

IV.1 Introduction

L'information géométrique est très importante dans une production car elle intervient tout le long du cycle de vie d'un produit en plus du fonctionnement requis, contraintes, et critère d'optimisation qui sont dérivés des considérations du marché, et qui servent comme entrée pour le processus de conception (figure I.1). Le concepteur génère le détail, les spécifications des pièces et les assemblages à produire. Ces spécifications sont principalement des informations géométriques sur les objets, avec des données non géométriques comme les matériaux utilisés, caractéristiques techniques, ...etc. [2].

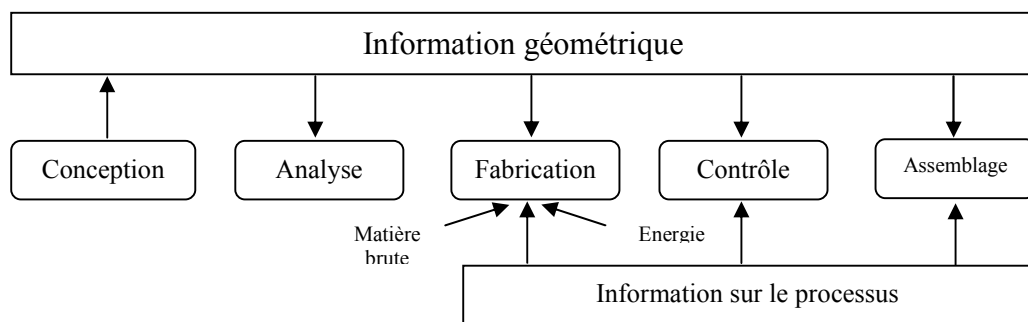


Figure I.1 [2] : Utilisation des informations géométrique durant le cycle de vie d'un produit

IV.2 Les modèles 3D (des Solides)

Il existe plusieurs types de modèle 3D qui varient selon leurs utilisations et les données utilisées. Néanmoins en ce qui nous intéresse, on distingue principalement trois types de modèle [3] :

- Les modèles « géométriques » : pour ce type de modèles on s'intéresse aux propriétés géométriques et dimensionnelles des objets en exploitant des informations topologiques.

Ils sont utilisés principalement dans les domaines de CAO et FAO. Ce type sera traité en détail dans le prochain paragraphe.

- Les modèles « vision » : dans un modèle vision on exploite les données fournies par des outils de vision 2D ou 3D (nuage de points 3D, vues 2D, contours,...). parmi ces modèles on trouve les modèles multi-vues, triangulation de Delaunay...etc. parmi les domaines d'applications de ce type de modèles on trouve l'imagerie médicale, ainsi que la reconnaissance de formes.
- Les modèle « déformables » : ce type de modèles est utilisé essentiellement pour simuler le comportement d'objets déformables (super quadrique, hyper quadrique) et l'interaction avec leur environnement (modèles physiques), et leur suivi dans l'espace et dans le temps (snakes, maillage adaptative).

IV.2.1 Modèles géométriques

A cause du fait que ces types de modèles sont les plus utilisés pour modéliser les pièces mécaniques, il serait donc intéressant de les voir dans ce qui suit avec plus de détail. Selon leurs simplicité et leurs performances, nous divisons les modèles géométriques en trois catégories : filaire, surfacique, et volumique [3].

IV.2.1.1 Les modèles filaires

Le modèle filaire d'un objet est un graphe dont les noeuds sont des points de la surface de l'objet (sommets ou coins) et les traits du graphe sont les arrêtes physiques de l'objet. Ces représentations ne contiennent pas d'information pour les surfaces et restent incomplètes (figure I.2)[3].

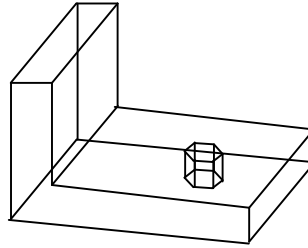


Figure IV.2 : Construction d'un modèle filaire

La modélisation filaire polyédrique est largement utilisée en vision par ordinateur à cause de sa simplicité et comme bon support pour les informations topologiques et spatiales. Pour ce type de modèles filaire les faces sont des polygones plats délimités par une liste d'arêtes délimités elles même par des coins [3].

Avantages :

- simple
- rapide de visualisation
- nécessite un minimum de puissance de calcul

Inconvénients :

- ambigu (on ne distingue pas le vide du plein)
- possibilité de créer des solides sans aucun sens physique.
- Difficulté pour résoudre le problème des parties cachées.
- Impossibilité de calculer certaines propriétés physiques comme le poids.

