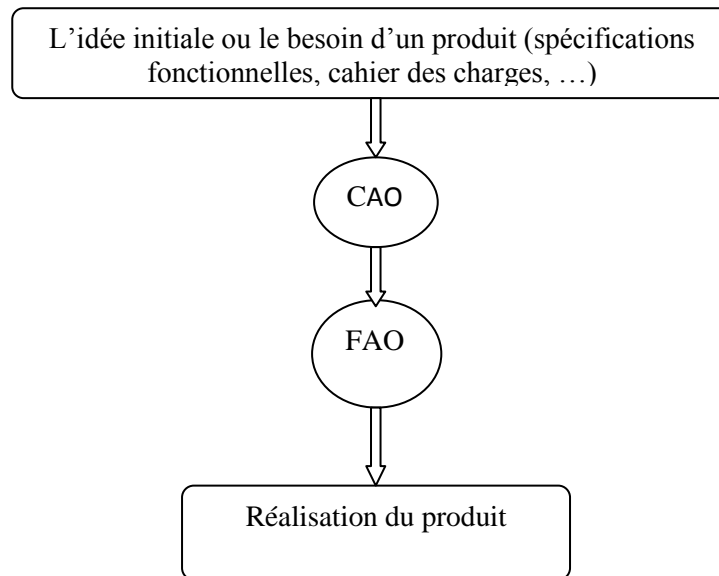


## Introduction à la CAO

### DEFINITIONS

La CAO est l'acronyme de Conception Assistée par Ordinateur.



La **CAO** : Conception Assistée par Ordinateur (*En anglais : CAD, Computer Aided Design ou Computer Assisted Design*).

C'est l'ensemble d'outils et de programmes permettant d'assister l'ingénieur dans la conception d'un produit. Ces outils sont généralement spécialisés: dessin technique, le calcul de la résistance des matériaux pour les structures ou les assemblages mécaniques, simulation,...

### Techniques de représentation en CAO

En dessin classique, qu'il soit réalisé à la planche à dessin ou bien en DAO, une pièce est représentée à l'aide des vues classiques : de face, de dessus, de dessous, de gauche, de droite, et de coupes et sections appropriées permettant la bonne compréhension du dessin.

Bien souvent, il n'est pas nécessaire de réaliser toutes les vues, mais certaines coupes ou sections s'avèrent indispensables. Notons qu'en dessin mécanique classique, il est très rare de faire appel à une perspective.

Au contraire, l'approche de la CAO est de tenter de représenter la pièce, ou l'ensemble de pièces en question, dans l'espace et en 3D. Cette représentation peut s'effectuer à l'aide de trois techniques :

— modélisation fil de fer ;

- modélisation surfacique ;
- modélisation solide.

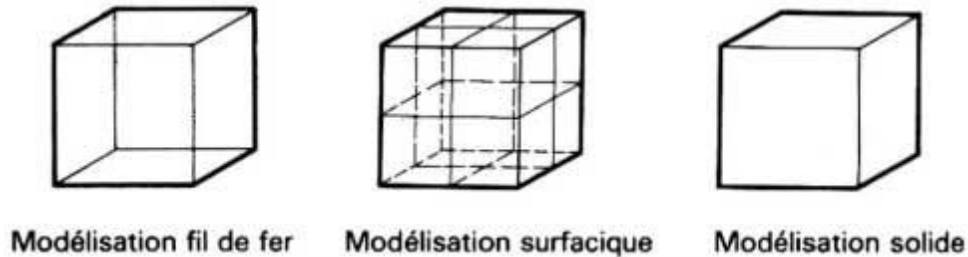


Figure 1 – Différents modes de représentation d'un cube

Ces différents modes de représentation ou modélisations d'un objet permettent de le définir plus ou moins complètement, avec certaines imperfections, et présentent un certain nombre d'avantages et d'inconvénients.

