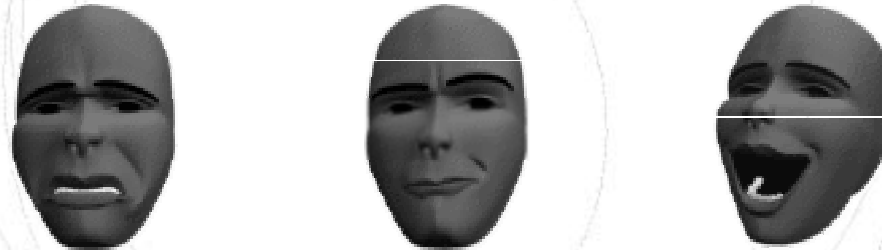


Valeur C et DEA
Conception d'applications multimédia

Synthèse d'images

Une introduction



Alexandre Topol

Département Informatique
Conservatoire National des Arts & Métiers

2001-2002

Plan du cours

1. Introduction	
2. Polyèdres, surfaces d'élévation, facettage	
3. Courbes et surfaces paramétrées	Séance 1 – 20/02
4. Fractales et modèles procéduraux	
5. Opérations de composition de scènes	Séance 2 – 06/03
6. Projection 2D et clôturage	
7. Faces visibles et cachées	Séance 3 – 13/03
8. Coloriage réaliste (Gouraud, Phong, ombrage)	
9. Le suivi de rayons (raytracing)	Séance 4 – 20/03
10. Techniques de visualisation	Séance 5 – 27/03
Contrôle des connaissances	Séance 6 – 03/04

1. Introduction

- 1.1. Problématique
- 1.2. Description de la scène
- 1.3. Visualisation de la scène
- 1.4. Le logiciel et le matériel
- 1.4. Références

1.1. Problématique

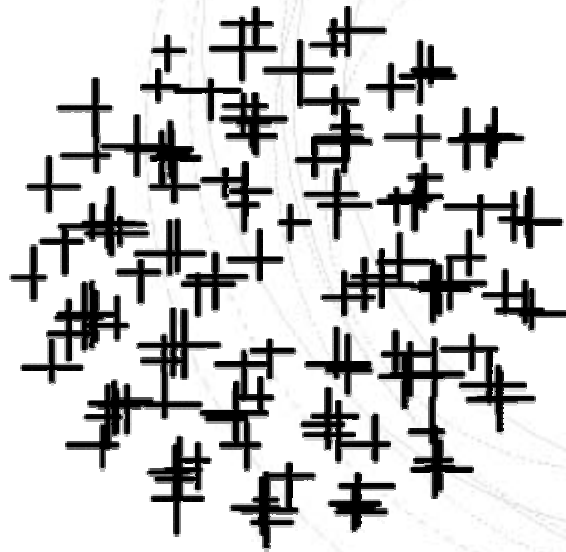
- Une image = une matrice de pixels
ici 39x36 pixels et 256 niveaux de gris
- On veut obtenir cette image sans
intervention directe sur les pixels :
par programme
- Les ordres de l'utilisateur correspondent à la
description de la scène que le programme doit
dessiner sur l'écran



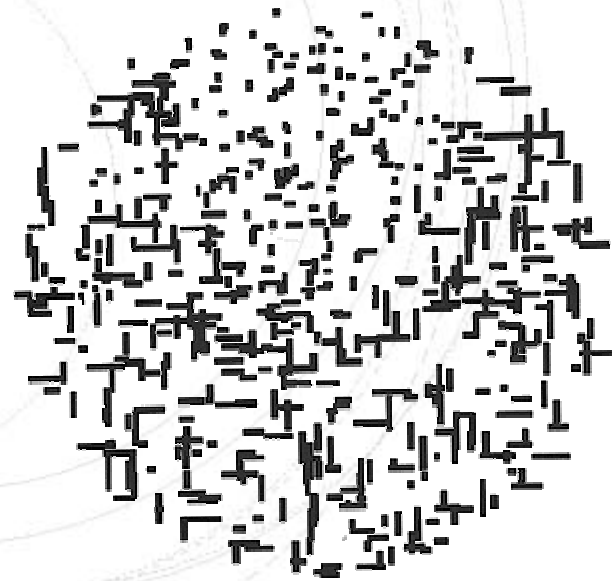
1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

- Aucune : l'image est entièrement réalisée par le programme de synthèse



"Composition with lines"
Mondrian, 1910



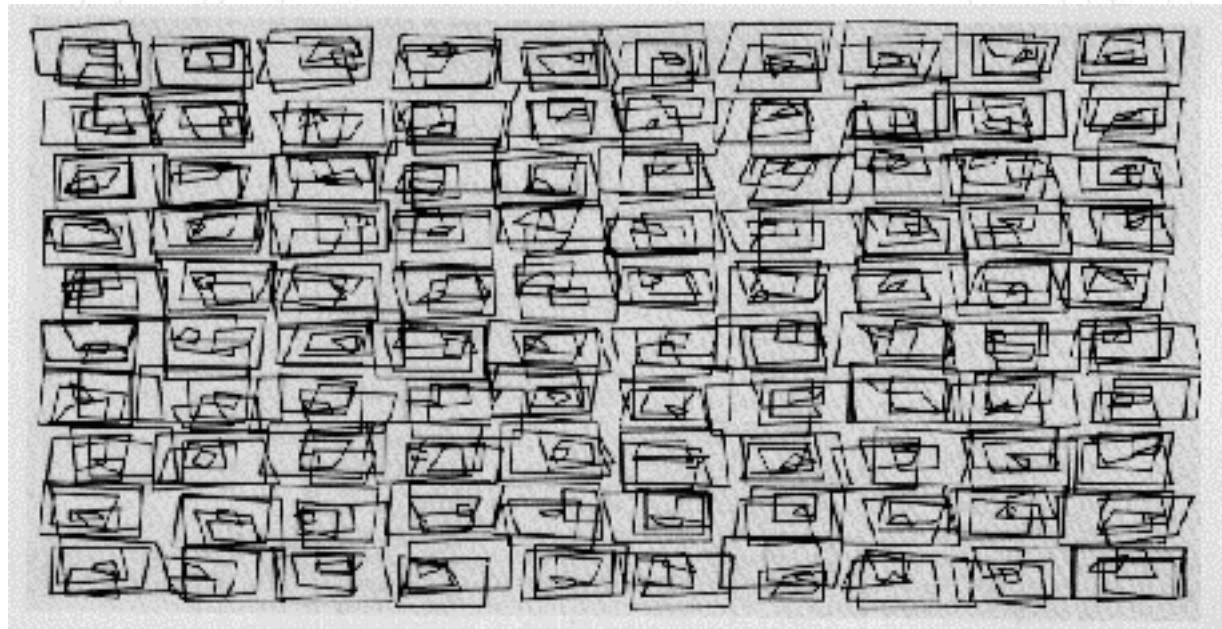
"Computer composition with lines"
Noll, 1965

in [POINSSAC] p. 58

1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

- Aucune : l'image est entièrement réalisée par le programme de synthèse



"Comment faire sortir le carré de ses gonds", Vera MOLNAR, 1988
in [POPPER] p. 81

