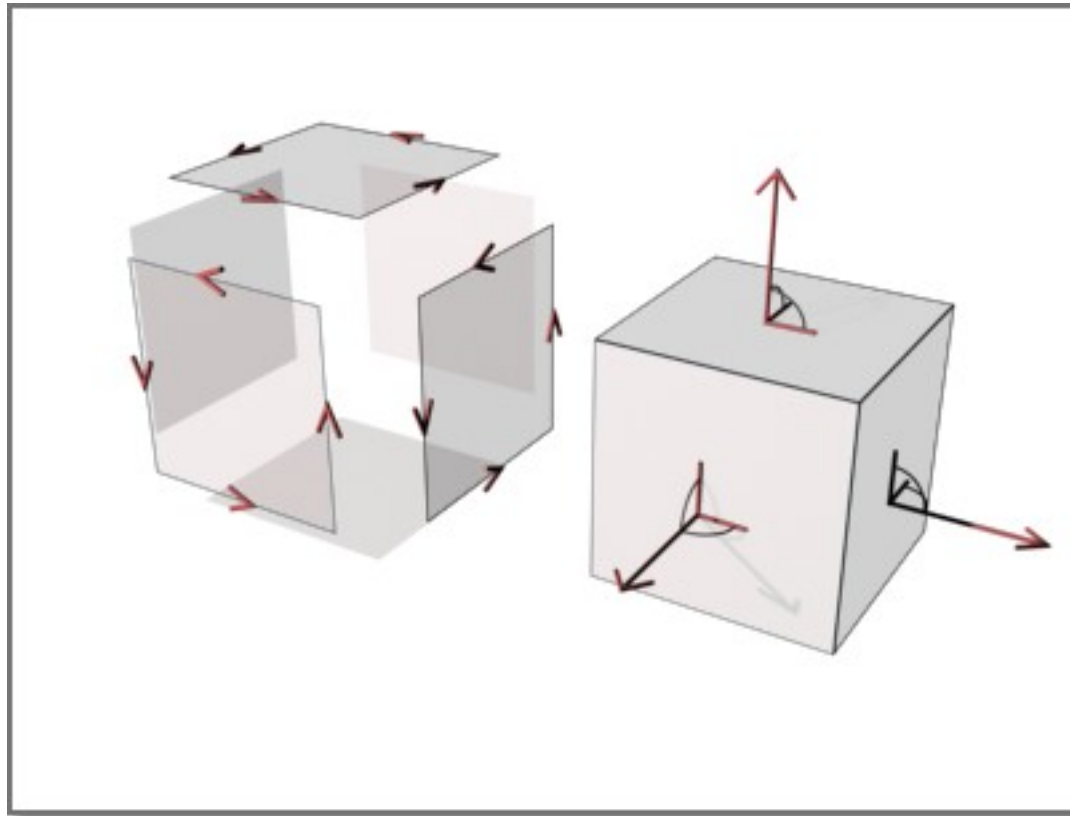
Normale à la surface

- Vecteur unitaire
- Direction orthogonale au plan de la face
- Par extension direction orthogonale à la surface (plan tangent)



(source : wolfram)

Normale d'une face



Normale : comment la calculer ?

$$n \neq \vec{0}$$

$$\forall A, B \in P, \overrightarrow{AB} \cdot \vec{n} = 0$$

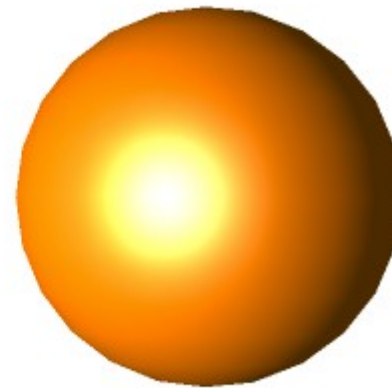
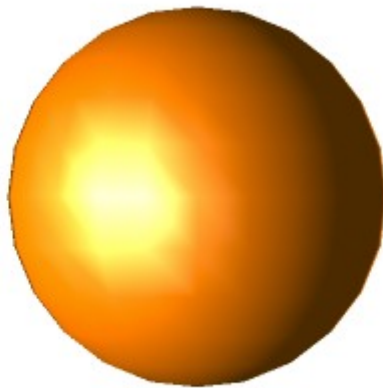
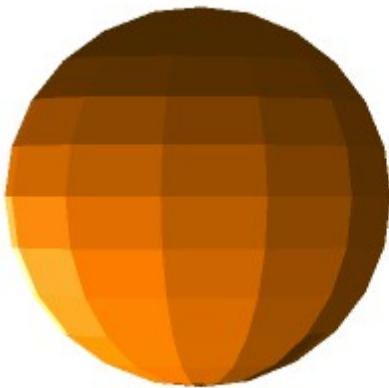
- On veut un vecteur orthogonal à la face
- Le produit vectoriel de 2 vecteurs est orthogonal à ceux-ci
- Donc il suffit de prendre 2 vecteurs de la face et d'en faire le produit vectoriel
 - Autant prendre 2 paires de sommets non colinéaires

Normale : cas du sommet

- Normal d'un sommet
 - Plan tangent ?
 - Indéfini
 - Trop compliqué
 - Moyenne des normales des faces adjacentes
 - Éventuellement moyenne pondérée (barycentre)

