

# *Ch1 : Introduction*

## **OPTION**

### **INTRODUCTION À**

### **Informatique      Graphisme**

Infographie

Ensemble de techniques permettant de créer,  
de mémoriser et de manipuler des images.

### **L'INFORMATIQUE GRAPHIQUE**

Produit final : image synthétique

→ UN DESSIN VAUT MIEUX QU'UN  
LONG DISCOURS

L'**Infographie** est une activité artistique et  
graphique qui utilise les outils et supports  
informatiques.

## Historique

- Naissance aux États-Unis au début des années 50 : Recherche scientifique et militaire.
- Secteur de la **simulation de vol** qui a contribué le plus à l'essor des images de synthèses.

- Début des années 80 : L'infographie prend du terrain.

Apparition des ordinateurs personnels.

- Début des années 90 :

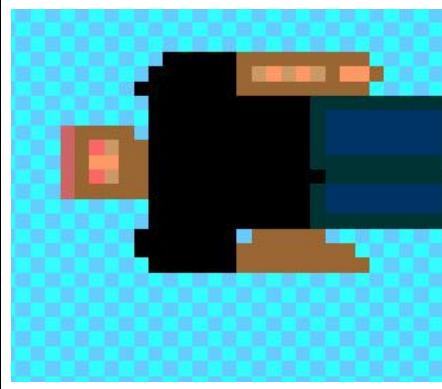
- Images temps réelles.
- Jeux vidéo.
- Vrai 3D.



## Techniques de l'image :



- Utiliser l'ordinateur pour interpréter ou générer des images.



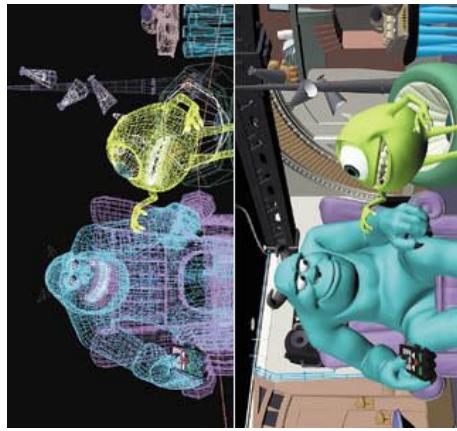
Une image = une matrice de pixels  
29x25 pixels et 10 couleurs

## Motivations :

- Les images sont une source d'informations extrêmement importante;
- Utilisation du canal visuel pour communiquer des idées complexes est très efficace.

## Définitions

- **Synthèse d'images (Computer Graphics)** : utilisation d'un ordinateur pour générer des images à partir des données non issues d'autres images.



Données/info 3D

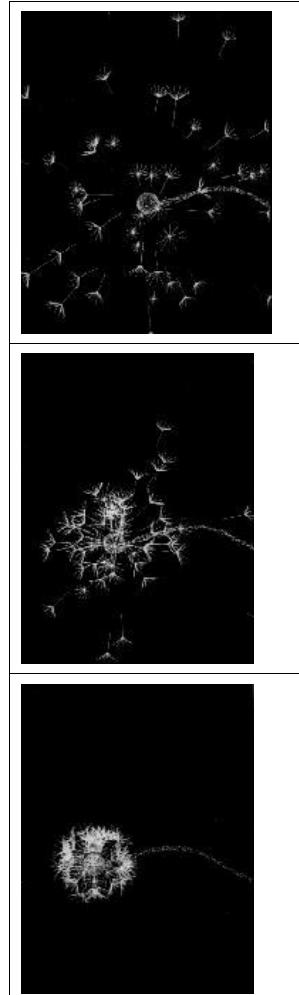


$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2$$

## Synthèse d'image interactive :

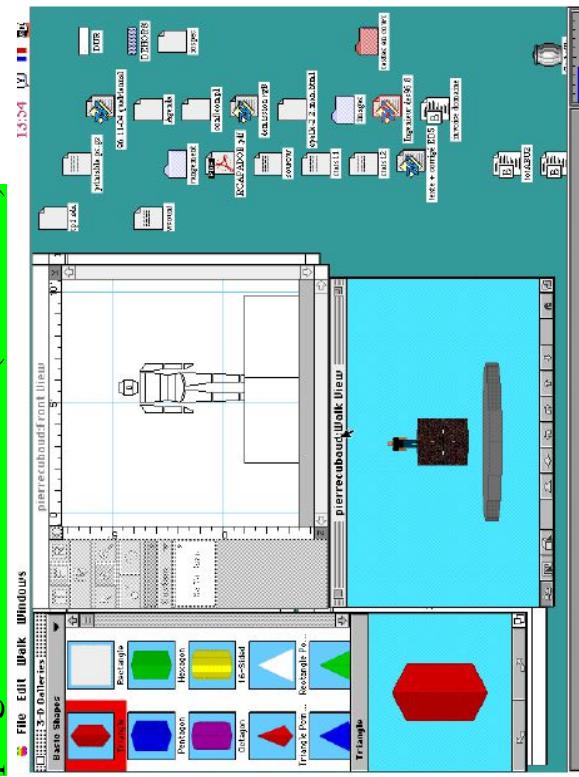
L'utilisateur contrôle les attributs de l'image synthétisée à l'aide d'un périphérique d'entrée interactif (souris, crayon optique, clavier, ...).

L'image est fonction d'une action de l'utilisateur



"Je sème à tout vent" (Couchot, Bret, Tramus, 1990)

Par une séquence d'ordres permettant l'élaboration progressive de la scène (modéleur)

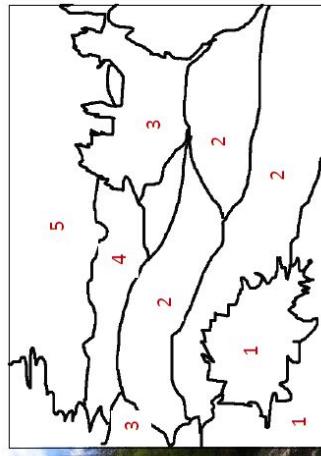


## Analyse d'images (Image Analysis) :

Définition : L'analyse d'image est la reconnaissance des éléments contenus dans l'image.

Il ne faut pas confondre analyse (décomposition en éléments) et traitement (action sur les composantes) de l'image.

Utilisation d'un ordinateur pour interpréter le monde extérieur au travers d'images.

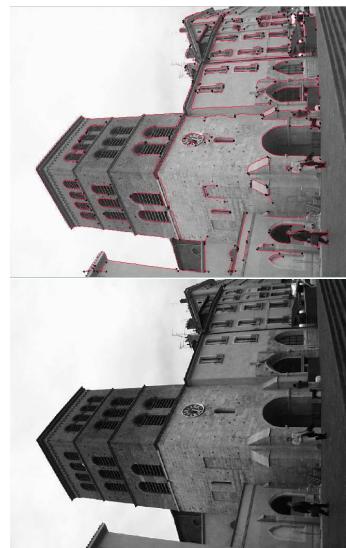




## Traitements d'images (Image Processing)

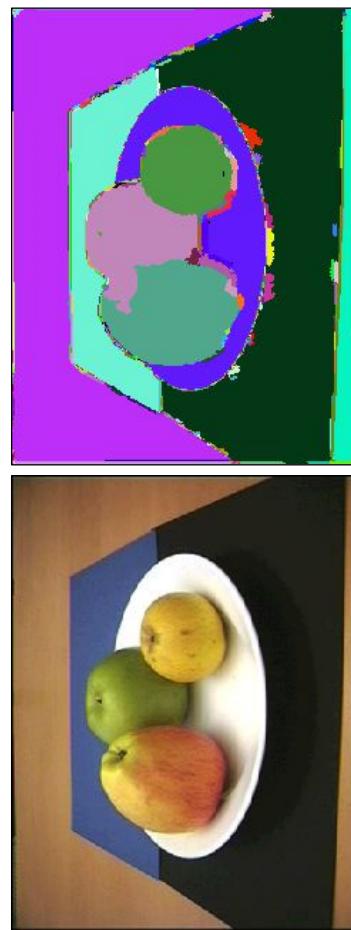
Le traitement d'images est une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information.

- ❖ Génération d'images à partir d'autres images.



Améliorer les caractéristiques d'une image. (Les valeurs des pixels sont modifiées)

### Extraction des caractéristiques



## Segmentation d'image :

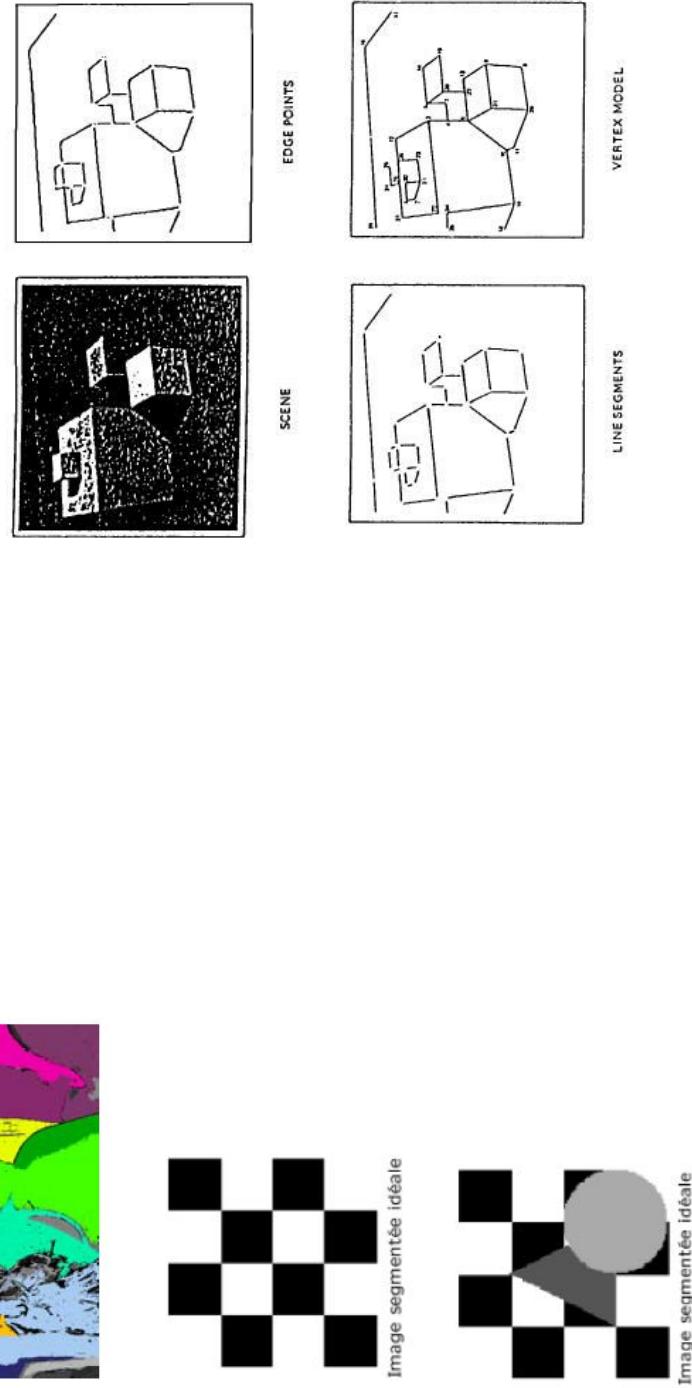
## ➤ Reconnaissance des formes (Pattern Recognition).

**Opération du traitement d'image qui permet de partitionner l'image en zone homogènes selon un critère déterminé:** couleur, texture, niveau de gris, indice,...



La reconnaissance de formes (ou parfois reconnaissance de motifs) est un ensemble de techniques et méthodes visant à identifier des *motifs* informatiques à partir de données brutes afin de prendre une décision dépendant de la catégorie attribuée à ce motif

Reproduire les capacités de l'homme à reconnaître des caractères, des objets, des sons, des signaux temporels...



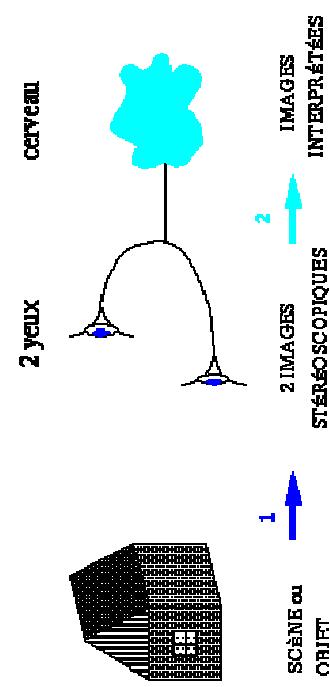
## Vision par Ordinateur

(Computer Vision) (aussi

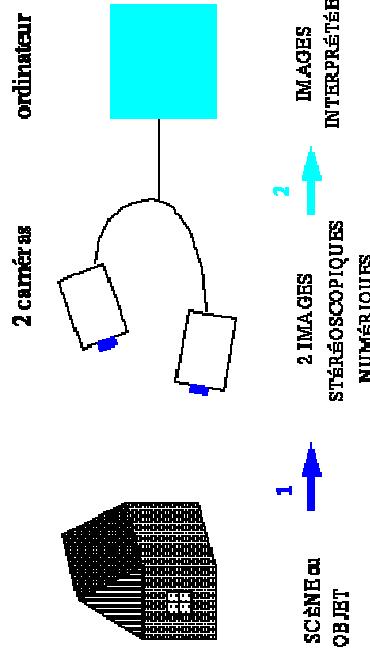
appelée **vision artificielle** ou **vision numérique**) est une branche de l'**intelligence artificielle** dont le principal but est de permettre à une machine d'analyser, traiter et comprendre une ou plusieurs images prises par un système d'acquisition (par exemple: caméras, etc.).

### La vision humaine.

“Perception par l’organe de la vue” (Larousse)



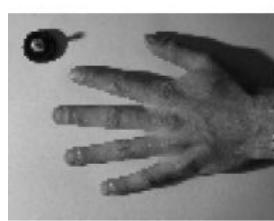
### La vision par ordinateur



## Vision 3D

Retrouver une forme 3D à partir d'une image 2D.

On déduit la profondeur des variations de couleurs.



## ->Synthèse d'images

- On crée un modèle informatique
- On cherche à *simuler* la réalité

## ->**Vision par ordinateur**

- On observe la réalité

- On cherche à *comprendre* la réalité

==> Il existe cependant beaucoup d'outils similaires et de liens entre les deux domaines. On combine de plus en plus les deux domaines.

**Réalité augmentée** : mélange de la synthèse et l'analyse d'images

La réalité augmentée désigne les systèmes **informatiques** qui rendent possible la superposition d'un modèle virtuel **3D** ou **2D** à la perception que nous avons naturellement de la **réalité** et ceci en **temps réel**. Elle désigne les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images.

