

Informatique graphique

Introduction

Frédéric Boudon

Techniques de l'image

Utiliser l'ordinateur pour générer ou interpréter des images

- **Motivations:**
 - Images = sources d'informations extrêmement importantes
 - Efficaces pour communiquer des idées complexes
- **Objectifs de ce cours**
 - Concepts et techniques associés à ce domaine
 - Illustrer par des applications pratiques

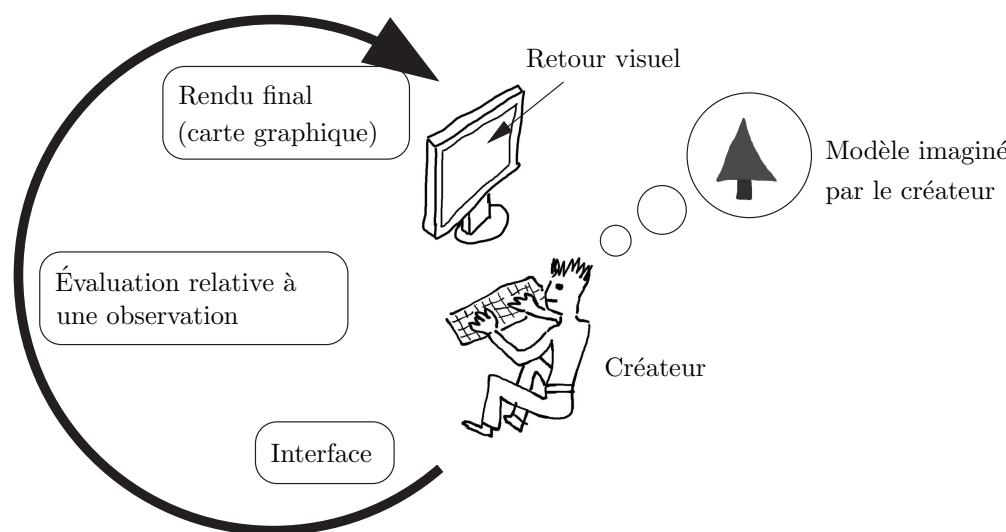
Techniques de l'image

- **Synthèse d'images** (Computer graphics)
 - Synthèse d'image interactive
 - Réalité virtuelle
 - Image réaliste, artistique ou fantaisiste
- **Analyse d'images** (Image Analysis)
 - Traitement d'images (Image processing)
 - Reconnaissance des formes (Pattern Recognition)
 - Vision par ordinateur (Computer Vision)
- **Réalité augmentée** (Augmented Reality)
 - Mélange des deux techniques précédentes