Impact sur l'aspect

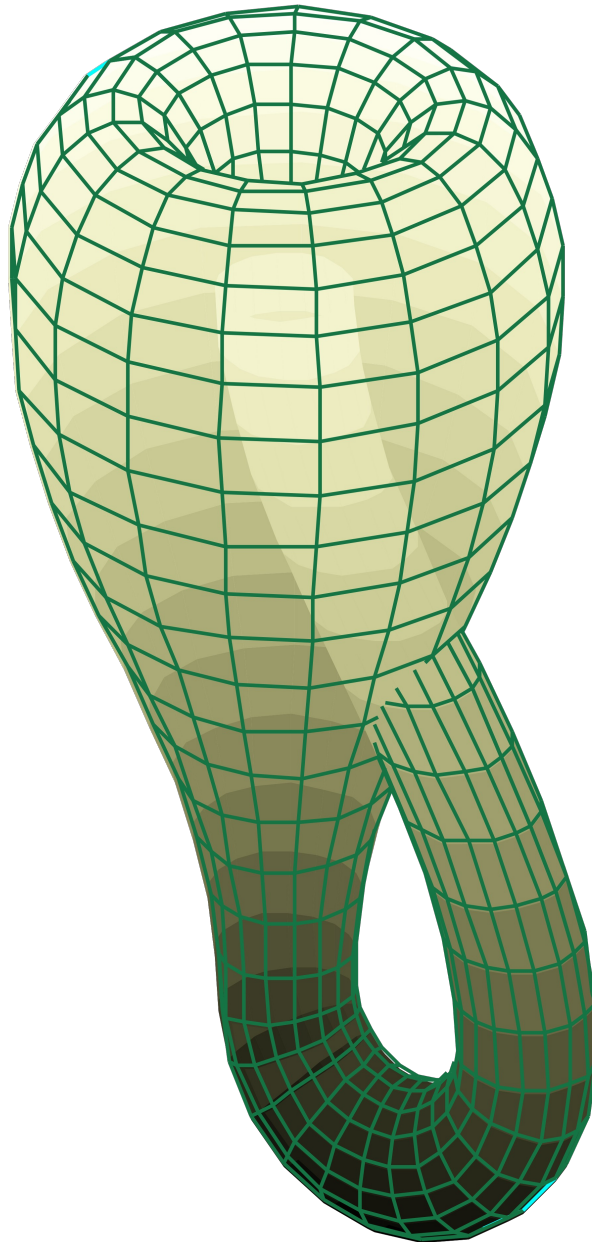
- Flat
- Gouraud
- Phong



Orientation des faces : problèmes

- Cohérence
 - Devant/derrière
- Définition de l'intérieur
 - Nécessite un volume fermé
 - Définir l'intérieur par rapport aux faces
 - Cas tordus ?

Bouteille de Klein



(source : wikipedia)

En pratique

- Outils de traitement manuel dans les modeleurs 3D
 - *Flip/invert normals*
 - *Recalculate normals*
- Processing additionnel à l'export
 - On essaie de renormaliser correctement le maillage
 - On avertit l'utilisateur en cas d'échec/incohérence
 - Bien éduquer l'utilisateur !

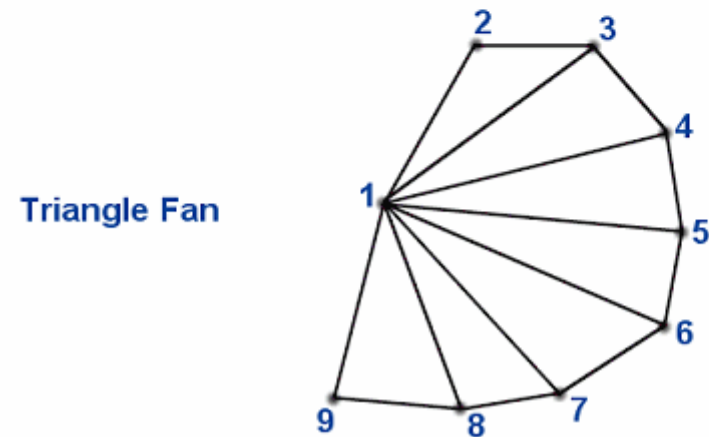
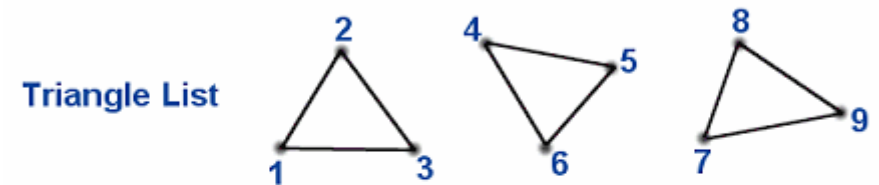
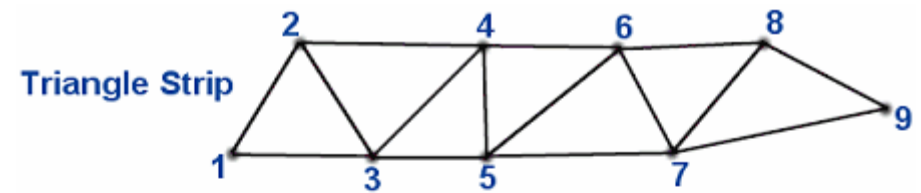
Indications mathématiques

- Notion de variété en géométrie (*manifold*)
 - de dimension 2 pour les surfaces (2-variété)
 - Condition d'orientabilité
 - Non-variété
- Topologie
 - Étude des espaces et de leurs propriétés
 - Limites, voisinages, continuité
 - Homéomorphisme

Maillages en pratique

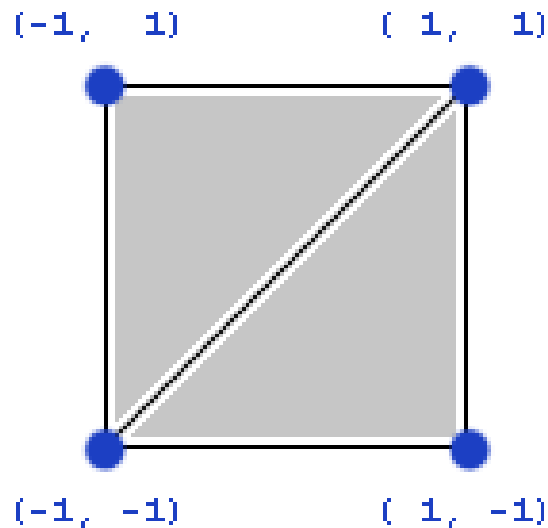
Implémentations usuelles

- Jargon : les primitives
 - Selon l'ordre des sommets
 - *Triangle Strip* (ruban)
 - *Triangle Fan* (éventail)
 - *Triangle list* (soupe de triangles)