1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

- Par commande : l'image est fonction d'une action de l'utilisateur

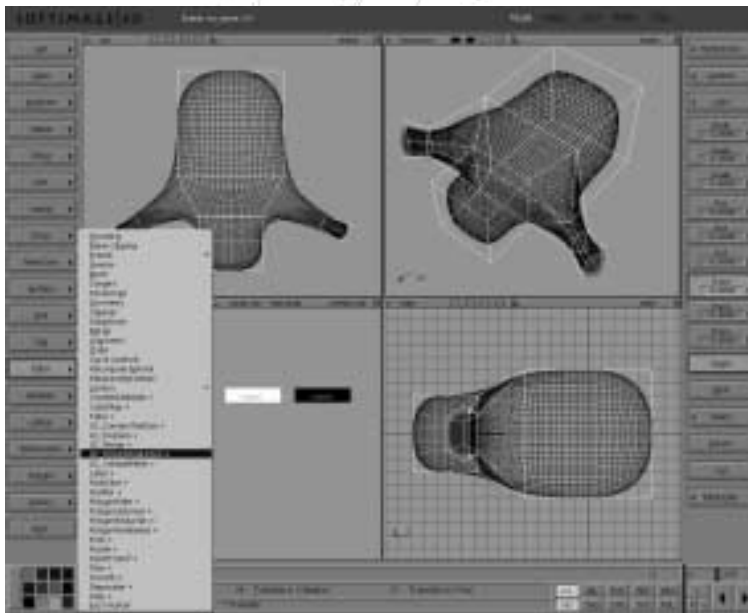


"je sème à tout vent", Couchot, Bret, Tramus, 1990

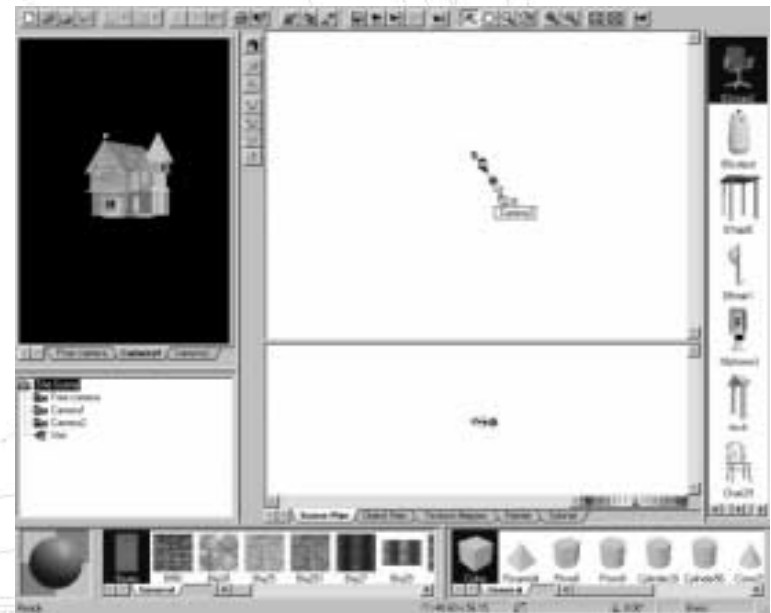
1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

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



SoftImage 3D



Internet Space Builder

1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

- Par langage spécialisé : Description de la scène sans programmer – POV

```
#include "colors.inc"
#include "stones.inc"

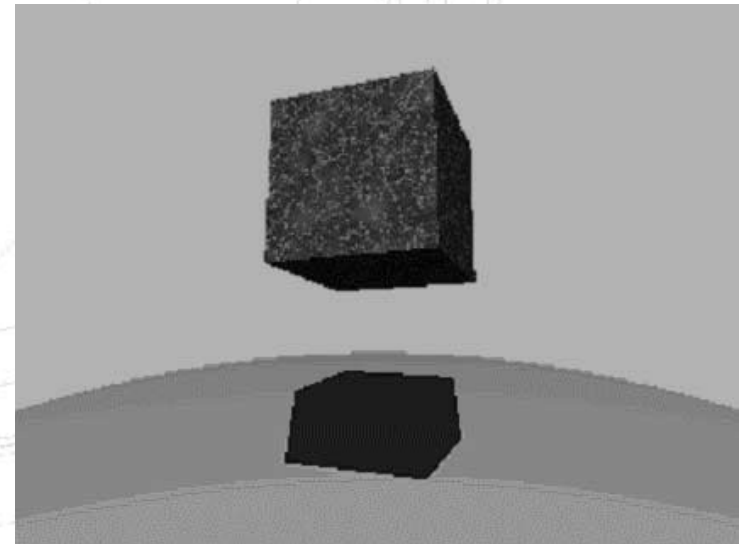
background { color Cyan }

light_source { <0, 10, -10> color White}

camera {
  location <0, 0, -7>
  look_at <0, -1, 0>
}

box {
  <-1, -1, -1>, < 1, 1, 1>
  texture {T_Stone25}
  rotate <20, 20, 0>
}

cylinder {
  <0,-5,0>, <0,-10,0>, 10
  pigment{White}
}
```



