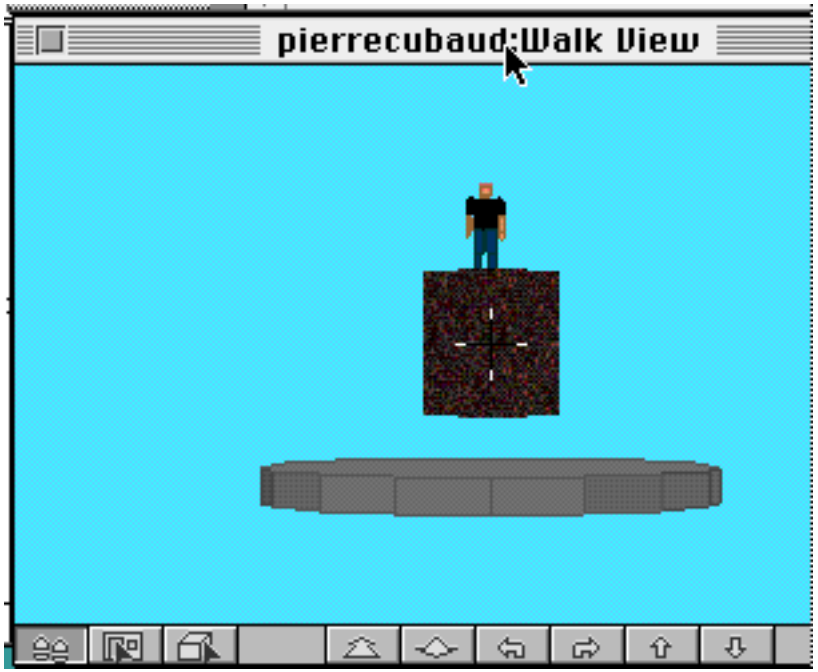
Synthèse d'images

(1) Introduction



Plan de l'exposé :

1- Problématique

2- Description de la scène

3- Visualisation de la scène

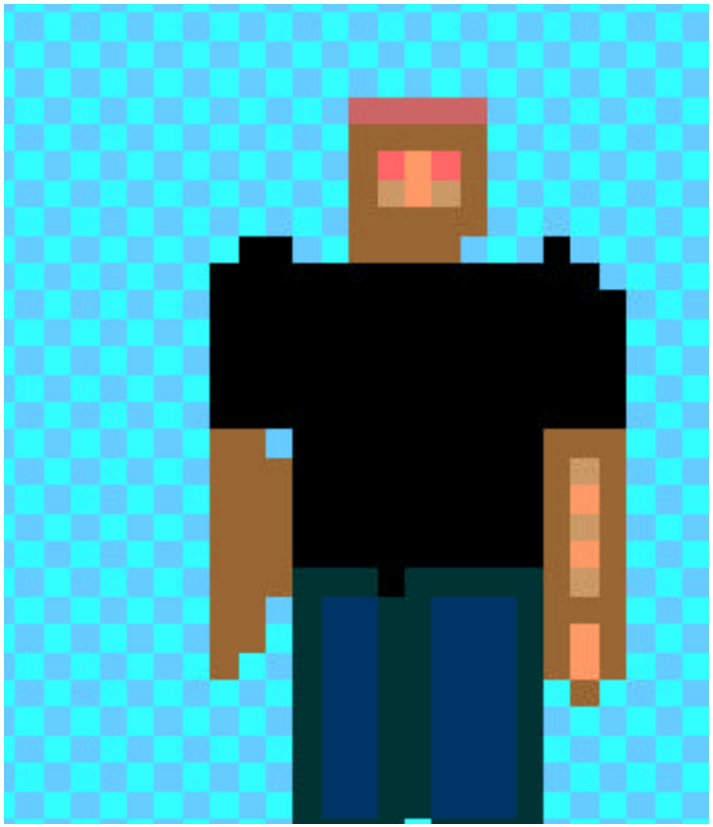
4- Le logiciel et le matériel

5- Références

v5 P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

1. Problématique

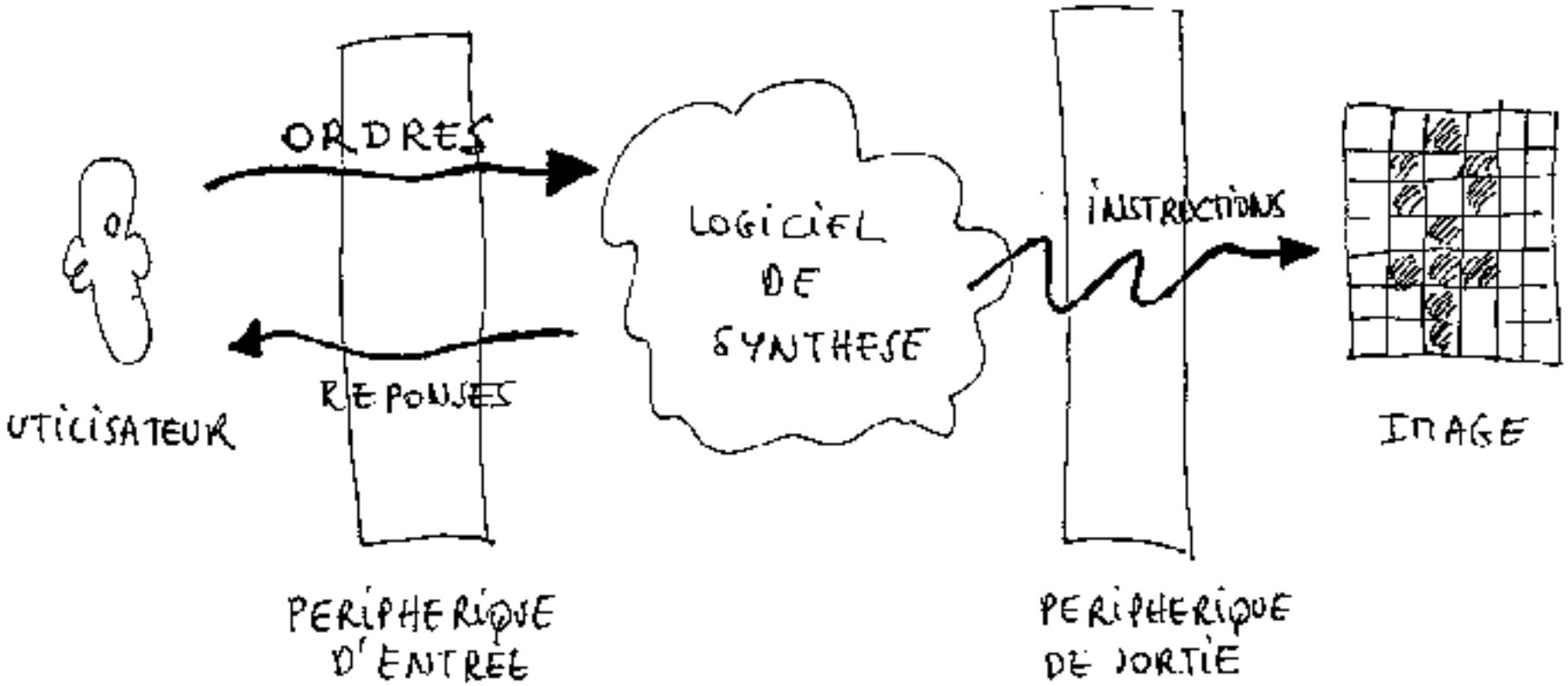
• Une image = une matrice de pixels



ici 29x25 pixels et 10 couleurs

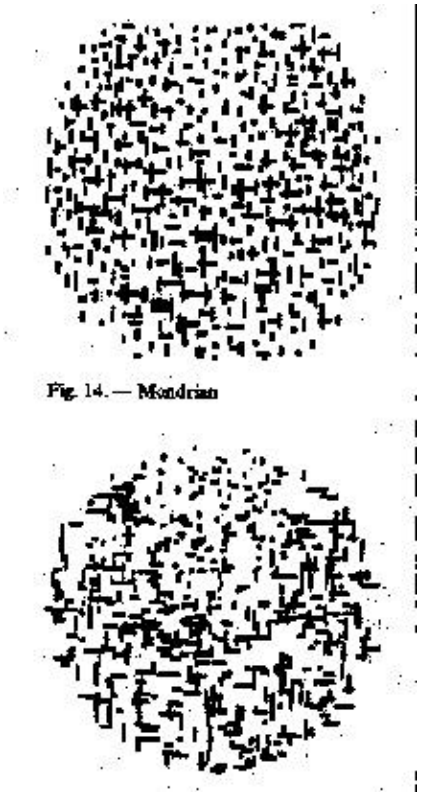
• On veut obtenir cette image sans intervention directe sur les pixels : par programme

• Les ordres de l'utilisateur correspondent à la description de la scène que le programme doit dessiner sur l'écran

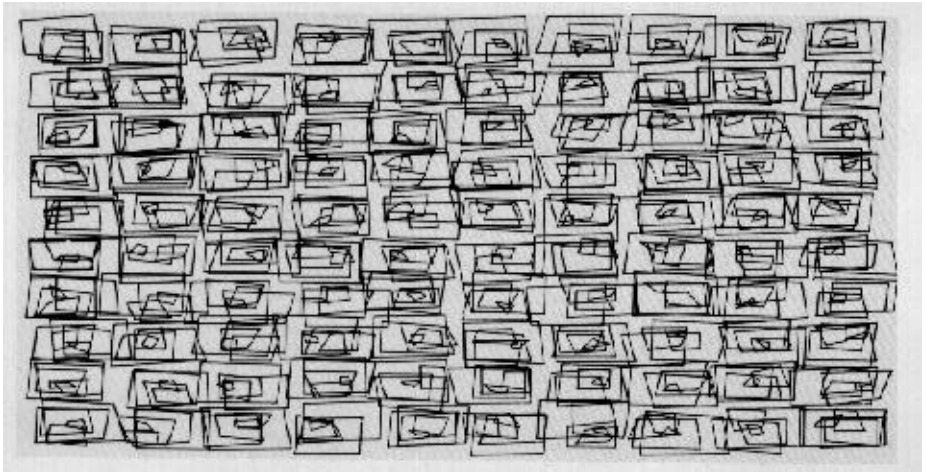

ORDRES
REPONSES
UTILISATEUR
LOGICIEL DE SYNTHESE
INSTRUCTIONS
IMAGE
PERIPHERIQUE D'ENTREE
PERIPHERIQUE DE SORTIE

Interaction avec l'utilisateur

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



Génération aléatoire "à la Mondrian" (NOLL, 1965) in [POINSSAC]



Vera MOLNAR "Comment faire sortir le carré de ses gonds" 1988

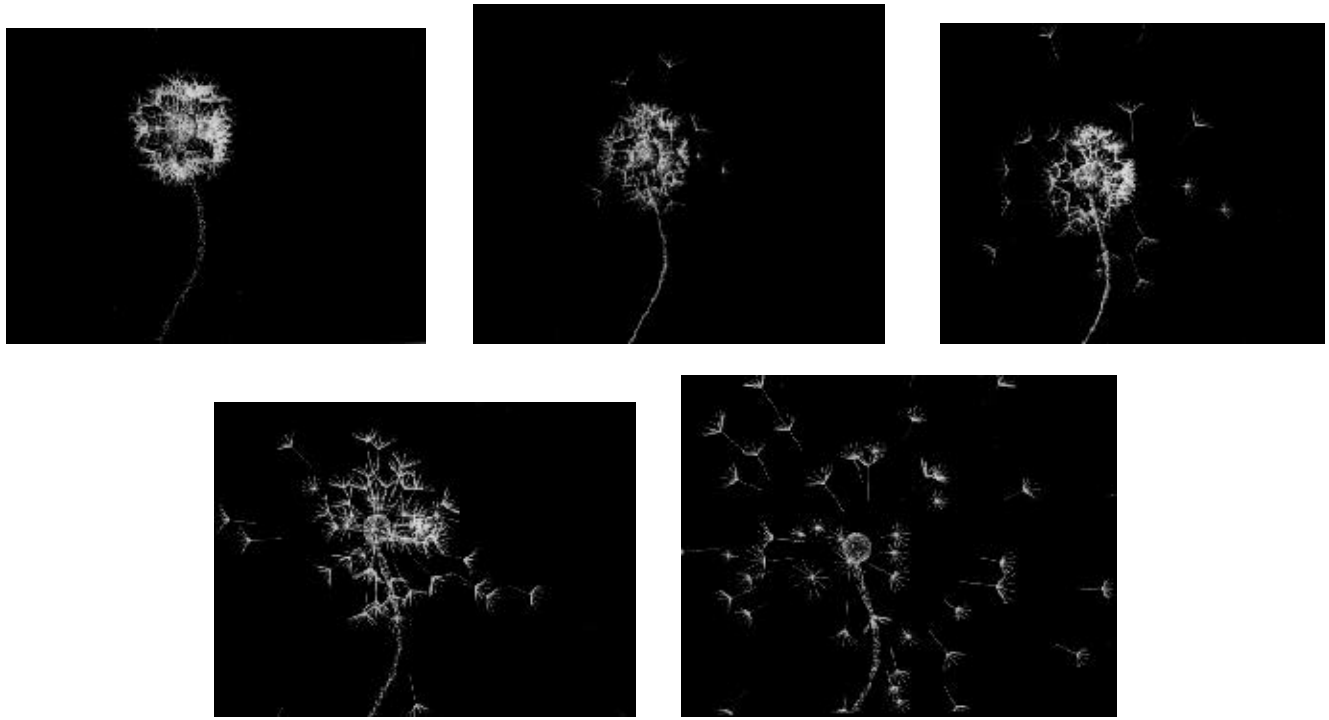
in [POPPER] p. 81

Le mouvement des "algoristes"

http://www.solo.com/studio/algorists.html

F.K. Musgrave "Other State" in [EBERT et al.]

