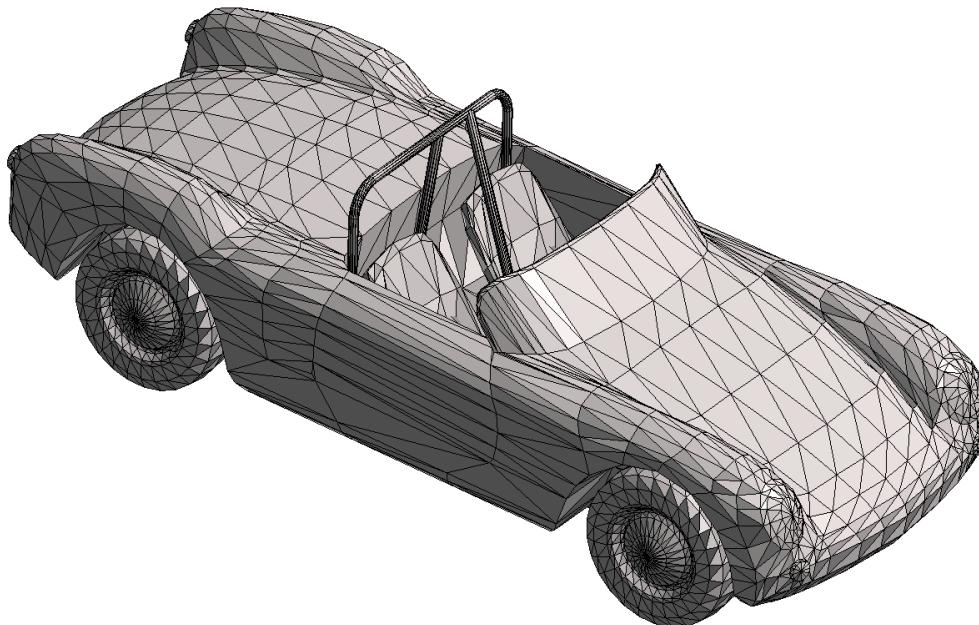


Maillages



Ce cours est une **compilation** :

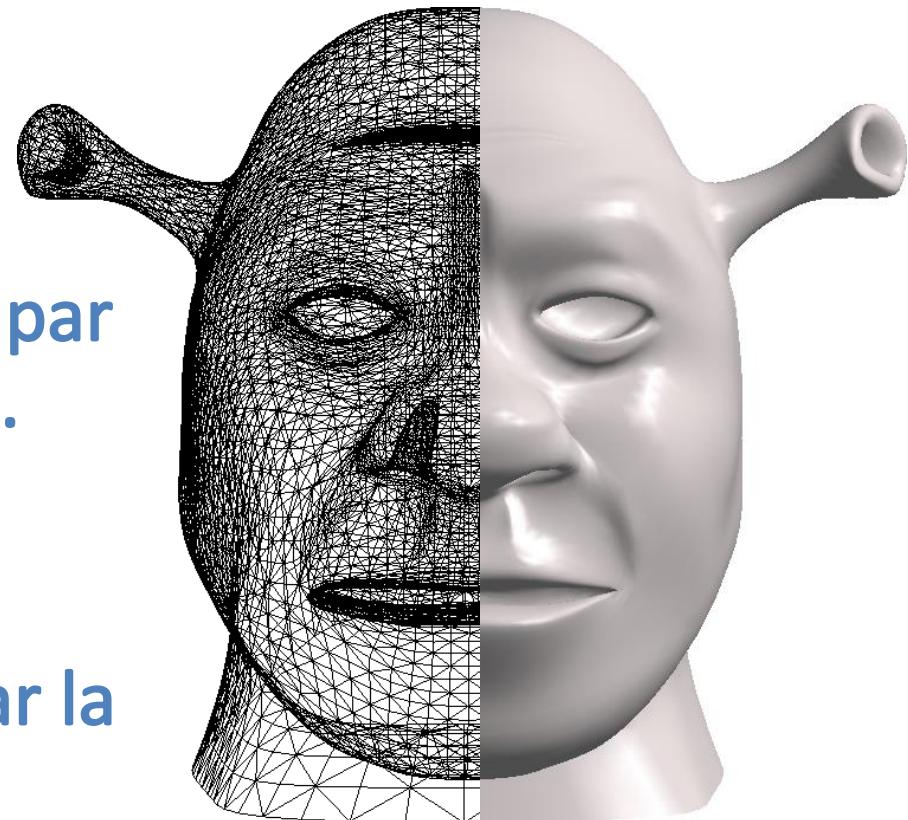
- Cours de Loïc Barthe, Modélisation géométrique (IRIT-UPS Toulouse; Equipe Vortex)
- Cours de Nicolas Roussel, Inria, Lille
- Cours Sylvain Brandel, Liris
- Cours G. Gesquière
- Cours de R. Bénière, C4W