Implémentations usuelles (suite)

- Jargon : les primitives
 - Indépendamment de l'ordre des sommets
 - Triangles indexés (soupe de triangle)
 - Généralement utilisé avec des *triangle lists*



Index Buffer

IB Index : 0	0
1	1
2	2
3	3
4	0
5	2

Vertex Buffer

VB Index : 0	$(-1, -1)$
1	$(-1, 1)$
2	$(1, 1)$
3	$(1, -1)$

Implémentations usuelles(suite)

- 2 buffers (zone en mémoire)
 - *Index buffer*
 - Suite d'indices définissant les primitives
 - *Vertex buffer*
 - Suite de sommets

Propriétés des sommets

- Un sommet peut avoir des propriétés
 - Position (P) (généralement)
 - Et :
 - Normale (N)
 - Couleur(s) (C)
 - UVs
 - Etc.

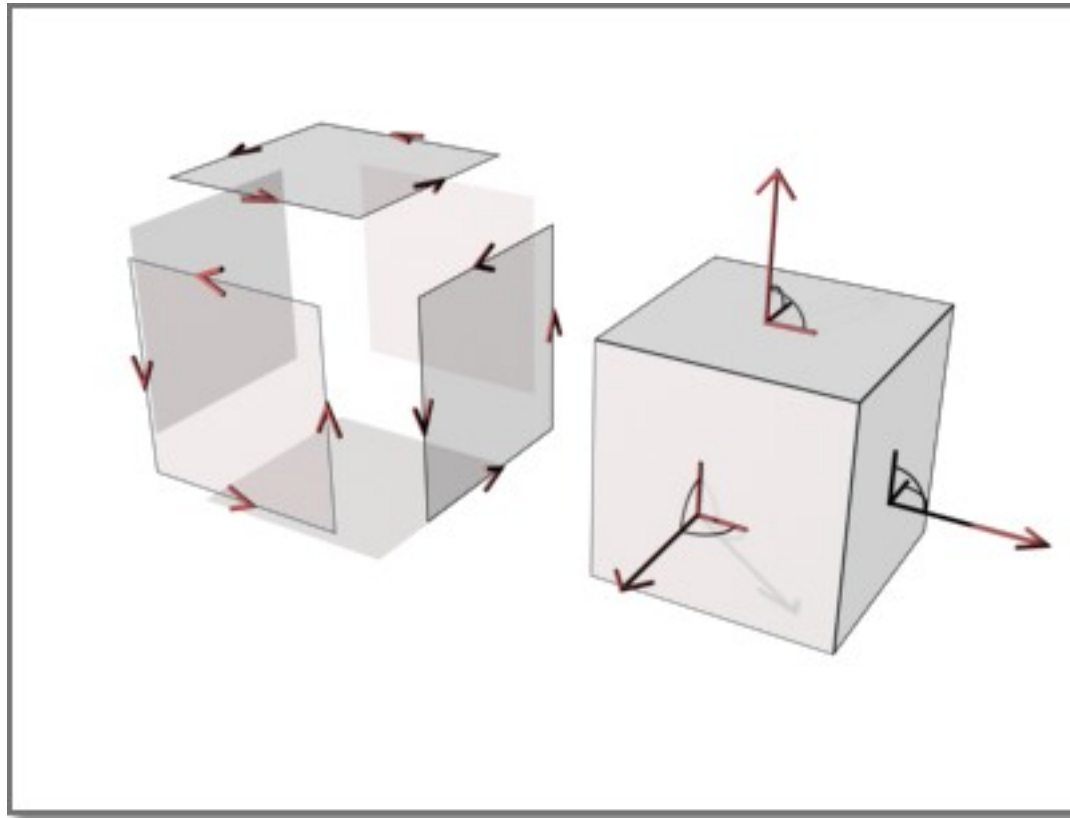
Disposition mémoire

- *Array of Struct (AoS)*
 - *Ou interleaved*
 - (PNCPCPCPCPCPC)
- *Struct of Array (SoA)*
 - (PPPP) (NNNN) (CCCC)
 - (PPPPNNNNCCCC)
- Tous les sommets ont les mêmes propriétés pour un même maillage
 - SIMD/parallélisation par drawcall/batch

Remarques

- L'un n'est pas mieux que l'autre
 - Dépendant de la situation
 - Facteurs de coût
 - Temps de développement
 - Coût de maintenance
 - Performances
 - Hardware (GPU)
 - Accès mémoire, alignement, cache
 - Appel drivers
 - Etc.
 - Mesurez ! (profiling)

Combien de « sommets » dans ce cube ?