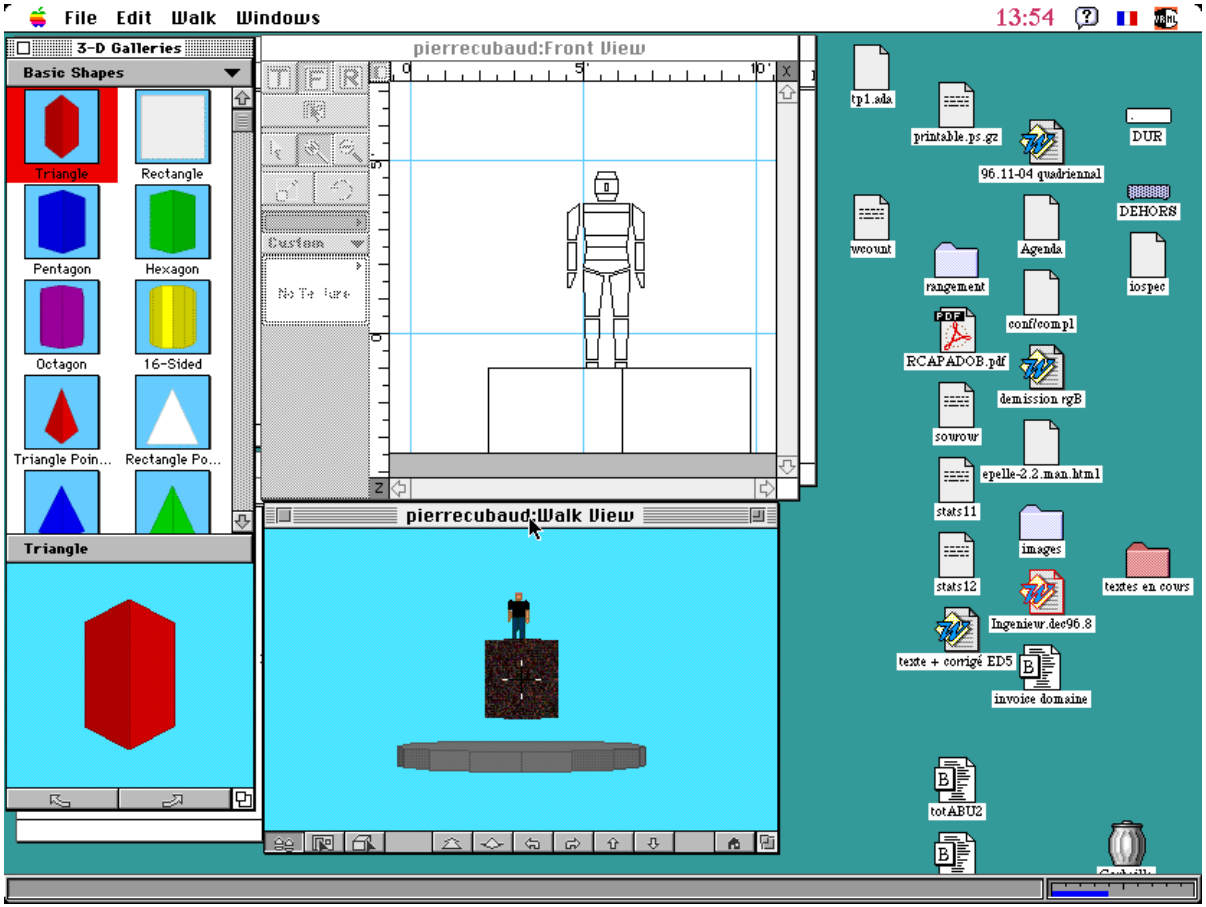
- Par commande : l'image est fonction d'une action de l'utilisateur



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

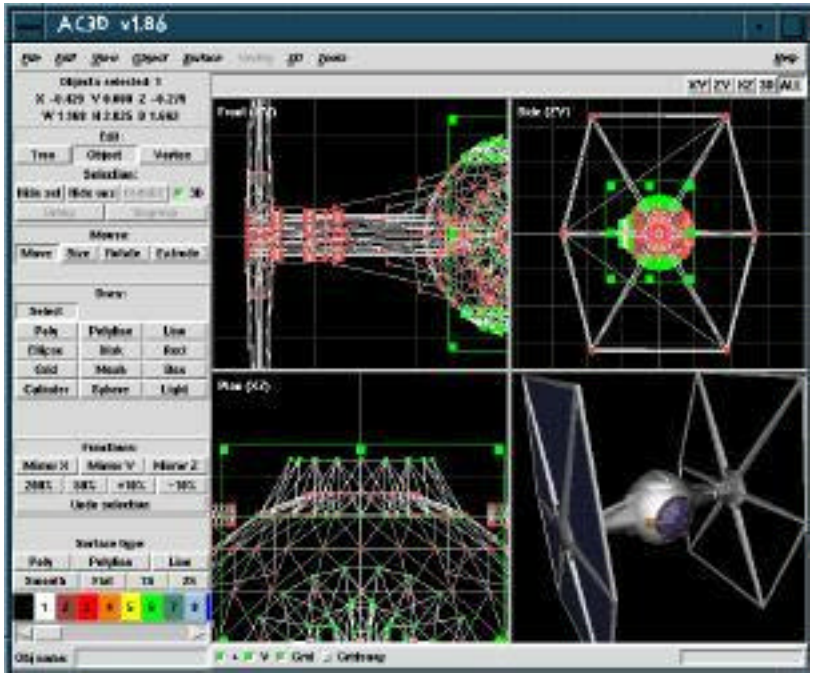
• Par une séquence d'ordres permettant l'élaboration progressive de la scène (modeleur)

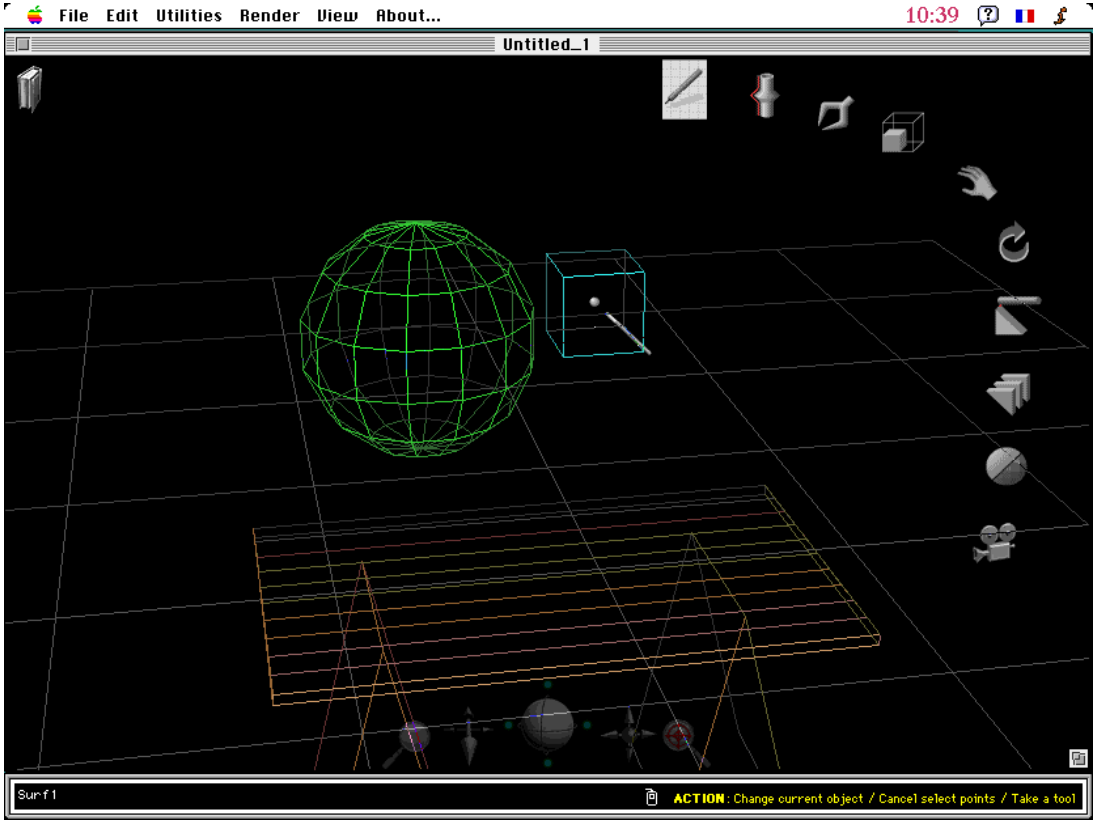
ex: 3D Studio, AutoCAD, CATIA, Amapi, AC3D…



le modeleur Virtus

Le modeleur AC3D (linux, shareware)





Amapi (macos)

voir SVM oct. 2000

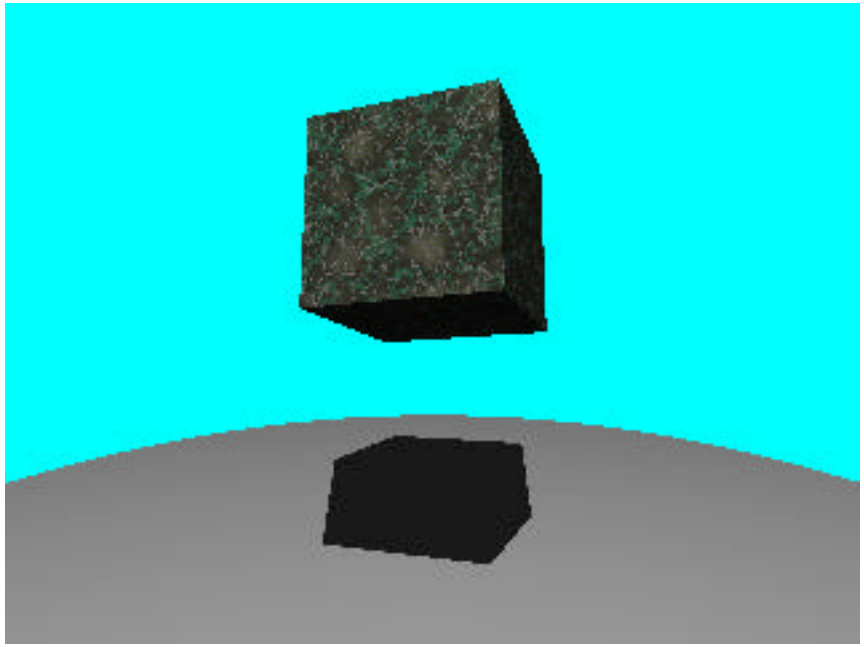
P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

- Par langage spécialisé : Description textuelle de la scène sans (trop) programmer.