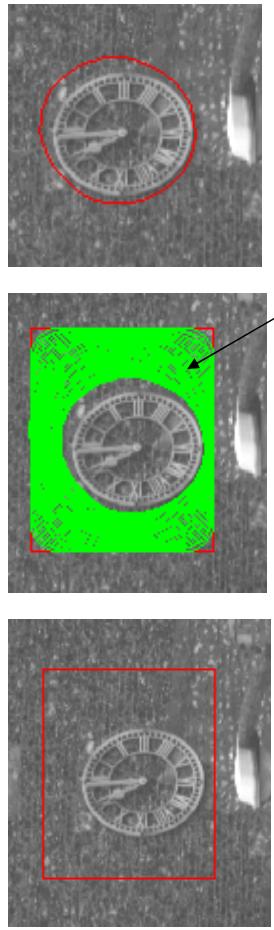


**Exemple :** Incruster des objets (Réalité augmentée) nécessite les caractéristiques de la caméra.

## Construction de modèles.

Utiliser des courbes déformables qui sont « attirées » par les formes recherchées dans l'image.

Analogie avec la physique: *fonction d'énergie à minimiser*.



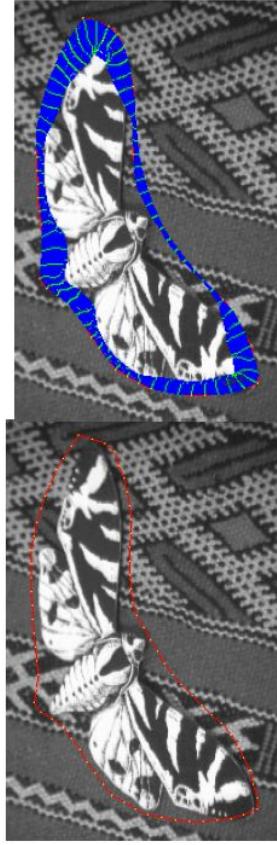
Le « snake » se contracte et s'adapte à la forme de l'horloge

Un snake qui minimise :

$$E(C) = \int_a^b \alpha(s) \|v'(s)\|^2 + \beta(s) \|v''(s)\|^2 + E_{ext}(v(s)) ds$$

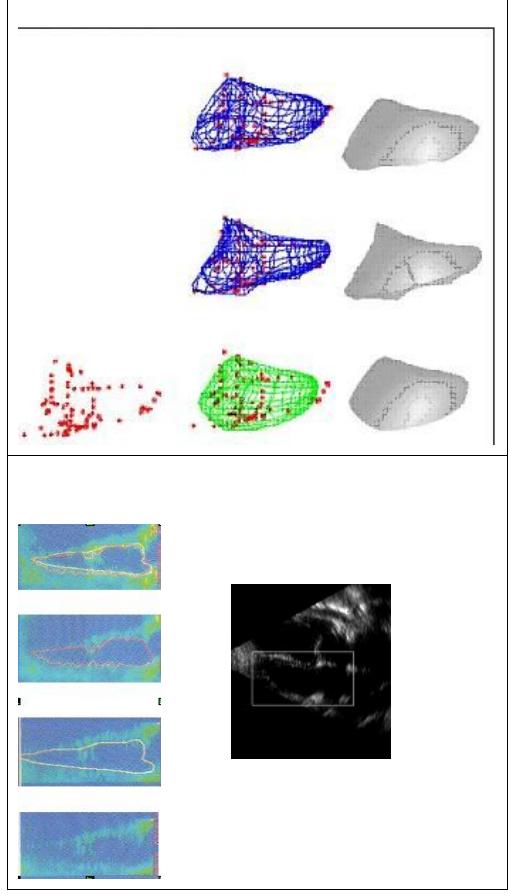
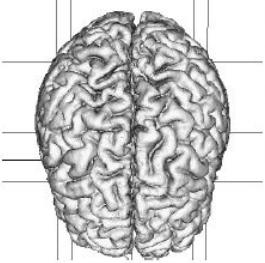
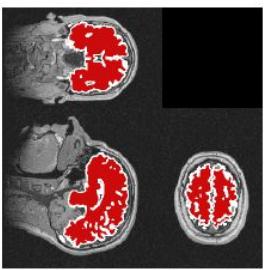
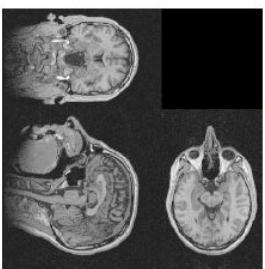
avec       $v'(s) = \left( \frac{d(x(s))}{ds}, \frac{d(y(s))}{ds} \right)$

- initialisation : courbe assez proche du contour à extraire
- itérations : déformations du contour actif de façon à ce qu'il atteigne une position d'énergie minimum.



- Exemple : Enlever des objets (Réalité diminuée)

## Un regroupement des deux domaines (**Analyse et Synthèse d'images**) s'opère sur certains problèmes communs :

- Visualisation de modèles.
  - Construction de modèles.
  - Réalité augmentée.
  - Synthèse d'images à partir d'images.
- 
  - Production d'images réalistes 2D ou 3D
  - Simulation d'une réalité : physique ou abstraite
  - Ce n'est pas du dessin !! Modélisation d'un environnement
  - Indépendance entre : modèles, lumières et observateur
  - Possibilité de modéliser un environnement 3D et de naviguer dans cet environnement en se déplaçant
  - Possibilité de modéliser un phénomène et de visualiser son animation
- Modélisation et reconstruction de modèles déformables à partir d'images écho cardiaographiques
- 
- Reconstruction 3D
- 
- Segmentation
- 
- Images 3D (3 coupes)

## Qu'est-ce que la synthèse d'images ?

- Production d'images réalistes 2D ou 3D
- Simulation d'une réalité : physique ou abstraite
- Ce n'est pas du dessin !! Modélisation d'un environnement
- Indépendance entre : modèles, lumières et observateur
- Possibilité de modéliser un environnement 3D et de naviguer dans cet environnement en se déplaçant
- Possibilité de modéliser un phénomène et de visualiser son animation

# Pourquoi la synthèse d'images ?

- Effets spéciaux pour le cinéma
- Dessins animés
- Jeux vidéo
- CAO
- Simulateurs
- Réalité virtuelle
- Visualisation, imagerie médicale
- Etc ...

# Système graphique

Périphériques d'entrée sortie	Périphériques de
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clavier</li><li>• Souris</li><li>• Table Graphique</li><li>• Manette de jeux</li><li>• ..</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matériel</li><li>• Logiciel</li><li>• ..</li><li>• Ecran</li><li>• Imprimante</li></ul>

## Principes de la synthèse d'images



**Modèle** : représentation abstraite, ensemble d'objets organisés pour représenter une scène à afficher.

Objet du modèle = approximation de l'élément modélisé.

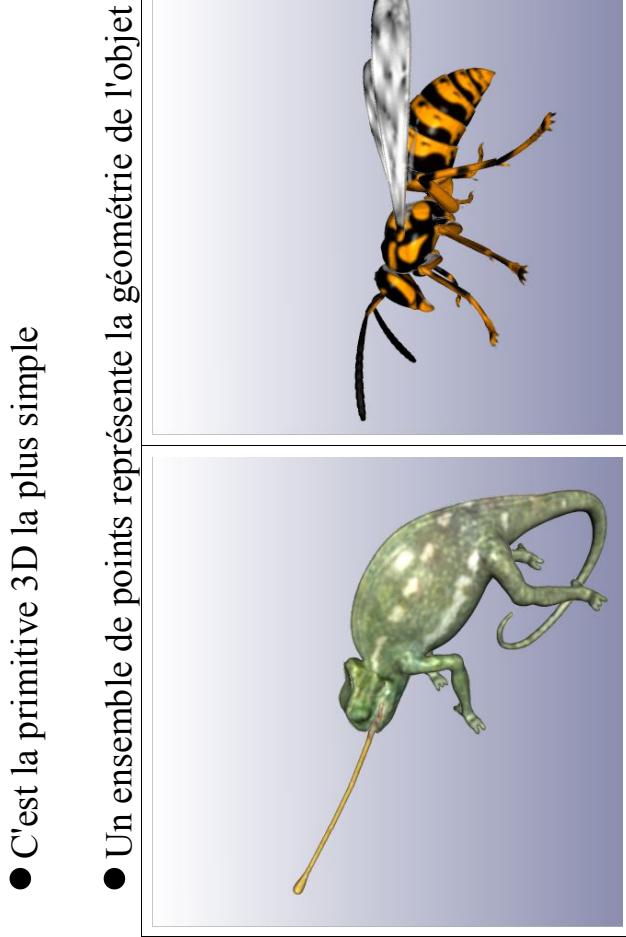
## Les éléments d'un modèle :

# Les Points



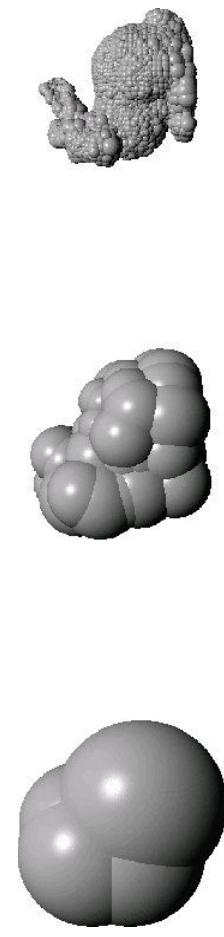
**Modélisation** : décomposition en « primitives »

- Primitives : points, lignes, polygones 2D et 3D, polyèdres et surfaces.



- C'est la primitive 3D la plus simple

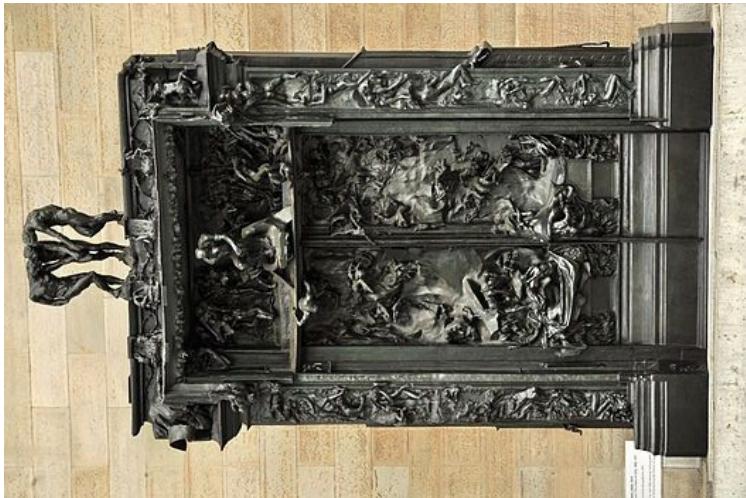
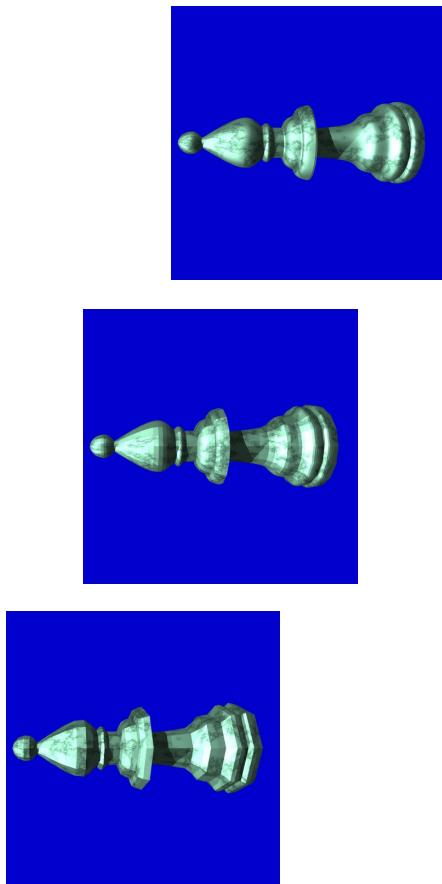
- Un ensemble de points représente la géométrie de l'objet



- Attributs : styles, couleurs, textures.
- Relations de connexités entre les composants du modèle.
- ...

## Les polygones

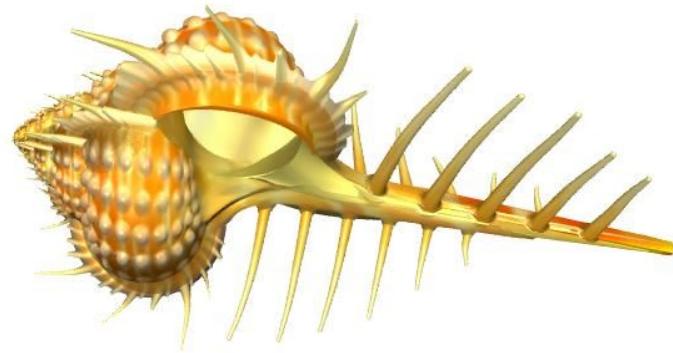
- Un ensemble de polygones (maillage) représente la géométrie + la topologie de l'objet



# Les équations

## Exemple = Sphère

- Une sphère décrite par un centre et un rayon
- Représentation par un ensemble de facettes polygonales.



## **Pipeline graphique** (*Les différentes phases de la synthèse d'image*)

### 1) Modélisation :

-Représentation mathématique des objets de la scène.