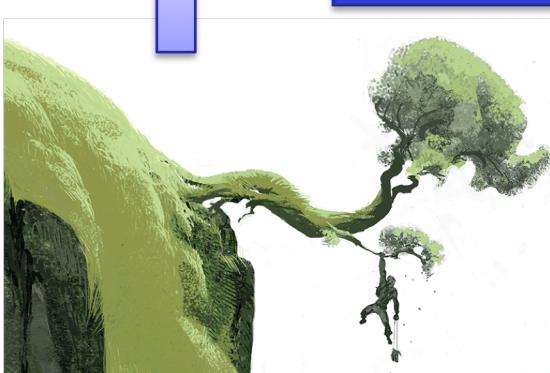
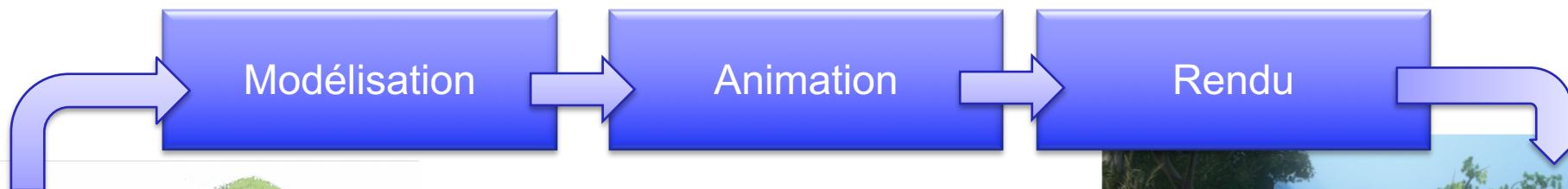
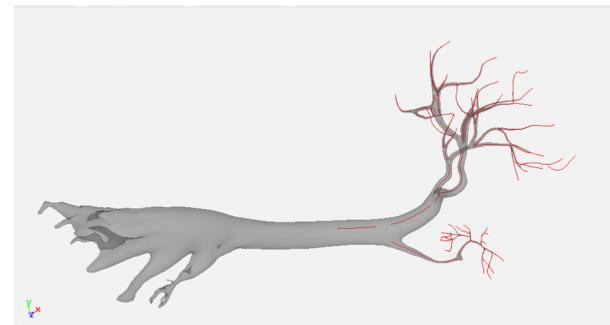
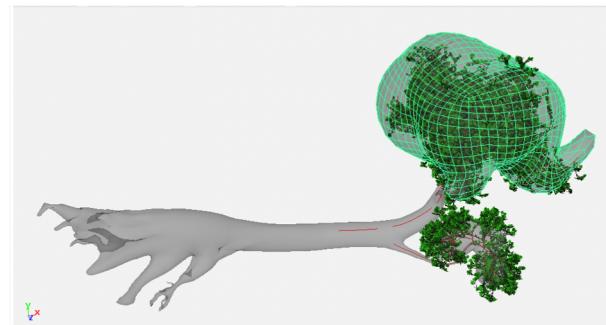
Processus

Les différentes phases de la synthèse d'une image

- **Modélisation**
 - Représentation mathématique/informatique des objets de la scène
- **Gestion du modèle, animation**
 - Ce qui doit être vu, la dynamique du modèle
- **Production de l'image**
 - Rendu à partir de la description du modèle



Pipeline pour la synthèse d'image



Les besoins

- Nombreux domaines d'application
- Besoins spécifiques.
- Exemples:

Cinéma, animation, effets spéciaux ...

Domaine médical

La construction: aéronautique, automobile...

La simulation de phénomènes physiques ou naturels

La réalité virtuelle

...

Animation

Modélisation intuitive et interactive de surfaces 3D. Rendu de grande qualité.