ex: VRML, POV, RayShade, Open Inventor…

```
#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 y*20
    rotate x*20
  }

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

Ex. de texte POV



- Par programme : l'utilisateur écrit un programme décrivant une scène en s'appuyant sur une bibliothèque de fonctions 3D

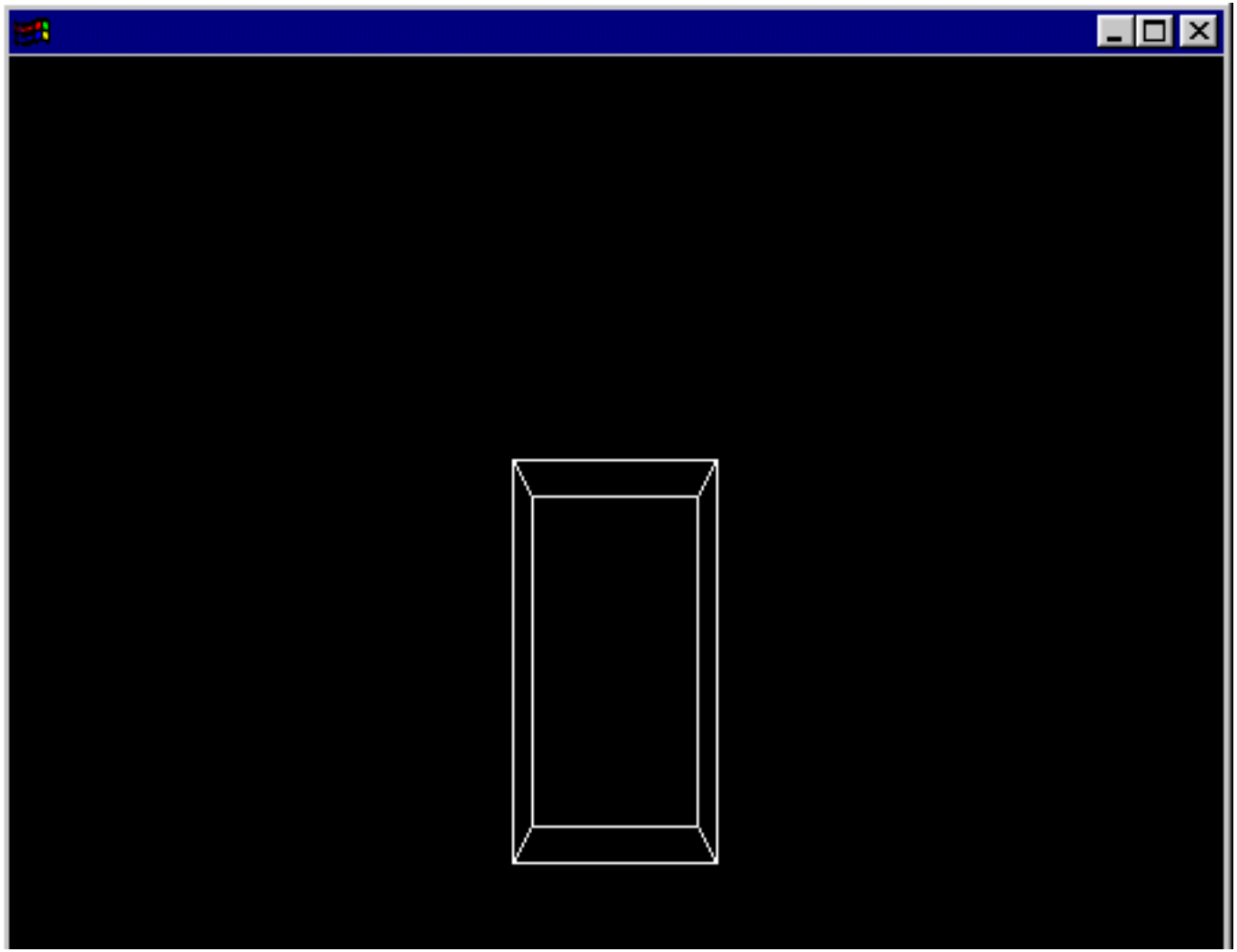
  ex: openGL, Direct 3D, PHIGS, Java3D …

Extrait du "red book" d'OpenGL - fichier cube.c

```
#include <GL/glut.h>
#include <stdlib.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);
   glLoadIdentity ();/* clear the matrix */
   /* viewing transformation  */
   gluLookAt (0.0, 0.0, 5.0, 0.0,
              0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0);
   glScalef (1.0, 2.0, 1.0);
  /* modeling transformation */
   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);
}

void keyboard(unsigned char key, int x, int y){
   switch (key) { case 27: exit(0); break; }
}