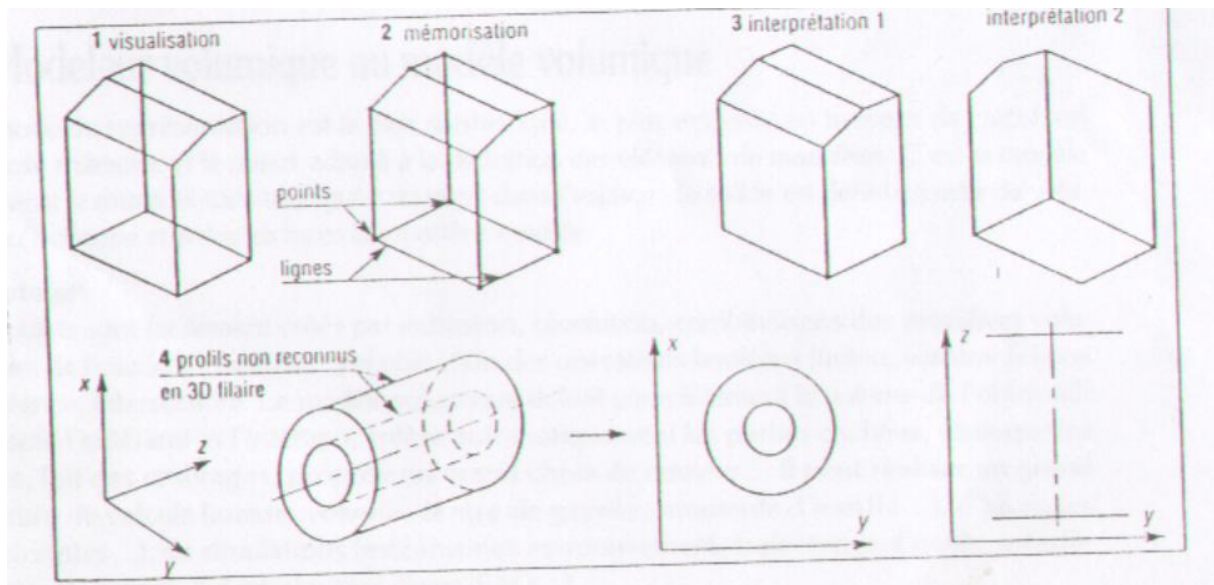
### **Modélisation fil de fer**

Historiquement, c'est la première modélisation d'un objet en 3D qui est apparue. La géométrie est définie uniquement à l'aide d'entités géométriques en 2D : droites, cercles, arcs de cercle, courbes, etc.

Par exemple, avec la modélisation fil de fer (Wire Frame), un cube est défini uniquement par ses arêtes (figure 1). La pièce n'est donc qu'imparfaitement définie puisqu'il manque la définition exacte des faces et de l'intérieur du cube.

À l'aide de cet exemple, il est possible de mettre en évidence deux points :