Plan

- Introduction
- Propriétés de base
- Structures de données
- Conclusion

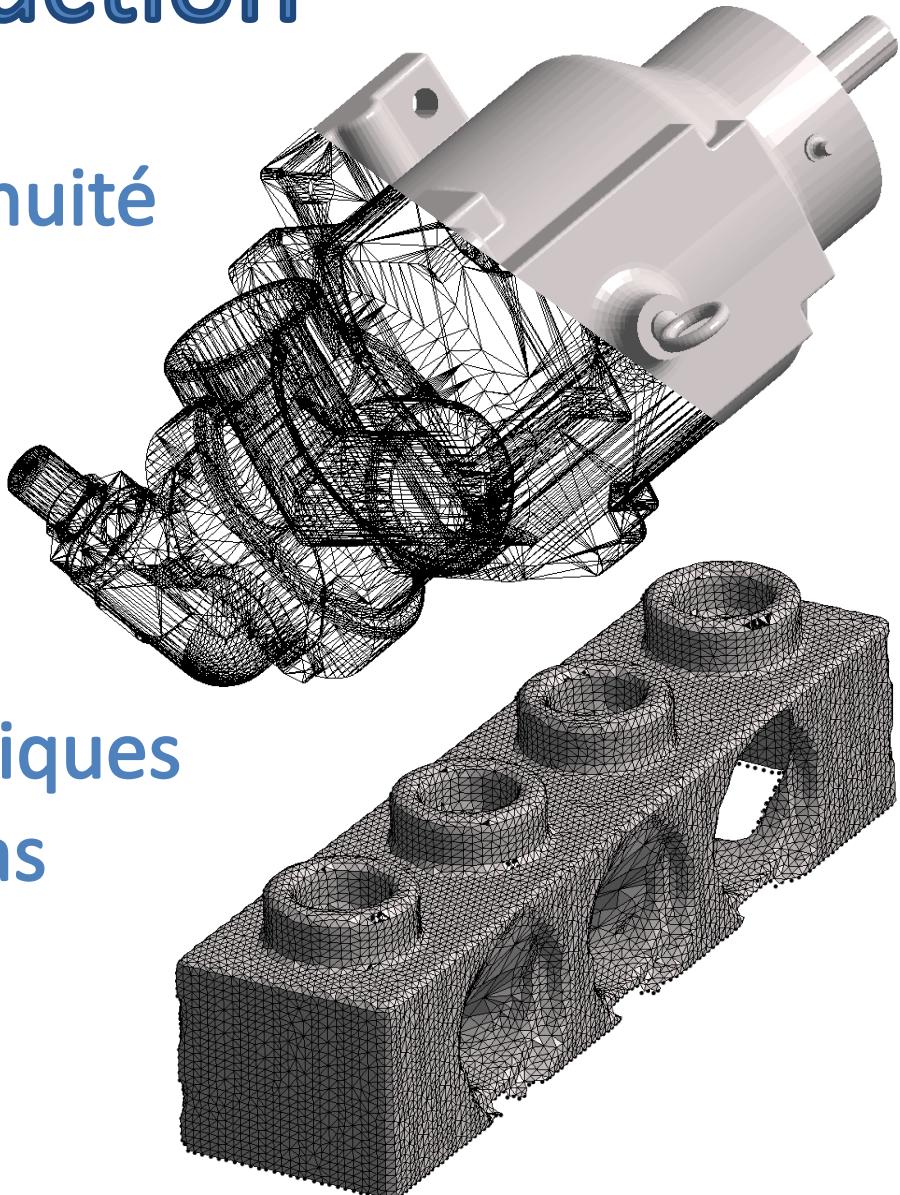
Introduction

- Une structure standard d'affichage de scènes complexes 3D.
- Représentation de la face par un ensemble de polygone.
- Souvent des triangles (simplexe pour une face).
- Visualisation optimisée par la majorité des cartes graphiques.



Introduction

- Continuité C^0 (discontinuité aux arêtes)
- Informations sur la géométrie et sur la topologie de la surface
- Les équations géométriques des surfaces ne sont pas toujours disponibles (scans).