On recherche une qualité visuelle

Continuité de normales : C^1

Continuité de courbure (pour les reflets) : C^2



Construction

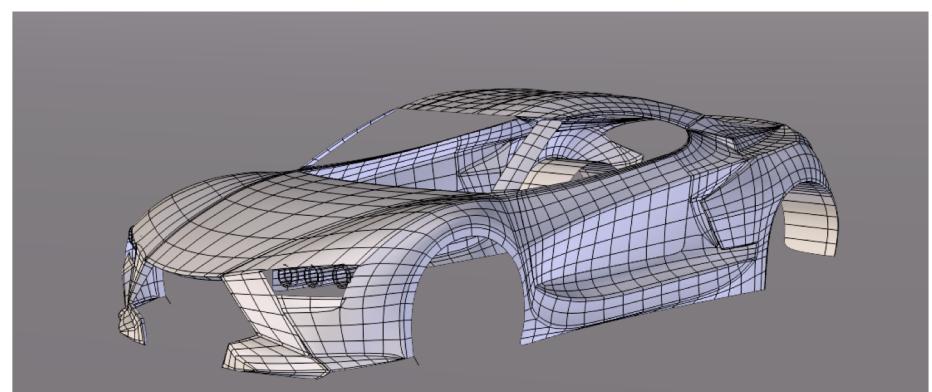
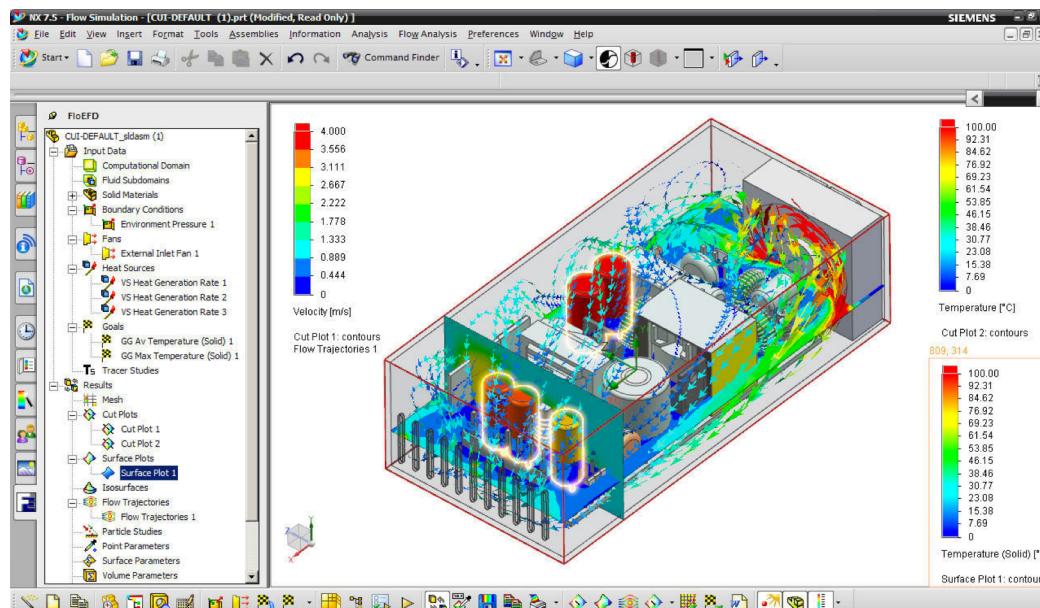
Modélisation de maquette

Logiciels de constructions: de la conception à la fabrication (toujours L'interactivité)

Représentation mathématique de la surface précise et adaptée aux contraintes de fabrication (continuité, découpage, assemblage, discrétisation...)

Doit aussi supporter les modèles de tests physiques (aérodynamique, résistance des matériaux...)

...



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 musée virtuel, un monde où l'on évolue, les simulateurs en immersion...)



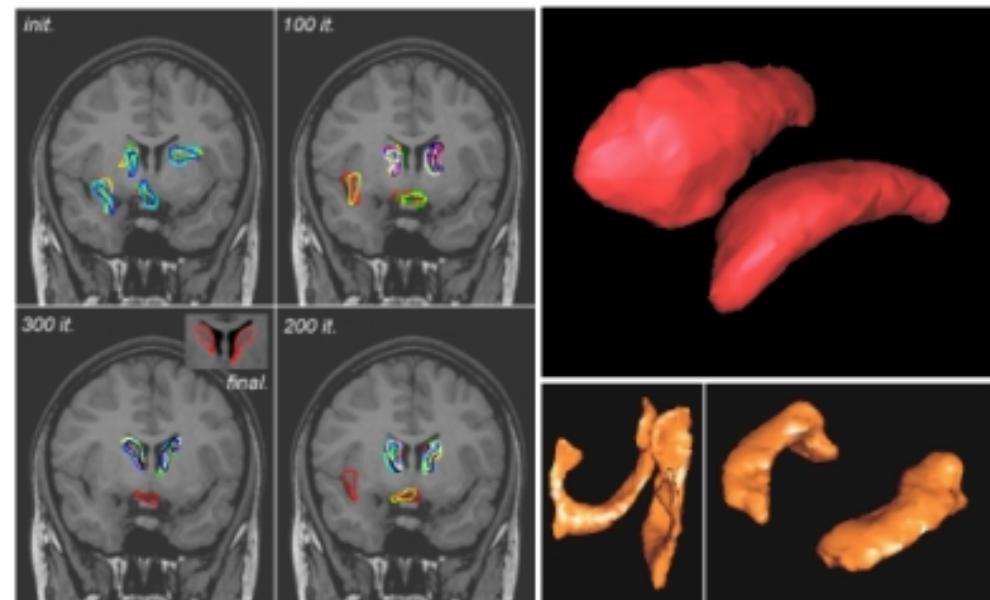
Domaine médical

Visualisation de données scanner (surfacique ou volumique)