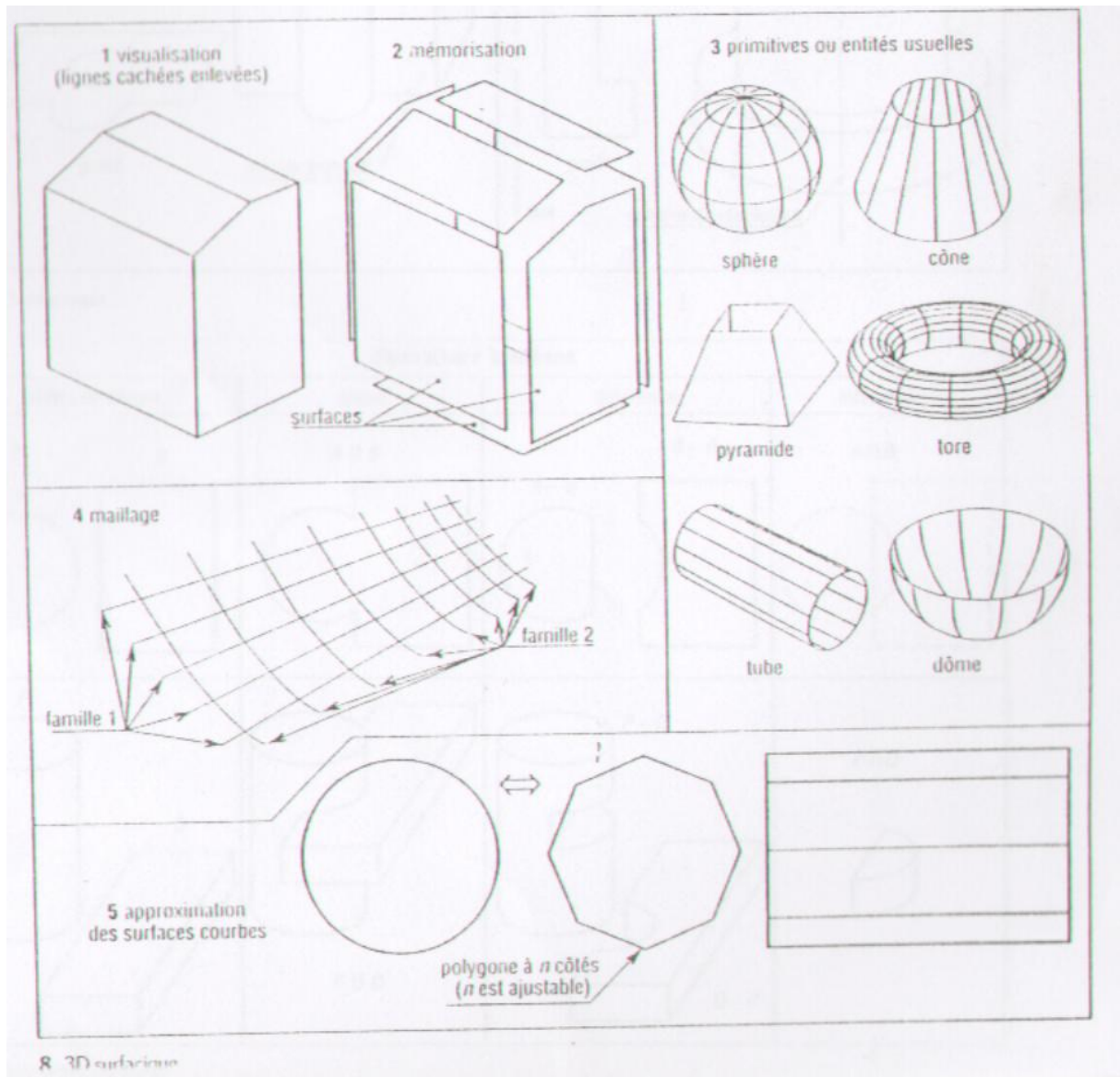
- un point fort : une base de données géométriques peu encombrée, ce qui permet des calculs rapides et relativement peu complexes ;
- un point faible : une visualisation malaisée rendant la compréhension de l'étude délicate ; si l'on reprend l'exemple du cube, il est difficile, avec une telle modélisation, de savoir quelle est l'arête qui est devant le modèle et celle qui est derrière celui-ci.



La technique du fil de fer est donc utilisée soit par les logiciels de DAO (pour lesquels le 2D convient parfaitement), soit par les logiciels de CAO tridimensionnels pour réaliser les lignes de construction et les contours d'un modèle 3D complexe.

### Modélisation surfacique

C'est historiquement la deuxième technique apparue sur le marché mais c'est en fait la première qui a permis une approche 3D plus profonde que la représentation fil de fer. En effet, avec la modélisation surfacique, la pièce est décrite à l'aide des surfaces qui en constituent l'enveloppe : un cube est ainsi décrit par ses 6 faces (figure 1). La pièce est ainsi bien décrite, les coupes que l'on peut être amené à faire sont des coupes exactes.