IV.2.1.2 Les modèles surfaciques

La modélisation surfacique est venue pour combler les lacunes de la modélisation filaire (figure I.3) avec ce type de modèle, un objet est défini par une ou plusieurs surfaces plus ou moins complexes qui représentent son enveloppe (sa peau) [4]. Ces surfaces peuvent être planes, ce qui procure une simplicité et une certaine vitesse de manipulation, comme ils peuvent être non-planes comme les surfaces NURBS très utilisées pour les modelleurs pour la CFAO et qui donnent une présentation exacte de l'objet. Le calcul des intersections courbe-surface ou surface-surface, par exemple, nécessite la résolution d'un problème mathématique très complexe. On dit

qu'un modèle surfacique et valide lorsqu'il définit une enveloppe qui aborde le solide et forme un volume occupant une portion de l'espace.

Le modèle surfacique le plus utilisé est le modèle BRep (Boundary Representation). Il définit l'objet avec des surfaces et des frontières (Boundary) qui les séparent, il fournit donc deux types d'informations : géométriques (coordonnées des nœuds, équations des courbes et surfaces...etc.), et topologiques (description des liens et des relations entre les surfaces) [3].

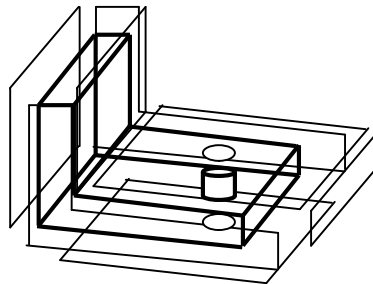


Figure IV.3 : Construction du modèle Brep.

Avantages :

- facilité de description de visualisation et de transformations géométriques.
- le modèle avec facettes permet facilement d'effectuer des opérations complexes comme le calcul du volume d'un solide, la vérification de l'appartenance d'un point au solide...etc.
- il offre la possibilité de placement de contraintes géométriques et d'assemblage pour des applications de CAO.

Inconvénients :

- grande difficulté de réalisation des opérations logiques
- difficulté de validation (les faces ne constituent pas toujours un volume)
- il est nécessaire de stocker une grande quantité d'informations
- grande difficulté pour revenir en arrière lors d'une conception.

IV.2.1.3 Modèle volumique

Dans un modèle volumique, on modélise directement le volume de l'objet. On distingue deux grandes catégories de modèles : les modèles à base de voxels (volume élémentaire) et les modèles CSG (Constructive Solid Geometry).

IV.2.1.3.1 Modèles avec voxels

Dans ce type de modèles le solide est représenté par une liste de voxels (élément de volume). Les voxels sont des cellules spatiales occupées par le solide; ce sont généralement des cubes de taille fixe répartis selon une grille. En général, le solide est défini par la liste des coordonnées des centres des cellules. Les avantages sont la facilité de validation, la simplicité d'accès à un point donné et l'unicité spatiale assurée. Par contre, il faut relever qu'il n'y a pas de structure entre les différentes parties d'un objet, que c'est coûteux en terme de mémoire et que par conséquent, il n'est pas possible de représenter des objets très complexes [3].

IV.2.1.3.2 Octrees

La principale méthode de décomposition en cellule est l'octree qui est une généralisation des quadtree. Un quadtree est la représentation d'un objet 2D basée sur la subdivision récursive d'un carré de même taille (quadrants). L'octree est donc une extension pour encoder des solides. Une région cubique est récursivement divisée en 8 octants (régions cubiques) (figure I.4).

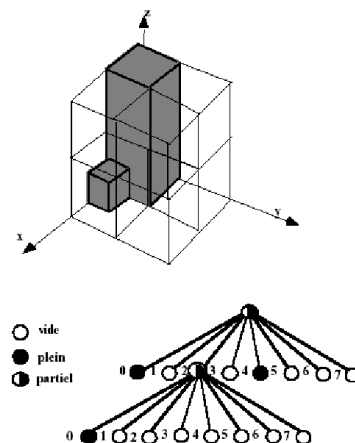


Figure IV.4 [4]: Modélisation par octrees

IV.2.1.3.3 Modèle CSG (Constructive Solid Geometry)

Dans ce modèle, nous disposons d'un ensemble de volumes élémentaires (parallélépipèdes, des sphères, des cônes, des tores,...etc.). La composition entre ces éléments permet de construire des objets plus complexes (figure IV.5). Le CSG repose sur la définition de la géométrie par un graphe acyclique de construction dont les feuilles sont des volumes primitifs (élémentaires) et les noeuds des opérations de composition booléennes (union, intersection,...).