Jargon, abus et confusion

- Un « vertex » en informatique (3D) ne correspond pas exactement à la notion de sommet géométrique
 - Exemples :
 - Plusieurs vertices au même point géométrique si caractéristiques différentes
 - Position implicite (topologie par l'ordre des points)
 - Vertex = struct de données

Remarques

- Représentation
 - Compacte en mémoire
 - La plus courante
 - L'information est limitée aux sommets
 - Sauf à utiliser des textures (ci-après)
 - Mais pas forcément adaptée selon l'utilisation
- Autres structures pour représenter une information tri-dimensionnelle

Aparté sur le placage de textures

Placage de textures

- Associer à une surface une image
 - Couleurs
 - Autres attributs
 - Transparence, brillance (spéculaire), masques, ...
- Permet d'avoir une finesse supérieure à la granularité des sommets
 - Variations des attributs au sein de la face

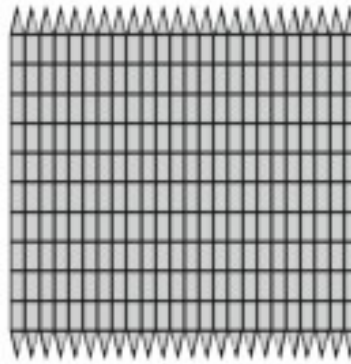
UV mapping (paramétrisation UV)

3-D Model



$$p = (x, y, z)$$

UV Map



$$p = (u, v)$$

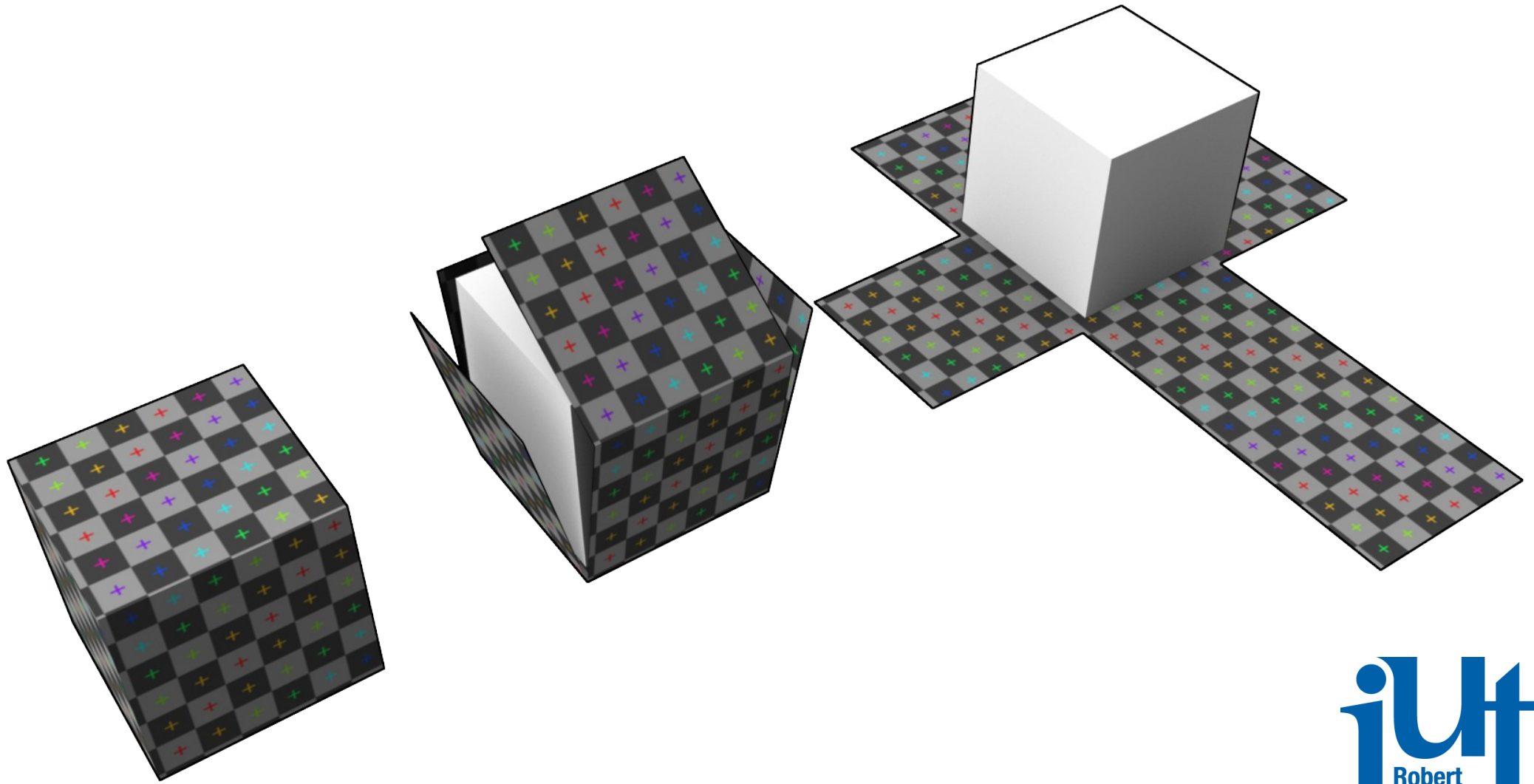
Texture



Paramétrisation

- Il faut définir un « repère » de coordonnées sur la surface
 - Surface = espace à 2 dimensions
 - Repère (s,t)
- Il faut définir un repère sur les pixels de la texture/image
 - Repère (u,v)
 - En général ce sera toujours
 - Top left = (0,0), bottom right = (1,1) ou
 - Bottom left = (0,0), top right = (1,1)
- On fait la correspondance (s,t) \Rightarrow (u,v)
- Par abus, on parle d'UVs dans les 2 cas

Illustration



Normal mapping

- La normale intervient dans le calcul de l'éclairement
- Le jeu d'ombres et d'ombrage donne la perception du relief
- Perturber la normale :
 - Joue sur la perception de l'éclairement
 - Joue donc sur la perception du relief