Les avantages de l'utilisation des surfaces sont :

- une description exacte de l'enveloppe de la pièce ;
- un usinage possible de la pièce en commande numérique ;

En dehors des primitives de base usuelles (cylindre...) les logiciels proposent des commandes particulières permettant de construire certaines surfaces gauches complexes ; la densité du maillage est en général réglable.

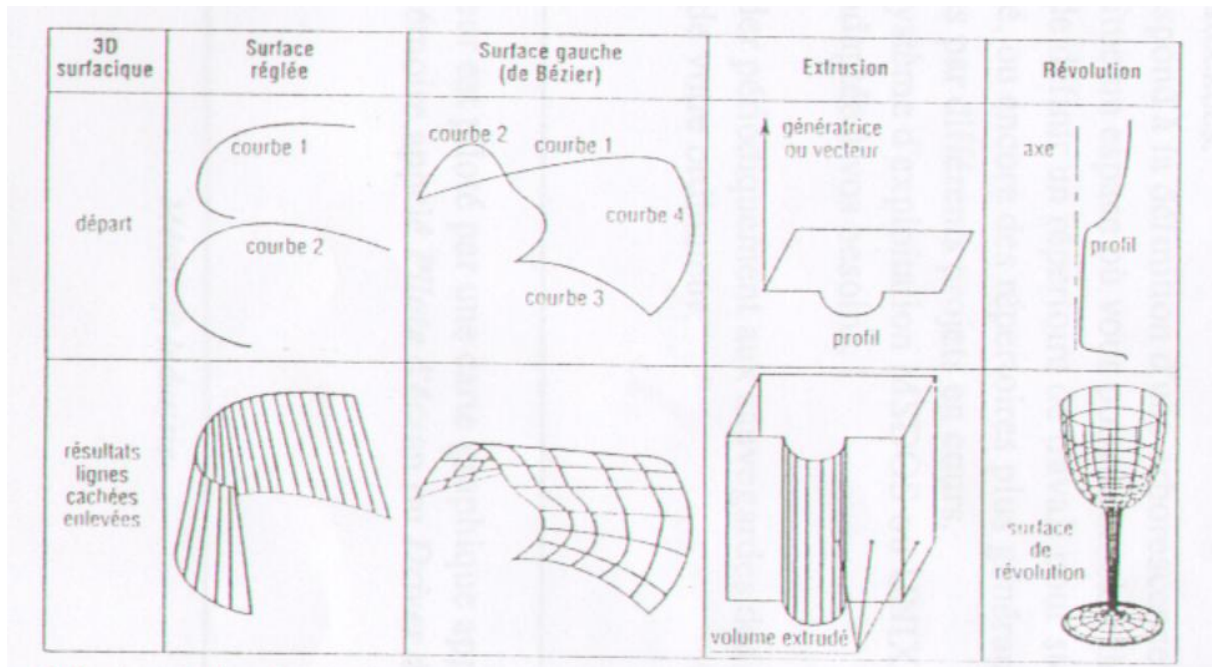
Surface maillée : surface construite à partir de deux familles de courbes pas nécessairement parallèles et qui croisent orthogonalement ou non.

Surface réglée : surface construite par une ligne droite qui se déplace de façon donnée en prenant appui sur deux courbes choisies à préciser.

**Surface extrudée** : basée sur le principe de l'extrusion, c'est une surface maillée construite à partir de profil, ou contour de départ et d'une génératrice qui précise l'épaisseur.

Surface de révolution : surface maillée obtenue en faisant tourner un profil choisi autour d'un axe. L'angle de rotation peut être choisi entre 0 et 360°.

**Surface de Bézier** : surface maillée reliant quatre courbes successives de l'espace données. La surface est délimitée par les quatre courbes et les quatre coins correspondants.