int main(int argc, char** argv){
   glutInit(&argc, argv);
   glutInitDisplayMode (GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
   glutInitWindowSize (500, 500);
   glutInitWindowPosition (100, 100);
   glutCreateWindow (argv[0]);
   init ();
   glutDisplayFunc(display);
   glutReshapeFunc(reshape);
   glutKeyboardFunc(keyboard);
   glutMainLoop();
   return 0;
}
```

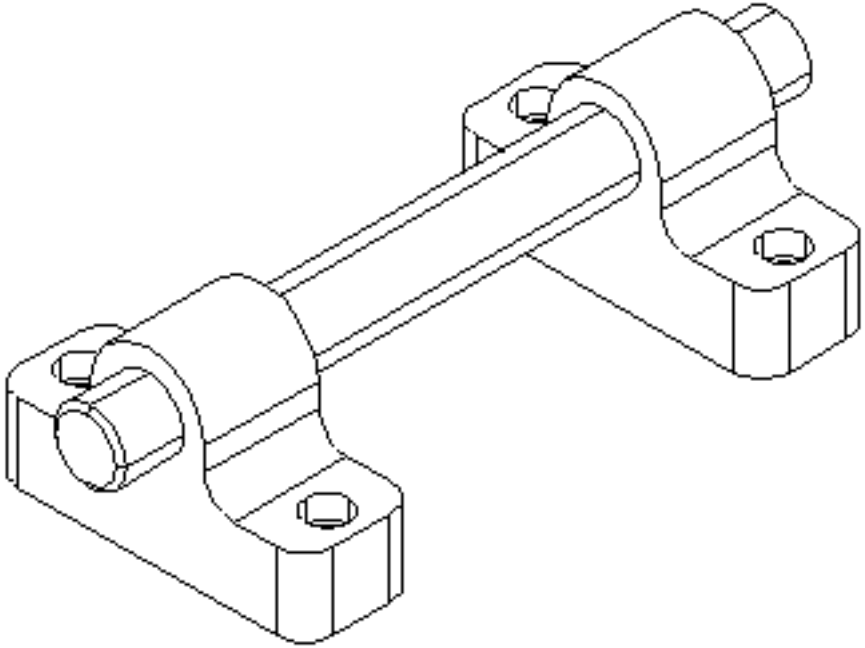
Résultat …



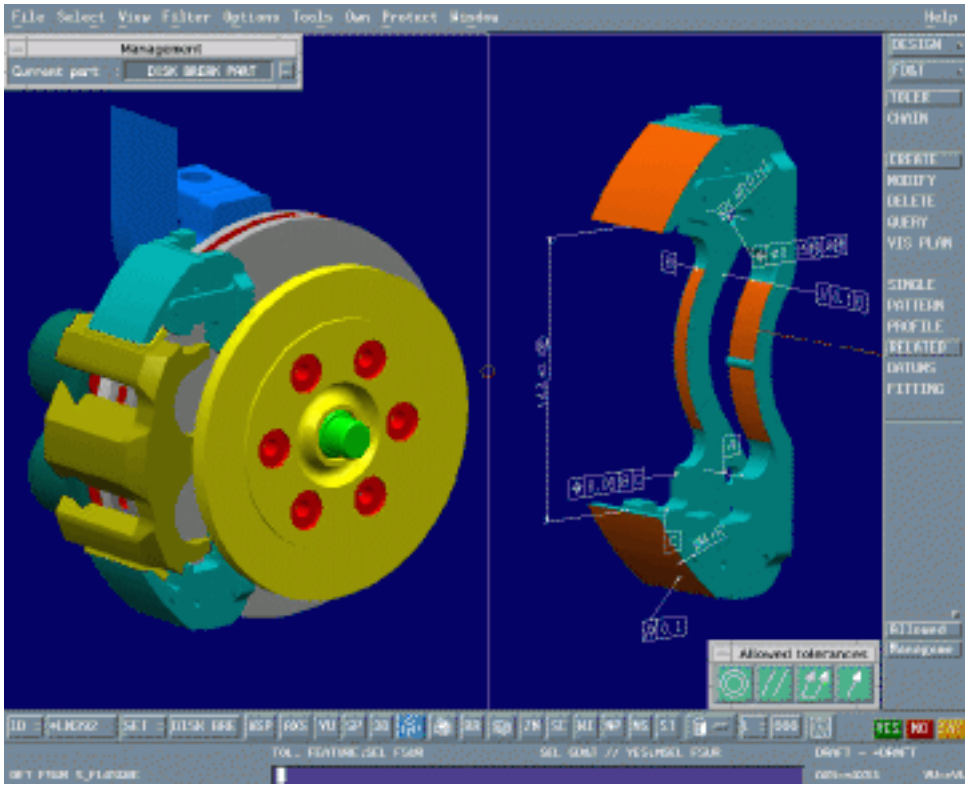
Quelques applications type

- L'aide au design (CAO en mécanique, architecture, …)

Visualisation "fil de fer" (CADKEY)



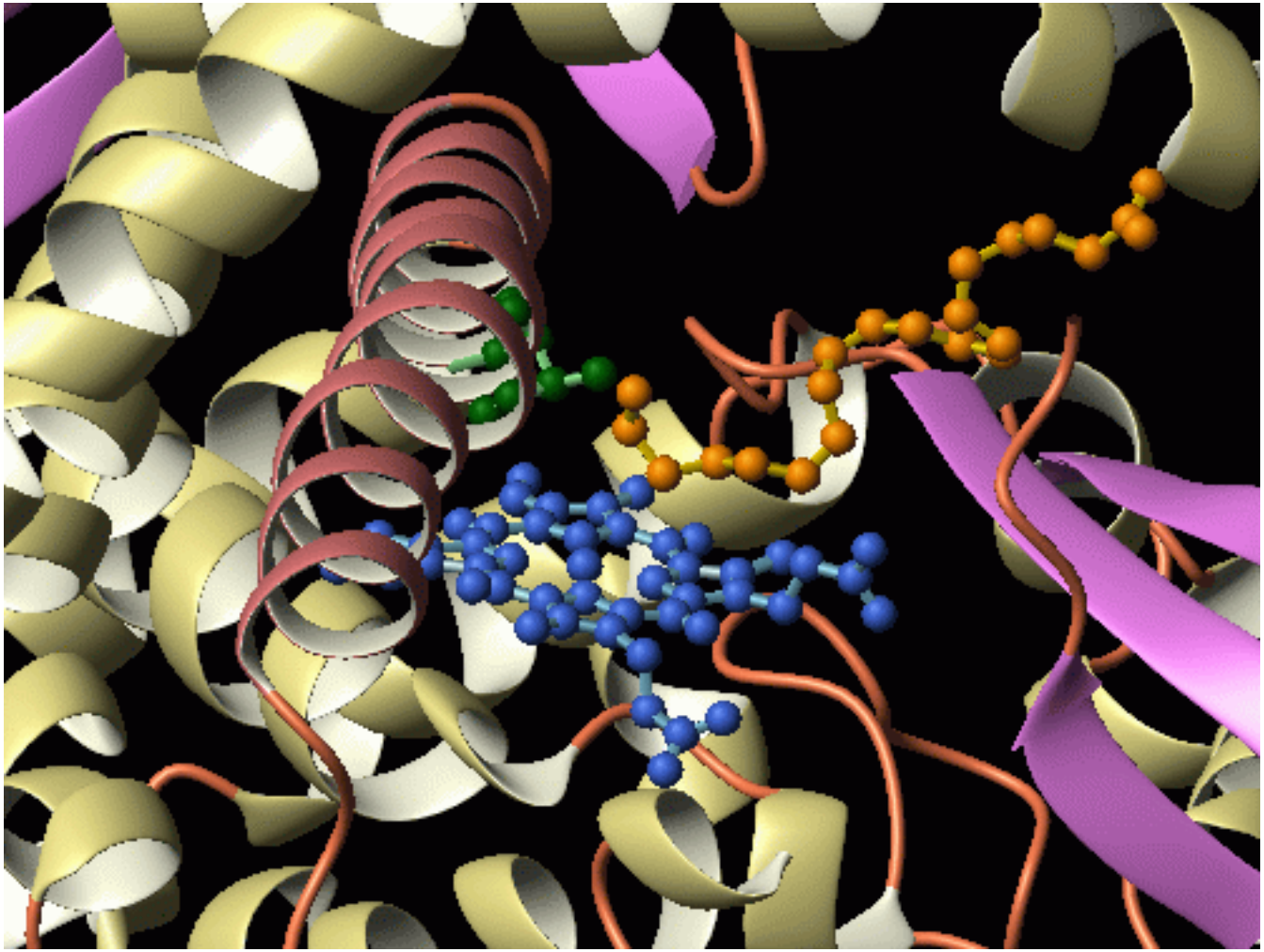
http://www.cadkey.com/tech/drwalt/cook2.htm



CATIA

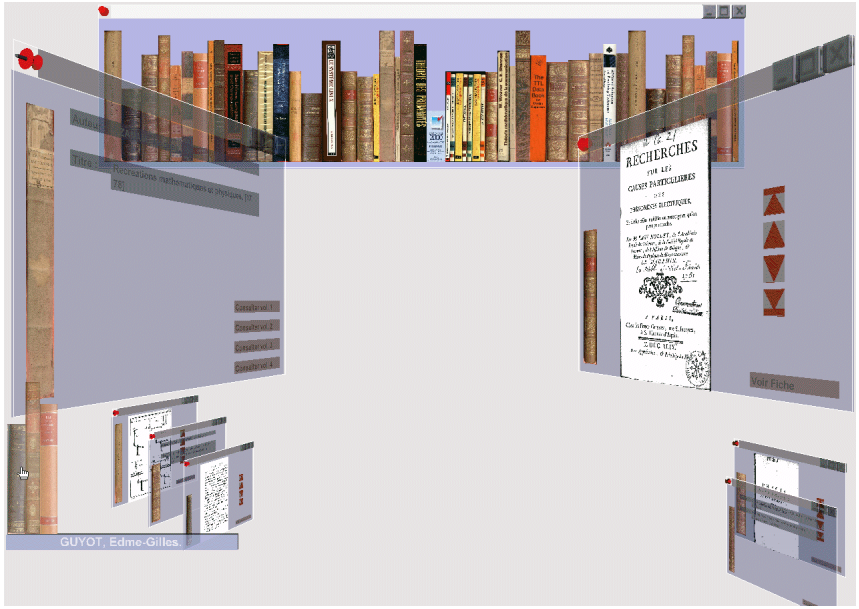
http://www-3.ibm.com/solutions/engineering/scrgbs/fd416.gif

- modélisation de phénomènes complexes



MOLMOL http://www.mol.biol.ethz.ch/wuthrich/software/molmol/cimages/vue1.gif

- Visualisation d'information



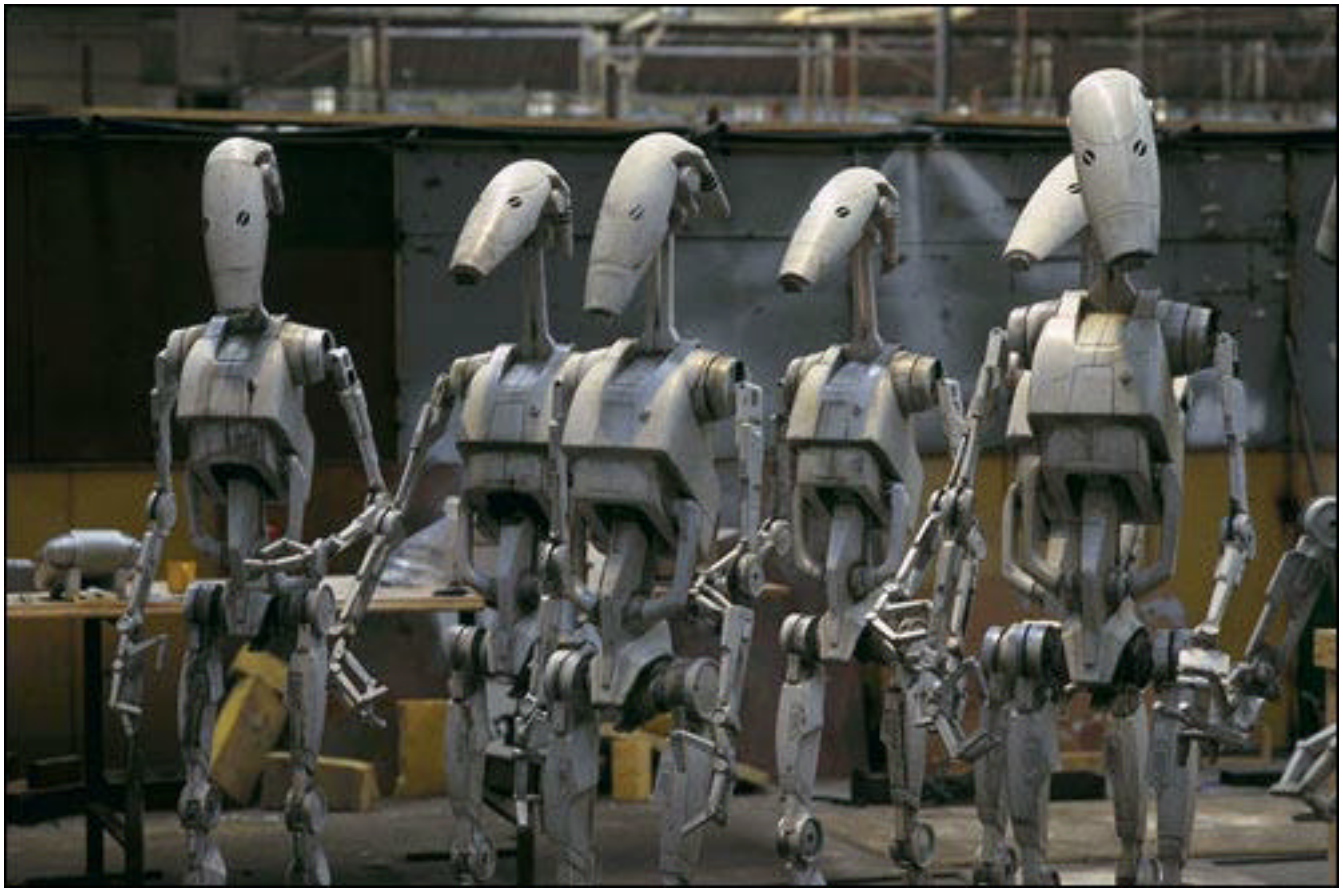
A. Topol, P. Cubaud, ERGO-IHM 2000

http://cnum.cnam.fr

- Exploration de nouvelles formes graphiques

Karl Sims "Panspermia" in [POPPER] p. 101 Prix Ars Electronica 1991 http://www.aec.at/prix/

- Cinéma et jeux



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

Problématiques connexes...
...et non traitées ici

- Interface homme / machine (2D, 2D+)

  bureautique, contrôle de processus

- "Business graphics" (2D+)

  courbes, camenberts, schémas

- "Volume rendering", "Scientific visualisation" (3D)

  tomographie, dynamique des fluides…

- Conception Assistée par Ordinateur (3D)

  mécanique, architecture, archéologie