1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

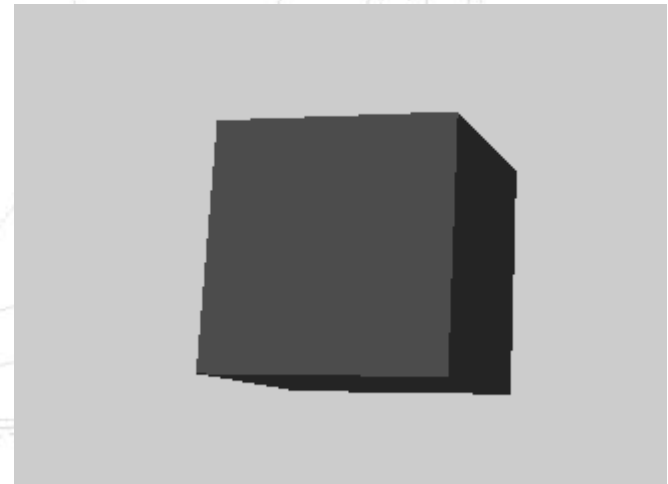
- Par langage spécialisé : Description de la scène sans programmer – VRML

```
#VRML V2.0 utf8

Background { skyColor 0.8 0.8 0.8 }

DirectionalLight { direction 0 0 -10}

Transform {
  translation -1 -1 -1
  rotation 1 1 0 -0.35
  children [
    Shape {
      geometry Box { size 2 2 2 }
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 1 0 0
        }
      }
    }
  ]
}
```