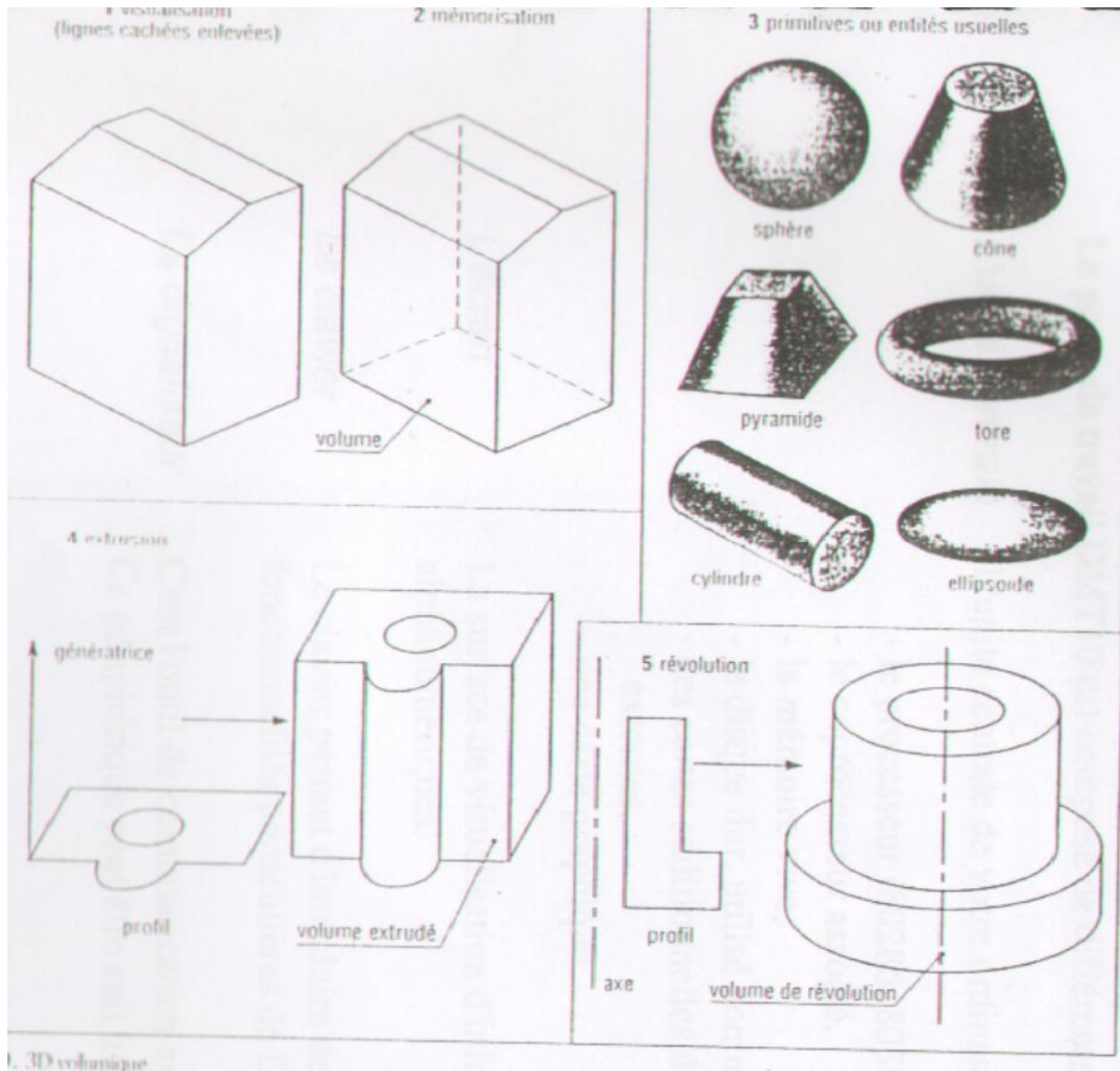
Les inconvénients peuvent se résumer d'une façon générale à :

- une technique difficile demandant un apprentissage long et une formation approfondie. En effet, il existe un grand nombre de surfaces différentes à utiliser et les modifications ne sont pas très aisées à réaliser ;
- une visualisation délicate si l'on n'utilise pas les techniques de rendu réaliste, qui demandent des calculs importants ;
- une nécessité de connaître parfaitement la pièce que l'on veut modéliser, les modifications étant assez difficiles à faire.