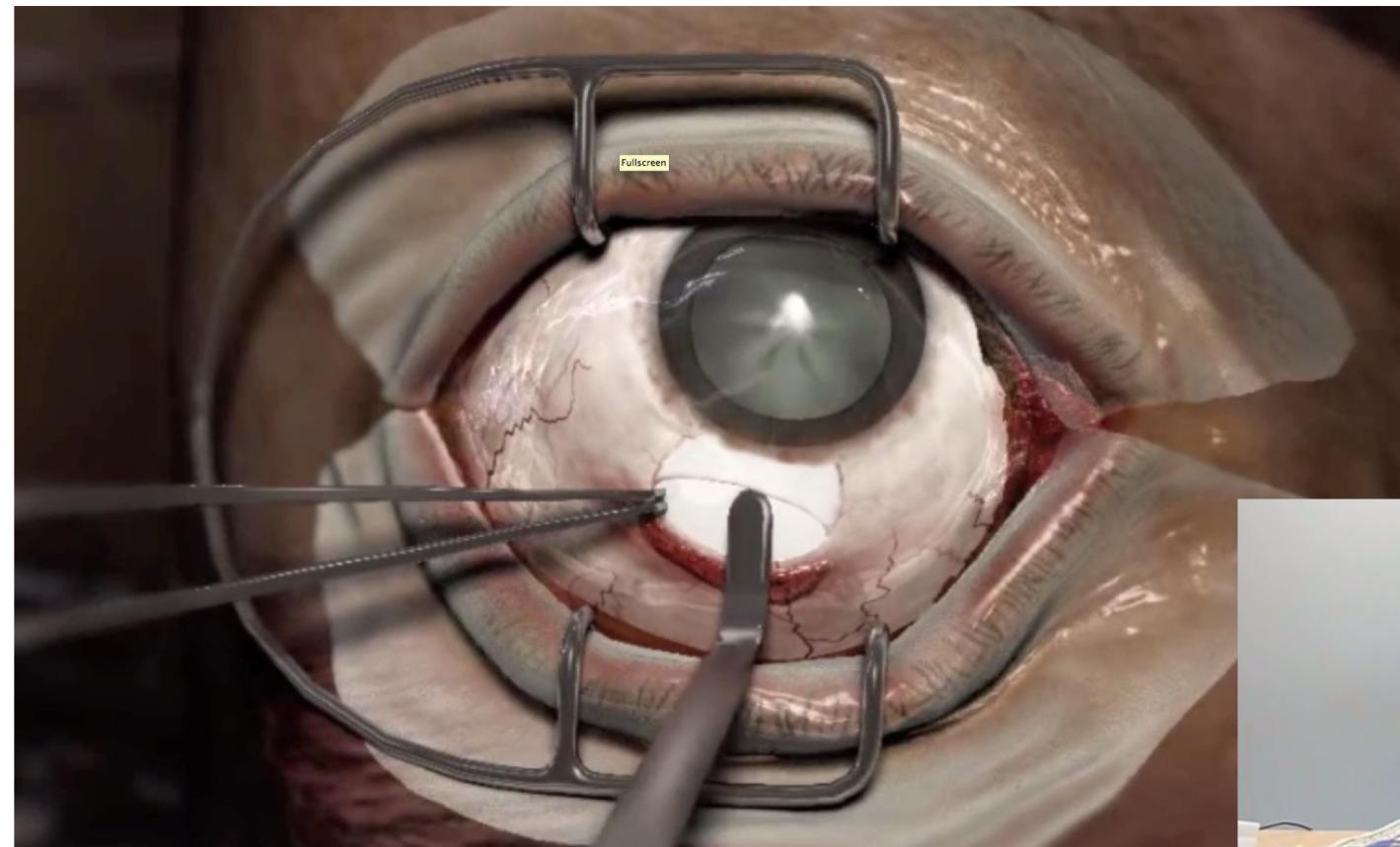
Reconstruction des organes

Simulation de déformations (opération virtuelle)

...