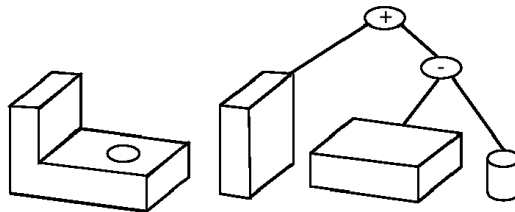


Figure IV.5 [4] : Construction du modèle CSG

Avantages :

- Facilité de description (de l'objet en mouvement et de sa trajectoire),
- Facilité de stockage,
- Facilité de transformation géométrique,
- Permet la création de rendu très réaliste.

Inconvénients :

- Manque d'outils algorithmiques pour le calcul des propriétés géométriques,
- Ne permet pas d'avoir une définition explicite de la surface de l'objet,
- Difficulté de mise en oeuvre des opérateurs booléens.

IV.4 Format d'échange

IV.4.1 format STL

C'est un format utilisé pour le prototypage rapide (stéréolithographie). Il est obtenu généralement par une triangulation d'un modèle exact à l'aide d'un logiciel de CAO qui nous fournit un fichier au format STL. Ce fichier contient les sommets et la normale orientée vers l'extérieur pour chaque triangle (figure IV.13).

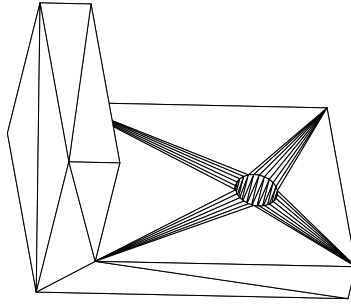


Figure IV.12 : Triangulation STL d'une pièce

Le nombre des triangles et leur répartition sont fonction de la courbure de la surface exacte et de l'erreur de modélisation tolérée (figure IV.12).

```
solid AutoCAD
  facet normal 9.9518473e-001 9.8017140e-002 1.4995834e-016
    outer loop
      vertex 1.4982954e+002 1.4375448e+002 4.0000000e+001
      vertex 1.4982954e+002 1.4375448e+002 0.0000000e+000
      vertex 1.4949841e+002 1.4711646e+002 0.0000000e+000
    endloop
  endfacet
  facet normal 9.9518473e-001 9.8017140e-002 -5.5716294e-016
    outer loop
      vertex 1.4982954e+002 1.4375448e+002 4.0000000e+001
      vertex 1.4949841e+002 1.4711646e+002 0.0000000e+000
      vertex 1.4949841e+002 1.4711646e+002 4.0000000e+001
    endloop
  endfacet
  ...
```

Figure IV.13 : Un extrais d'un fichier STL.

Format IGES (extension .IGS) :

Ce format, malgré ses limitations, est l'un des plus répandus pour la visualisation ou l'export de modèles CAO 3D. Il représente des modèles filaires ou surfaciques. Si votre modèle est solide, l'export vers un format IGES ne permettra de sauvegarder que la "peau" extérieure de votre solide. Pour récupérer un solide, il vous faudra alors utiliser une fonction de votre modèleur permettant la génération d'un solide à partir de sa frontière surfacique. La plupart des modèleurs CAO permet l'import de géométrie IGES.

Format STEP : échanger des données techniques

STEP représente l'esperanto de la CAO 3D solide. Il tend à s'imposer comme le standard d'échange entre les principales plate-formes de CAO. Néanmoins son interprétation peut varier d'un éditeur à l'autre, ce qui entraîne parfois erreurs ou pertes d'informations sur les modèles. De plus, la géométrie solide est récupérée en tant que bloc non éditable (l'arbre des spécifications n'est pas transmis) mais peut servir de base à de nouvelles fonctions. Pour les assemblages, STEP encapsule l'ensemble des modèles pièces et produits dans un unique fichier, ce qui facilite grandement les échanges. Gérer l'ensemble des données relatives aux produits, indépendamment de leur origine, de leur contenu ou de leur signification, à travers toutes les étapes de son cycle de vie (cahier des charges, conception, fabrication, contrôle qualité, vente, maintenance...)