L'utilisation des surfaces, permettant de définir totalement l'enveloppe d'une pièce, est importante pour la réalisation du « tracé » de détail mais peu adaptée au projet ou à l'étude.

## Modélisation solide

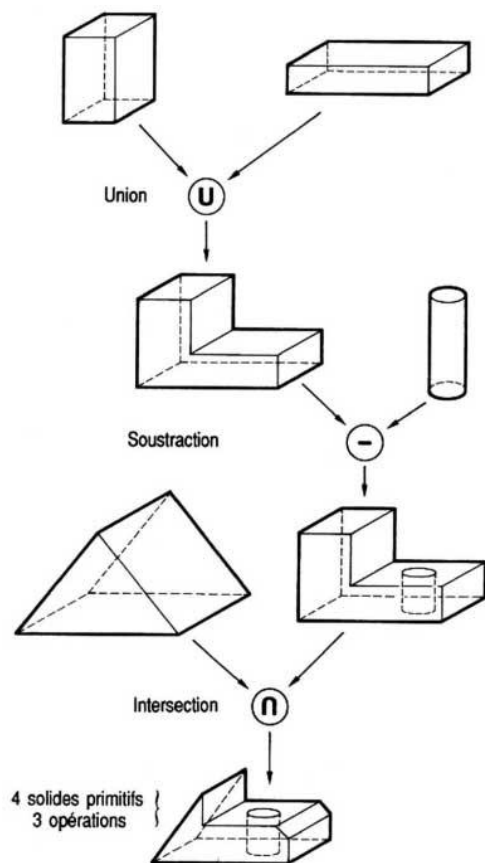
Cette technique de définition d'un objet est donc la dernière apparue sur le marché des systèmes de CAO. Le solide se caractérise par son aspect homogène 3D, ses limites (le solide occupe un espace fini) et ses frontières qui définissent un intérieur et un extérieur au volume.



## 3D volumique

Plusieurs modélisations existent :

— **la composition arborescente du solide** : représentation appelée représentation CSG (Constructive Solid Geometry) : le solide est défini par un arbre (figure 2) dont les nœuds sont des opérations booléennes – union, soustraction, intersection – et les feuilles, des éléments solides simples – sphères, prismes, cylindres, etc. ;



### Le modèle CSG

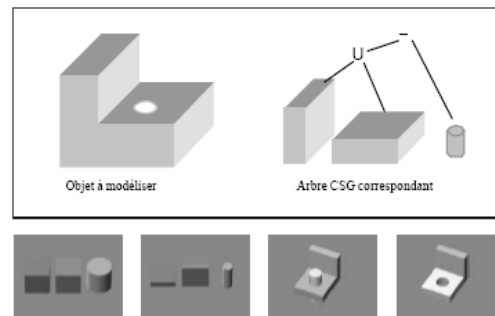


Figure 2 – Composition arborescente du solide

— la **représentation par les frontières**, qui s'apparente ainsi à la modélisation surfacique, avec deux techniques différentes :

- représentation facettisée dans laquelle le solide est dit « polyédrique » ; la frontière est décrite par un ensemble de faces planes, d'arêtes rectilignes et de sommets,
- représentation par les frontières exactes BREP (Boundary REPresentation), mode voisin du précédent, mais les faces et les arêtes sont de type canonique (courbe à pôles, NURBS, ou NUBS) ;

Les avantages de la modélisation solide sont les suivants :

- une visualisation aisée de la pièce ;
- le calcul des propriétés de masse de la pièce (centre de gravité, matrice d'inertie et axes principaux) ;
- une modification rapide du modèle grâce aux opérations booléennes, qui font de la modélisation solide un outil idéal pour le projet ;

— dans le cas de l'utilisation de la représentation exacte des frontières, un accès aux surfaces enveloppes de la pièce, pour réaliser l'usinage de la pièce ou des outillages, et aux coupes exactes de l'objet ;

— un apprentissage et une formation beaucoup plus rapides que pour la modélisation surfacique.