-Structures de données pour la représentation de scènes  
2D ou 3D

### 2) L'habillage :

Introduction de la couleur et la texture

### 3) La visualisation (Rendu)

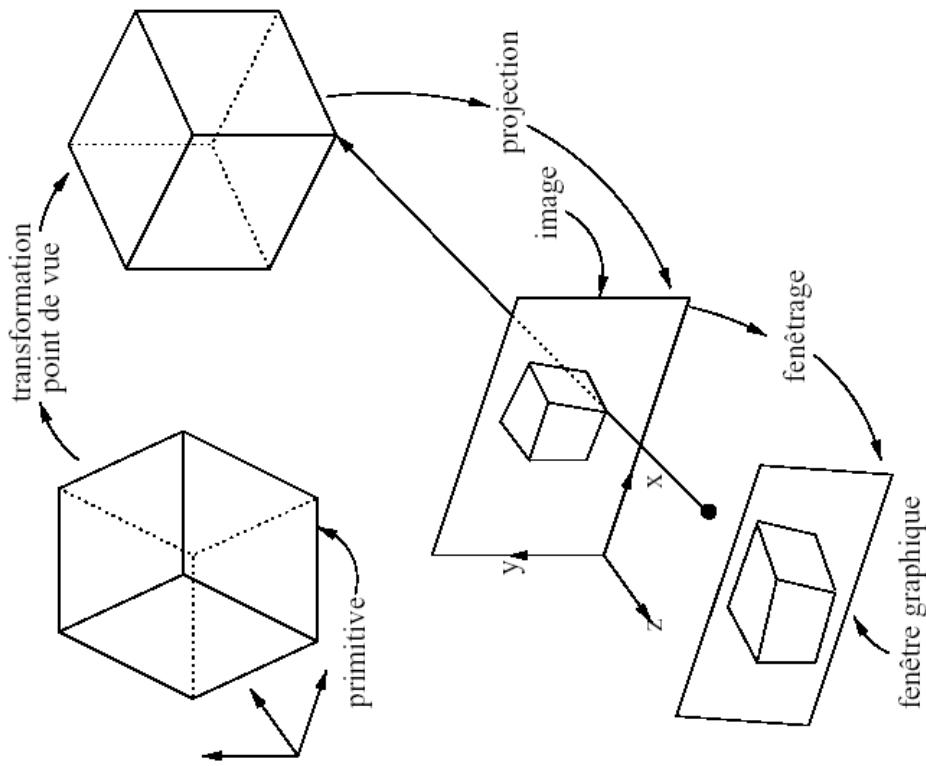
Construction d'images 2D à partir de modèles 2D ou 3D

### 4) Animation

Simulation de changements au cours du temps

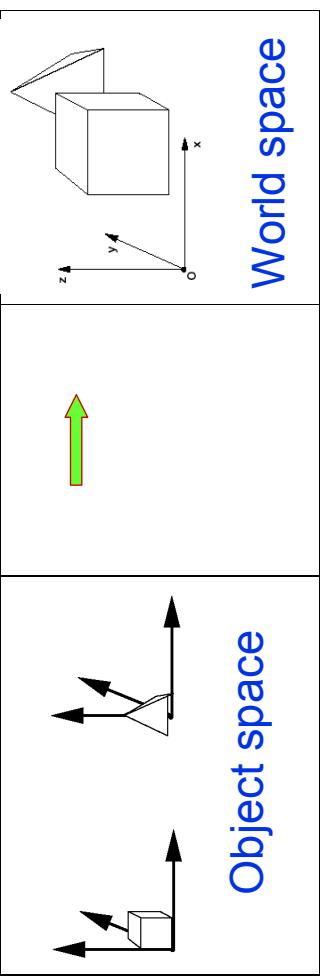
### 5) Interaction

Avec un ou plusieurs utilisateurs



## Modeling transformations :

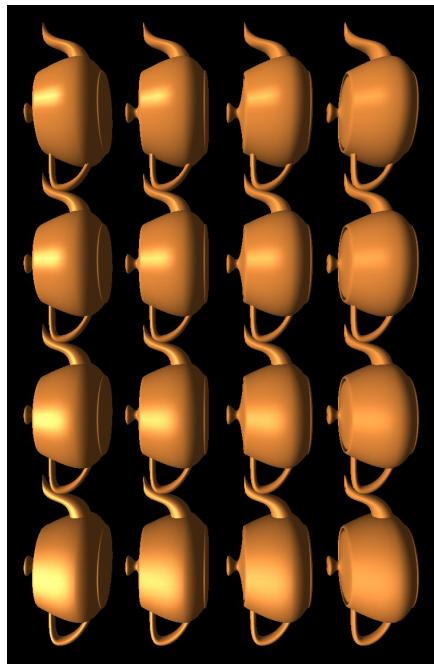
Passage du système de coordonnées local de chaque objet 3D (object space) vers un repère global (world space)



## Illumination

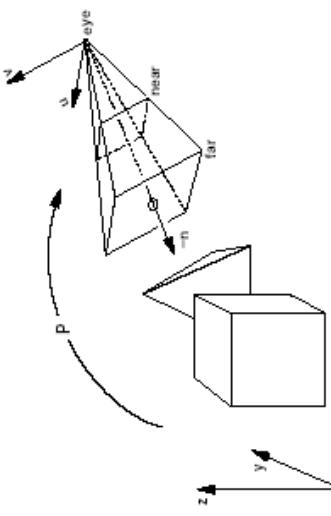
Les primitives sont éclairées selon leur matériau, le type de surface et les sources de lumière.

Les modèles d'illumination sont locaux (pas d'ombres).



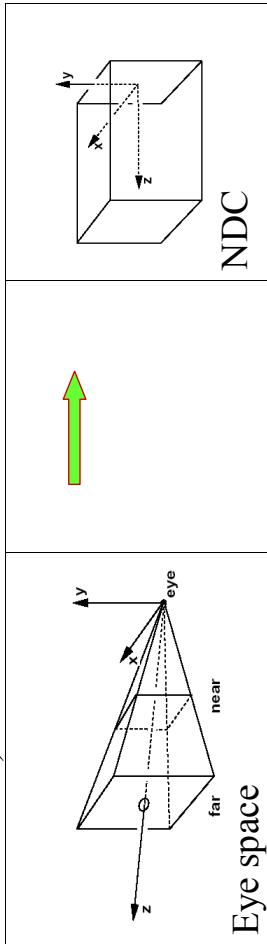
## Transformation caméra

Passage des coordonnées du monde à ceux des point de vue (repère caméra ou eye space).

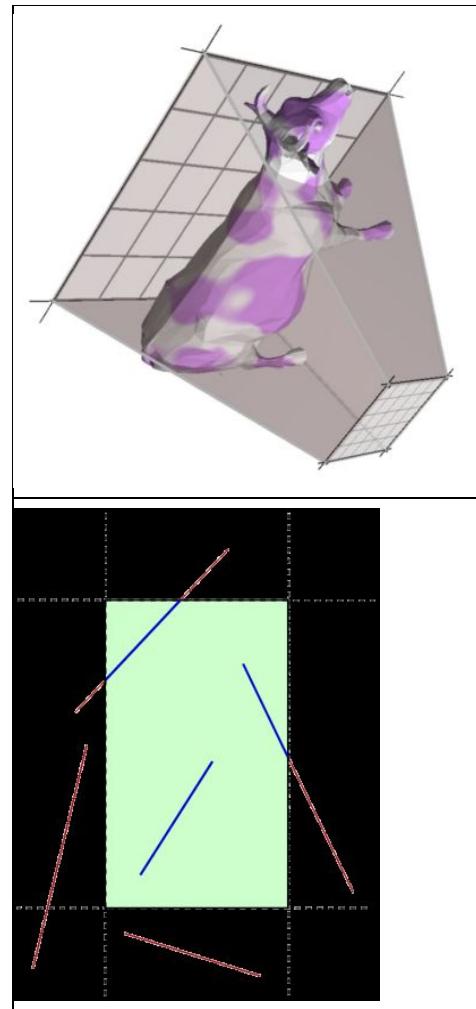


## Clipping

Coordonnées normalisées (NDC : normalized device coordinates)

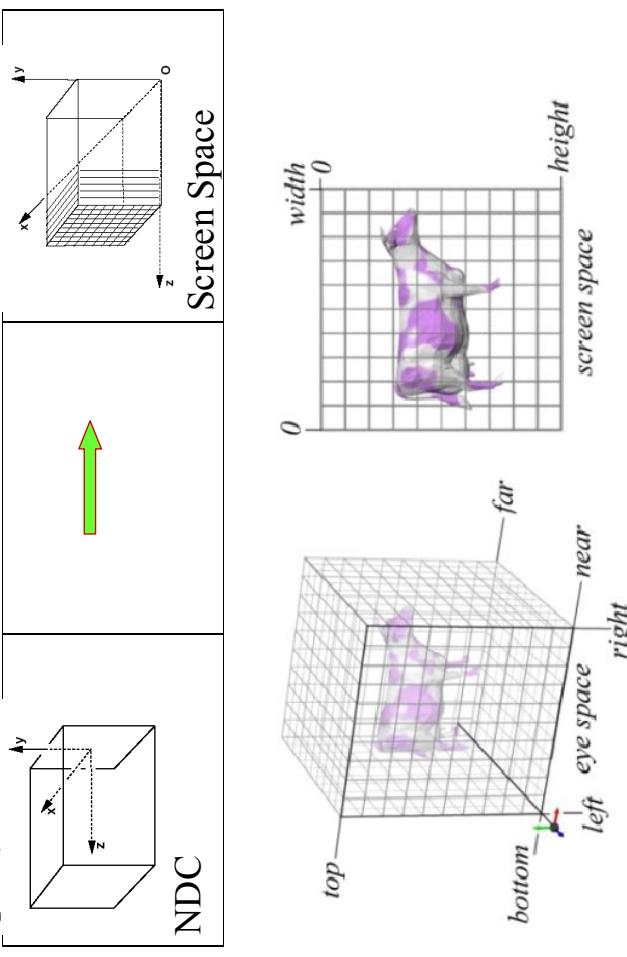


Les portions en dehors du volume de vue (frustum) sont coupées.



## Projection

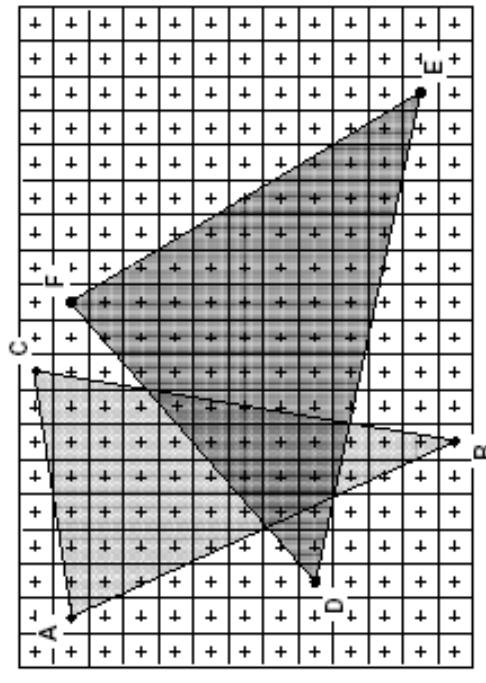
Les primitives 3D sont projetées sur l'image 2D (screen space)



## Rasterisation

Découpe la primitive 2D en pixels.

Interpole les valeurs connues aux sommets : couleur, profondeur,...



## Visibilité, affichage

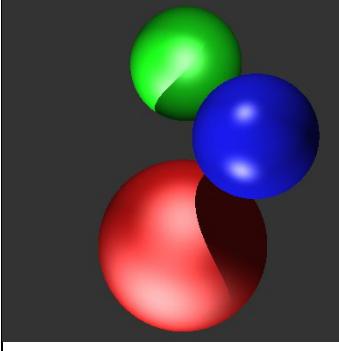
Calcul des primitives visibles.

Remplissage du frame buffer avec le bon format de couleur.

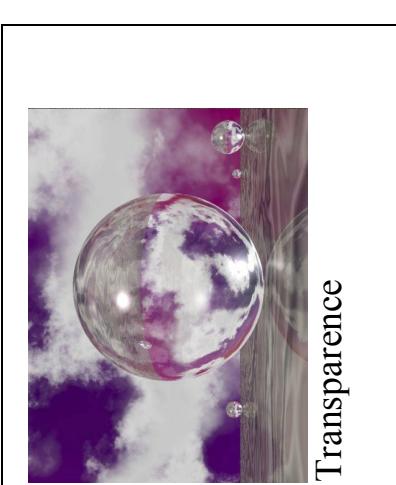
## La modélisation

### Fil de fer

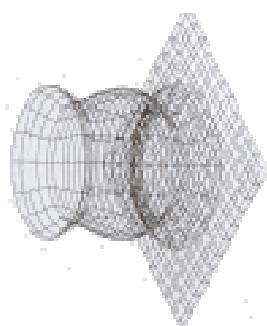
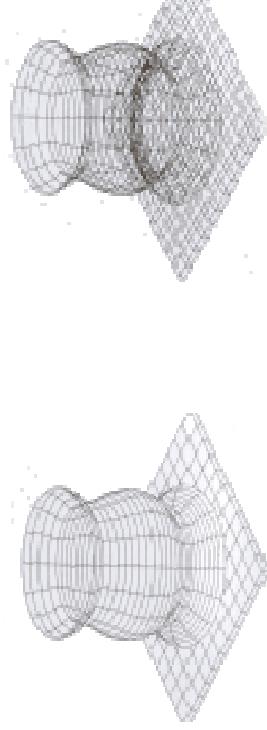
Seuls les sommets et les arrêtes d'un objet sont représentés.(Polygones)