1.1. Problématique

Types d'interaction avec l'utilisateur

- Par programme : description d'une scène en s'appuyant sur une bibliothèque de fonctions 3D

```
#include <GL/glut.h>

void init(void) {
    glClearColor (0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
    glShadeModel (GL_FLAT);
}

void display(void) {
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 1.0, 1.0);
    glScalef (1.0, 2.0, 1.0);
    glutWireCube (1.0);
    glFlush ();
}

void reshape (int w, int h){
    glViewport (0, 0, (GLsizei) w, (GLsizei) h);
    glMatrixMode (GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity ();
    glFrustum (-1.0, 1.0, -1.0, 1.0, 1.5, 20.0);
    glMatrixMode (GL_MODELVIEW);
}

int main(int argc, char** argv){
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode (GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize (500, 500);
    glutCreateWindow (argv[0]);
    init ();
    glutDisplayFunc(display);
    glutReshapeFunc(reshape);
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

1.1. Problématique

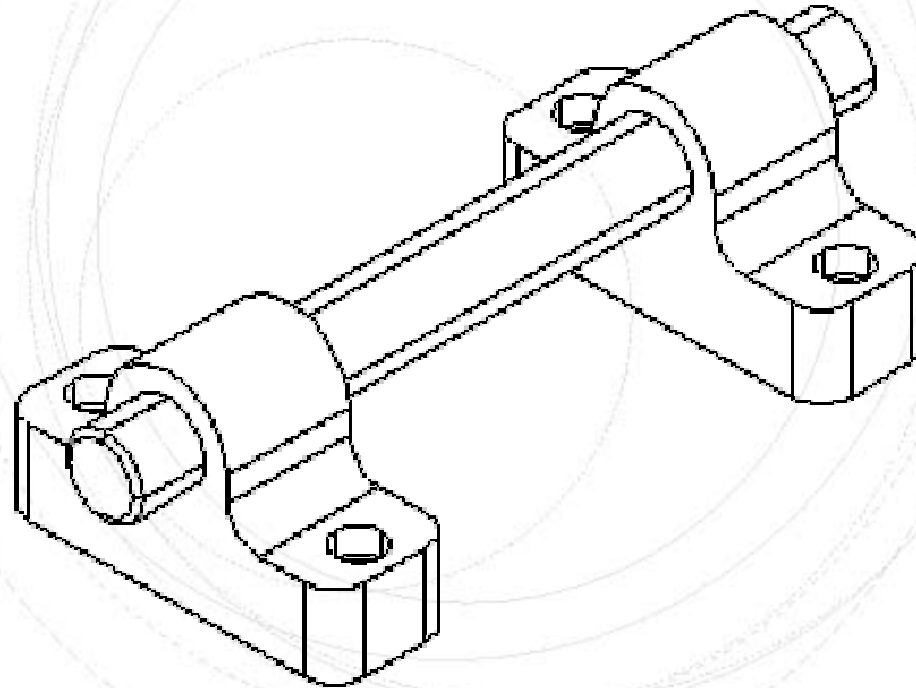
Problématiques connexes et non traitées

- Interface homme/machine (2D) : bureautique, contrôle de processus, ...
- "Business graphics" (2D+) : graphes, courbes, ...
- "Scientific visualisation" (3D) : tomographie, dynamique des fluides, ...
- Conception Assistée par Ordinateur (3D) : mécanique, architecture, archéologie, ...
- Animation (3D non temps réel) : pubs, dessins animés, ...
- Réalité virtuelle (3D temps réel) : simulateurs, ...

1.1. Problématique

Quelques images type

- L'aide au design

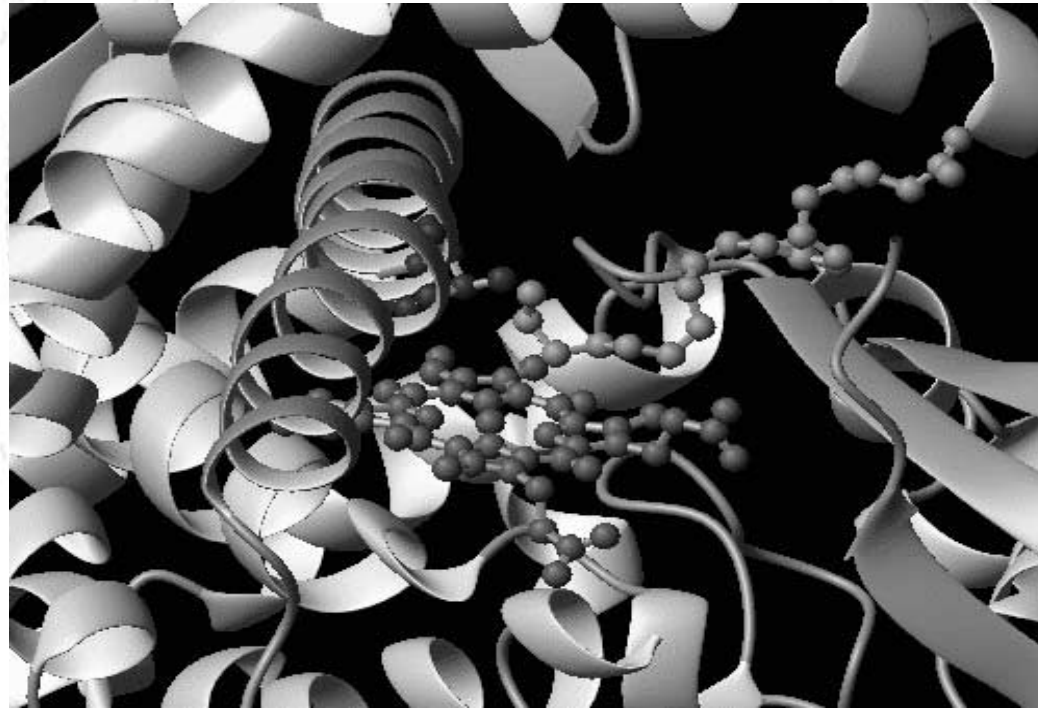


Visualisation "fil de fer" (CADKEY)

1.1. Problématique

Quelques images type

- Visualisation de phénomènes complexes