Propriétés : vocabulaire

- Entités d'un maillage :

- sommets (x, y, z)

- arêtes :

- définies par 2 sommets

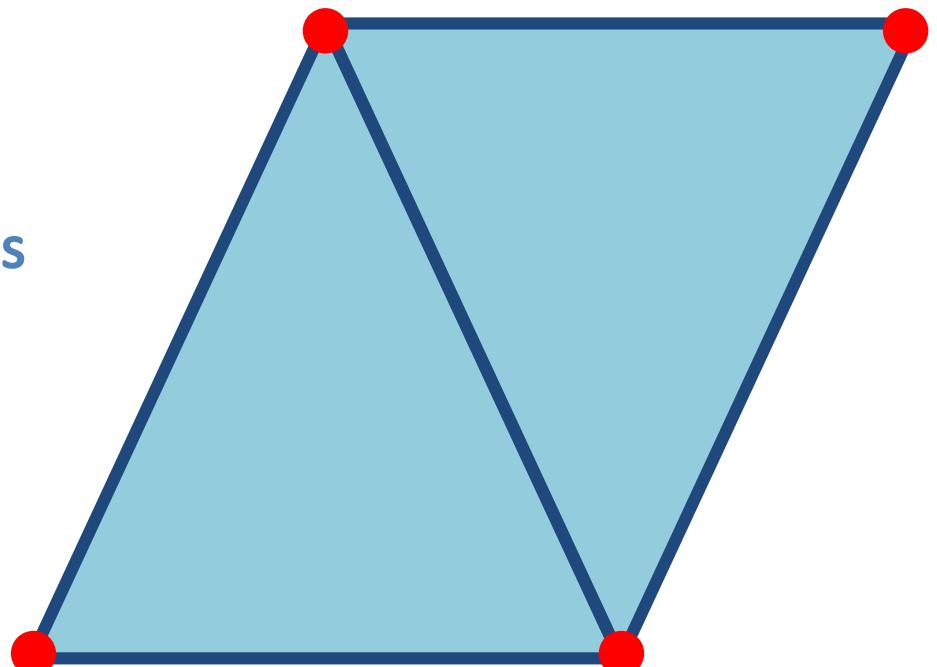
- faces :

- définis par n sommets

- ou

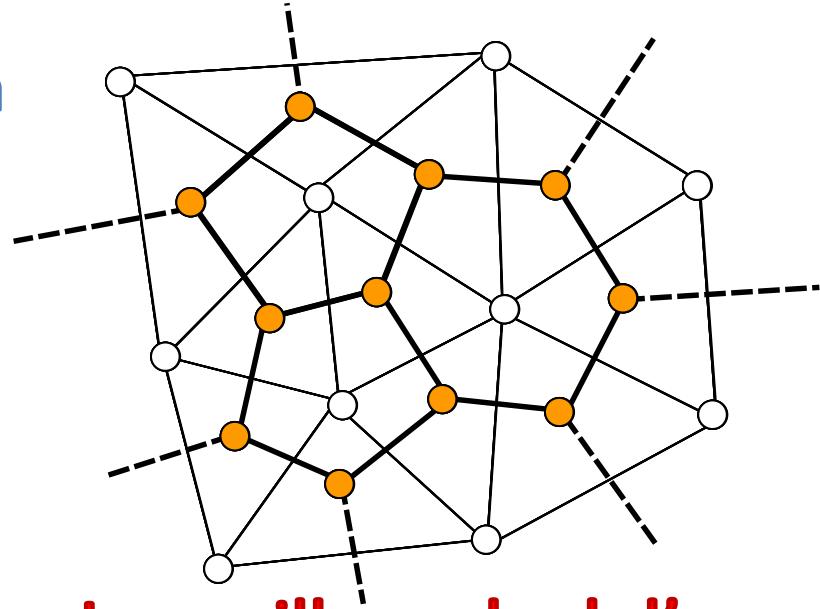
- définis par n arêtes

- en général des triangles ($n = 3$)



Propriétés : dualité

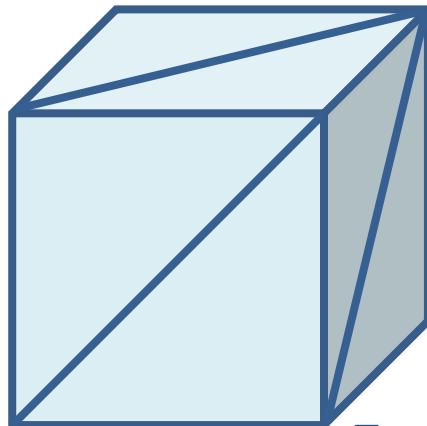
- Maillage dual :
 - chaque face est remplacée par un sommet  barycentre de la face,
 - une arête du dual relie deux sommets si les faces correspondantes sont voisines dans le maillage d'origine,
 - les points sont remplacés par des faces,
 les objets de dimension k du maillage originale sont remplacés par des objets de dimension $(2-k)$ dans le dual.