- Animation (3D non temps réel)

  films publicitaires, SF, dessins animés

- Réalité virtuelle (3D temps réel)

  simulateurs (ludiques ou non)

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)

- Comment va-t'on décrire les objets ?

  Essentiellement par leur forme (volumes)

  * volume variable ou non ? solide ≠ liquide ≠ gaz

  * si solide : déformable ou non ?

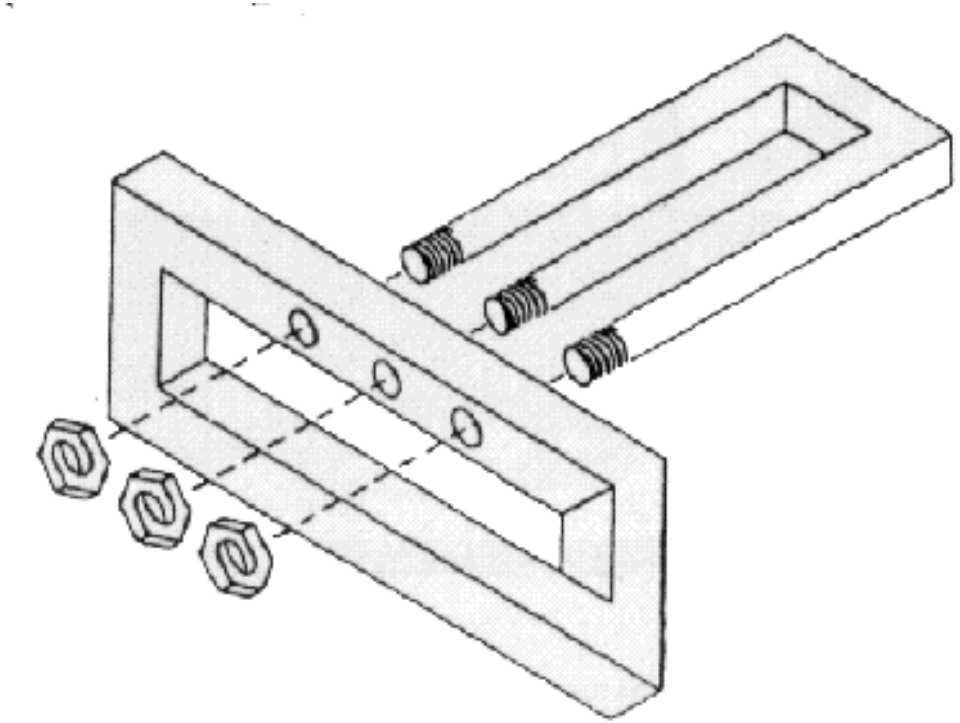
  cafetière ≠ étoffe ≠ visage ≠ tas de sable

  * si solide non déformable : décomposable en solides (ou surfaces) élementaires ?

  forêt = ens. d'arbres, arbre = un tronc et des branches, tronc = un cylindre

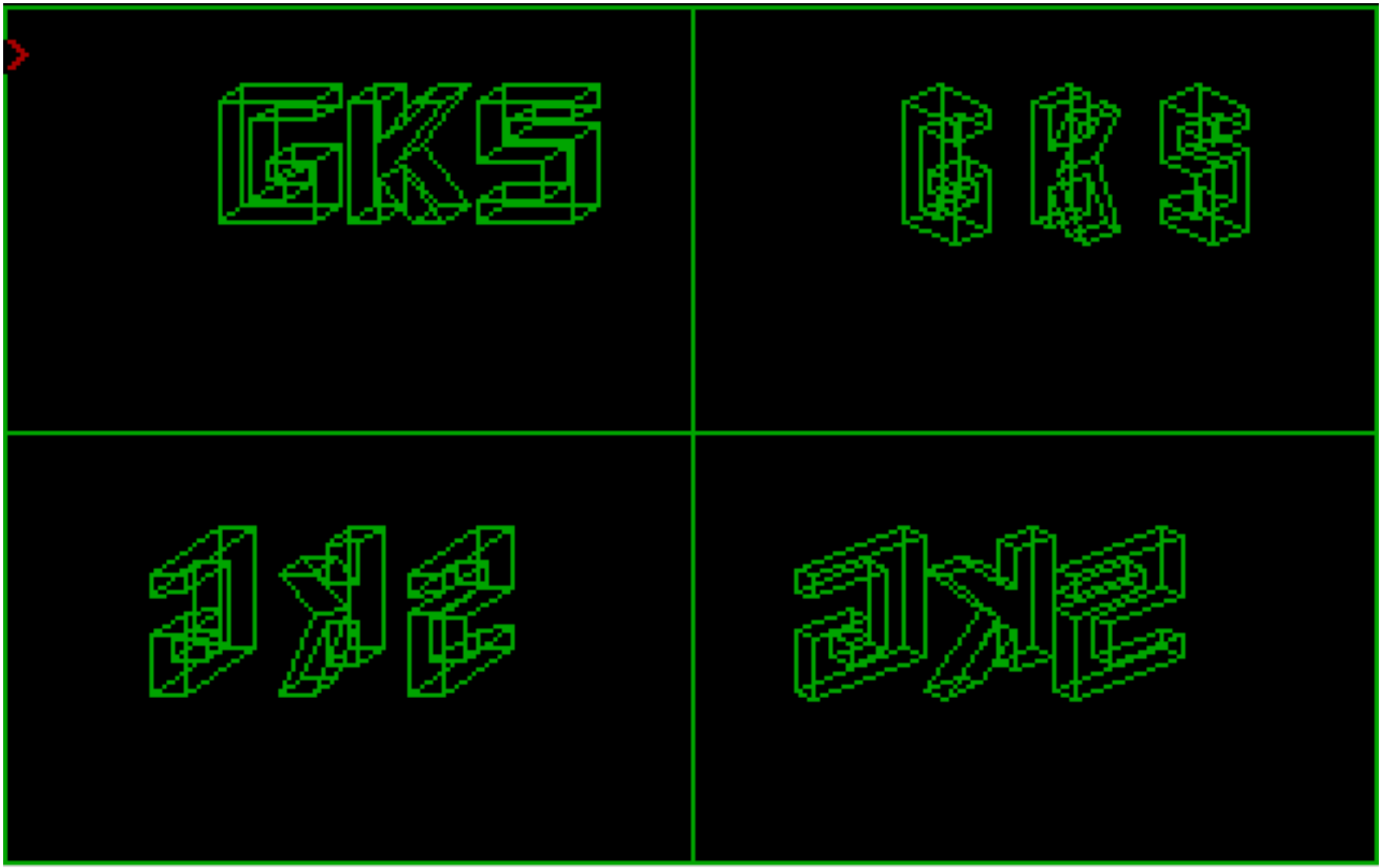
  branche = un arbre…

• 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



P. Cubaud, GrafPak, 1985 (IBM PC XT, carte graphique CGA)

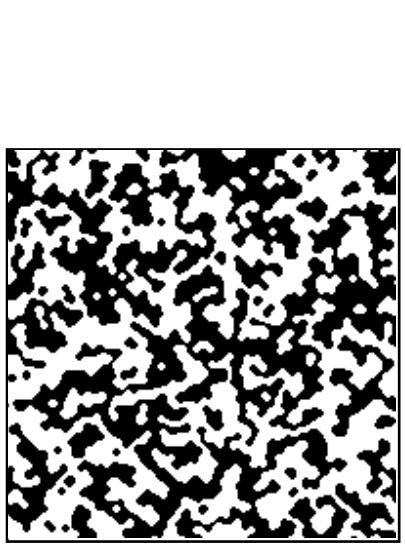
P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

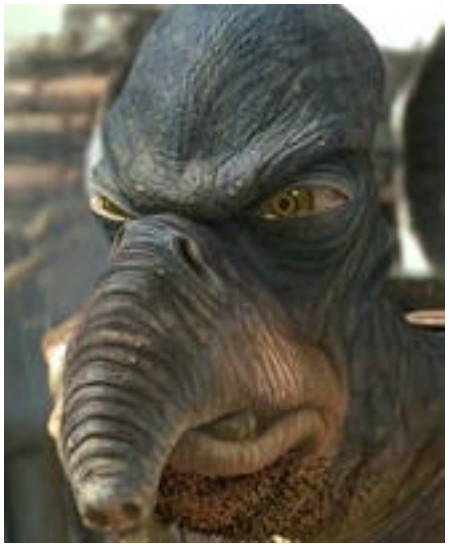
http://www.education.siggraph.org/materials/HyperGraph/radiosity/overview_4.htm

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

• On ajoute des "effets" pour prendre en compte les détails des objets et des conditions de visualisation

- textures obtenue par capture photographique, ou par synthèse





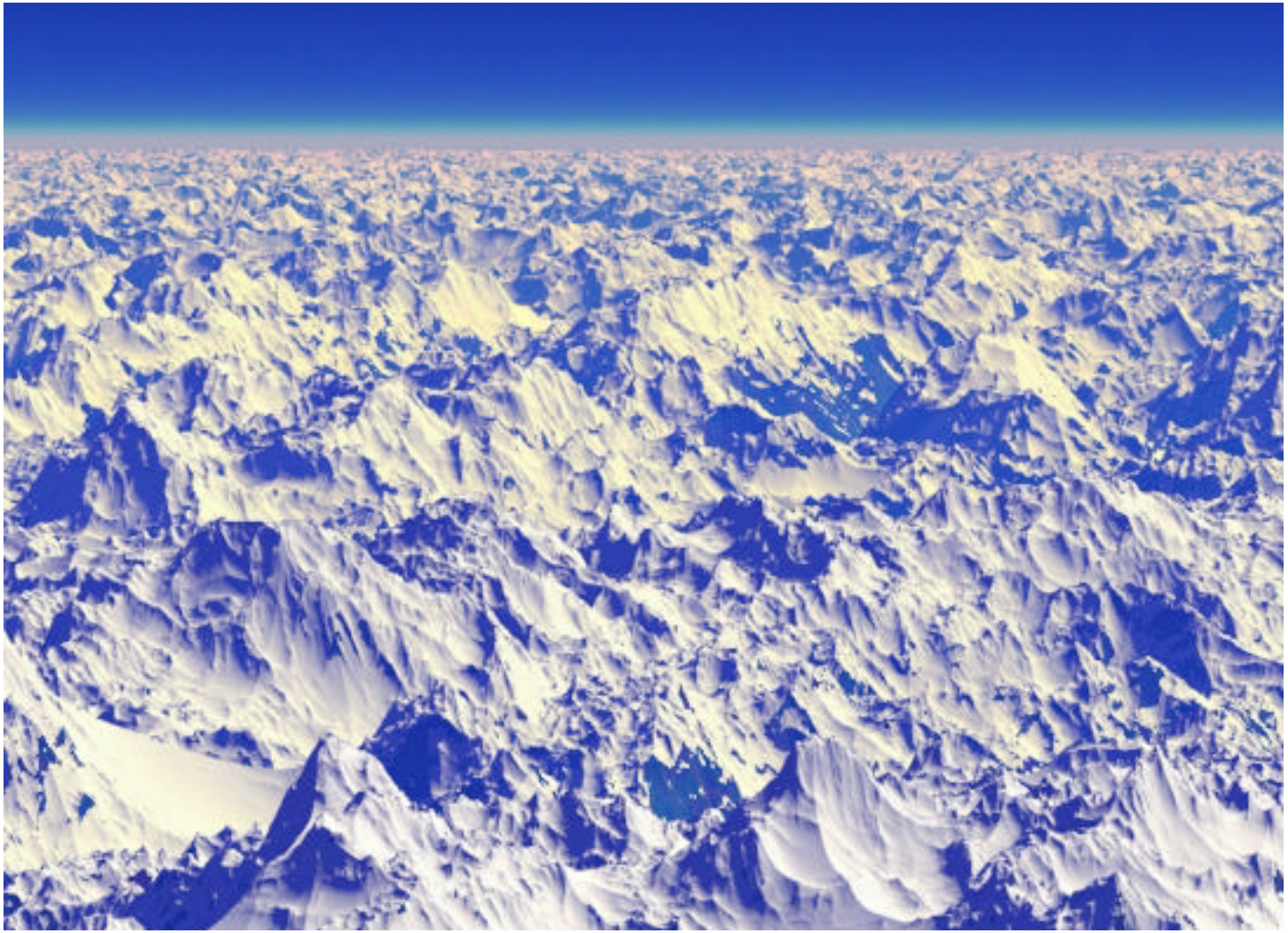
Automate cellulaire

© P. Cubaud "Germ Wars"

- "motion blurr"

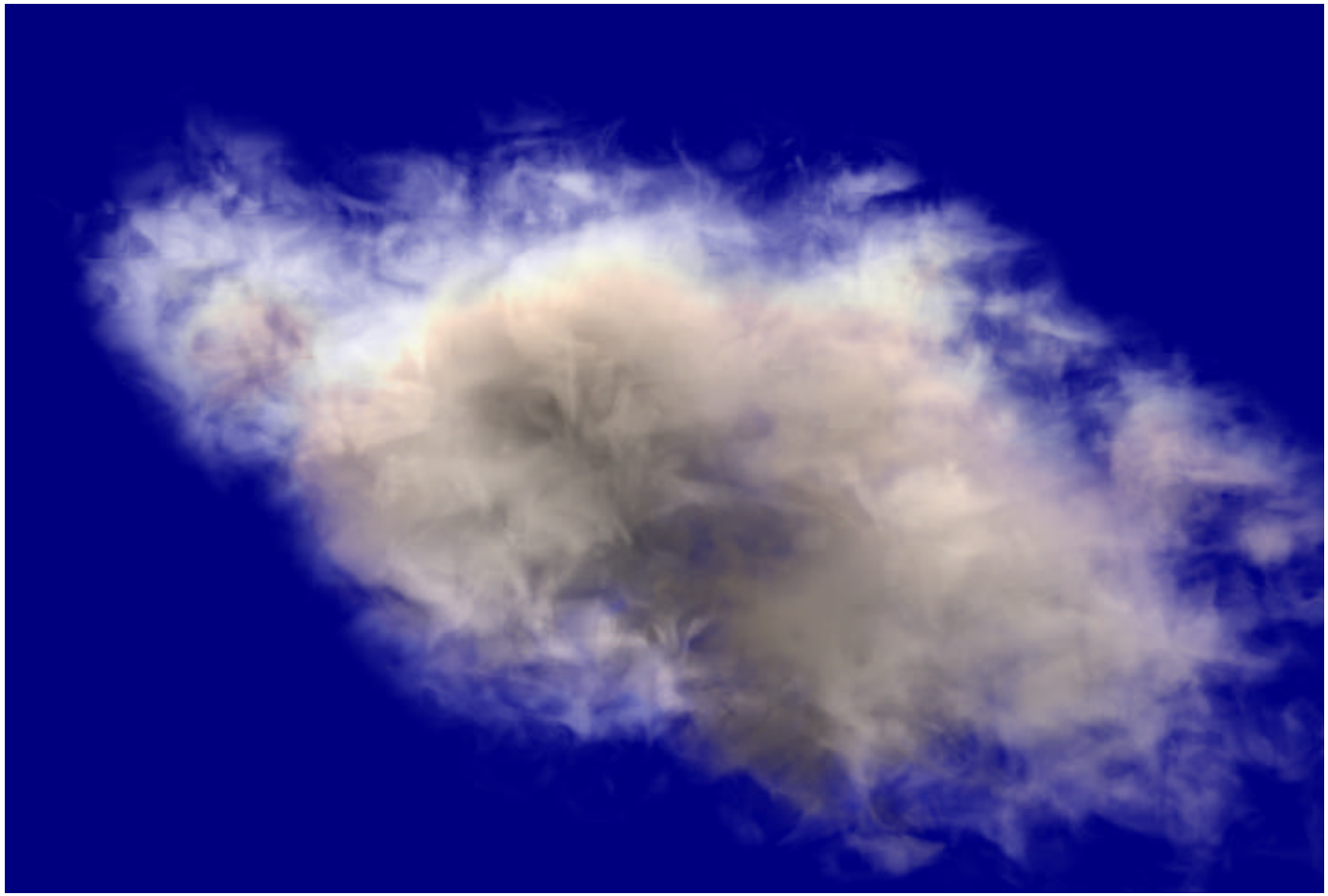
© G. Lucas "Star wars, episod 1"

- Contre exemple : méthodes procédurales



F.K. Musgrave "Alps" in [Ebert et al.]

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



D.S. EBERT in [Ebert et al.]

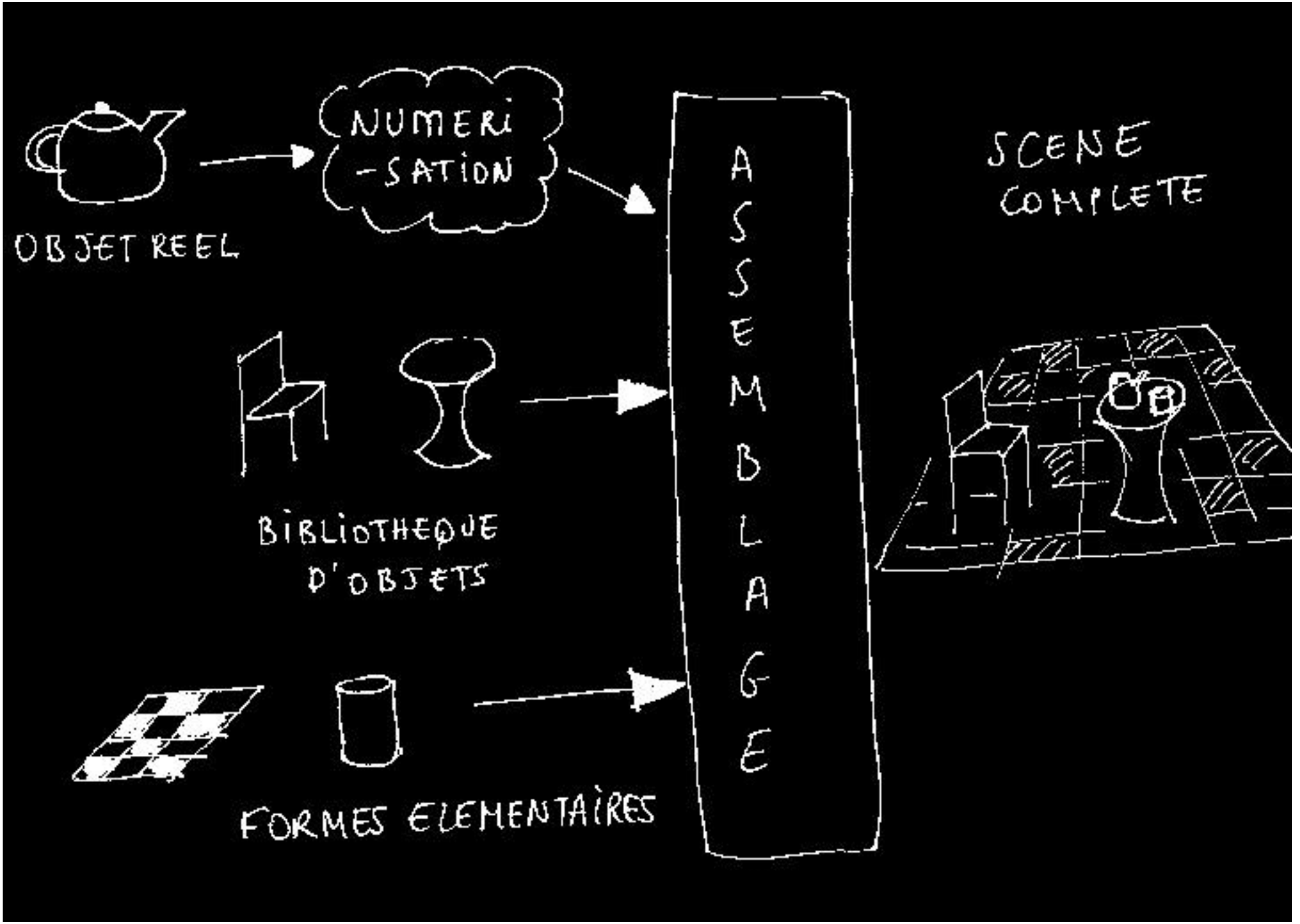