Biologie moléculaire

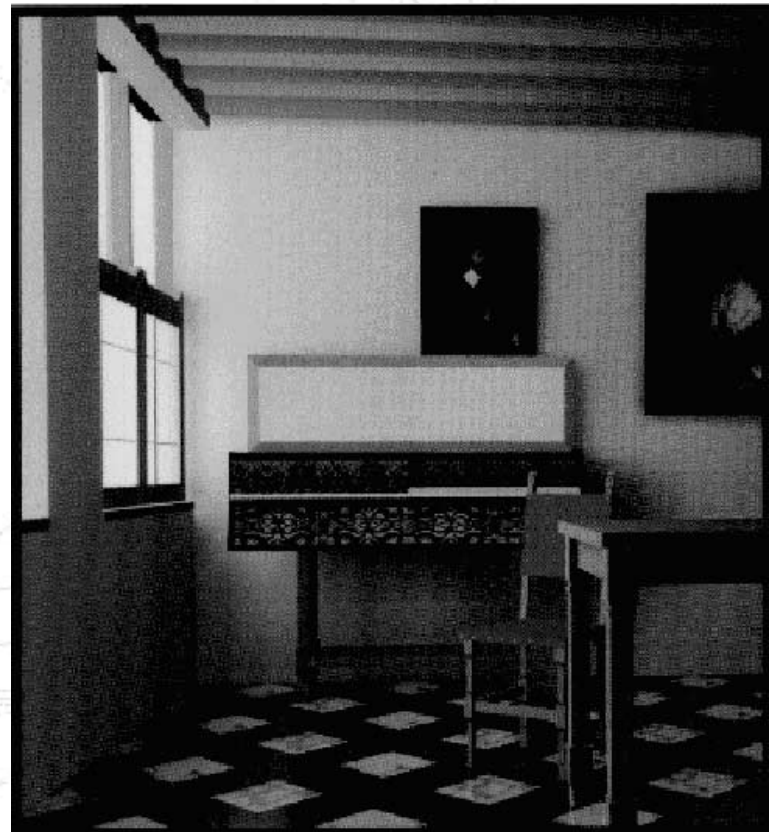
1.1. Problématique

Quelques images type

- La quête du réalisme visuel

Wallace, Cohen, Greenberg Univ. Cornell
1987

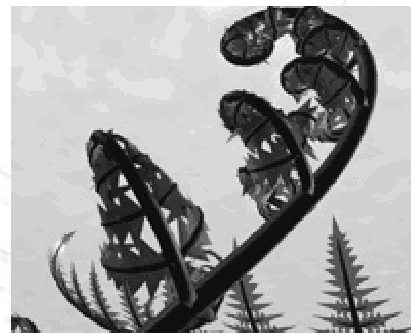
"Dutch interior", d'après Vermeer
in [FOLVD] plate I.9



1.1. Problématique

Quelques images type

- Exploration de nouvelles formes graphiques



Karl Sims "Panspermia" in [POPPER] p. 101

1.2. Description de la scène

Quels objets veut-on représenter ?

- des objets existants, dont on pourrait décrire toutes les caractéristiques de manière exhaustive
- des objets nouveaux, dont les caractéristiques sont connues partiellement et proviennent d'un calcul (ou d'un modelage)

1.2. Description de la scène

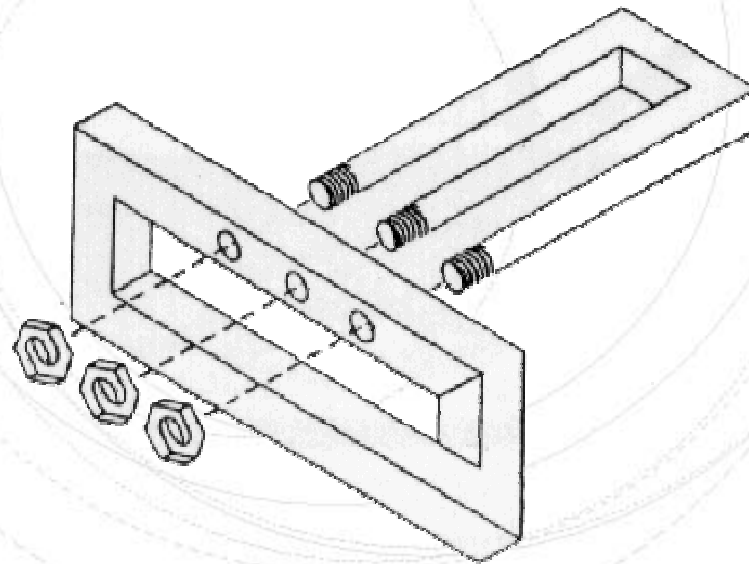
Comment va-t'on décrire les objets ?

- Essentiellement par leur forme (volumes)
 - volume variable ou non ?
 - solide \neq liquide \neq gaz
 - si solide : déformable ou non ?
 - cafetière \neq étoffe \neq visage \neq tas de sable
 - si solide non déformable : décomposable en solides (ou surfaces) élémentaires ?
 - forêt = ens. d'arbres
 - arbre = un tronc et des branches
 - tronc = un cylindre
 - branche = un arbre...

1.2. Description de la scène

Comment va-t'on décrire les objets ?

- Les objets sont décrits par les frontières de leurs faces (supposées définies...)
 - Don Mackey "Objet Impossible" in Skywriter, 1966



"Objet Impossible", in Skywriter 1966

1.2. Description de la scène

Comment va-t'on décrire les objets ?

- Les objets sont décrits par les frontières de leurs faces (supposées définies...)
 - Don Mackey "Objet Impossible" in Skywriter, 1966
- En pratique : des modèles très restreints.
 - Faces planes, frontières polygonales