Ombrage



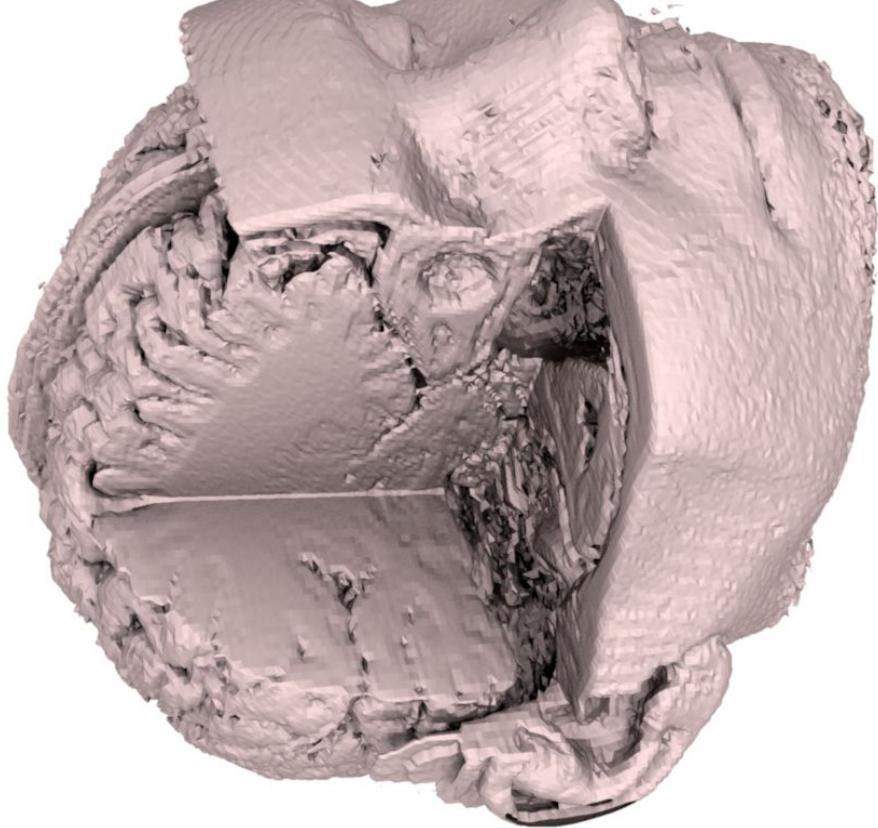
Transparence

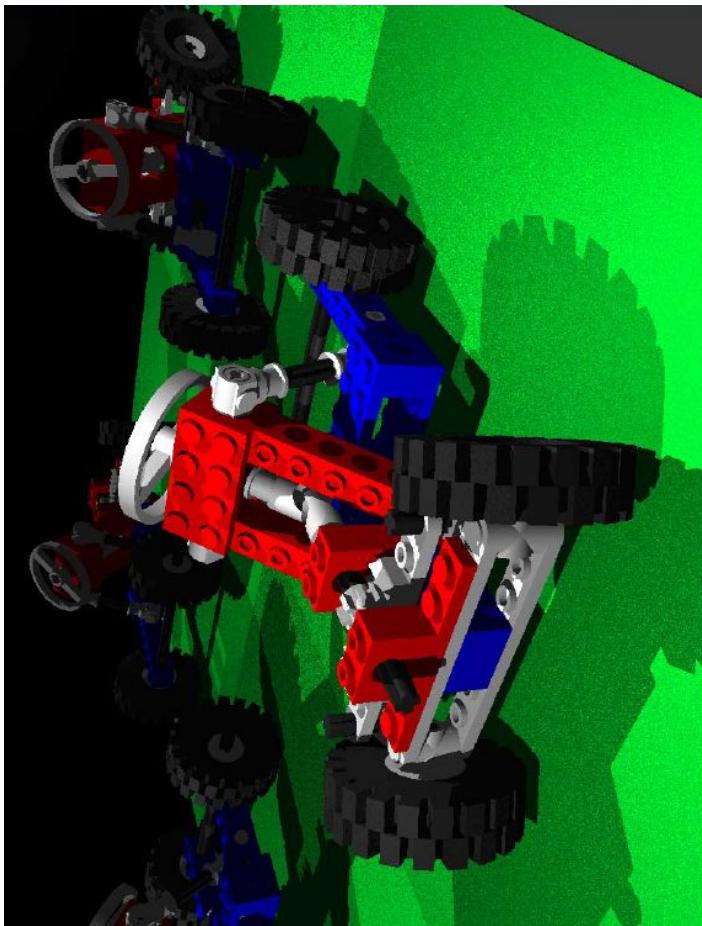


Seuls les sommets et les arrêtes d'un objet sont représentés.(Polygones)

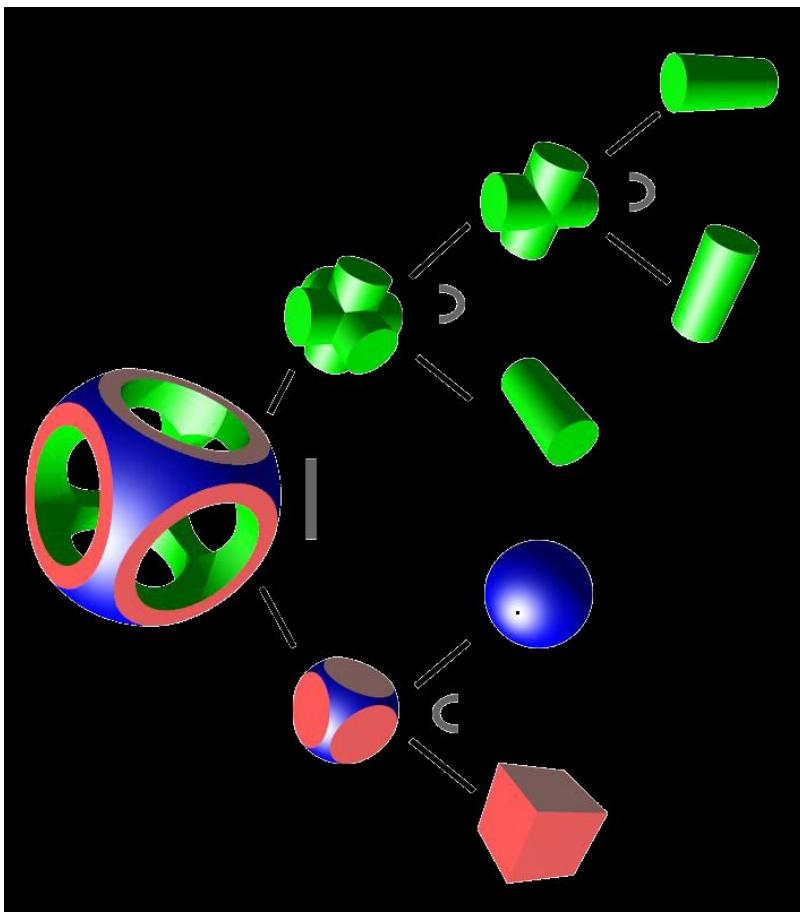
## Modélisation Volumique

- Les objets sont représentés par leurs caractéristiques (on distingue l'intérieur de l'extérieur des objets)
- Les objets sont traités comme des entités à part entière :
  - Sphère : centre, rayon.
  - Cube : diamètre, longueur.
  - Cylindre.
  - Opérations booléennes sur les solides.
- Avantage:
  - Moins de mémoire.
  - Objets parfaitement arrondis.
- Inconvénient:
  - Manque de souplesse.





42



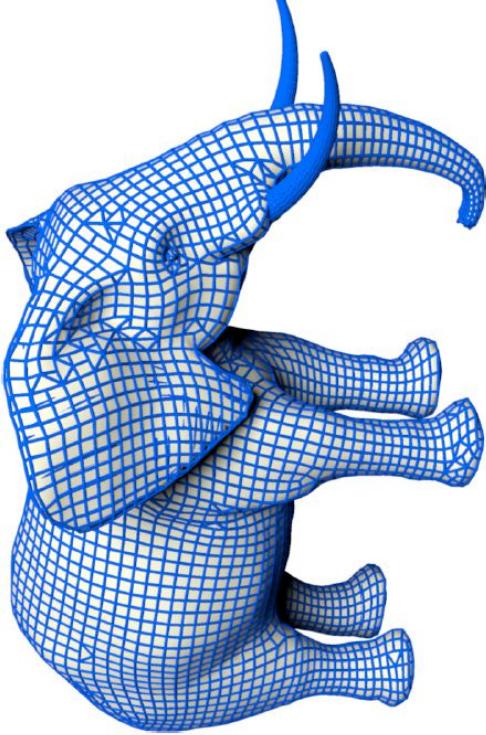
CGS = Assemblage de primitives par opérations Booléennes.

41

## Maillage

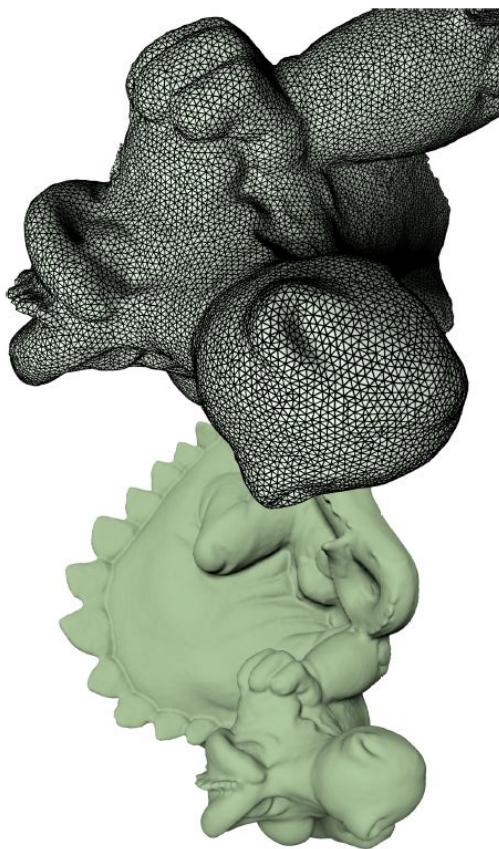
## Modélisation Surfacique

- On s'intéresse uniquement à l'aspect extérieur des objets. Donc, on tient compte uniquement des propriétés surfaciques des objets (patches).



- Cas spéciale : Un maillage peut contenir des polygones de  $N$  sommets ( $N \geq 3$ ).
- Véritable polygone :  $N$  sommets coplanaires. Sinon on triangule.

- Adaptée pour la réalisation d'objets complexes : Corps humain, carrosserie, ...
- Objets à surfaces molles.
- Représentation algébrique.

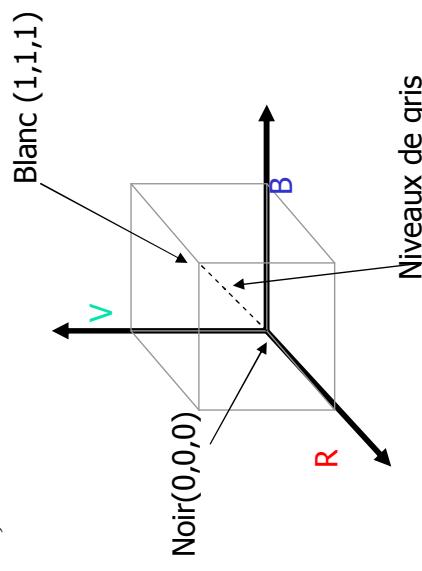


## L'habillage

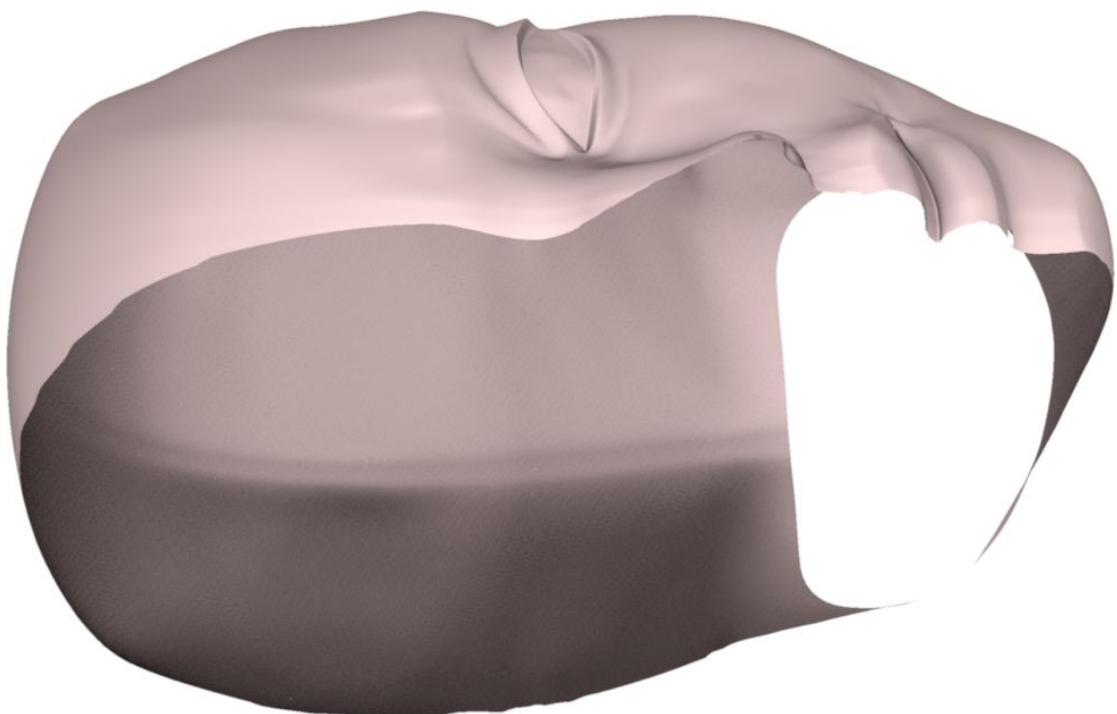
### Couleur

#### ➤ Le modèle RVB (RGB)

Le modèle RVB est le plus utilisé. Il peut être représenté sous la forme d'un cube. Chaque axe correspond à une couleur primaire : rouge, vert, bleu.

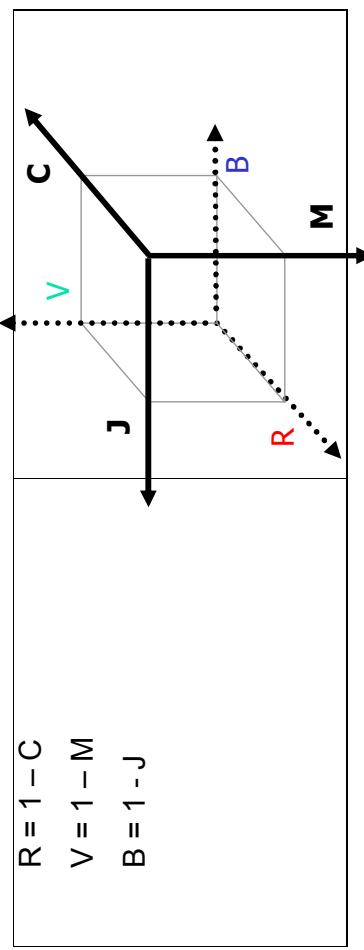


Une des façons de représenter la couleur dans une image, est la plus courante en informatique (mais non la seule).



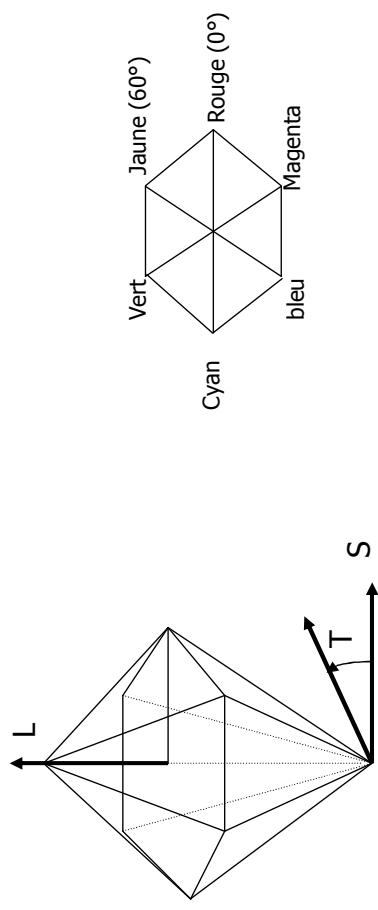
## Le modèle CMJ (CMY)

Le cyan, le Magenta et le jaune sont respectivement les couleurs complémentaires du rouge, du vert et du bleu.