Décomposition / hiérarchisation

- Description des surfaces élementaires : plusieurs méthodes

  - **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 (Bézier, Coons, B-splines, …)
  - **implicite,** par algorithme (fractales, modèles stochastiques)

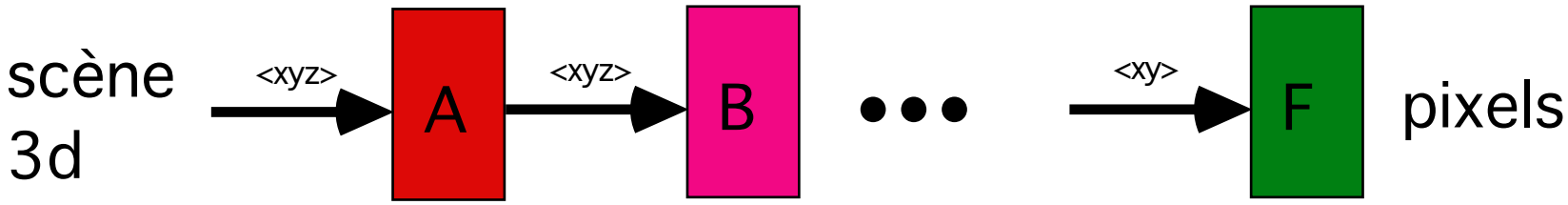
- Opérations d'assemblage

  - Transformations **géométriques** : translation, rotation, homothétie…
  - Opérateurs **booléen** : union, intersection, différence


NUMERI
-SATION
OBJET REEL
ASSEMBLAGE
SCENE
COMPLETE
BIBLIOTHEQUE
D'OBJETS
FORMES ELEMENTAIRES

3. Visualisation de la scène

Le "pipeline standard" de rendu :



A- transformation des coordonnées locales en coordonnées de la scène (ou du"monde")

B- transformation en volume de vue canonique (cube 0-1)

C- élimination des objets hors volume de vue et découpe (clipping) des objets à la frontière

D- élimination des faces cachées

E- projection en 2D

F- coloriage des faces

Diverses techniques de rendu

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

- Prise en compte des caractéristiques réflexives des surfaces
  - Coloriage uniforme
  - 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

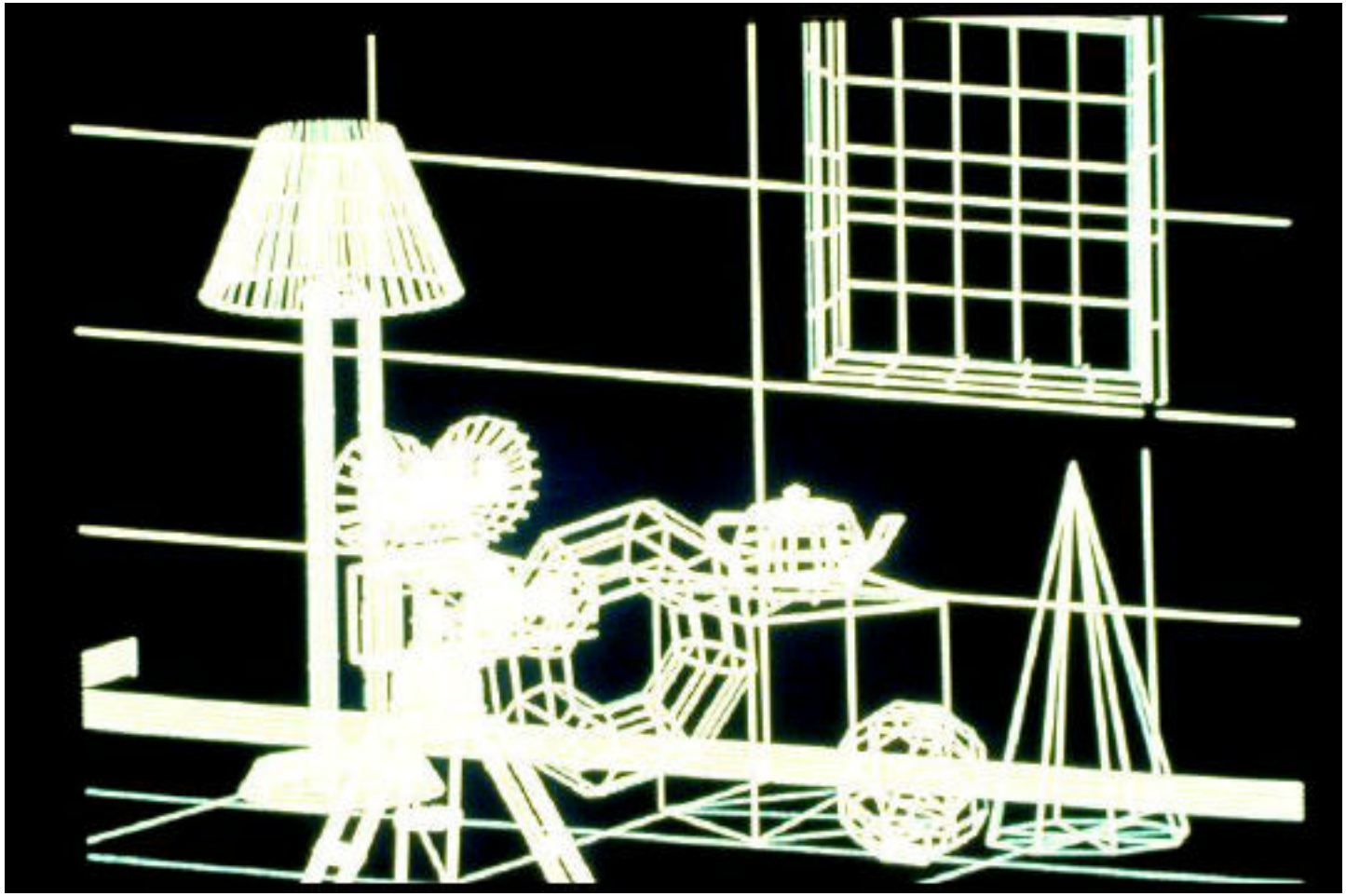
- Prise en compte des interactions entre objets
  - Tracé des ombres
  - Sources lumineuses non ponctuelle
  - Transparence de certains objets

  suivi de rayons ("ray tracing"), radiosité, méthodes mixtes

  => encore coûteux

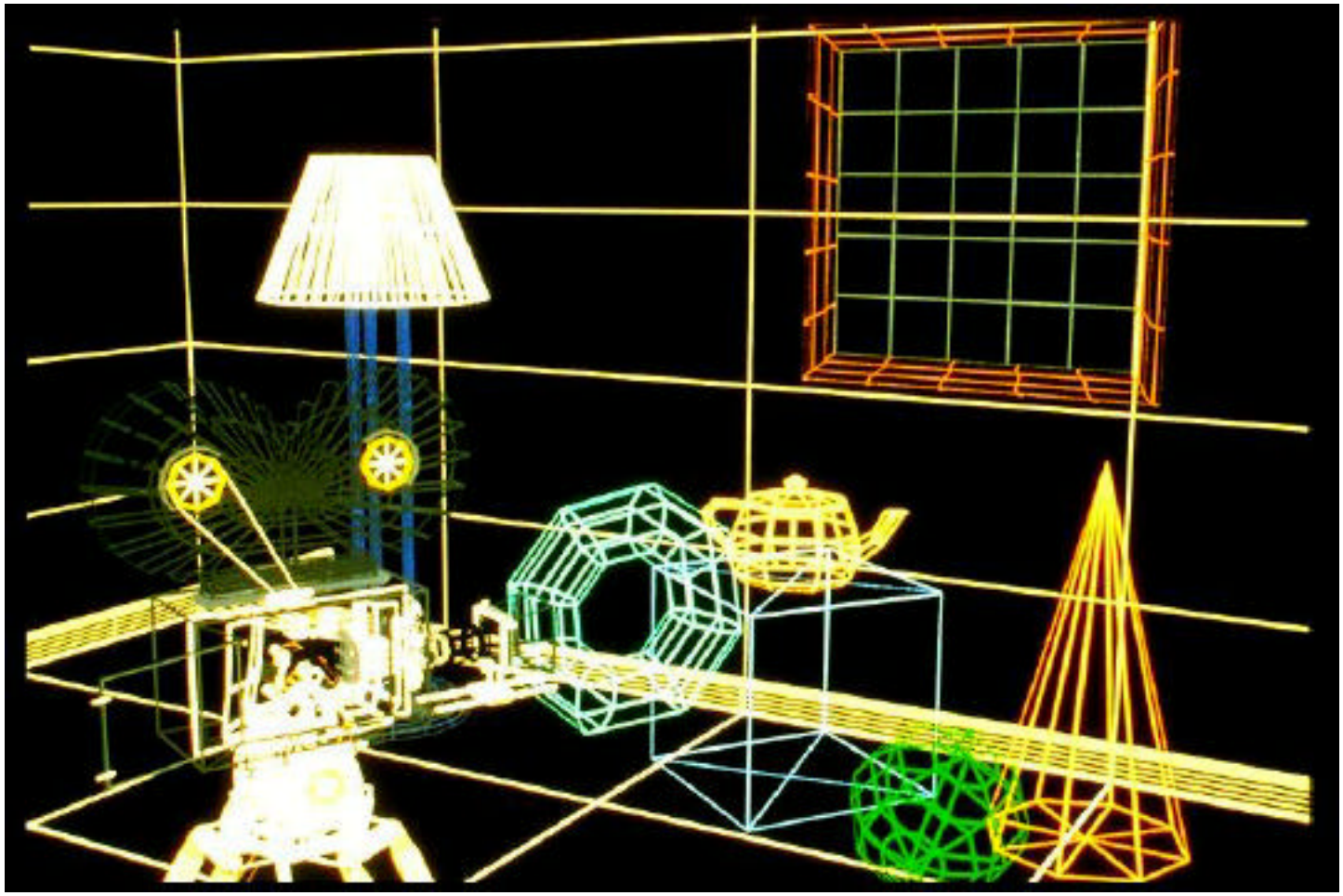
Exemples de rendus

Série "Shutterburg" de PIXAR (sous Renderman)



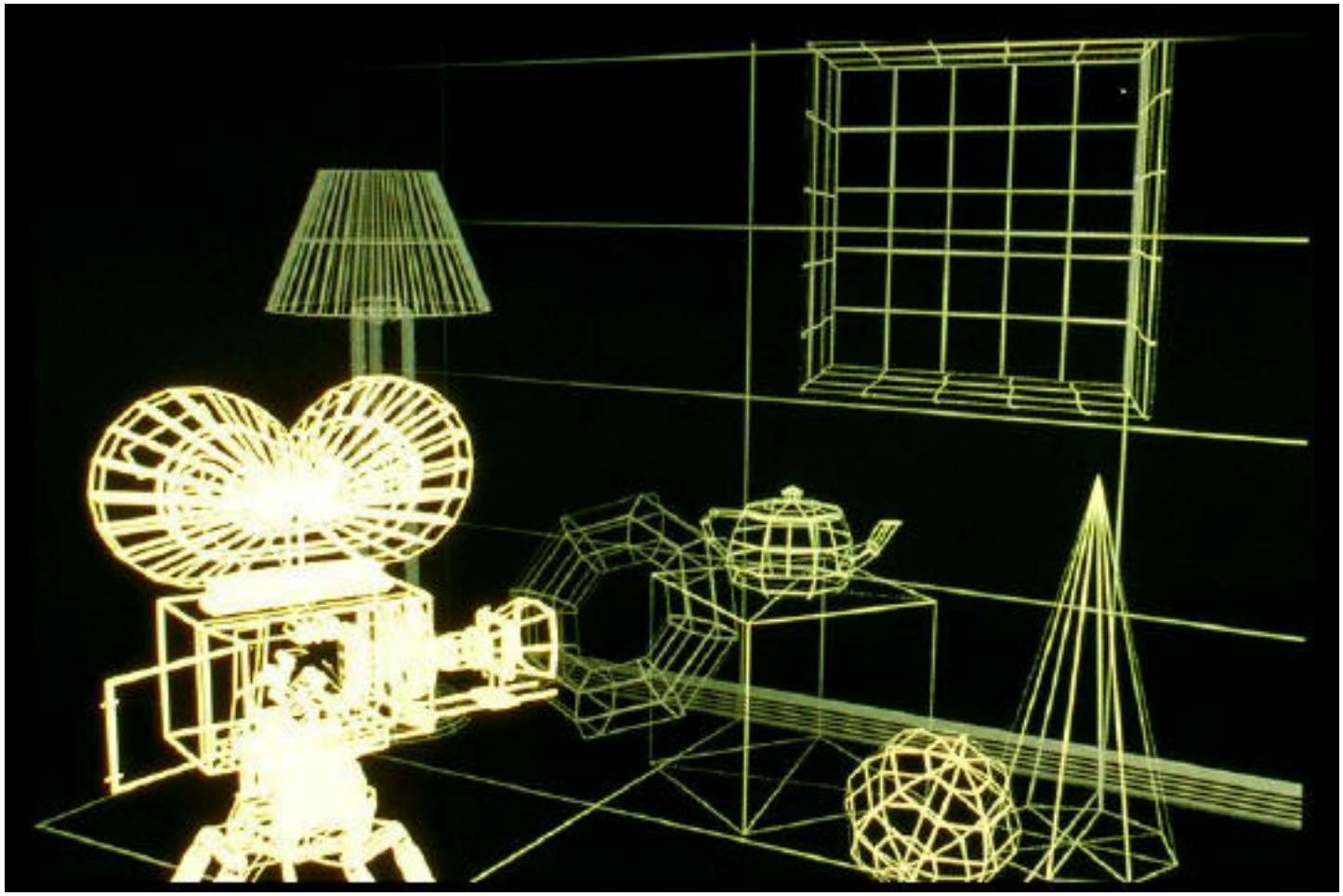
1 - Rendu filaire

