

5

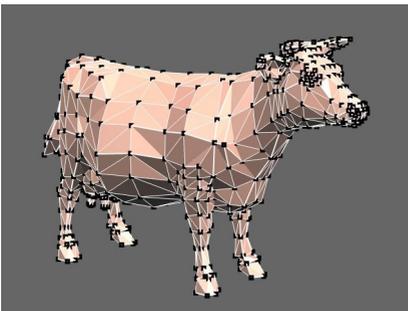
Maillages

Ce chapitre explique comment définir et afficher un maillage 3D. Un maillage définit la forme d'un objet 3D : ses sommets et ses facettes. Un maillage fournit une modélisation de haut niveau d'une forme 3D. Il est beaucoup plus simple de créer, modifier et afficher un maillage qu'un ensemble de VBO tels que ceux du chapitre [Premiers programmes OpenGL](#).

5.1. Définitions et concepts généraux

En modélisation informatique générale, un *maillage* [*mesh* en anglais] est un découpage de l'espace 3D en petits éléments. Ces éléments ont des propriétés linéaires qui rendent les calculs plus faciles. Dans le contexte qui nous intéresse, la synthèse d'images avec OpenGL, un maillage est constitué de polygones qui s'appuient sur des points 3D appelés *sommets* ou *vertices* (ou *vertex* au singulier). Les polygones sont généralement appelés *facettes* [*faces* en anglais]. La [Figure 5.1](#) montre un maillage typique, mais tous les exemples de cette partie du livre montrent le même genre de structure. Simplement, à cause de la position de ses sommets et des connexions entre eux, ce maillage-ci fait penser à un animal ;-).

Figure 5.1 : Maillage

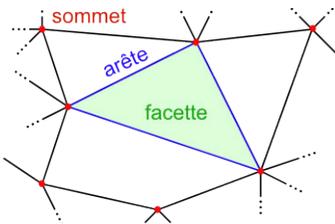


Cette vache et des variantes peuvent être trouvées sur de nombreux sites internet, dont [celui du département d'ingénierie de l'université de l'Oregon](#).

Un maillage définit la forme d'un objet 3D. C'est donc un élément essentiel en synthèse d'images. L'autre élément essentiel, c'est un matériau qui donne son apparence à la surface visible, par exemple ses couleurs. Au niveau du dessin avec OpenGL, le maillage est destiné à fournir le contenu des VBO : coordonnées 3D, couleurs, etc. des sommets, ainsi que les indices pour dessiner les facettes, tandis que le matériau définit le shader qui fait les calculs de couleur.

Un maillage est composé de facettes, de sommets et d'arêtes. Les facettes sont généralement des triangles, rarement des polygones quelconques. Sur la [Figure 5.1](#), il n'y a que des triangles et quelques quadrilatères. En effet, la contrainte principale pour le dessin avec OpenGL, c'est que les facettes soient planes. C'est le seul moyen pour interpoler correctement les fragments d'un sommet à l'autre. Les triangles sont évidemment toujours plans, ce qui n'est pas le cas de polygones quelconques. Ce sont les positions des sommets qui décident de la planéité d'un polygone. D'autre part, il est préférable de ne dessiner qu'une seule sorte de formes avec OpenGL, par exemple uniquement des triangles ou uniquement des lignes si on veut le dessiner *en fil de fer*. Il est assez coûteux de changer de forme en cours de dessin, car cela fait changer de VBO.

Figure 5.2 : Sommets, arêtes et facettes



Les sommets sont les points d'appui des facettes. La plupart du temps, ils sont communs à plusieurs facettes, afin que le maillage soit jointif, continu. Il se peut que des sommets soient isolés, sans appartenir à aucun triangle. Ces sommets-là ne servent à rien pour le dessin, sauf si le programmeur choisit de dessiner les points et non pas les facettes. Les sommets qui sont employés dans les facettes sont reliés par des arêtes, le long des facettes. Cependant, OpenGL n'a pas besoin d'informations sur les arêtes pour dessiner les facettes.

Les sommets ont été placés aux endroits qui permettent d'en minimiser le nombre. Il y en a peu dans les zones planes et beaucoup dans les zones où la courbure est très importante. La qualité visuelle dépend du nombre de points et de facettes. La vache de la

Figure 5.1 compte 1554 facettes et 786 sommets. Plus ces quantités sont grandes, mieux l'objet 3D est défini. En revanche, le dessin prendra plus de temps. Je vous montrerai au chapitre [Calculs sur les maillages, section Simplification](#), qu'on peut, inversement, réduire le nombre de sommets et de facettes d'un maillage afin de l'afficher plus rapidement, mais en moins bonne qualité géométrique.

Manipuler un maillage amène à considérer deux concepts : la [géométrie de l'objet 3D](#), qui est donnée par la position des vertices, et la [topologie du maillage](#), c'est-à-dire les relations entre facettes et sommets.

Aspects géométriques

L'information obligatoirement portée par tout sommet est sa position 3D, définie par un [vec3](#) donnant les coordonnées x , y et z , ou plutôt un [vec4](#) en coordonnées homogènes. Dans ce cas, la quatrième coordonnée doit être non nulle et vaut généralement 1. Ces coordonnées sont absolument obligatoires pour pouvoir dessiner le maillage. Vous pouvez les obtenir de plusieurs manières :

- en les calculant par des équations ou des algorithmes, tels que ceux du chapitre [Objets paramétriques](#) ;
- en les mesurant par un scanner 3D sur un objet réel ;
- en les créant à l'aide d'un éditeur 3D (ou modeleur 3D) tel que Blender.