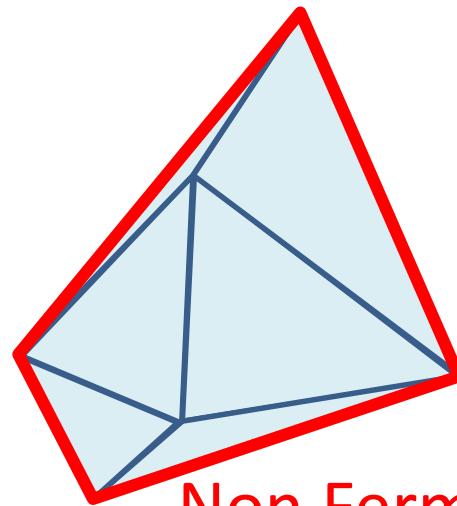
Le maillage dual d'un maillage dual est égal au maillage original si celui-ci est fermé.

Propriétés : fermeture

- Un maillage est dit fermé si :
 - il n'a pas de bord,
 - toutes les arêtes du maillage sont au moins partagées par deux triangles



Fermé



Non Fermé

Propriétés : formule d'Euler

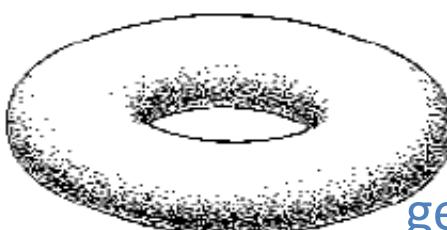
- La formule fait le lien entre le nombre d'entité de chaque groupe dans un maillage:

$$S - A + F = 2C - 2G + T$$

- S : nombre de sommets
- A : nombre d'arêtes
- F : nombre de faces
- C : nombre de composantes connexes
- G : genre du maillage : nombre de « trous fermés »



genre 0



genre 1



genre 2

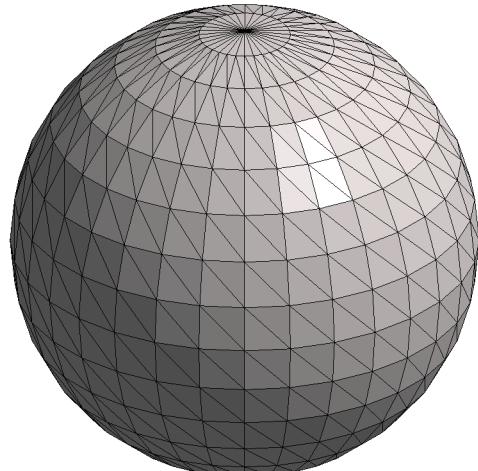
- T : nombre de trou

Propriétés : formule d'Euler

Exemples formule d'Euler : $S - A + F = 2C - 2G + T$

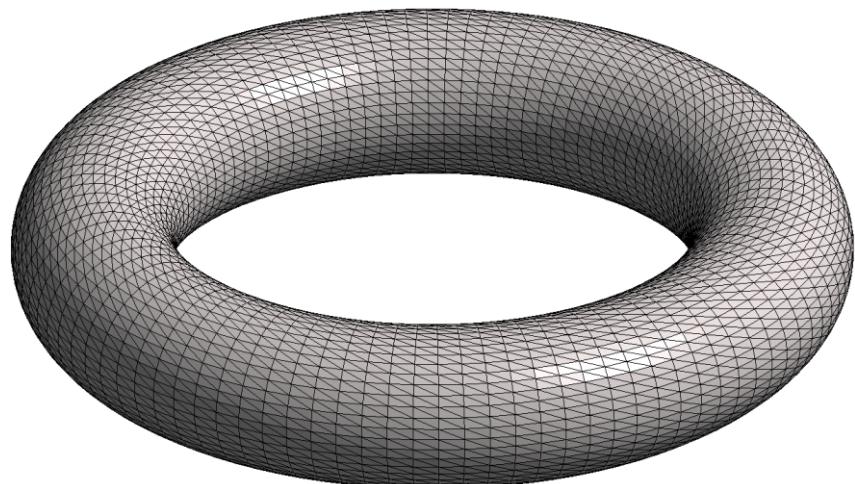
- Sphère :