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



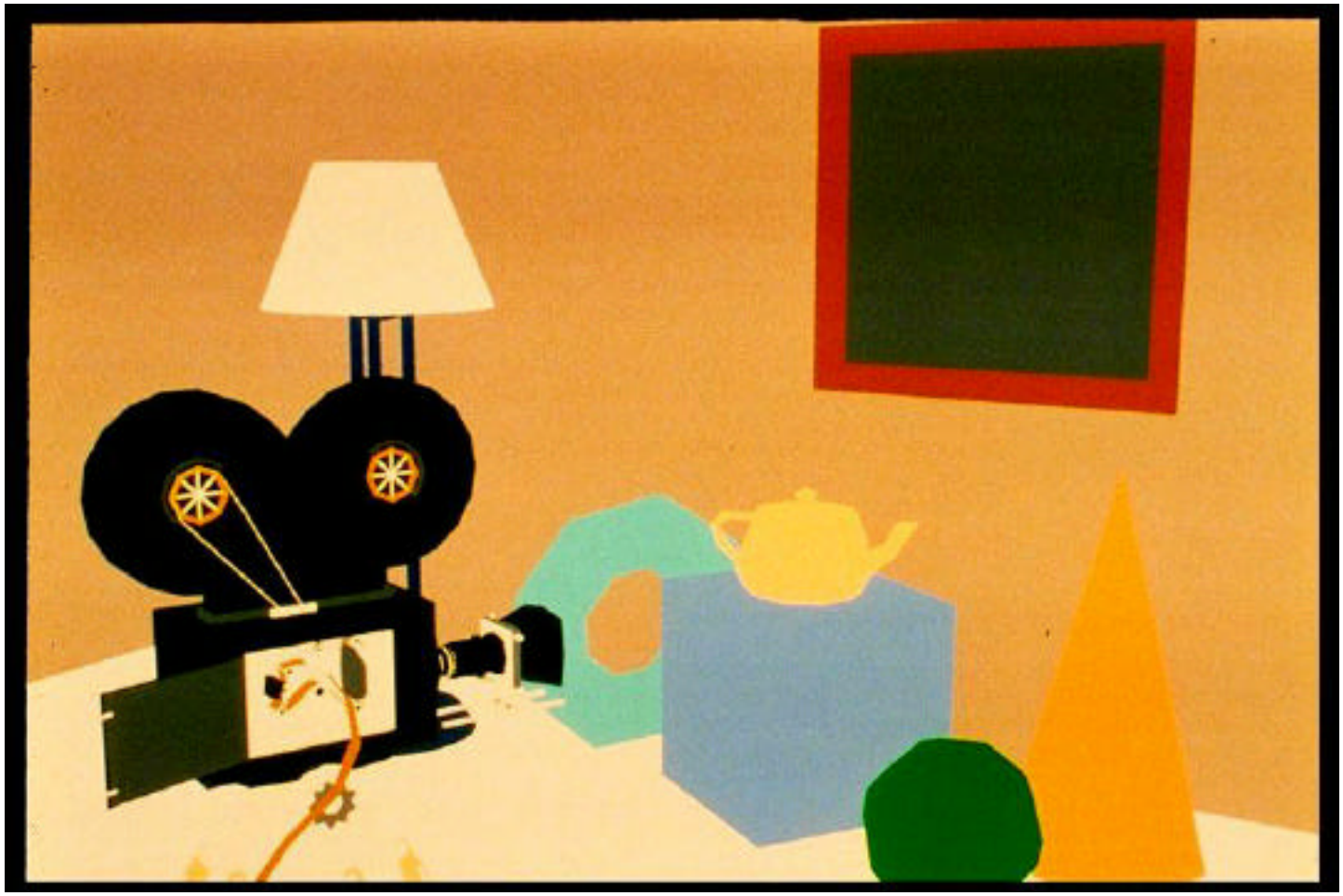
2 - Filaire coloré

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



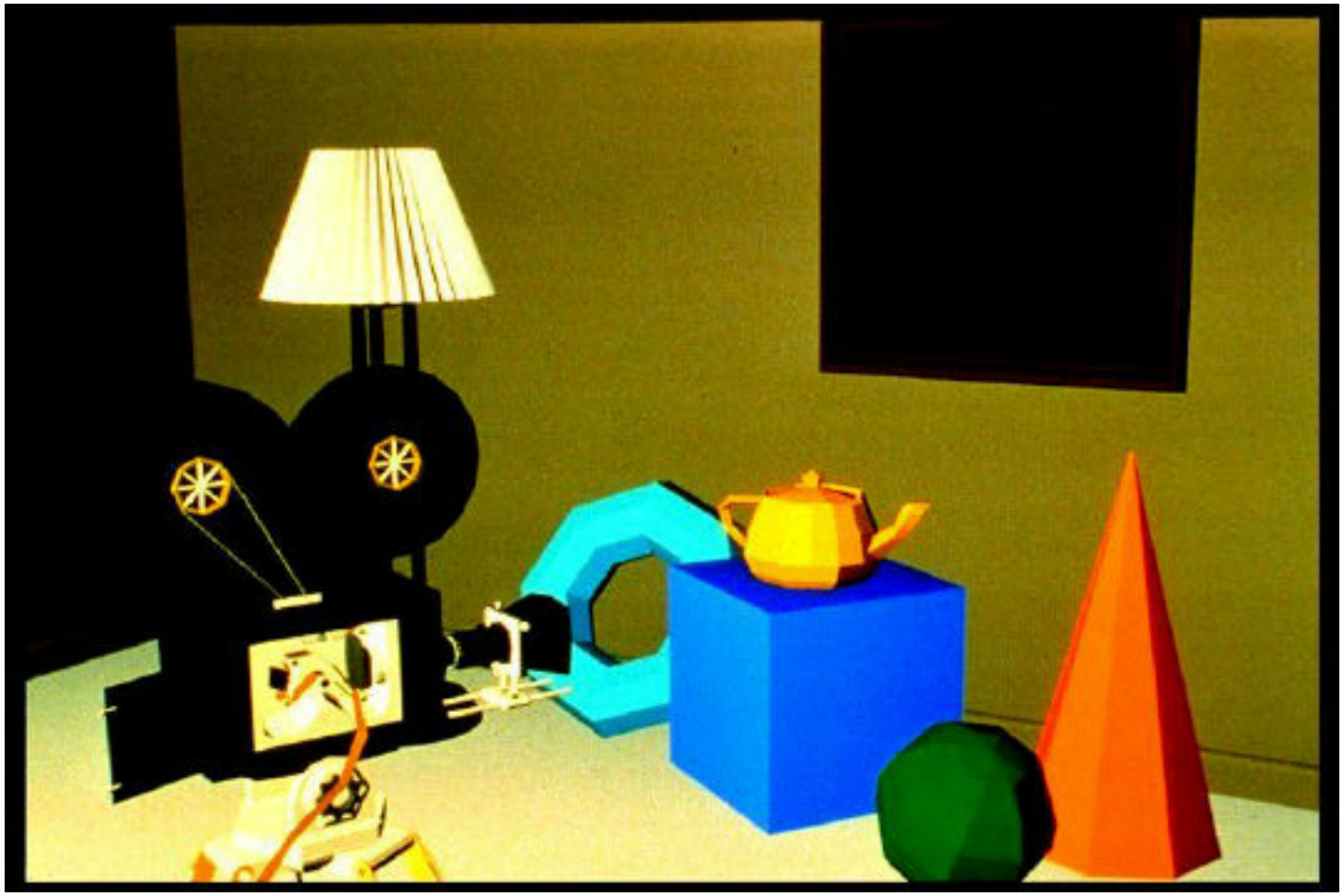
3 - Depth cueing

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



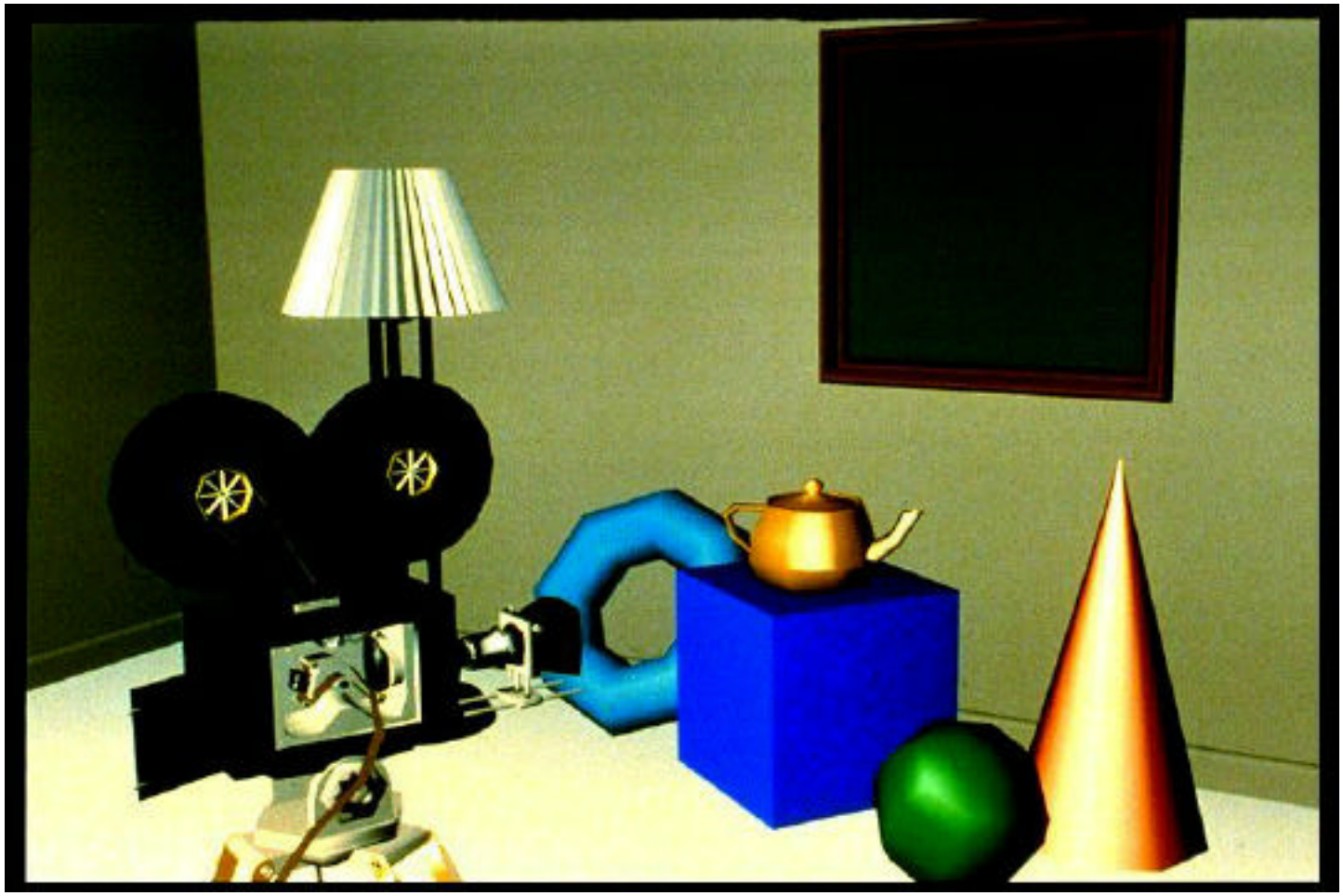
4- Coloriage uniforme

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



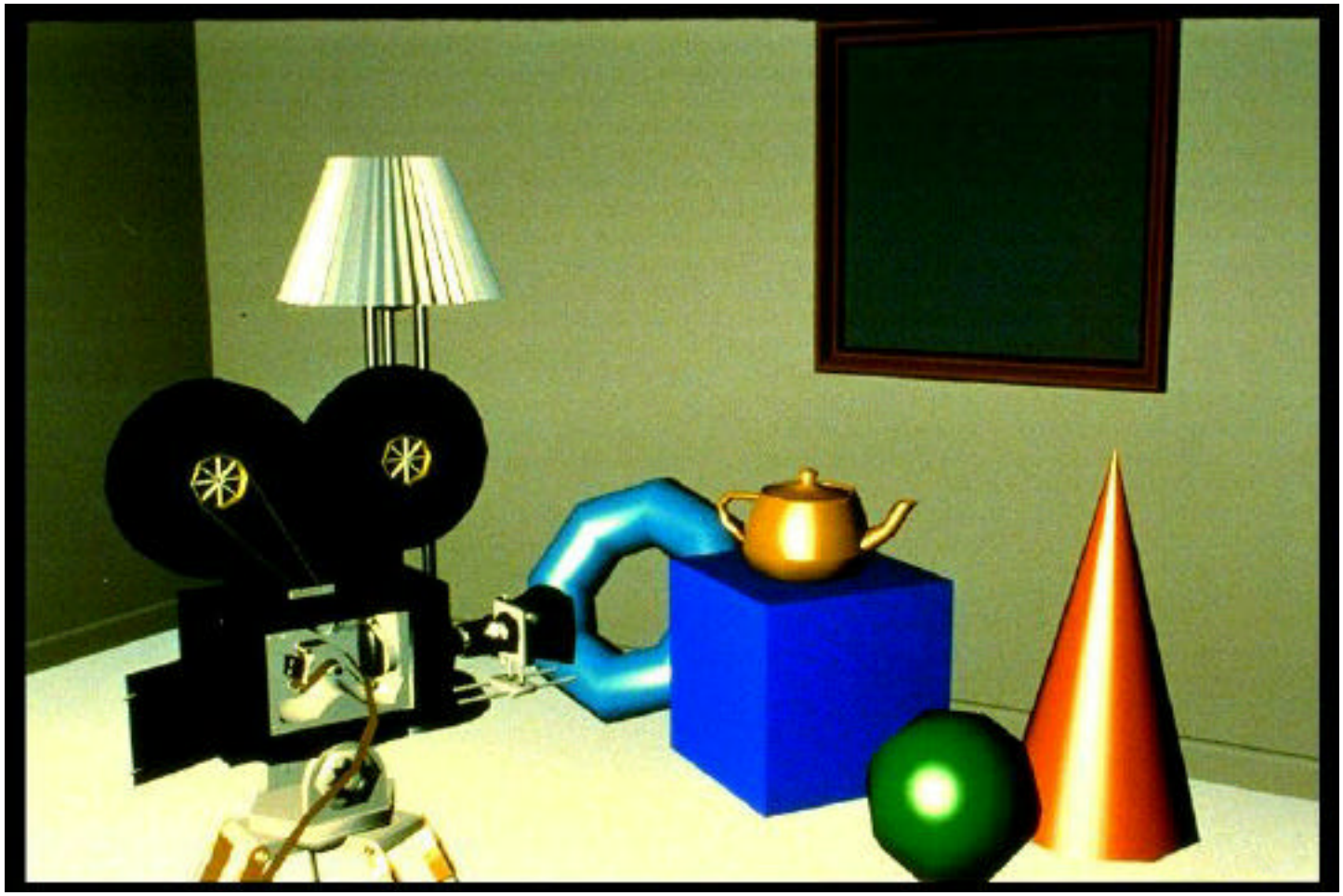
5- Coloriage à plat (flat)

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



6- Interpolation de Gouraud

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris



7- Interpolation de Phong

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

8 - Plaqué de textures

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

Steve Anger "Philco 6Z4" 1993 avec POVray http://www.povray.org/

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

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

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

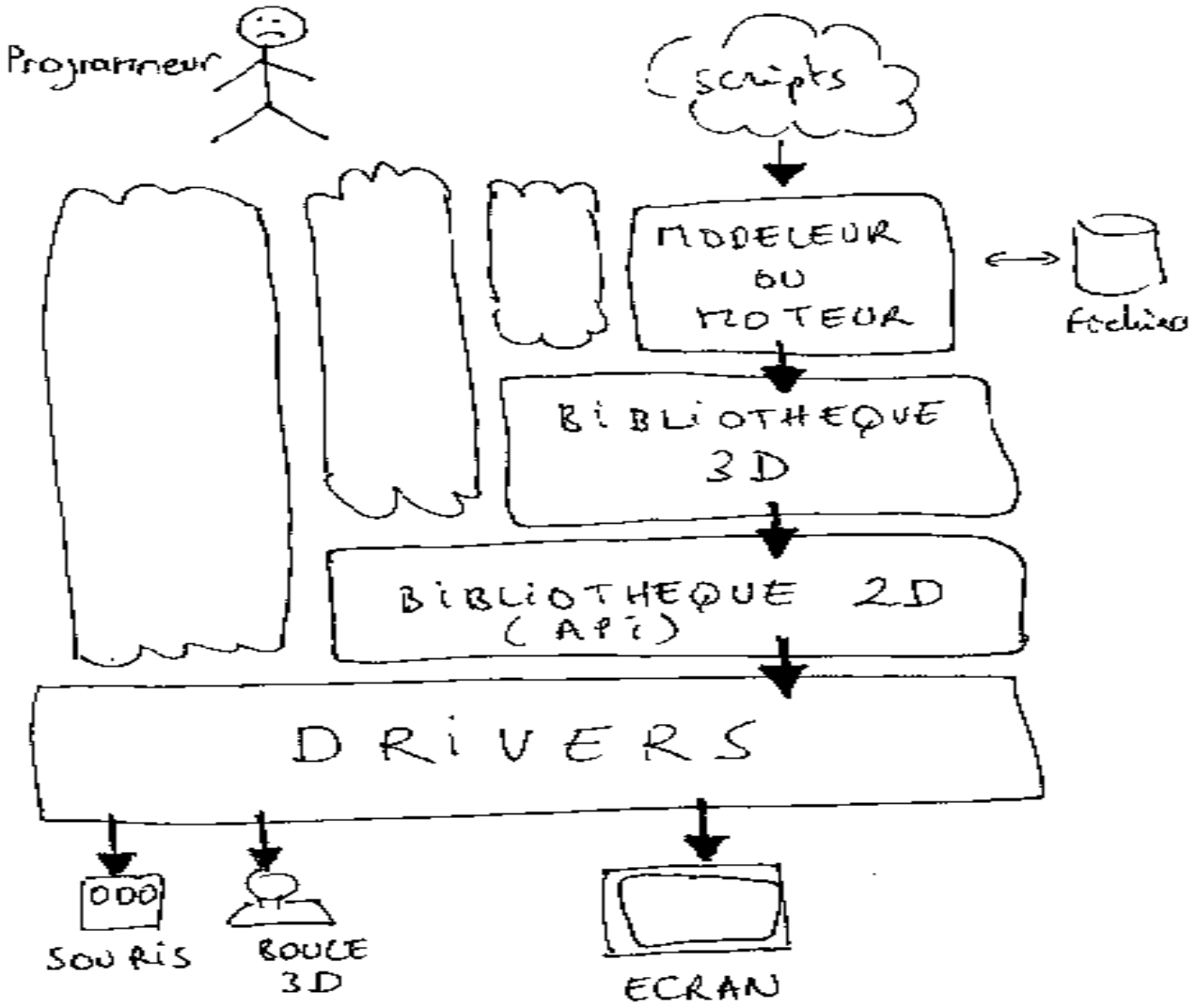
Radiosité - http://www.education.siggraph.org/materials/HyperGraph/radiosity/

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

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

P. CUBAUD <cubaud@cnam.fr> Dept. informatique CNAM, Paris

4. Le logiciel et le matériel



Les produits

- Une profusion de normes et de standards de facto

  * en 3D : openGL, Direct 3D…

  * en 2D : XWindow, QuickDraw…

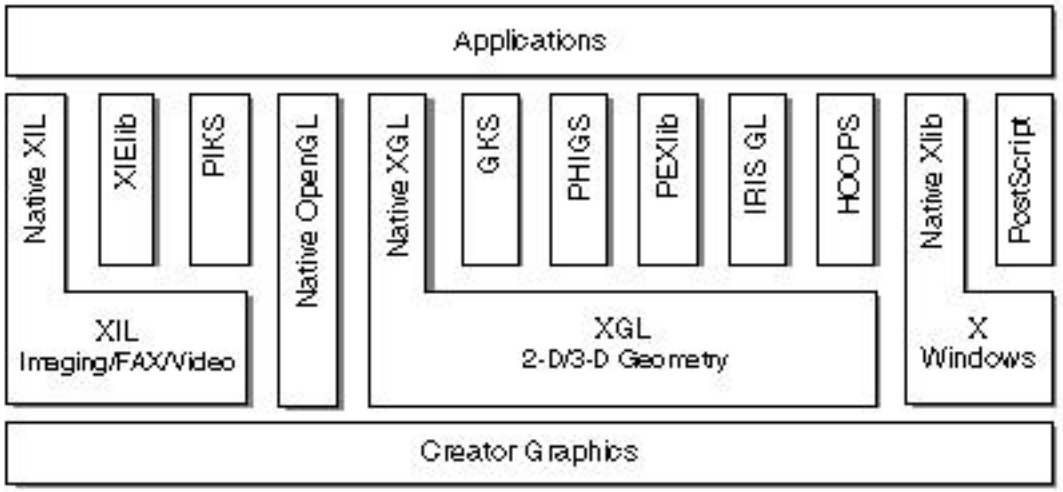


Figure 4-1 Solaris Foundation Graphics Libraries and layered interfaces