Operation virtuelle



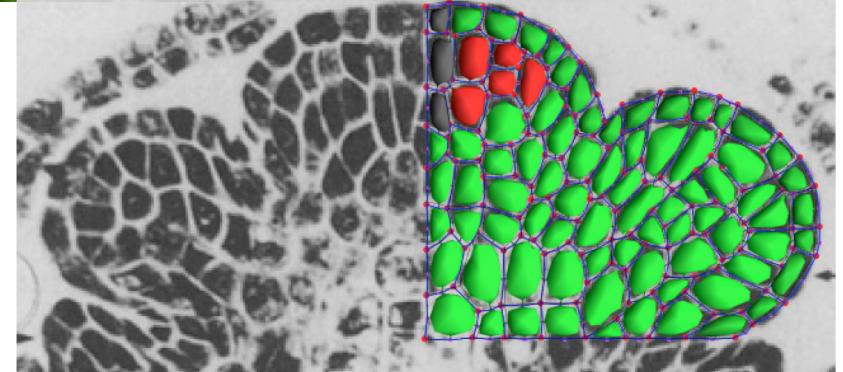
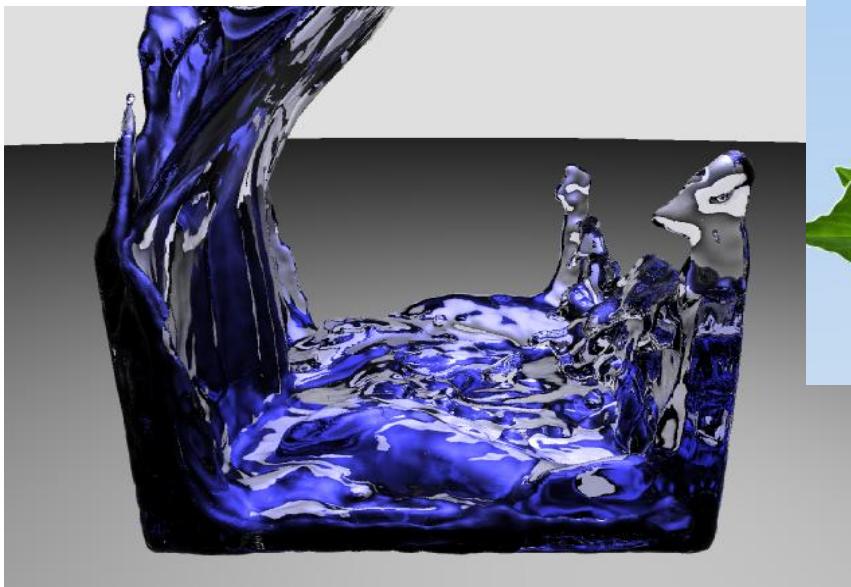
Simulation de phénomènes physique ou biologique

Recherche de l'**interactivité** ou non

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

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

...