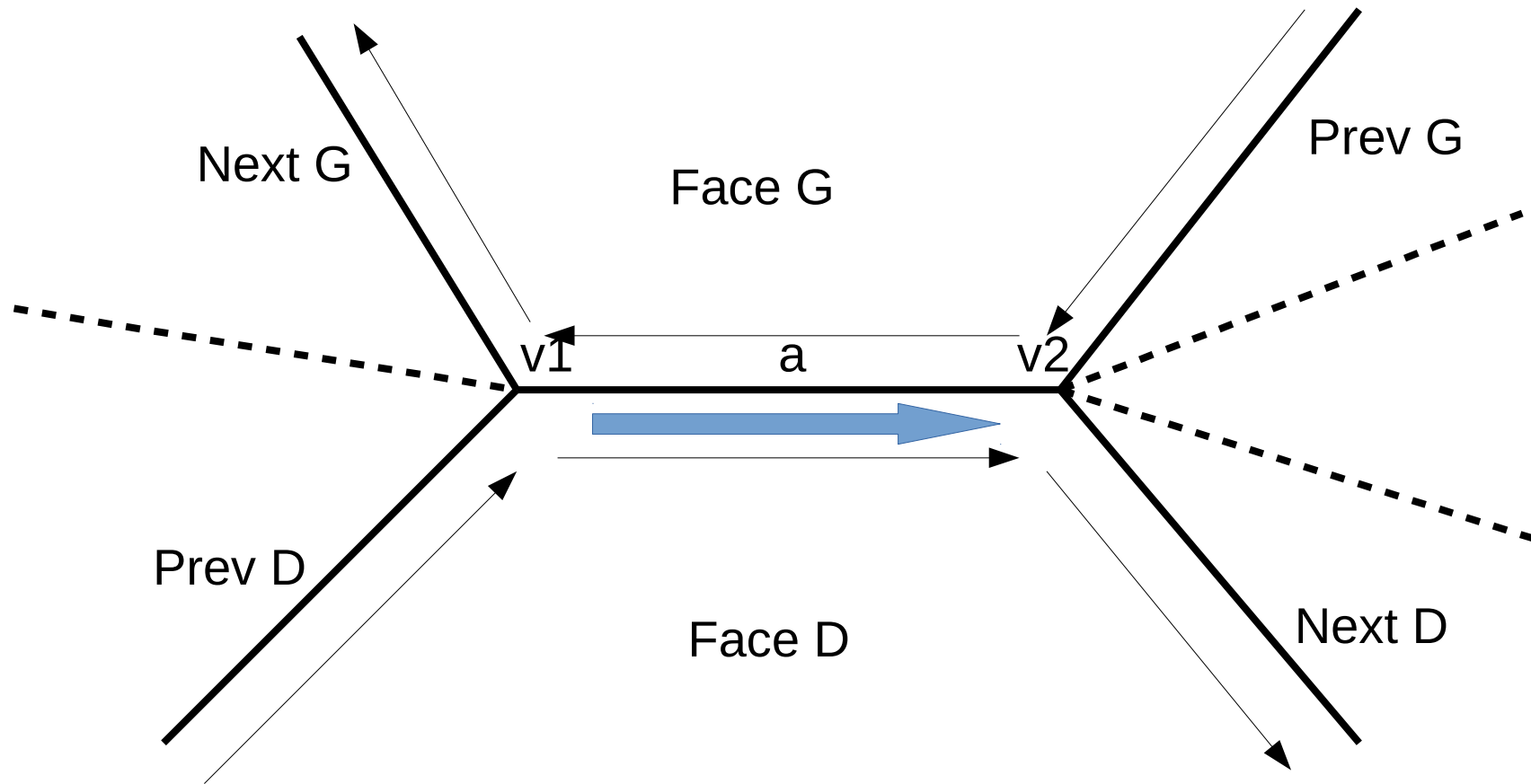
NB : Bump mapping : ancêtre du normal mapping

Extensions sur les maillages

Connectivité

- Qui est le voisin de qui ? (Adjacence)
 - Pour les sommets ?
 - Pour les arêtes ?
 - Pour les faces ?
- Information de connectivité
 - Utile et nécessaire pour divers traitements
- Topologie du maillage

Arêtes ailées (winged edge)



Arêtes ailées (winged edge)

- Pour une arête :
 - 2 sommets ordonnées
 - 2 faces gauche et droite
 - Arêtes suivantes et précédentes dans ces 2 faces : l'ordre est un choix arbitraire (CW ou CCW)

Arêtes ailées (winged edge)

- Information de connectivité
- Structure similaire aux listes chaînées
- Extension de la structure de maillage habituelle
- Plus coûteux en mémoire
- Variante *half-edge*
 - On remarque que G et D sont similaires
 - On a 2 demi-arêtes pour une arête ailées
 - Une à gauche et une à droite

Demi-arête (*half-edge*)