- On ajoute des "effets" pour prendre en compte les détails des objets et des conditions de visualisation
 - textures synthétiques
 - textures extraites d'images
 - effets de flou, brumes...

1.2. Description de la scène

Décomposition

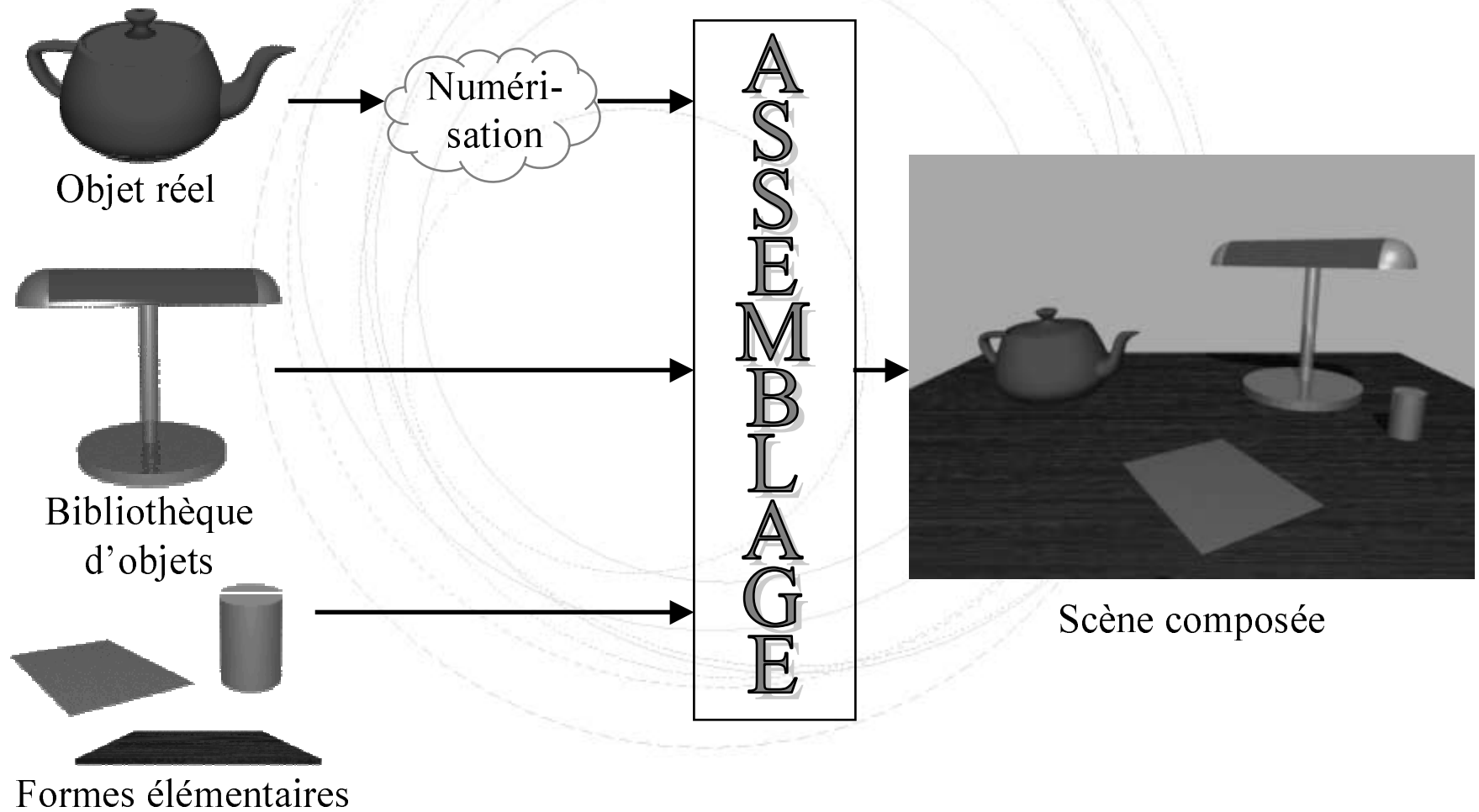
- Description des surfaces élémentaires
 - explicite, par liste de sommets (polyèdres)
 - description d'un profil (surfaces de révolution) ou d'une coupe (prismes, "sweeps")
 - par points de contrôles et un modèle de surface (Bezier, Coons, B-splines, ...)
 - implicite, par algorithme (fractales, modèles stochastiques)

1.2. Description de la scène

Hiérarchisation

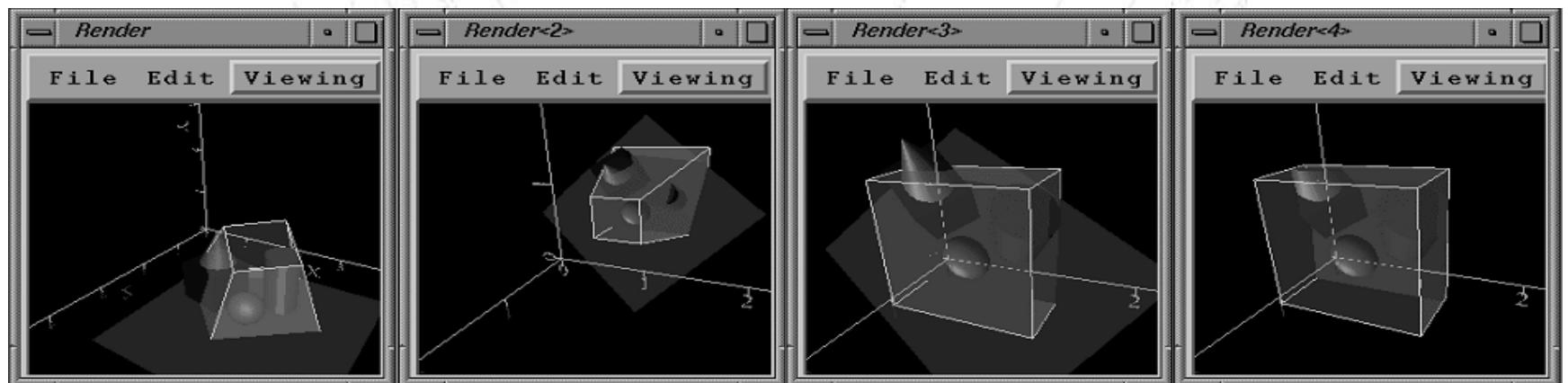
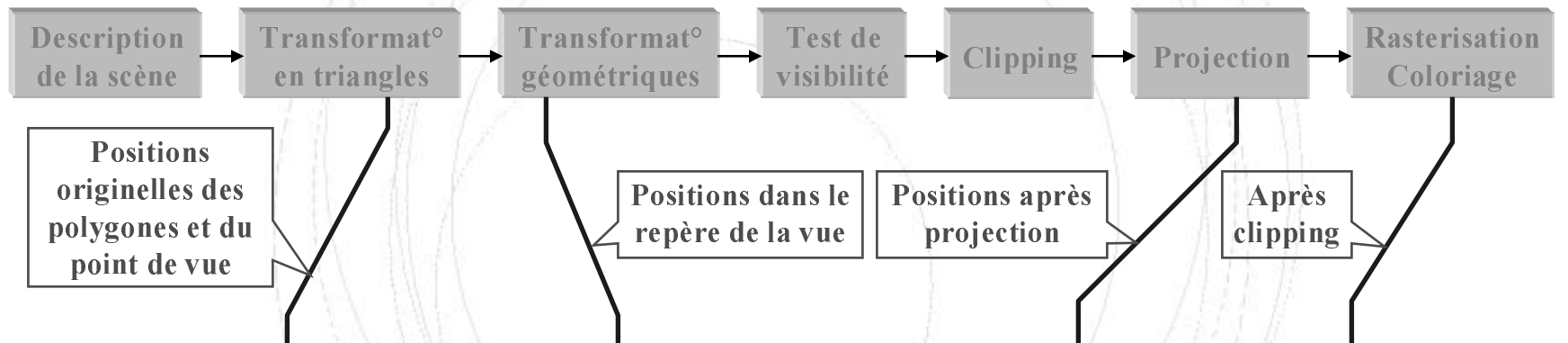
- Opérations d'assemblage
 - transformations géométriques : translation, rotation, homothétie...
 - Opérateurs booléens : union, intersection, différence

1.2. Description de la scène Hiérarchisation



1.3. Visualisation de la scène

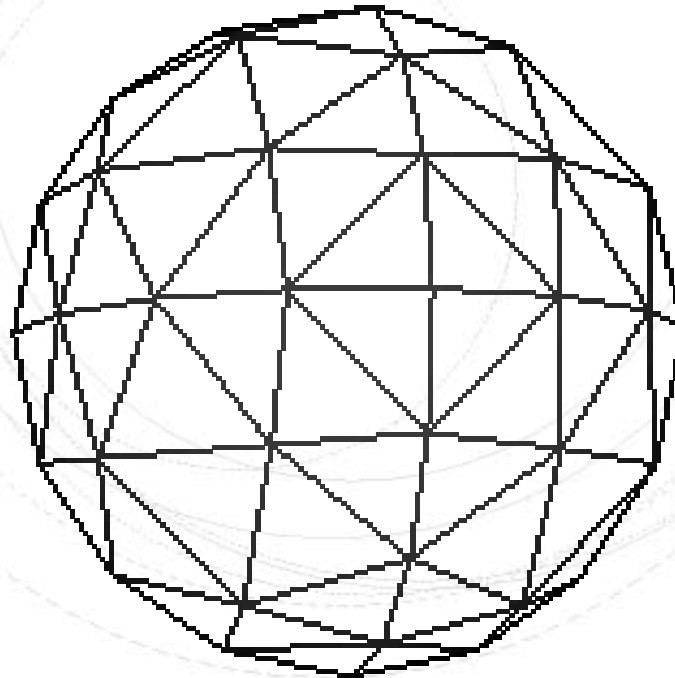
- Le « pipeline standard » de rendu



1.3. Visualisation de la scène

Diverses techniques de rendu

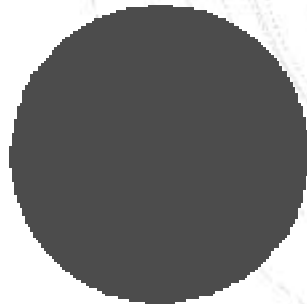
- Le filaire ("wireframe")
 - Prise en compte de la distance à l'observateur ("depth cueing")



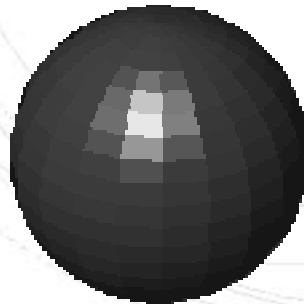
1.3. Visualisation de la scène

Diverses techniques de rendu

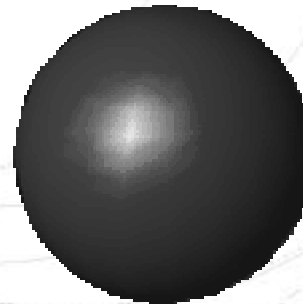
- Prise en compte des caractéristiques réflexives des surfaces
 - Une couleur par face ("flat shading")
 - Interpolation de Gouraud d'une face à l'autre
 - Interpolation de Phong (normale à la face)



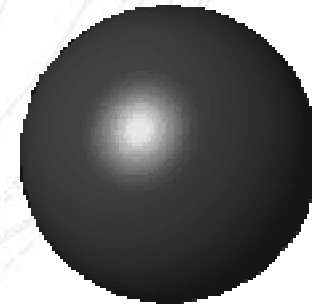
Aucun



Flat



Gouraud



Phong

1.3. Visualisation de la scène

Diverses techniques de rendu

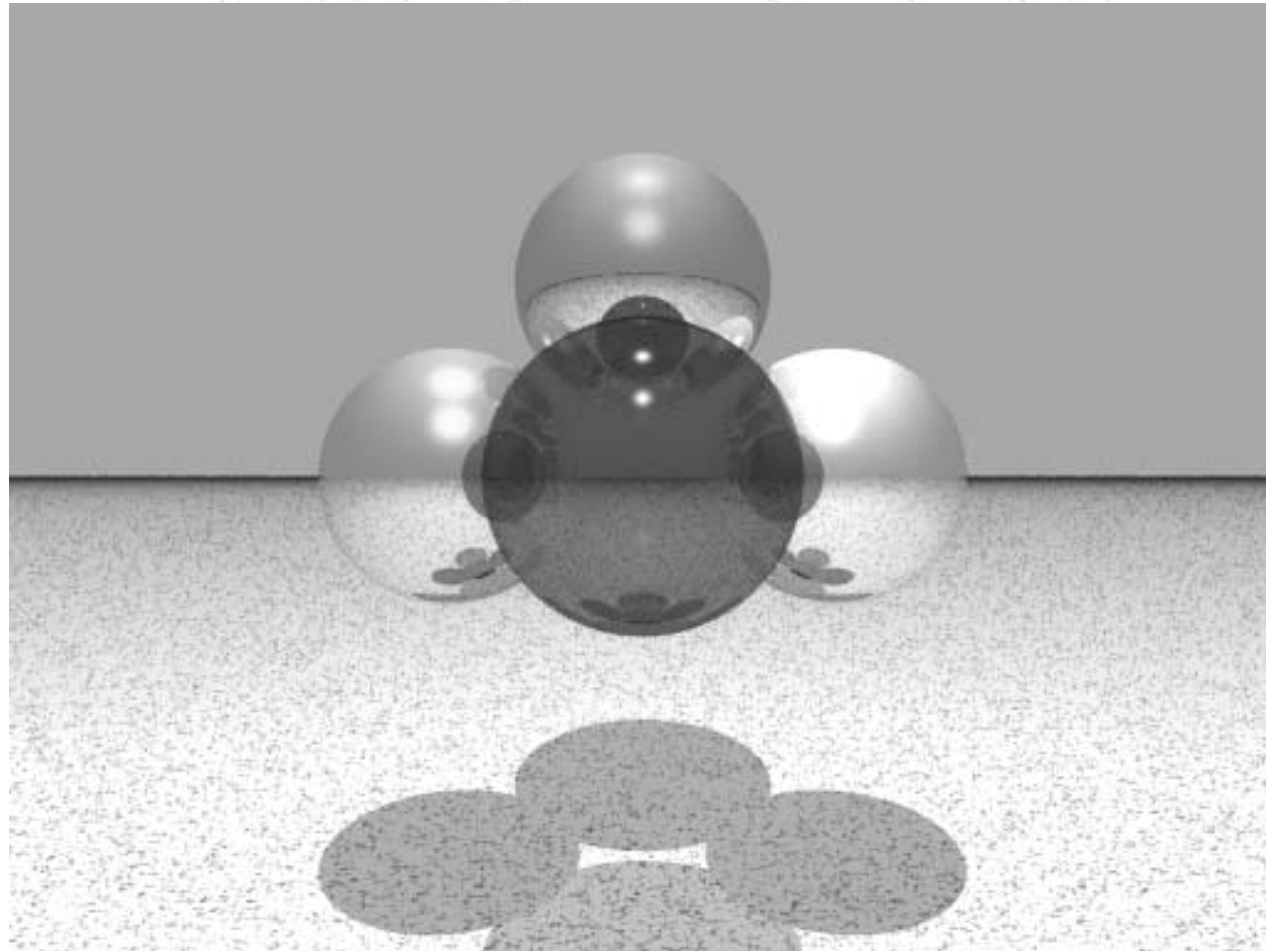