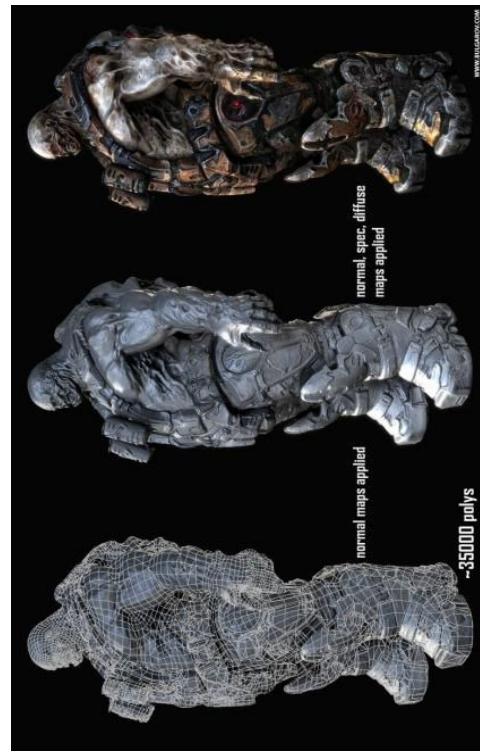


## Le modèle TSL (HSL)

Ce modèle est plus intuitif et plus proche de la perception naturelle des couleurs. Il permet de spécifier une couleur en terme de : teinte (Hue), saturation et luminance.



## Texture 2D et 3D



## La visualisation

- Cette étape consiste à définir et à positionner les lumières et la caméra.

### Lumière :

- Afin de visualiser les objets d'une scène, il faut tenir compte des différentes sources de lumières.

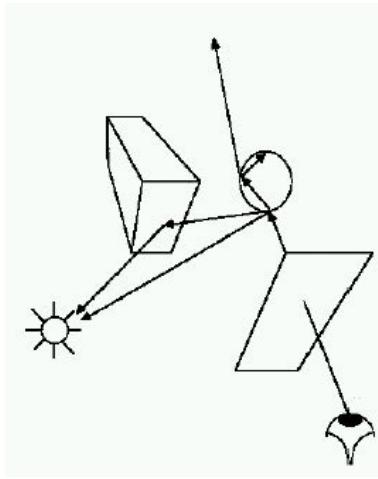
### Caméra :

- A pour objectif de projeter la scène sur une surface à deux dimensions.

## Visualisation de la scène

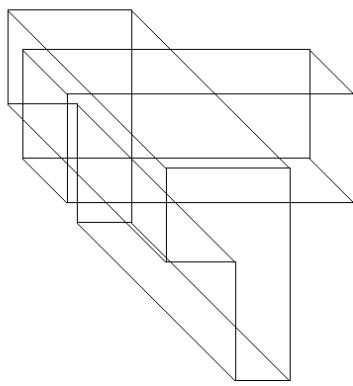
Le "pipeline standard" de rendu :

- Transformation des coordonnées locales en coordonnées de la scène (ou du "monde")
- Transformation en volume de vue canonique
- Elimination des objets hors volume de vue et découpe (clipping) des objets à la frontière
- Elimination des faces cachées
- Projection en 2D
- coloriage des faces

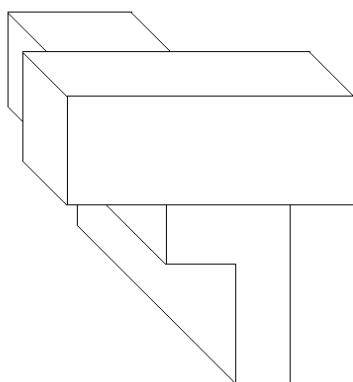


## Élimination des parties cachées

Toutes faces visibles



Élimination des parties cachées

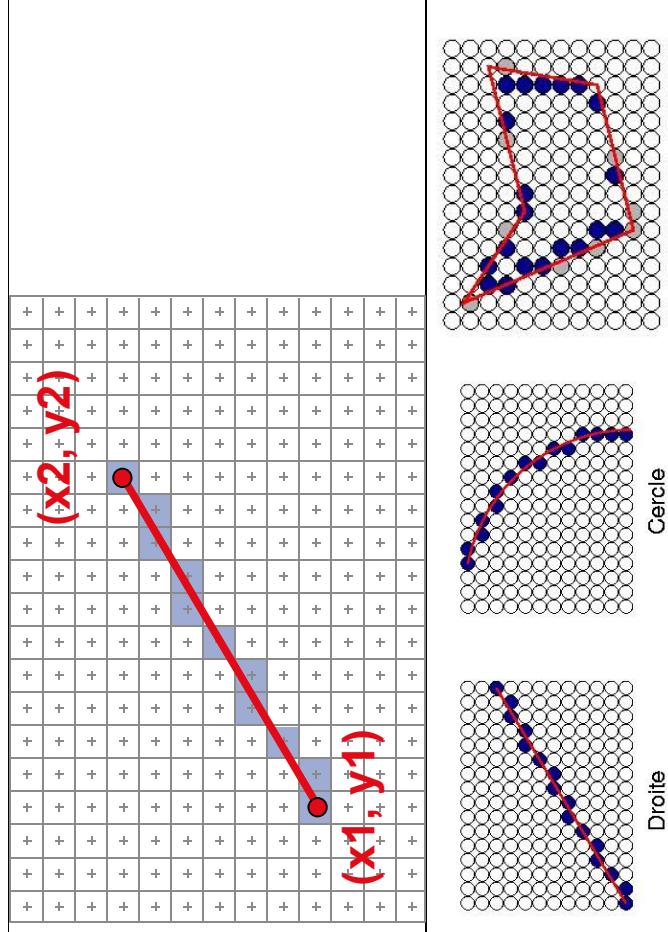


## Rastérisation

Représentations d'objets géométriques en terme de pixels

Continu → Discret

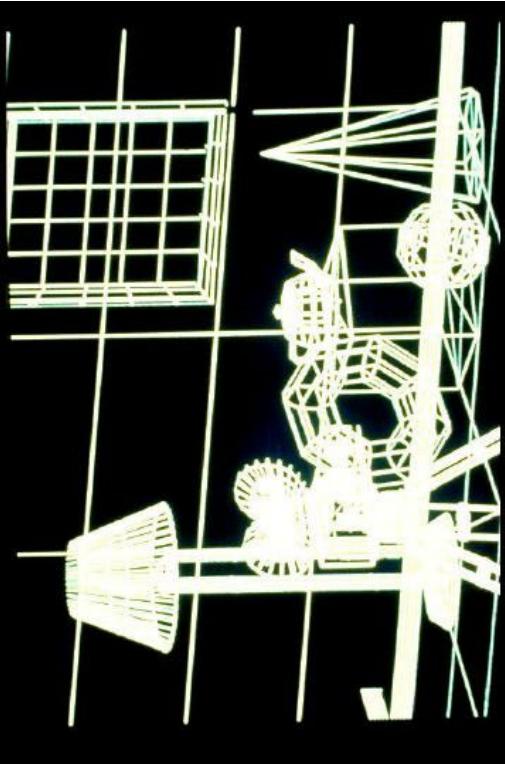
Découpe la primitive 2D en pixels



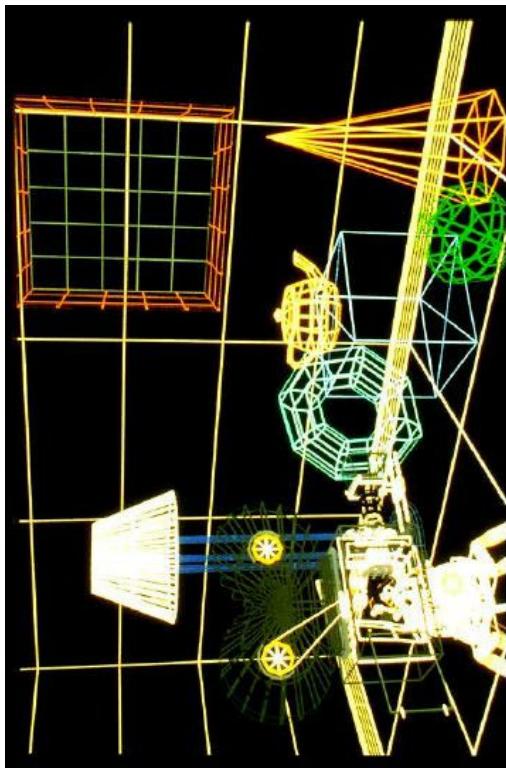
## Diverses techniques de rendu

# Exemples de rendus

Série "Shutterburg" de PIXAR (sous Renderman)

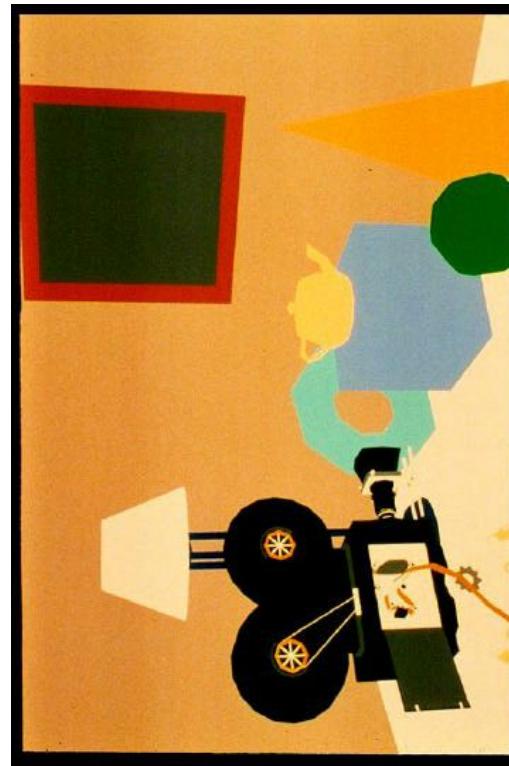


1 - Rendu filaire

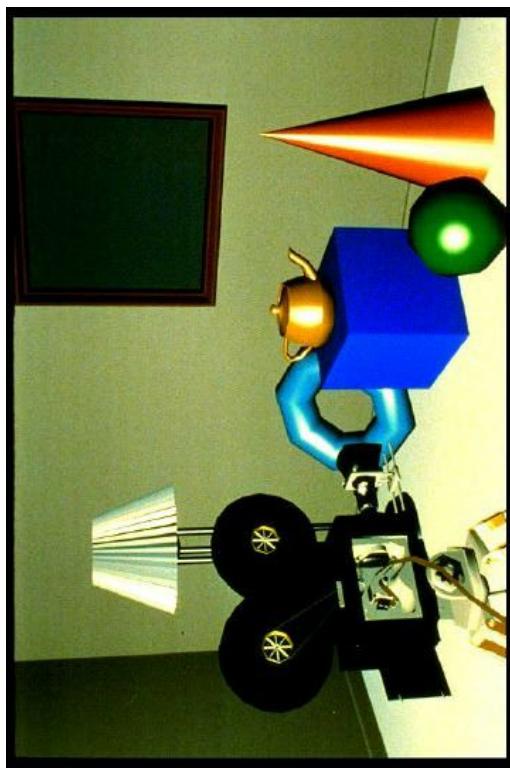


2 - Filaire coloré

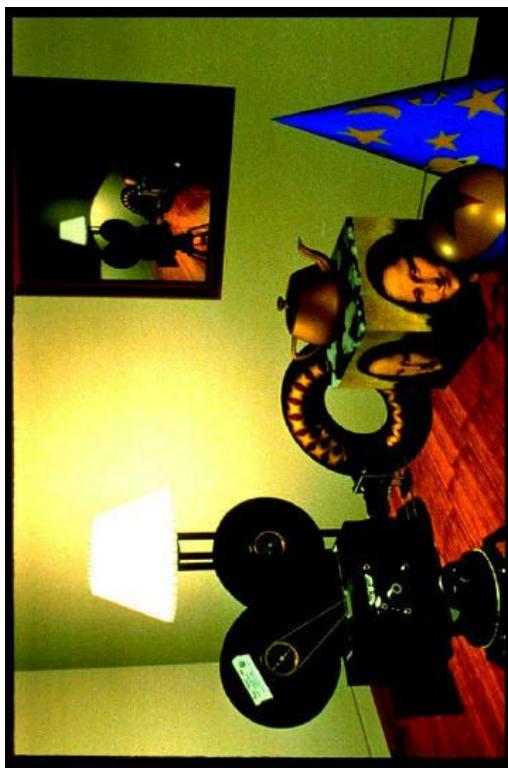
3 - Depth cueing



4- Coloriage uniforme



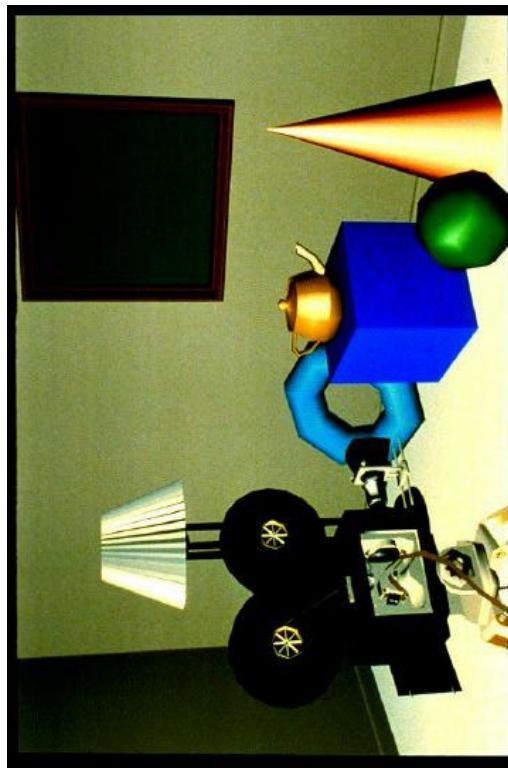
5- Coloriage à plat (flat)



7- Interpolation de Phong

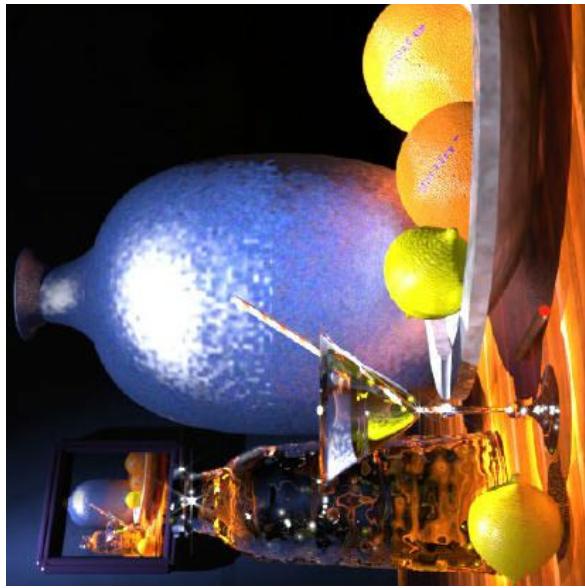


5- Coloriage à plat (flat)