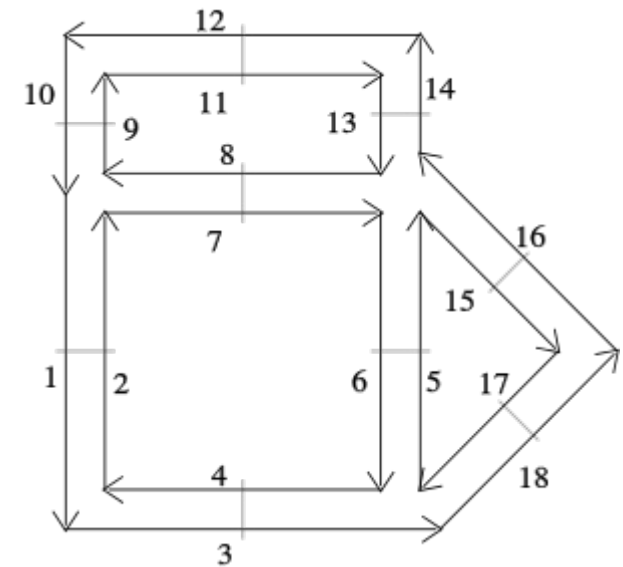
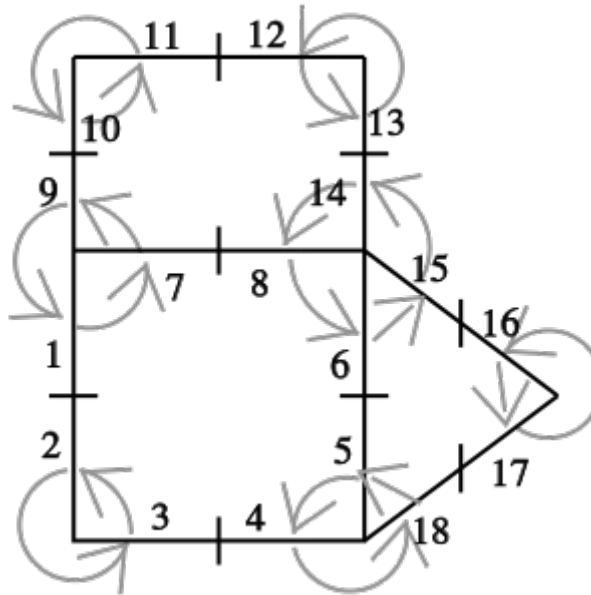
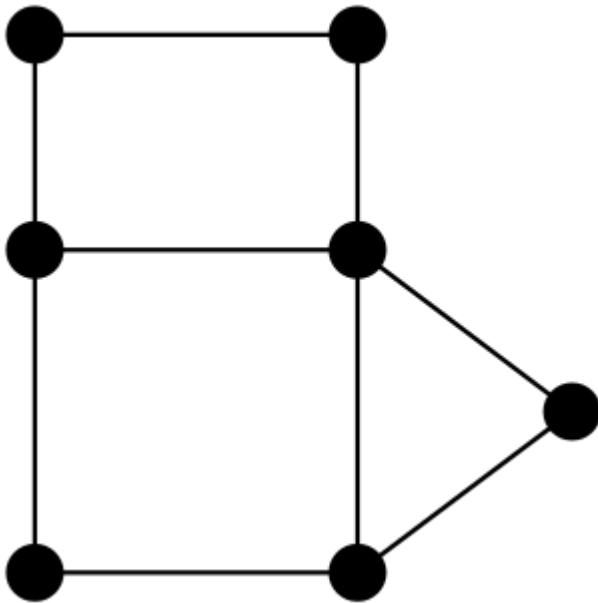
- Pour une demi-arête :
 - 1 sommet (origine)
 - 1 face
 - Arête suivante et précédente dans cette face
 - Référence sur l'autre demi-arête
- Inconvenient :
 - Indirection supplémentaire pour accéder les informations de l'autre demi-arête
 - L'autre sommet, l'autre face

Inconvénients

- Parcours complexe pour :
 - Extraire les arêtes associées à un sommet
 - Parcourir tous les sommets/faces
 - En général, on stocke des indices
- Uniquement 2 faces par arête
 - 2-variété, surface régulière