Dans les deux derniers cas, le maillage est stocké dans un fichier. La lecture d'un tel fichier est expliquée au chapitre [Utiliser un maillage externe](#).

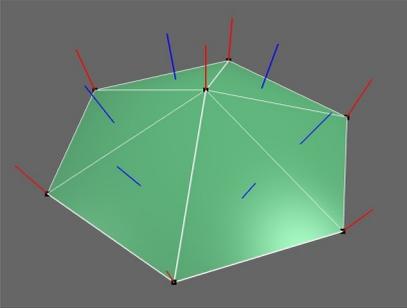
Le chapitre [Transformations géométriques](#) présente en détails toutes les notions relatives aux coordonnées des sommets et à leur transformation pour l'affichage du maillage dans une scène. Pour l'instant, il suffit de savoir que les coordonnées des sommets sont définies par rapport à un repère dit *repère local*. En général, ce repère est situé au centre de gravité de l'objet, ou à sa base. Les coordonnées sont toutes relatives à ce repère. Au moment de l'affichage, les coordonnées sont recalculées pour positionner le maillage par rapport à la caméra.

Vecteurs normaux

Pour l'application des matériaux, on rajoute souvent d'autres informations aux sommets, telles qu'une couleur, un vecteur normal, un vecteur tangent, des coordonnées de texture, un coefficient d'occlusion, etc. qui seront expliquées au fur et à mesure. La [Figure 5.3](#) montre ce qu'est un [vecteur normal](#), nommé plus simplement *normale*. Quelques

normales ont été tracées à la surface en différents endroits : en rouge sur les sommets et en bleu au centre des triangles.

Figure 5.3 : Normales de facettes et de sommets



Le rôle des vecteurs normaux est expliqué en détails au chapitre [Calculs d'éclairage](#). Sachez seulement ici qu'il représente une direction perpendiculaire à la surface et permet de déterminer l'inclinaison des sources de lumière. C'est cette inclinaison qui donne la clarté de la surface : une lumière rasante n'éclaire presque pas la surface, tandis qu'une lumière qui est dans la direction de la normale éclaire complètement la surface. Le calcul de la teinte est effectué par le shader, en comparant la direction de la lumière avec celle de la normale.

Comme pour les coordonnées 3D, les normales peuvent être calculées par des équations liées à la forme de la surface, ou mesurées par un scanner 3D, ou alors générées par un modéleur. Par exemple, la normale en rouge du centre de l'hexagone est la moyenne des six normales bleues des facettes qui l'entourent. Le calcul sera développé à la [Section 12.2, Normales dans un maillage](#) car il n'est pas trivial.

Autres informations géométriques

Le vecteur normal n'est pas le seul dont un shader peut avoir besoin. Certains matériaux ont besoin d'un [vecteur tangent](#). Il s'agit d'un vecteur qui est dans le plan de la facette et dans une direction à peu près constante entre des facettes voisines. Par exemple, sur la Terre, un vecteur dirigé vers l'ouest est un vecteur tangent. Son calcul fait l'objet du chapitre [Géométrie de surface](#).

Les coordonnées de texture sont des informations de type `vec2` souvent notées (u,v) qui permettent de positionner des images à la surface des triangles. Ces images donnent

une apparence plus riche aux objets. Les coordonnées de texture sont présentées au chapitre [Textures](#).

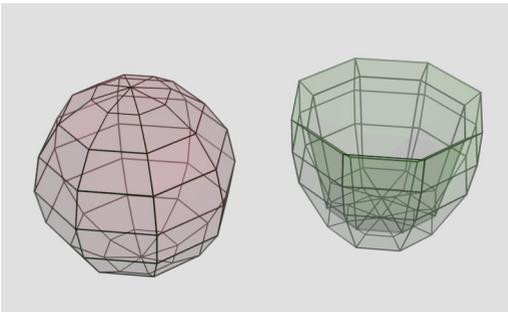
Attributs de vertex et interpolation

Toutes ces informations caractérisant les sommets sont appelées *attributs de vertex*. Comme nous l'avons vu au chapitre [Premiers programmes OpenGL](#), ceux-ci doivent être placés dans des Vertex Buffer Objects (VBO) afin d'être fournis à un shader qui calcule la position écran des sommets et la teinte donnée par le matériau. OpenGL n'associe aucune information aux facettes elles-mêmes, tout est porté par les sommets. Les attributs de vertex sont interpolés linéairement lorsque les pixels des triangles sont dessinés. Nous avons vu le résultat de cette interpolation pour les couleurs dans la première partie du livre, en dessinant des triangles colorés. La même interpolation se produit pour toutes les autres informations portées par les sommets.

Aspects topologiques

La géométrie, que nous venons de présenter, spécifie les attributs des sommets tels que leur position 3D, tandis que la topologie décrit l'organisation des sommets en facettes. Elle indique quels sommets composent les triangles, quadrilatères et autres polygones. Deux maillages peuvent avoir exactement la même topologie, mais pas la même géométrie. Un exemple est illustré [Figure 5.4](#). L'objet de droite, en forme de gobelet, est une simple déformation de celui de gauche. Une telle déformation qui préserve la topologie s'appelle un *homéomorphisme* en mathématiques.

Figure 5.4 : Topologie identique



Voici une partie du maillage de la vache de la [Figure 5.1](#). Plusieurs triangles sont mis en évidence. L'un d'entre eux proche du centre est défini par les sommets 481, 549, 550.