6- Interpolation de Gouraud

8 - Plaquée de textures



Technique mixte - Martin Moeck, Siemens Lighting avec Radiance <http://radsite.lbl.gov/>



Radiosité - S. Feldman, J. Wallace Univ. Cornell



Radiosité - <http://www.education.siggraph.org/materials/HyperGraph/radiosity/>

## Illumination

### Modèle d'ombrage

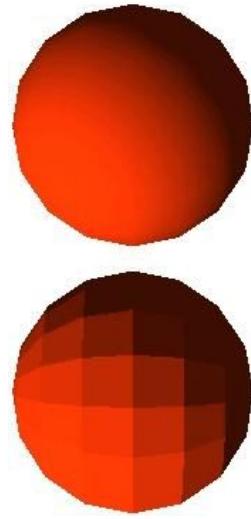
Couleur = Matériaux + Lumière

**Modèle de Phong, Gouroud, ...**

Lumière ambiante

Lumière diffuse

Lumière spéculaire



**Flat**

**Gouraud**

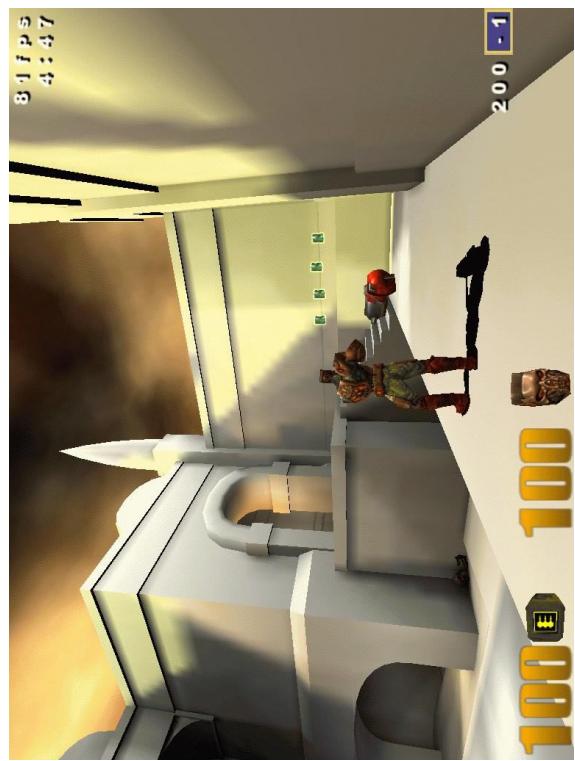
**Plat** : une normale (donc une couleur) par primitive

**Gouraud** : interpolation linéaire des intensités

**Phong** : interpolation linéaire des normales

## Texture : Application d'images sur des surfaces

### Avec ou sans textures



### Pourquoi ?

Plus de réalisme (textures photographiques) :

Marbre, bois . . .

Moins de polygones (relief simulé) :

Murs de briques . . .

### Comment ?

Plaquage sur primitives

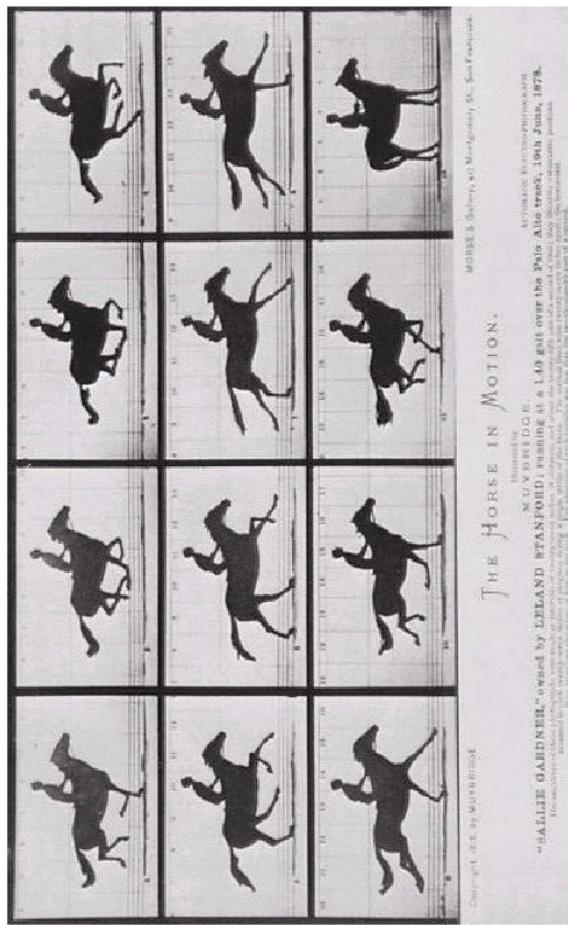
Correspondance entre texels et vertices

Apparence directe ou combinée

## L'interaction avec l'utilisateur

### L'animation

- Cette étape consiste à représenter le mouvement des différents objets de la scène.
- Continuité : Il s'agit de présenter une séquence d'images à une allure suffisamment rapide.



Gestion des événements

- 

"Je sème à tout vent" (Couchot, Bret, Tramus, 1990)

Tant que nouvel Événement

Clavier  
Souris

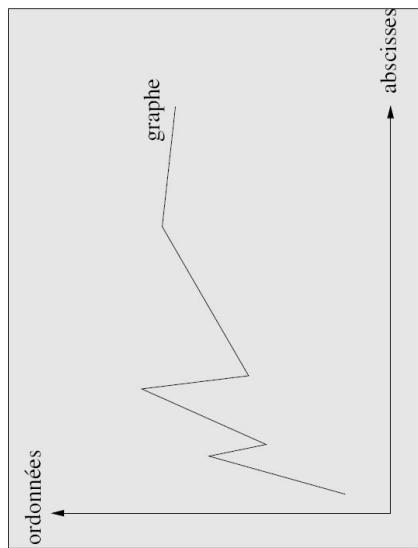
Traitement de L'événement

JOHNSON & GALT LTD. 1977. Muybridge's 'The Horse in Motion' AUTHENTICATED BY THE ROYAL LIBRARY OF CANADA.  
© EADWEARD MUYBRIDGE, 1878. AUTHENTICATED BY THE ROYAL LIBRARY OF CANADA.  
This sequence of still photographs was taken from a film strip of 120 frames per second of a horse galloping at full speed. The sequence shows the horse in various stages of its gait, illustrating the principle of persistence of vision. The film strip was taken by Eadweard Muybridge in 1878 and is now held by the Royal Library of Canada.

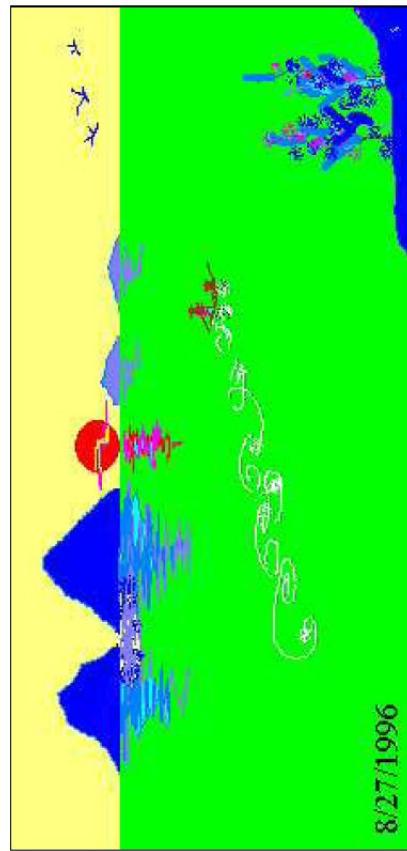
## Animation et déformation

## Les niveaux de complexité de la synthèse d'images

Dépendant des objets et de la scène à synthétiser.

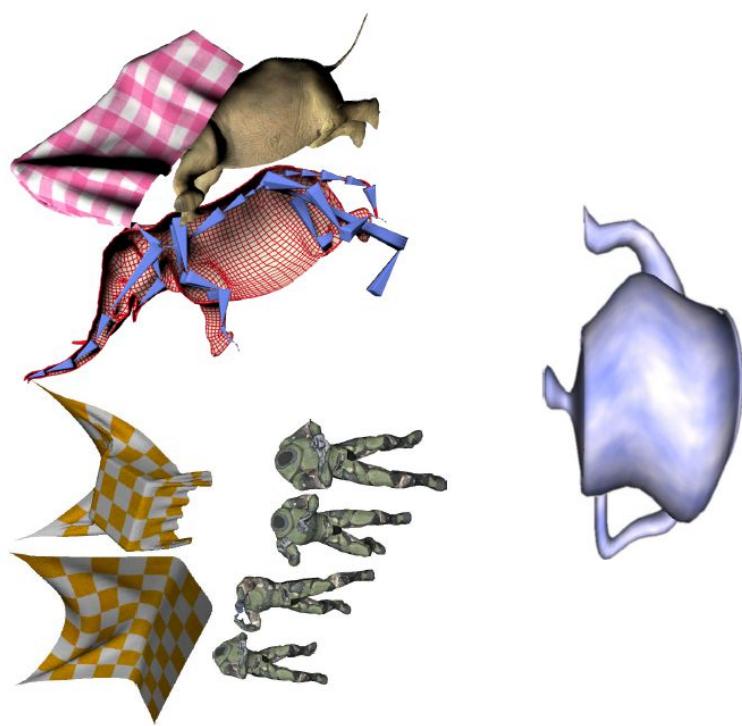


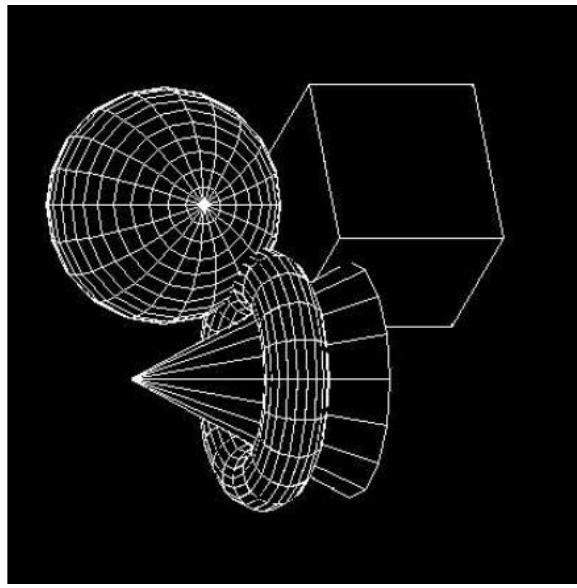
1. Dessins de lignes 2D (graphiques, diagrammes); les programmes de dessins nécessitent des algorithmes efficaces pour afficher des lignes, cercles, textes, etc.



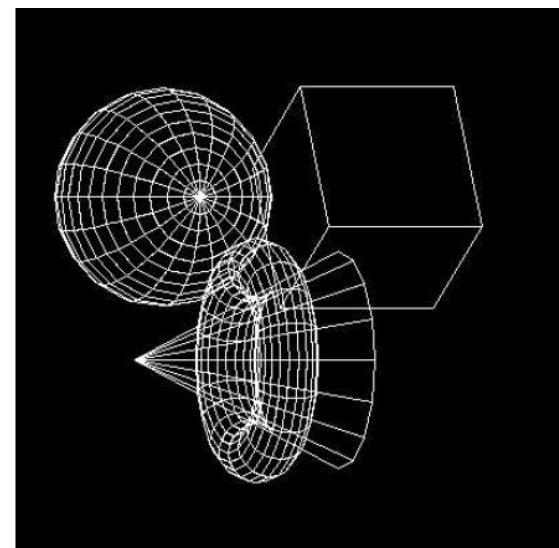
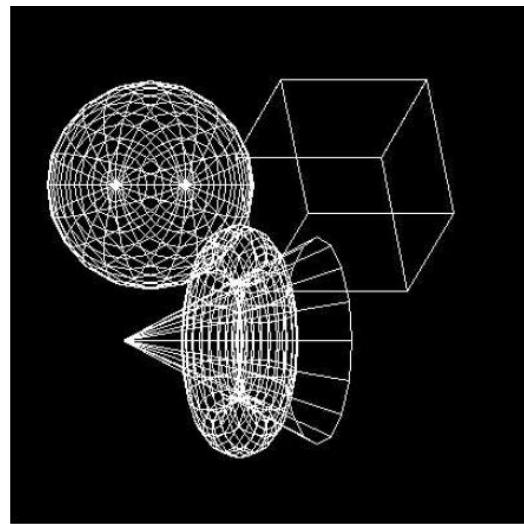
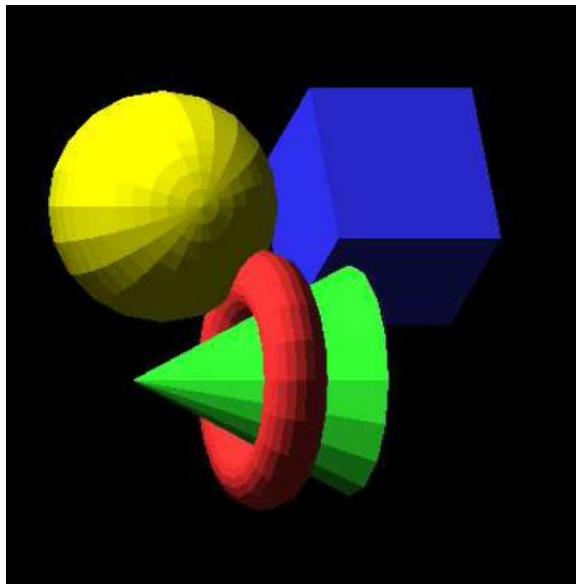
Copyright 1996 Jiu Jiao