- $C = 1$, $T=0$ et $G = 0$
- $S - A + F = 2$



- Tore :

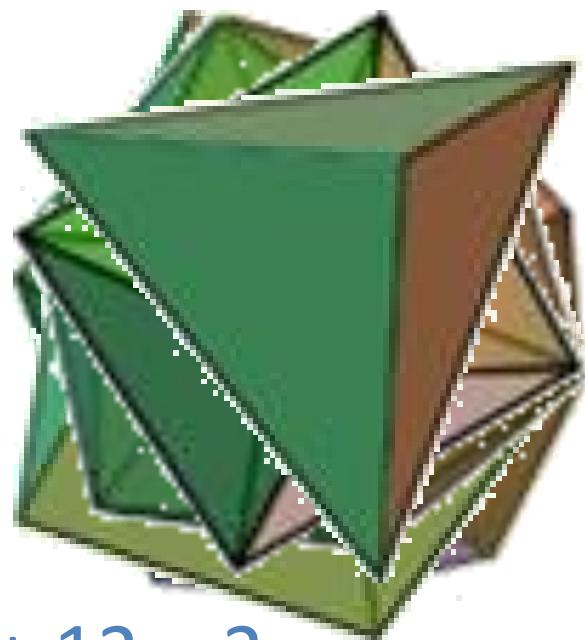
- $C = 1$, $T=0$ et $G = 1$
- $S - A + F = 0$



Propriétés : formule d'Euler

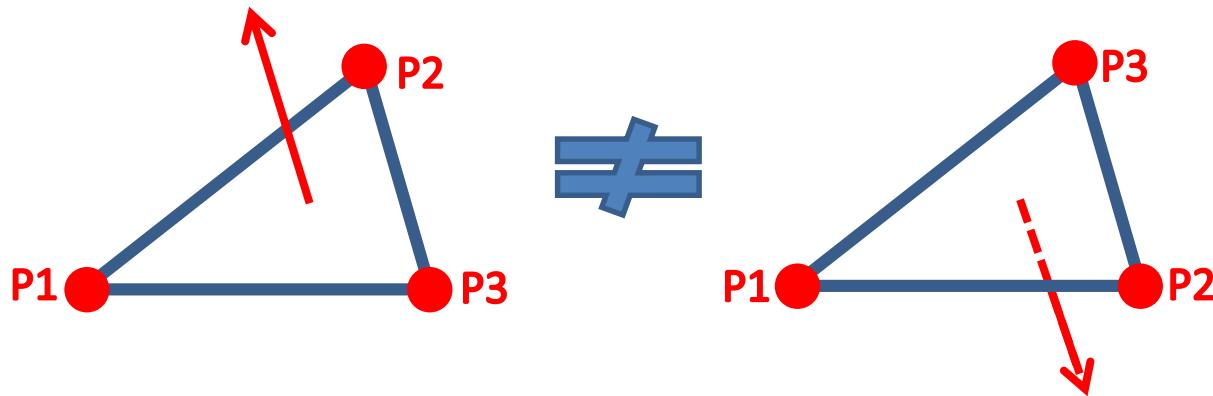
Exemples formule d'Euler : $S - A + F = 2C - 2G + T$

- $C = 1, T=0$ et $G = 0$
- $S - A + F = 2$
- Tétraèdre : $4 - 6 + 4 = 2$
- Hexaèdre : $8 - 12 + 6 = 2$
- Octaèdre : $6 - 12 + 8 = 2$
- Dodécaèdre régulier : $20 - 30 + 12 = 2$
- Icosaèdre : $12 - 30 + 20 = 2$