http://www.sun.com:80/desktop/products/Graphics/creatortech/creator_graphics_software.html#cgsi4

- Nombreux formats de descriptions de scènes

  3D Studio, True Space, Autocad DXF, Open Inventor,… => VRML

- Des matériels très disparatres

  - micro-ordinateur banal (Pentium MMX…)
  - cartes accéleratrices (Matrox…)
  - stations haut niveau (Silicon Graphics, …)
  - Les écrans, les imprimantes…

5. Références

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. PEROCHE et al. "Informatique graphique, méthodes et modèles" Hermes, 1998.**

3• Logiciels et documents de référence

Amapi Web : version "freeware" de Amapi, un modeleur pour Macintosh capable d'exporter du VRML (en principe…)

AC3D : un modeleur shareware sous Linux

Persistence of Vision (POV, POVray): un moteur suivi de rayons "freeware", multi plateformes (UNIX, Windows, Mac). Documentation utilisateur assez complète.

SGRP (Simple Graphics Raster Package) et SPHIGS (Simple PHIGS) : bibliothèques graphiques multi-plateforme réalisées par D. Sklar in [FOLEY]

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

4• 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 :

Silicon Graphics	http://www.sgi.com
Sun, pour Java3D	http://www.sun.com
Pixar	http://www.pixar.com

* Les associations de chercheurs, les festivals :

SIGGRAPH	http://www.siggraph.org
Eurographics	http://www.eg.org
consortium Web3D	http://www.web3d.org
Imagina	http://www.ina.fr
Ars Electronica	http://www.aec.at/

5• Filmographie

"Tron" de Walt Disney

Best'of Imagina (vidéo Canal +)

"Jurassic Park" pour certaines séquences

"Men in black" : extraordinaire

+ "Toy story" + "Titanic" + "Star wars episod 1" + "Dinosaur"