Les jeux vidéos

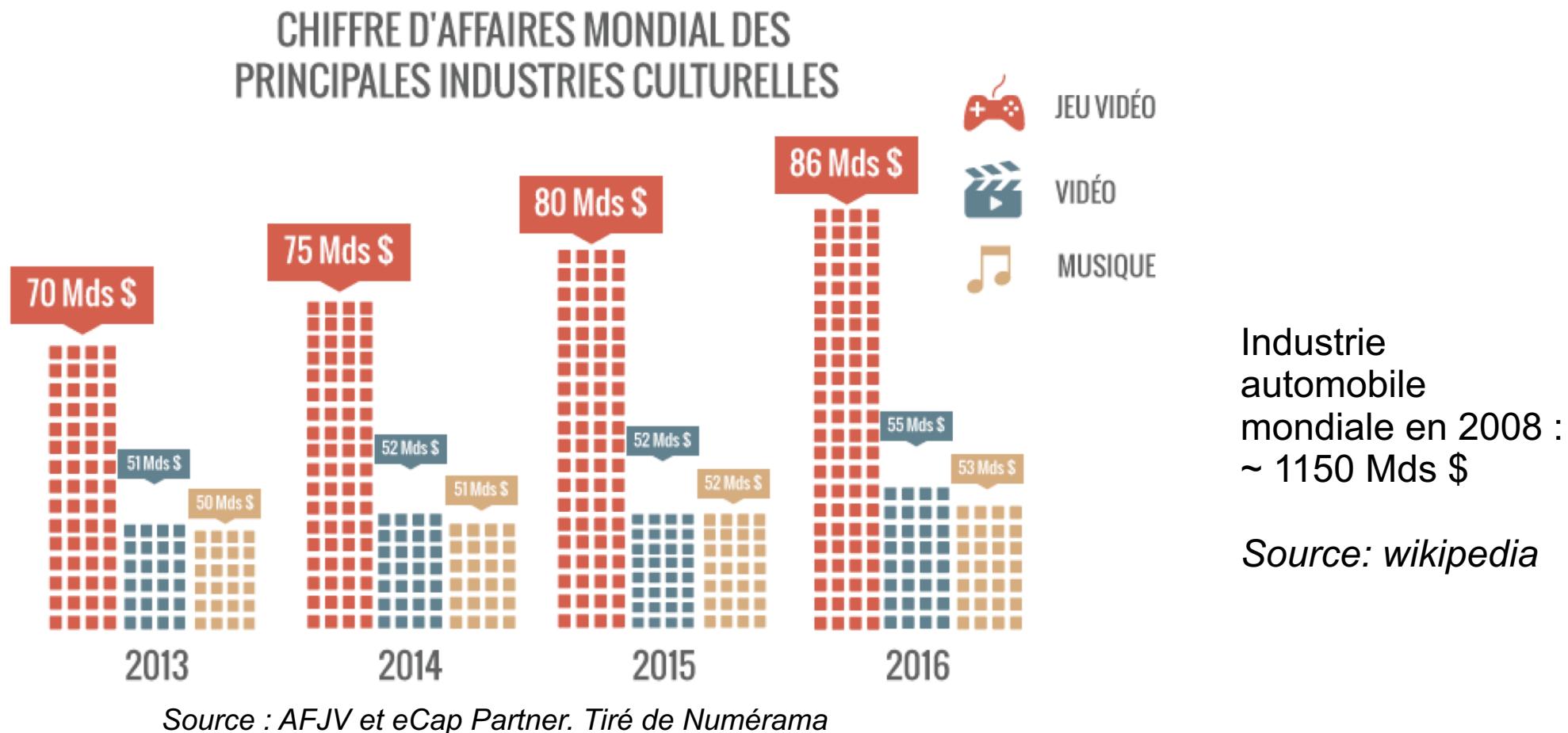
Interaction très forte



Un flux de 60 images par seconde pour une haute qualité (30 au minimum)
Animation + calcul de l'image + effets spéciaux + IA en temps réel

=> critique en temps de calculs, il faut aller vite !