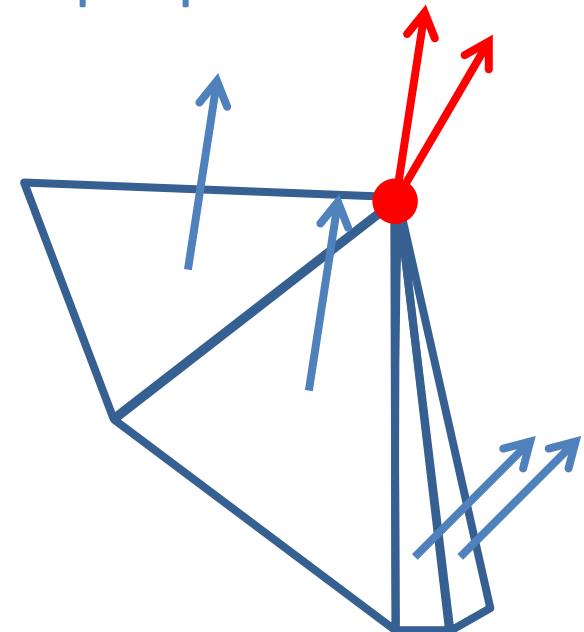
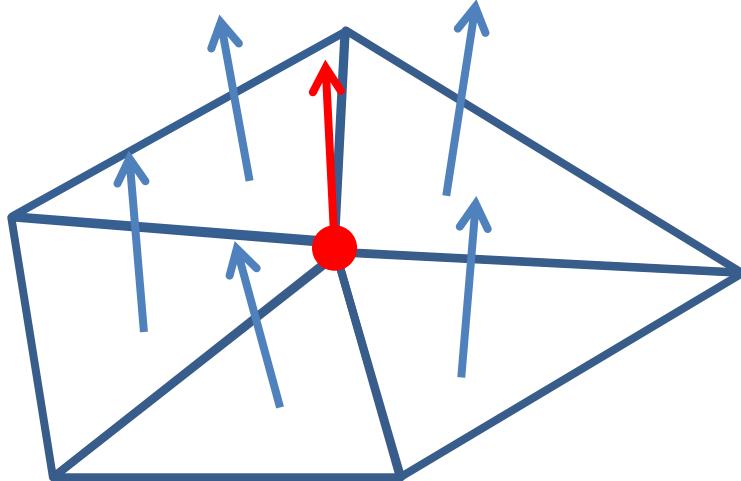
Propriétés : normales

- On peut définir une normale par face :
 - elle permet de définir l'orientation de la face
 - elle est égale au produit vectoriel des deux premières arêtes
 - l'ordre des sommets dans une face est donc important
 - elle est utilisée pour définir l'extérieur ou l'intérieur ou pour l'éclairage à l'affichage.



Propriétés : normales

- On peut définir une normale par sommet :
 - à partir des normales aux faces,
 - normale au sommet = moyenne des normales des faces contenant de sommets,
 - mieux si on pondère par une propriété du triangle (ex : aire).

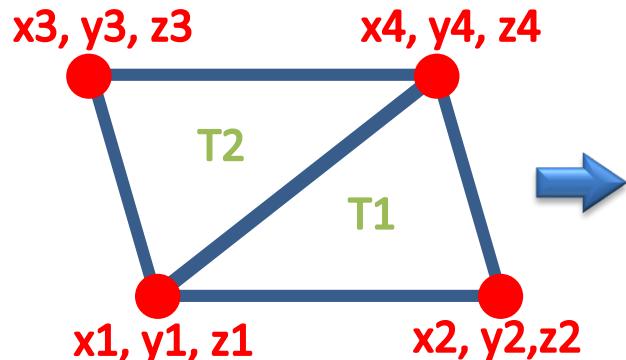


Structure de données

- **Ce qu'il y a à stocker :**
 - les entités : sommets, arêtes, faces;
 - les normales (par sommet ou face);
 - les couleurs (par sommet ou face), ou les textures ...
 - ...
- **Pour stocker un maillage il faut choisir entre :**
 - minimiser la taille mémoire,
 - répéter le moins possible les coordonnées des points, ...
 - faciliter le parcours dans le maillage,
 - pour passer d'un sommet à l'autre, ...
 - permettre d'extraire les informations de topologie.
 - pour connaître les sommets liés à un autre sommet , les arêtes liées à un sommet, ...

Structure de données

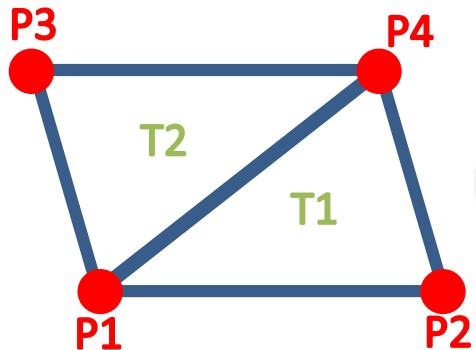
- Approche naïve : **Prend beaucoup de place**
 - maillage représenté par un unique tableau de sommet ➔ maillage *non indexé*,
 - les coordonnées des sommets sont répétées autant de fois qu'ils y a de faces qui les contiennent.



tabSommets = { $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_4, y_4, z_4,$
 $x_1, y_1, z_1, x_3, y_3, z_3, x_4, y_4, z_4$ }

Structure de données

- Approche classique : **Pas pratique pour la topologie**
 - maillage représenté par un ensemble de tableau : un pour les sommets, un pour les faces, un pour les couleurs ... **maillage indexé**,
 - les coordonnées des sommets ne sont plus répétées.