Carte combinatoire et G-carte

- Modélisation de la topologie

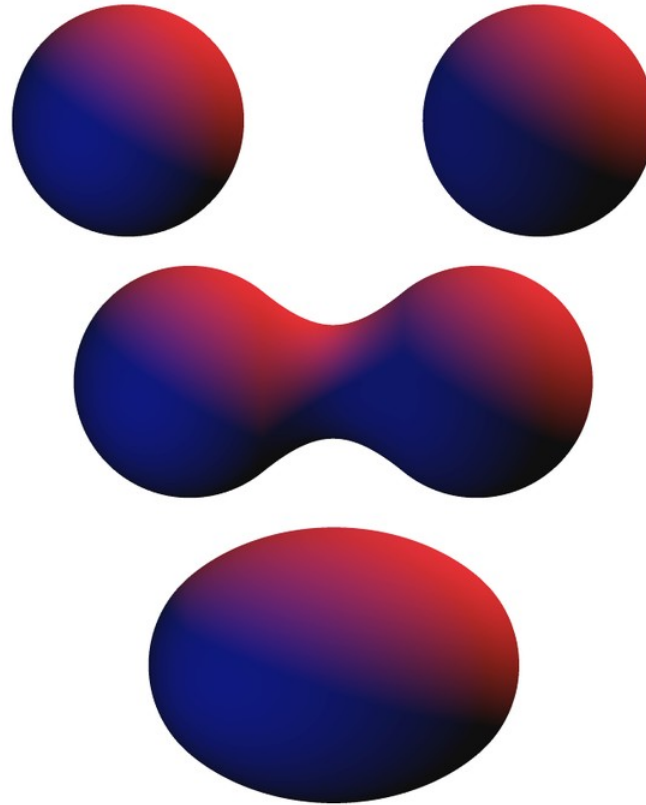


- Brins, permutations, involutions

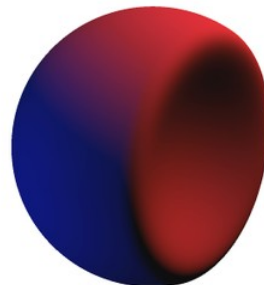
Autres représentations

Surfaces implicites

1



2

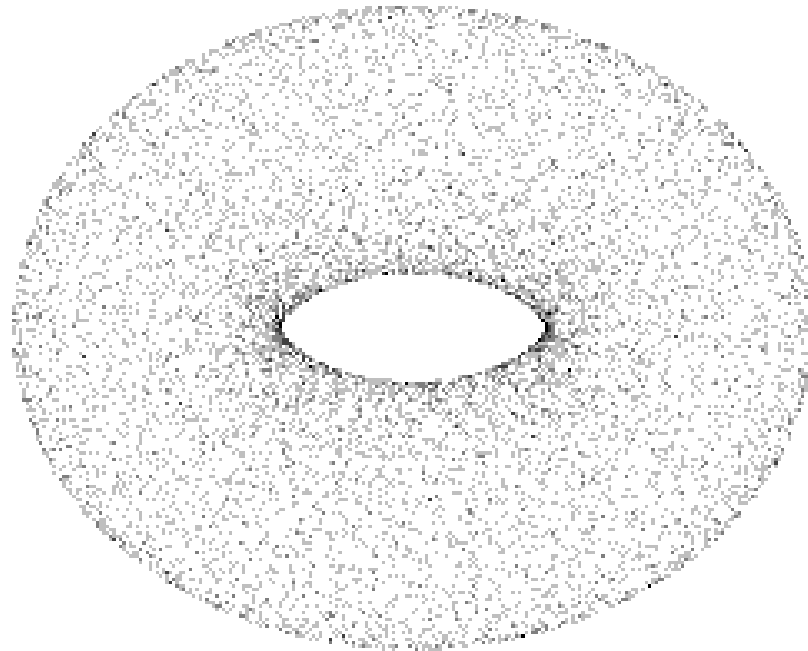


(source : wikipedia)

Surfaces implicites : Exemples

- <https://stemkoski.github.io/Three.js/Metabubbles.html>
- <https://www.clicktorelease.com/code/bumpy-metaballs/>
- <https://github.com/W5MED3LE/java-glsl>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=823Q4QyxyQI>

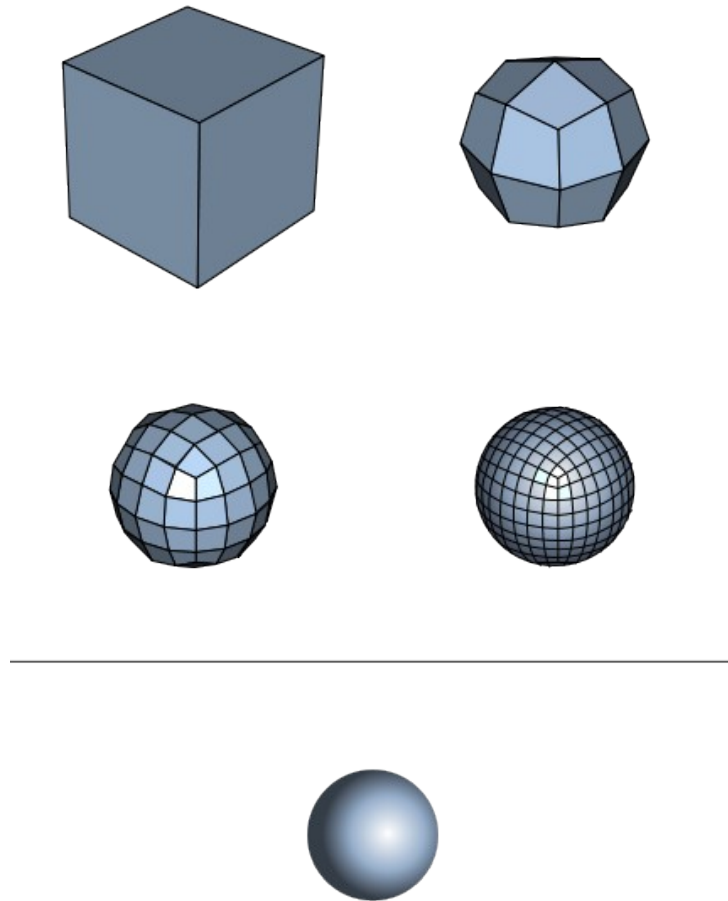
Nuage de points



(source : wikipedia)