- Prise en compte des caractéristiques réflexives des surfaces
 - Une couleur par face ("flat shading")
 - Interpolation de Gouraud d'une face à l'autre
 - Interpolation de Phong (normale à la face)
 - ⇒ la méthode la plus commune
 - ⇒ logique câblée, temps réel

1.3. Visualisation de la scène

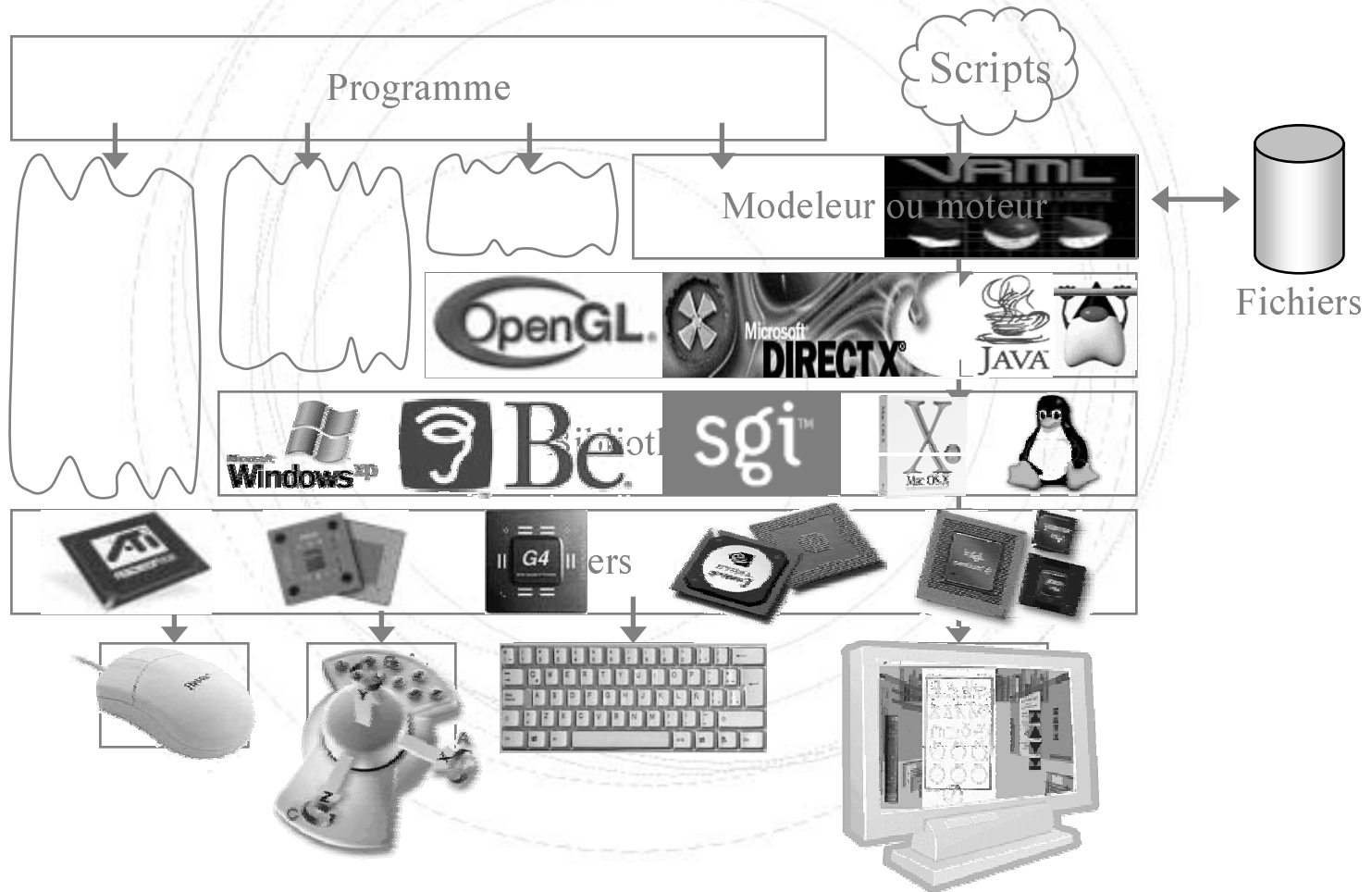
Diverses techniques de rendu

- Prise en compte des interactions entre objets
 - Tracé des ombres
 - Sources lumineuses non ponctuelle
 - Transparence de certains objets
 - ⇒ suivi de rayons ("ray tracing"), radiosité, méthodes mixtes
 - ⇒ toujours coûteux

1.3. Visualisation de la scène Diverses techniques de rendu

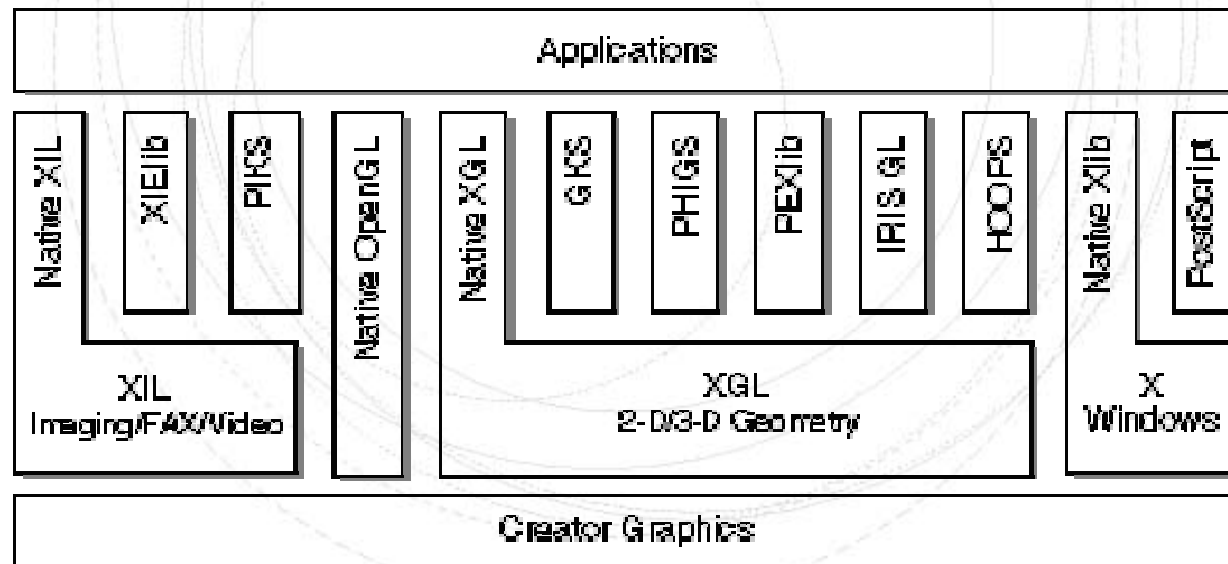


1.4. Le logiciel et le matériel



1.4. Le logiciel et le matériel Produits

- Une profusion de normes et de standards de facto
 - en 3D : openGL, Direct 3D...
 - en 2D : XWindow, QuickDraw...



Solaris Foundation Graphics Libraries and layered interfaces

1.4. Le logiciel et le matériel Produits

- Nombreux formats de descriptions de scènes
 - 3D Studio, True Space, Autocad DXF, Open Inventor,... ⇒ VRML
- Des matériels très disparates
 - micro-ordinateur banal : MMX, SSE, 3DNow!, SSE2
 - cartes accélératrices (NVidia, ATI, Matrox...)
 - stations haut niveau (Silicon Graphics, ...)
 - Les écrans, les imprimantes...

1.5. Références

Ouvrages généraux consultés

- F. POPPER "L'art à l'âge électronique", traduit de l'anglais par F. Straschitz, Hazan, 1993
- P. COMAR "La perspective en jeu - les dessous de l'image", Découvertes n° 138, Gallimard, 1992
- B. POINSSAC "L'infographie", Que Sais-Je n° 2800, PUF, 1994
- J.P COVWENBERGH "L'indispensable pour la synthèse d'image", Marabout, 1995

1.5. Références

Informatique de la synthèse d'image