2. Images 2D couleurs ; les programmes de dessins (peint) nécessitent des algorithmes de remplissage.



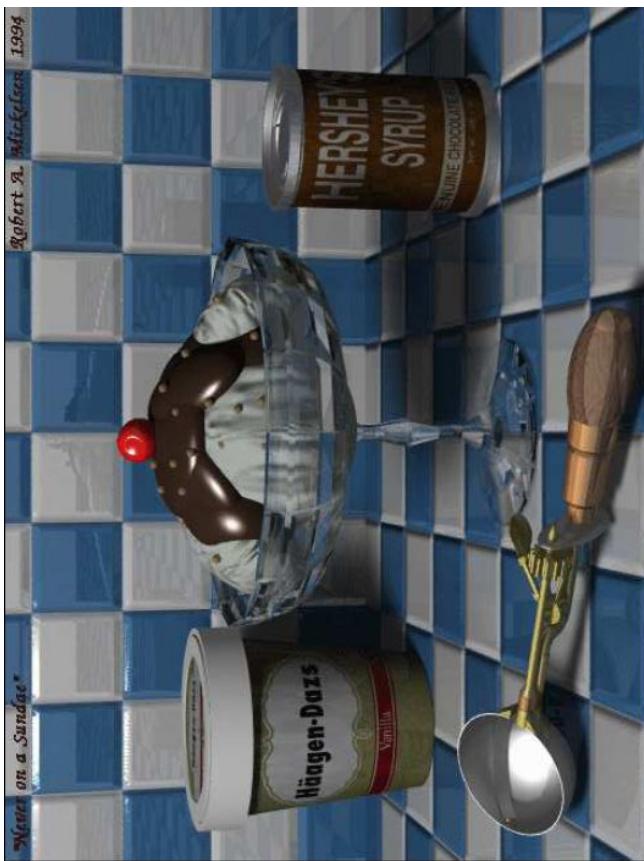


3. Dessins de lignes 3D; nécessitent des algorithmes efficaces de projection 3D-2D.

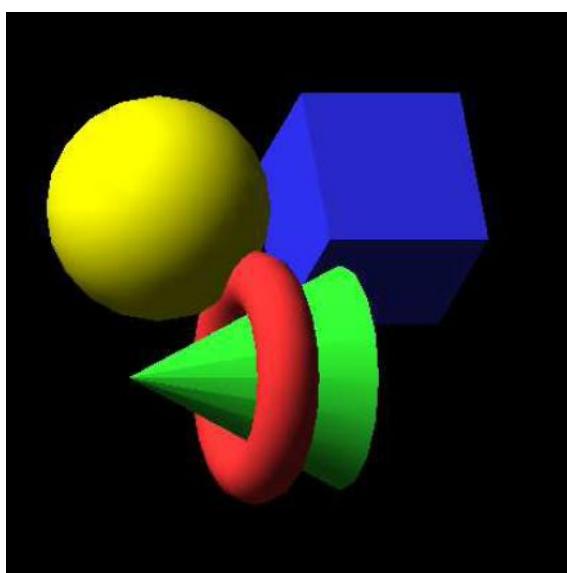


4. Dessins de lignes 3D avec élimination des lignes cachées ; nécessitent des algorithmes efficaces d'élimination des lignes cachées (d'un objet par lui-même, d'un objet par les autres objets).

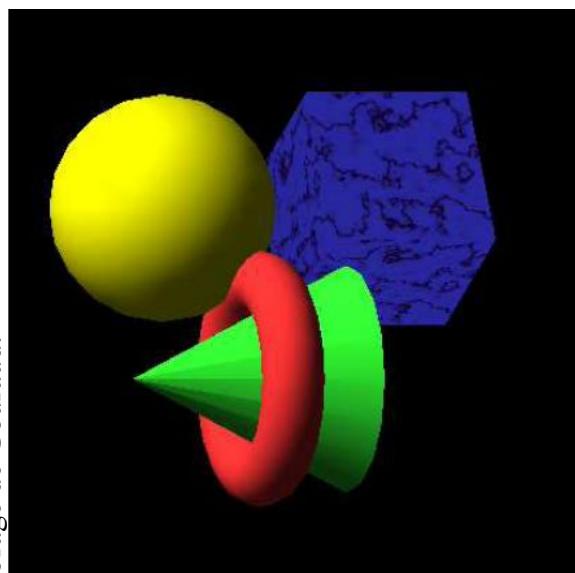
5. Images 3D couleurs ; nécessitent des algorithmes pour éliminer les surfaces cachées, pour dessiner les couleurs, les ombres et pour texturer.



6. Images photo-réalistes : nécessitent des modèles et programmes qui prennent en compte les propriétés des matériaux, la lumière, les réflexions, la transparence, les ombres (image calculée ici par lancer de rayons),



Rendu par ombrage de Gouraud.



Texture.

## Applications

Il existe de nombreux domaines d'application.

Voici quelques exemples:

Cinéma, animation, effets spéciaux ...

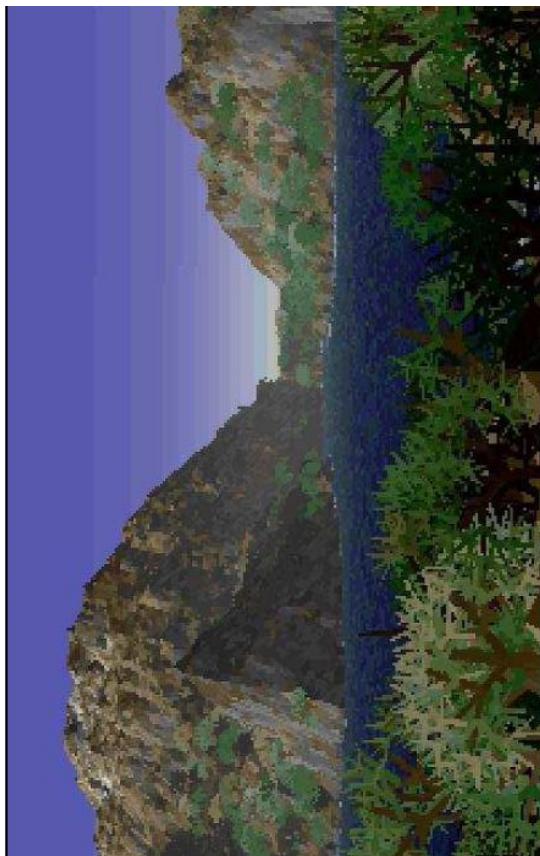
Domaine médical

La construction: aéronautique, automobile...

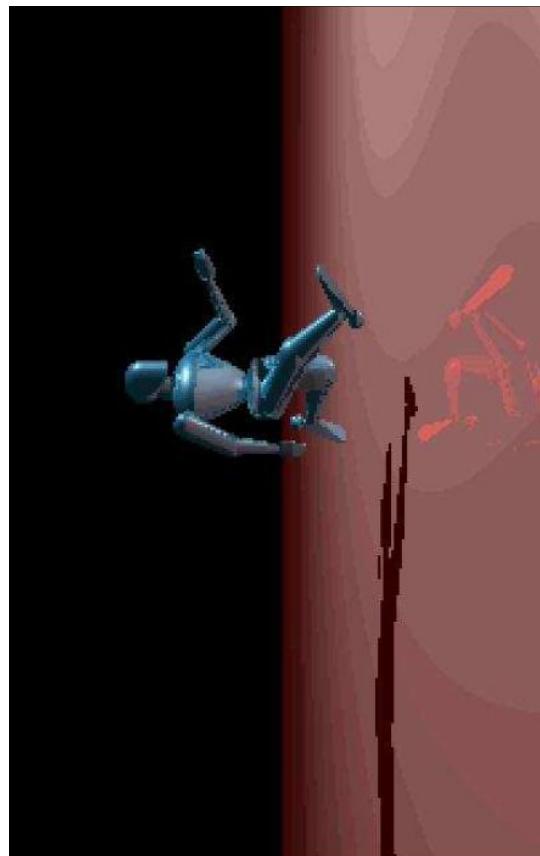
La simulation de phénomènes physiques ou naturels

La réalité virtuelle

...



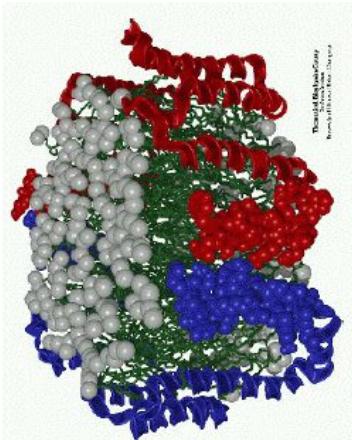
Les interactions de la lumière avec les matériaux, la modélisation d'objets naturels et donc complexes (ici avec des fractales).



7. Animation ; accentue le réalisme de manière importante ; nécessite le calcul des mouvements et positions des objets/scène.

## 1) Visualisation d'informations

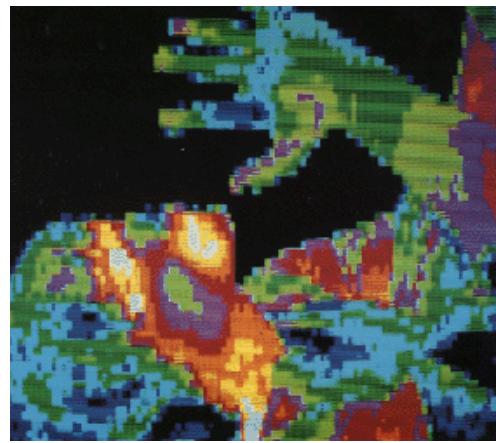
- Cartographie
- Données statistiques
- Imagerie médicale
- visualisation scientifique (biologie, mécanique, etc.)
- ... .



➤ Point clé : exactitude des modèles



Plan d'Orsay, Mappy, 2005



Carte de température de la peau

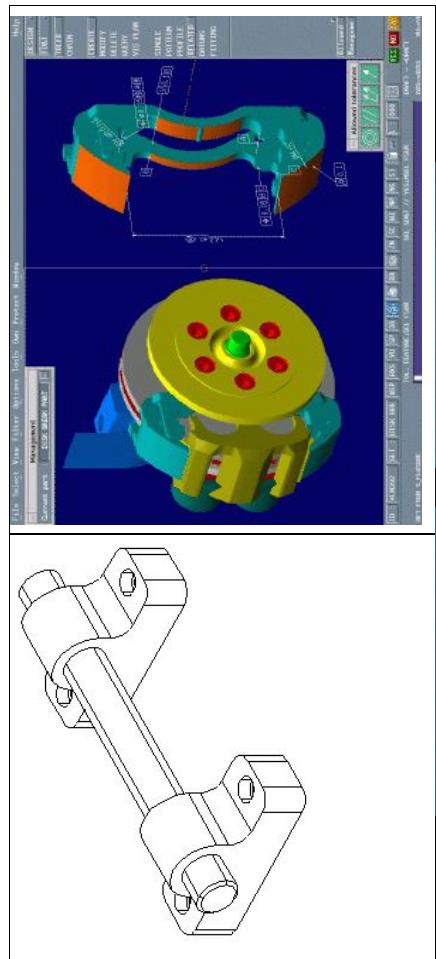


## Application : sciences physiques

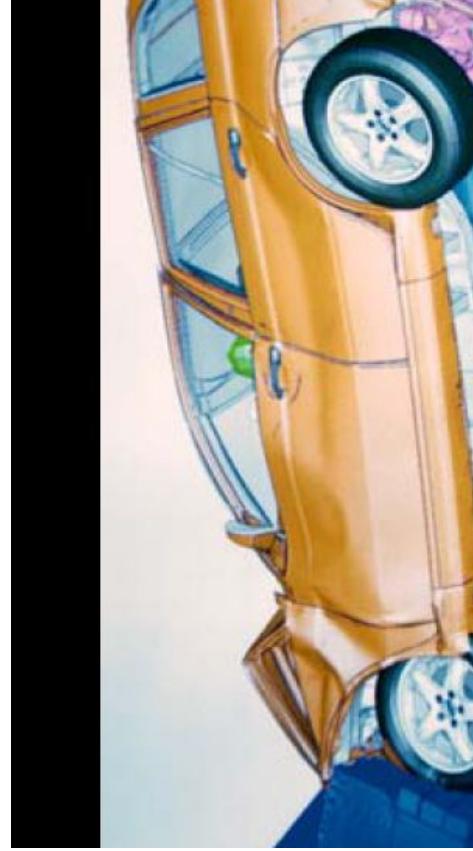
- Modélisation de phénomènes physiques complexes
- Simulation d'expériences délicates
- Visualisation de données scientifiques
- Point clé : exactitude des modèles

## 2) la recherche industrielle

- Aide à la modélisation et à la conception
- Conception et visualisation 3D
- Tests de fonctionnement
- **Point clé** : similitude avec la réalité



## Automobile



Modélisation réalisée par SGI

On voit nettement une progression de l'utilisation de l'ordinateur dans ce domaine:

DAO : dessin assisté par ordinateur (la table à dessin informatisée)

CFAO : conception et fabrication assistée par ordinateur.

CAO : conception assistée par ordinateur CAD (AUTOCAD...)

FAO : fabrication des objets assistée par ordinateur

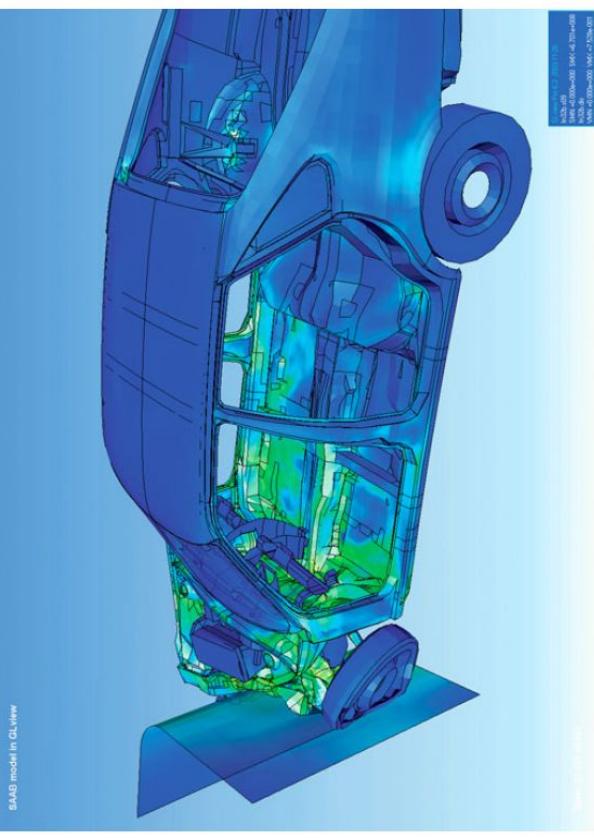


DataCAD

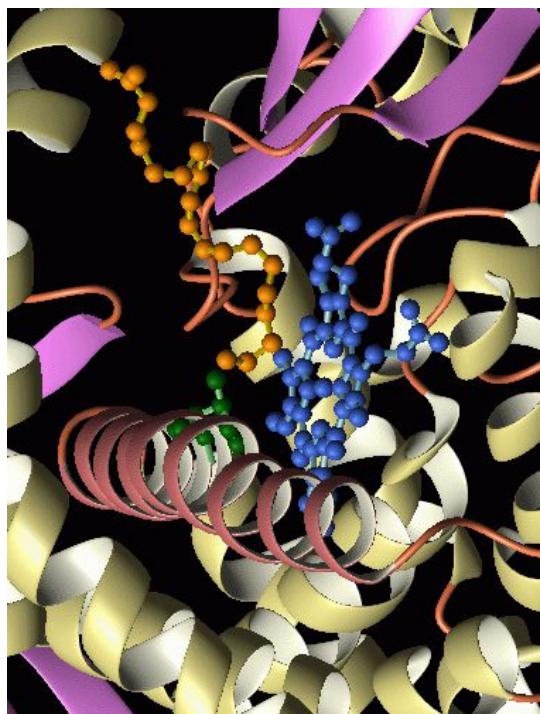
CATIA « Prost Grand prix »

## Simulation numériques - FEM

## Modélisation de phénomènes complexes



SAAB model in GiView



## Exploration de nouvelles formes graphiques



## Simulation et Animation

### ► Jeux (marché supérieur au cinéma)

- simulateurs de conduite, de vol, d'assemblage
- dessins animés, films
- ...