Importance de ces industries dans nos sociétés

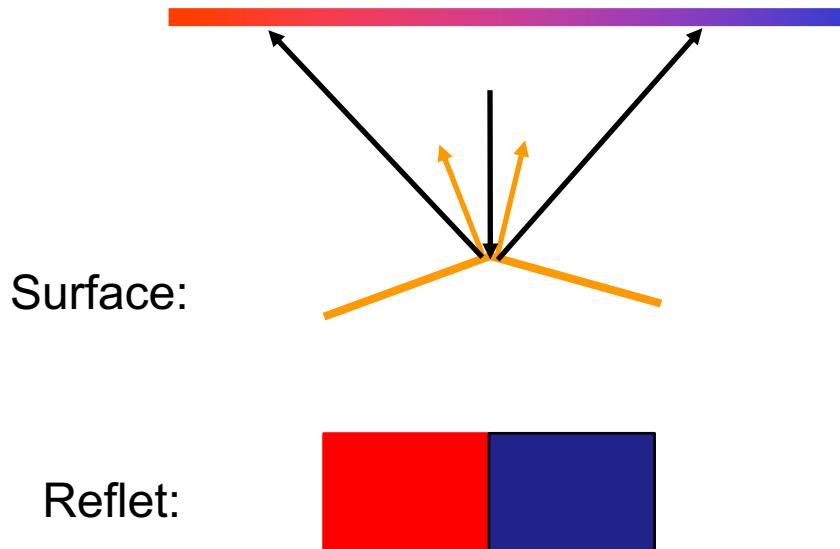


Aperçu du contenu du cours

- Préliminaires: qualité d'un rendu et géométrie
- Représentations géométriques
- Méthodes de rendu
- Calcul d'une image

Préliminaire: Qualité d'un rendu

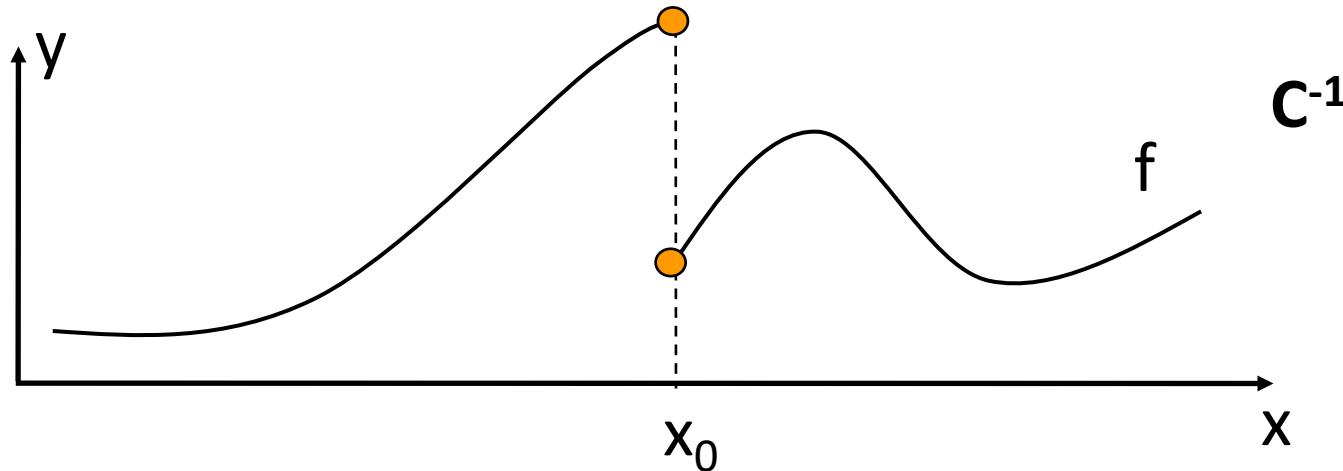
Dépend des propriétés géométriques de la surface