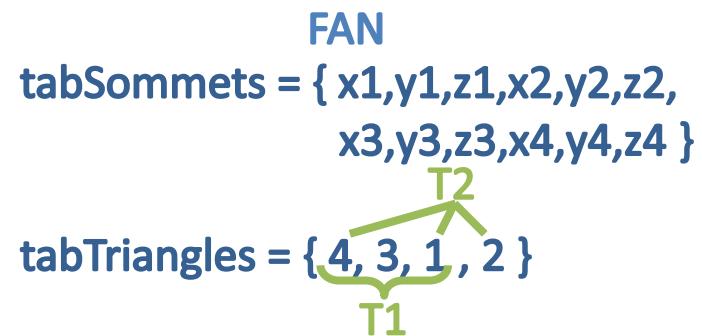
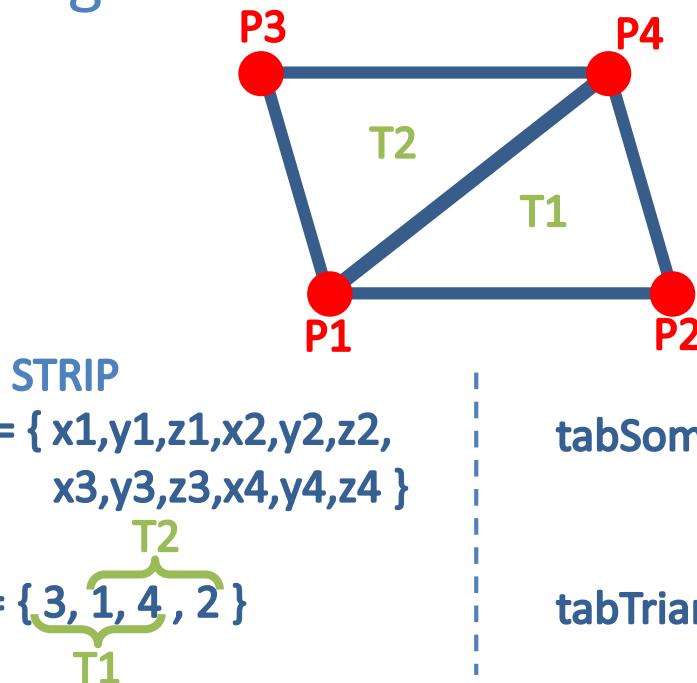
tabSommets = { x1,y1,z1,x2,y2,z2,x3,y3,z3,x4,y4,z4 }
tabTriangles = { 1, 2, 4, 1, 3, 4 }
tabColors = { r1,g1,b1,r2,g2,b2,r3,g3,b3,r4,g4,b4 }
Couleur P1

Structure de données

- Approche *Strip* ou *Fan*:

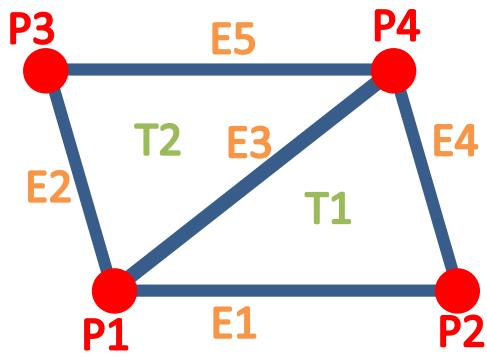
Pas adapté à tous les maillages et prob topologie

- STRIP : maillage représenté par une bande,
- FAN : maillage défini autour d'un premier sommet.



Structure de données

- Approche par arête : ➔ Prend beaucoup de place mais topologie simple
 - maillage représenté par
 - des sommets définis par 3 coordonnées,
 - des arêtes définies par 2 sommets et deux faces,
 - des faces définies par 3 arêtes.