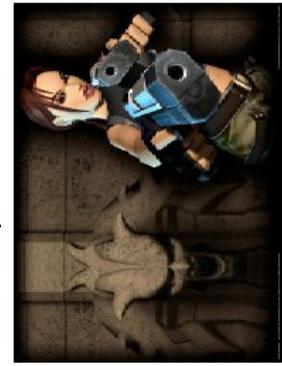
« Flight simulator », Microsoft, 2002



« Toy Story 2 », Disney/Pixar, 1999



© G. Lucas "la guerre des étoiles - 1er épisode"



Mac OS X 10.4, Apple, 2005  
« Tomb raider VI », Eidos/Core Design, 2003

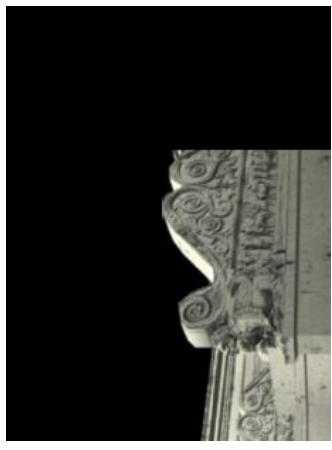


Mac OS X 10.4, Apple, 2005

Point clé : vitesse d'animation

- Modèles de fenêtrages, menus, icônes, boutons, barres de défillements
- ...  
...

## Architecture



Modélisation de l'Ara Pacis - Rome

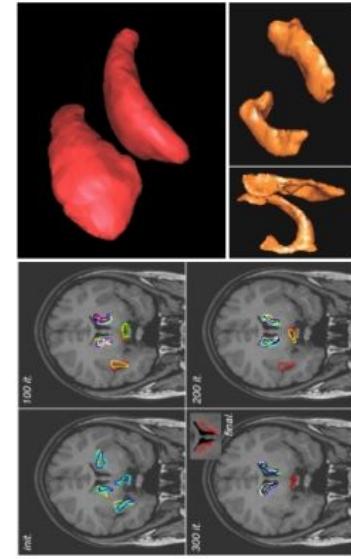
## Domaine médical

- Visualisation de données scanner (surfacique ou volumique)
- Reconstruction des organes
- Simulation de déformations (opération virtuelle)

## Archéologie



● ...



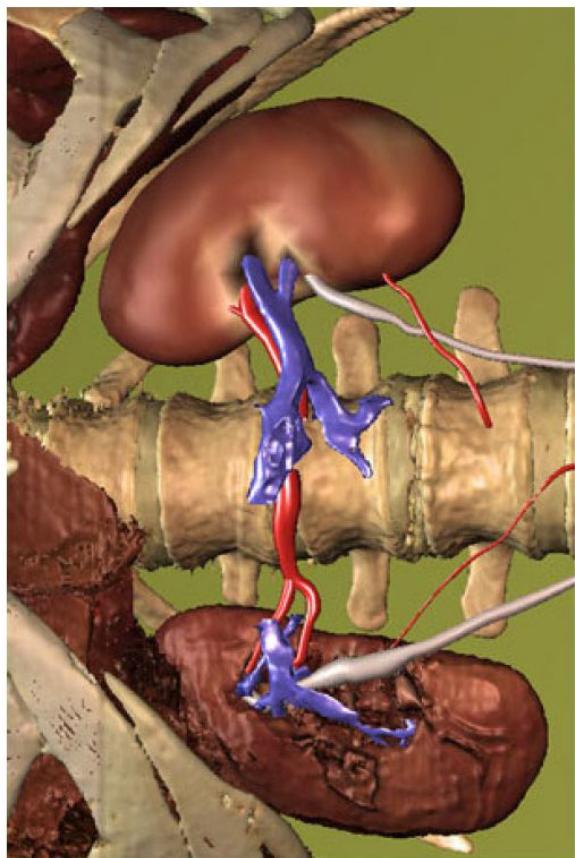
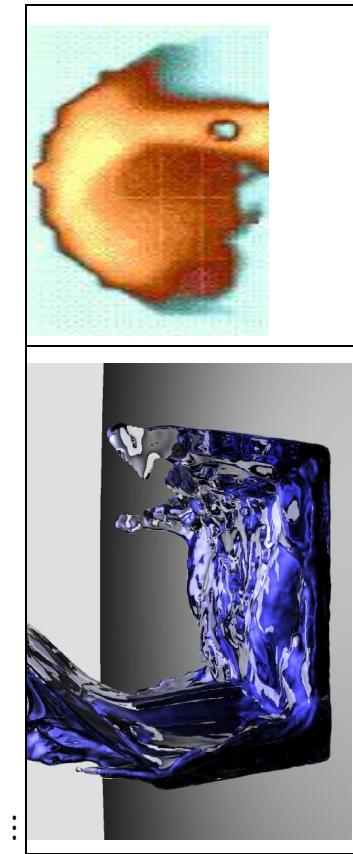
## Domaine Médicale

# Simulation de phénomènes phys. ou nat.

Recherche de L'interactivité ou non

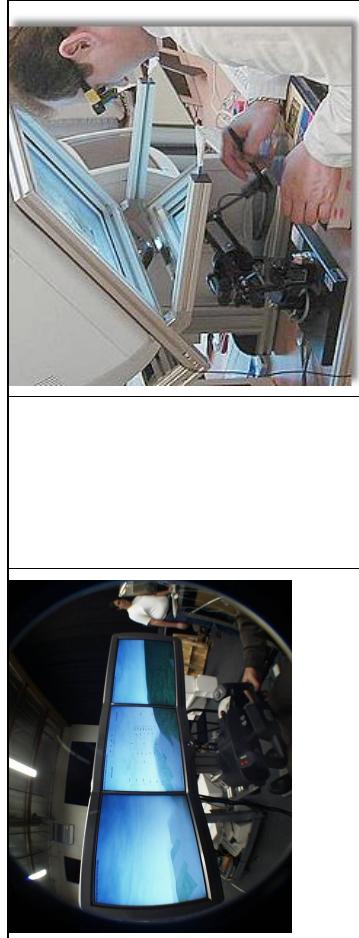
Spécifiquement adaptés à la résolutions des équations de la physique pour les **simulations réalistes**

Recherche d'un effet visuellement correct avec une simulation "temps réel"

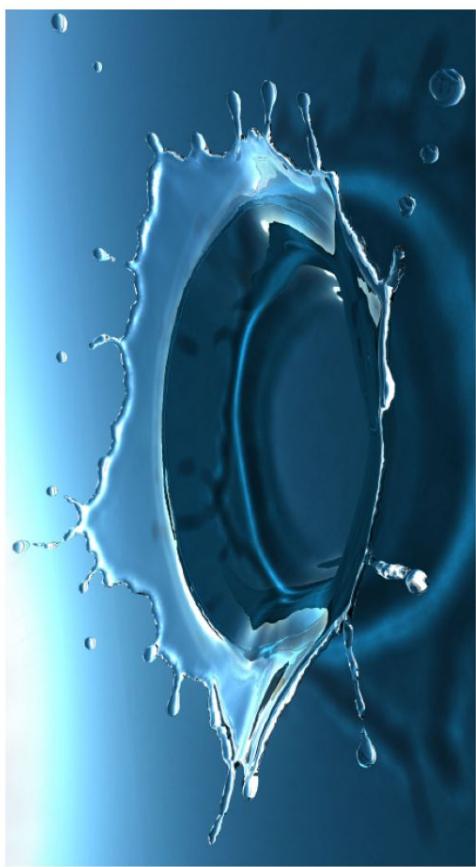


# La réalité virtuelle

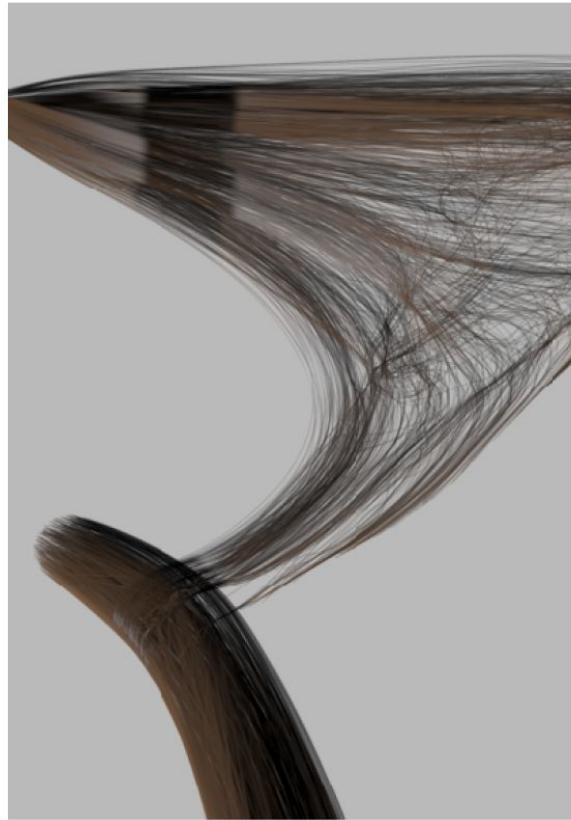
- Modélisation d'environnements réels ou imaginaires
- Modélisation adaptée à l'animation et la navigation "temps réel"
- Dépend fortement de l'application (simulation de ville, le musé virtuel, un monde où l'on évolue, les simulateurs en immersion...)

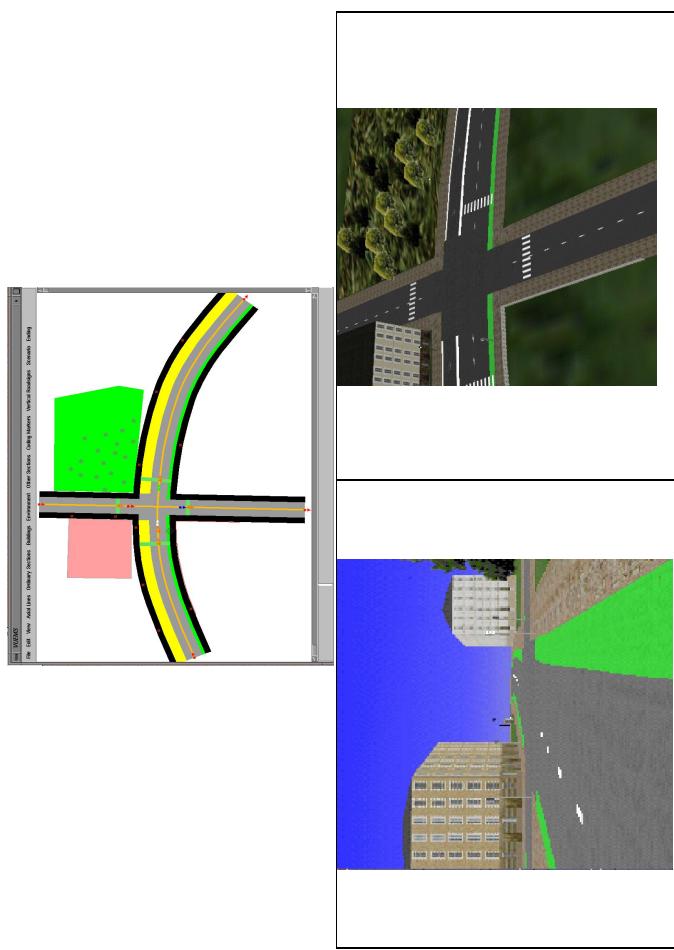


Simulation fluides



Simulation fibres





## Avantages de l'infographie

- Moyen naturel pour communiquer.
- Produire des images synthétiques.
- Images animées.
- Dynamique du mouvement.
- Dynamique de mise à jour.

## Programme

- Ce cours a pour but de permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances générales sur le graphisme par ordinateur.
- Nous allons donc couvrir plusieurs aspects de l'infographie.
- Le cours se propose de couvrir en plus ou moins de détails des sujets suivants :

### **CM**

- Algorithmes de bases : traçage, découpage, remplissage
- Anti-Aliasing : *Effet indésirable : les marches en escalier ou crênelures. La suppression de ce phénomène est appelée Anti-Aliasing*
- Transformations géométriques et projectives
- Courbes (Bézier, Bspline, ...)
- Surfaces (Bézier, Bspline, Révolution, ...)
- Surfaces de Subdivision
- Déformations
- Modélisation
- Visualisation
- ...

### **TD&TP**

- Langage C
- OpenGL

# Références

## LIVRES :

### 1• Ouvrages généraux consultés

- \* F. POPPER "L'art à l'âge électronique", traduit de l'anglais par F. Straschitz, Hazan, 1993
- \* P. BARBOZA "Les nouvelles images" Somogy - Cité des sciences, 1997
- \* B. POINSSAC "L'infographie", Que Sais-Je n° 2800, PUF, 1994
- \* J.P COVWENBERGH "L'indispensable pour la synthèse d'image", Marabout, 1995

### 2• Informatique de la synthèse d'image

- \* FOLEY, van DAM, FEINER, HUGHES "XComputer Graphics: Principles and Practice", Addison Wesley, 1990 version "light" traduite : "Introduction à l'infographie", Addison Wesley France, 1995
- \* M. BRET "Images de synthèse - méthodes et algorithmes pour la réalisation d'images numériques", Dunod, 1988 (épuisé...)
- \* JP. GOURRET "Modélisation d'images fixes et animées", MASSON, 1994
- \* B. PEROCHÉ et al. "Informatique graphique, méthodes et modèles" Hermès, 1998.

- Fondements de l'infographie, Jean-Pierre Dussault.
- Introduction à l'infographie, James Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner.

## RÉFÉRENCES DU COURS :

- Nabel Anwer
- Adel HLAOUI ameyer – Lyon
- Edmond Boyer : <http://devernay.free.fr/cours/vision/pdf/cl.pdf>
- Denis.Durou/ENSEIGNEMENT/VISION/COURS/co01.html
- P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris Répertoire : Doc-Introduction « imason2.pdf »