- FOLEY, van DAM, FEINER, HUGHES "XComputer Graphics: Principles and Practice", Addison Wesley, 1990
- M. BRET "Images de synthèse - méthodes et algorithmes pour la réalisation d'images numériques", Dunod, 1988
- JP. GOURRET "Modélisation d'images fixes et animées", MASSON, 1994
- P. SCHWEIZER "Infographie - vol. 2 " Presses Polytechniques Romandes, 198?
- R. DONY "Graphisme dans le plan et dans l'espace avec Turbo Pascal 4.0", Masson, 1990.

1.5. Références

Logiciels et documents de référence

- Amapi Web : version "freeware" de Amapi, un modeleur pour Macintosh capable d'exporter du VRML
- Power of Vision (POV, POVray): un moteur suivi de rayons "freeware", multi plateformes
- Les références VRML : Cosmo Player, Cortona
- MESA : Une realisation "freeware" de l'API de OpenGL, à utiliser avec le "red book" :
- NEIDER, DAVIS, WOO " OpenGL prog. guide - The official guide to learning OpenGL release 1", Addison Wesley, 1996
- K. RULE "3D graphics file formats - a programmer's ref.", Addison Wesley, 1996

1.5. Références

Indispensable : Internet

- Les groupes de news de comp.graphics
(les groupes alt. sont inaccessibles sur Renater et donc au CNAM)
- Très nombreux serveurs FTP :
 - <ftp://wuarchive.wustl.edu/graphics/graphics/CONTENTS>
 - <ftp://ftp.jussieu.fr/pub/>
- Toutes les entreprises du marché ont un service WWW
 - <http://www.microsoft.com>
 - <http://www.sgi.com> (Silicon Graphics)
 - voir aussi Sun et HP pour les stations graphiques
- Le SIGGRAPH et les laboratoires de recherche
 - <http://www.siggraph.org>

1.5. Références Filmographie

- "Tron" de Walt Disney
- Best'of Imagina (vidéo Canal +)
- "Jurassic Park" pour certaines séquences
- "Men in black" : extraordinaire
- Titanic : parce que ÇA a été fait avec POV
- Toy Story, Shrek, ...