En ce qui concerne les inconvénients, nous pouvons lister :

— le besoin élevé en ressources informatiques : environ 2 à 5 fois supérieur aux besoins de la modélisation surfacique ;

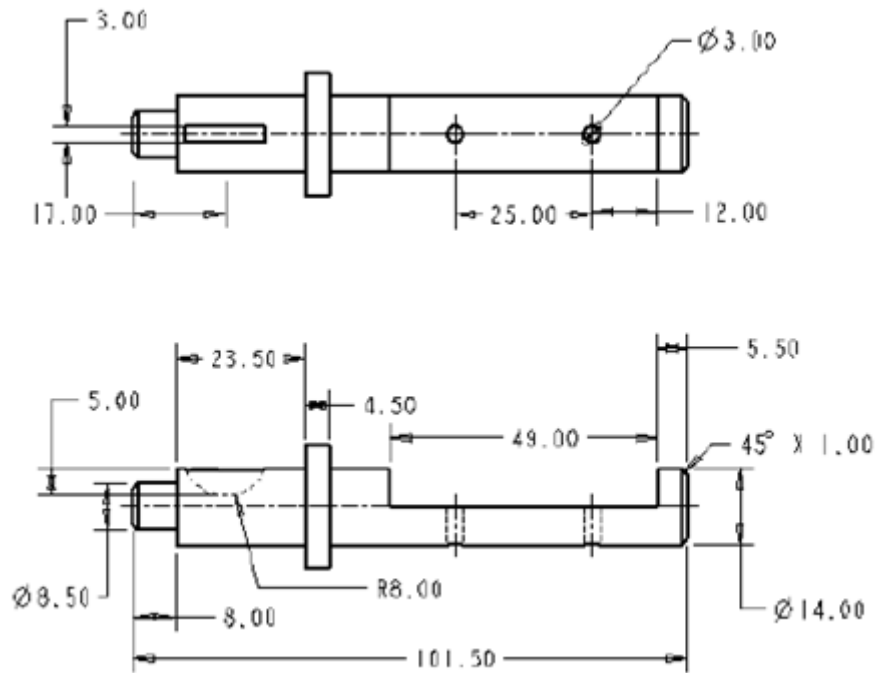
— lorsque la technique utilisée par le système de CAO ne permet pas la connaissance des surfaces frontières exactes, il est alors nécessaire de recourir à la modélisation surfacique, entraînant la réalisation de deux modèles différents : l'un en solides, l'autre en surfaces, sans lien l'un avec l'autre.



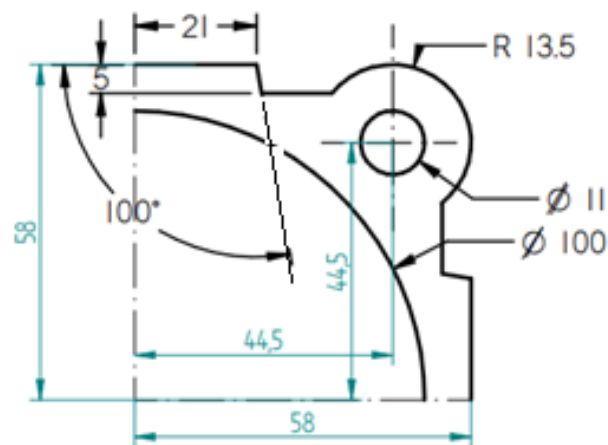
TD1

Génération des pièces 3D sur CATIA

Exemple 1



Exemple 2



Exemple 3