Exemples : <http://potree.org/wp/demo/>

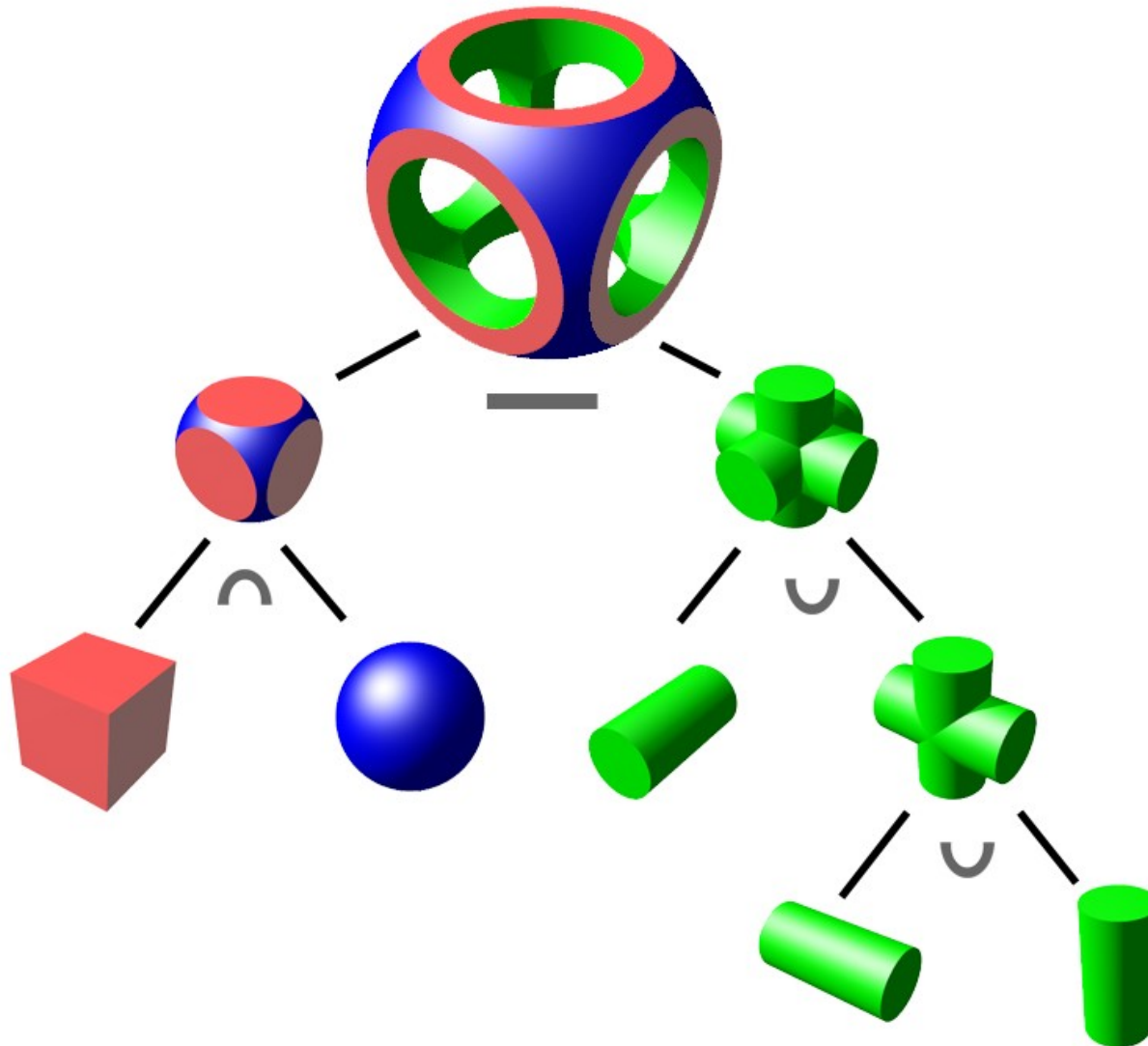
Surface de subdivision



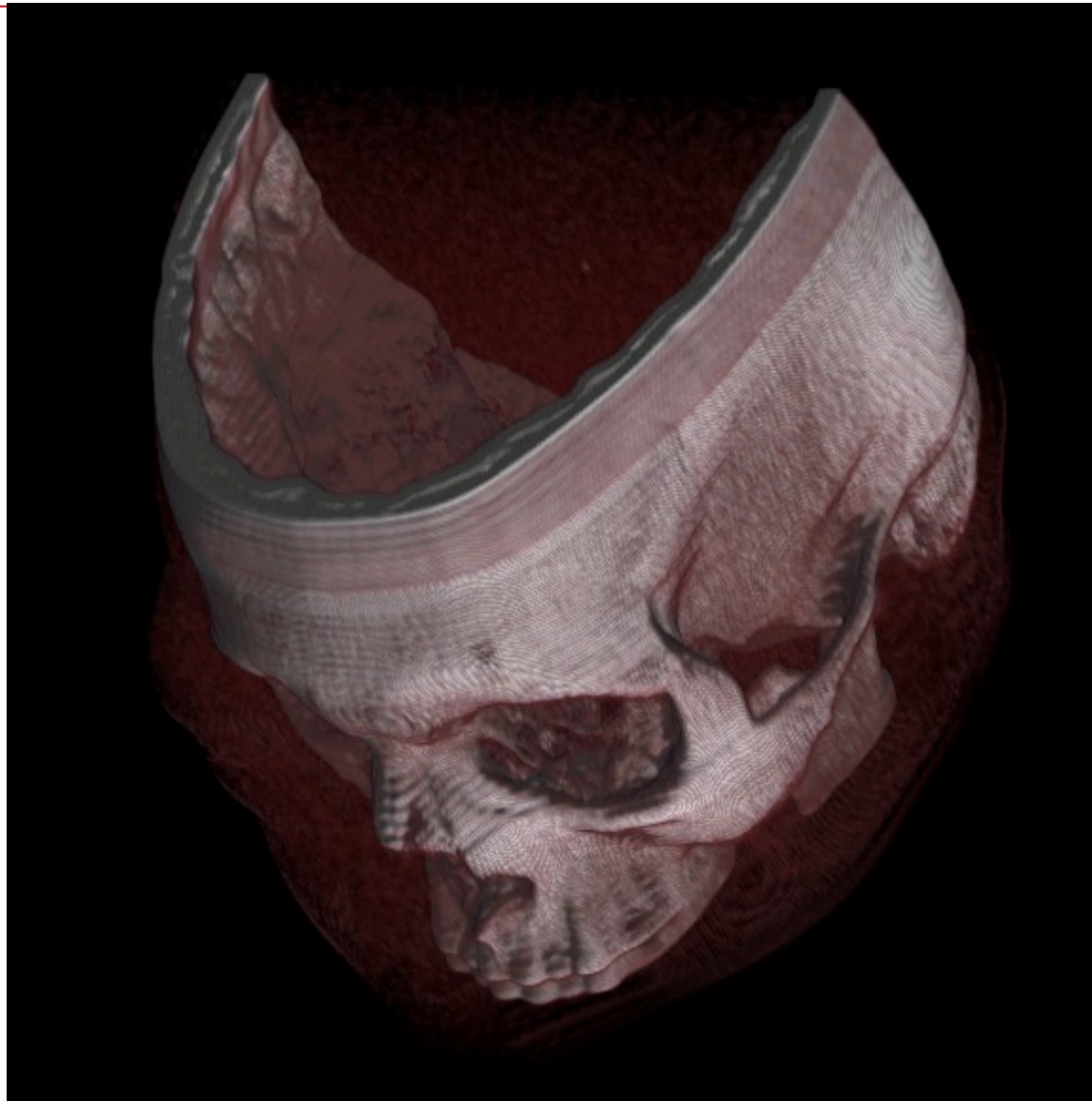
(source : wikipedia)

Exemples : http://threejs.org/examples/webgl_modifier_subdivision.html

CSG



Voxels/données volumétriques



(source : wikipedia)