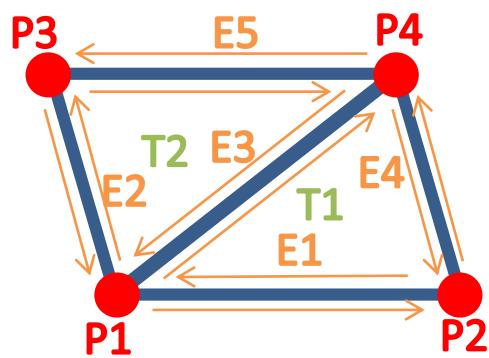
tabSommets = { x1,y1,z1, x2,y2,z2 , x3,y3,z3 , x4,y4,z4 }

tabEdges = { P1,P2,T1,∅ , P1,P3,T2,∅ , P1,P4,T1,T2 , ... }

tabElements = { E1,E3,E4 , E2,E3,E5 }

Structure de données

- Approche par demi - arête :
 - une arête donne deux demi-arêtes définies par
 - la seconde demi-arête de l'arête,
 - l'arête suivante dans la face,
 - la face que borde l'arête
 - le sommet extrémité.
- prend de la place mais
-topologie/parcours simple
-suppression/ajout simple**



tabSommets = { x1,y1,z1, x2,y2,z2 , x3,y3,z3 , x4,y4,z4 }

tabEdges = { E1',E3',T1,P1, E2',E5',T2,P3 , E3',E2,T2,P1 , ...}

tabElement = {E1, E2}

Structure de données

- Formats de fichier :

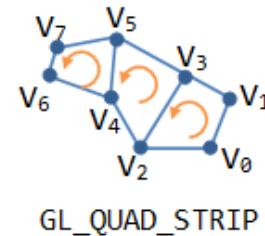
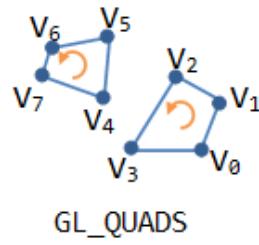
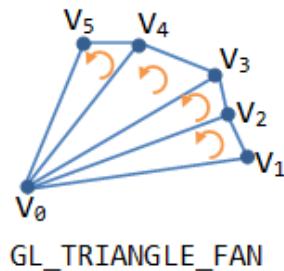
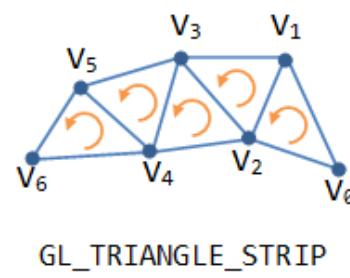
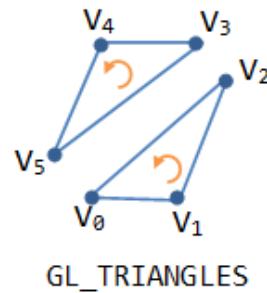
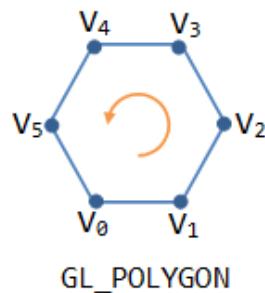
- Soit indexé
 - OFF
 - OBJ
- Soit non indexé
 - STL

Visualisation OpenGL

- Rendu optimisé par VA ou VBO :
 - on ne donne plus la liste de sommets les uns après les autres, mais des tableaux.
 - **VA** = ``*Vertex Array*”, buffers stockés sur la RAM .
 - **VBO** = ``*Vertex Buffer Object*” buffers stockés sur la carte graphique ➔ évite de renvoyer des données à la carte à chaque rafraîchissement de la vue.
➔ les VBO ne sont pas supportés sur toutes les cartes graphiques

Visualisation OpenGL

- Type de face :
 - triangles : *GL_TRIANGLES*
 - quadrangles : *GL_QUADS*
 - polygones : *GL_POLYGON*
 - ...



Conclusion

- **Représentation par maillage :**
 - un ensemble de sommets, d'arêtes et de faces,
 - plus les autres propriétés : normales, couleurs ...
- **Plusieurs représentations possibles :**
 - les arêtes ou les faces ne sont pas forcément stockées de manière explicite,
 - selon la représentation les liaisons : sommets/faces, sommets/sommets, arêtes/faces ... ne sont pas toujours les même,
 - il faut choisir entre taille en mémoire, parcours dans le maillage et extraction de la topologie.



13 millions de triangles
<http://www.cs.unc.edu/~walk/models/>



2 milliards de polygones
<http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>