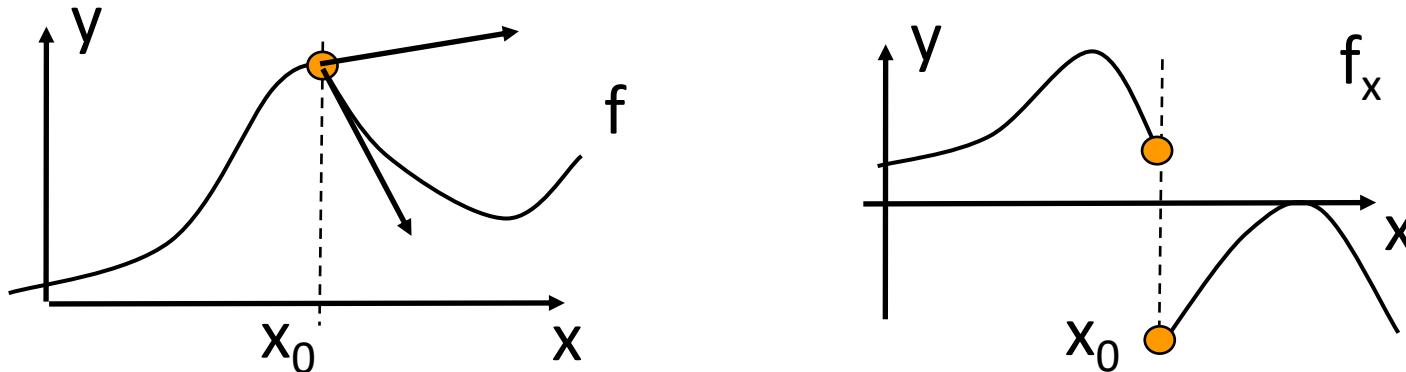
Continuité d'une courbe

Soit une fonction $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$

Si en $x=x_0$ $f^-(x_0) \neq f^+(x_0)$ la courbe est discontinue en x_0

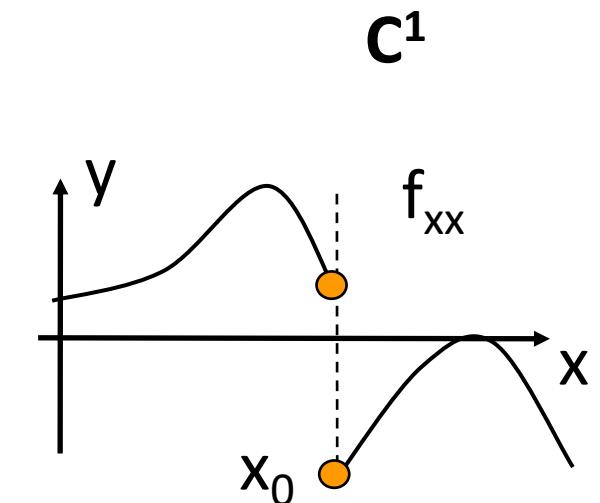
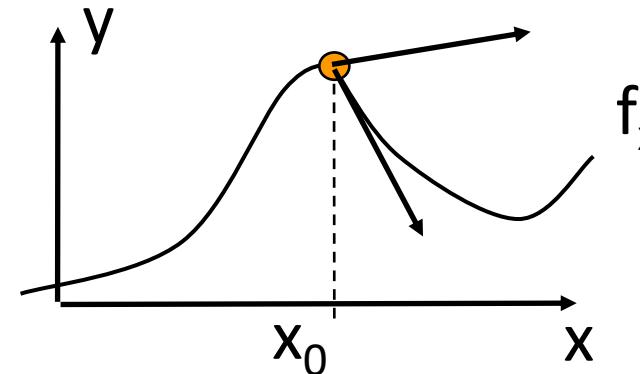
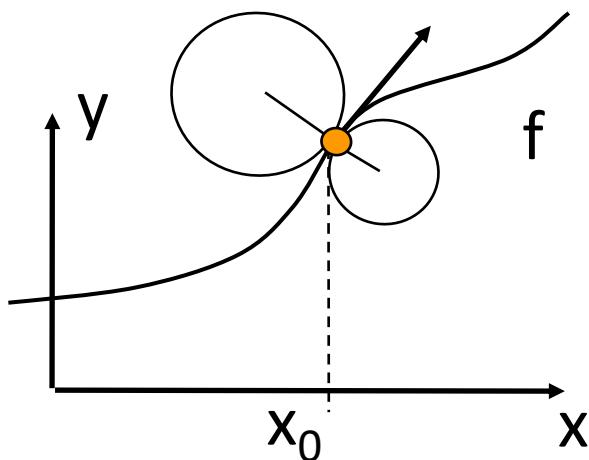


Si $f^-(x_0) = f^+(x_0)$ et $f_x^-(x_0) \neq f_x^+(x_0)$

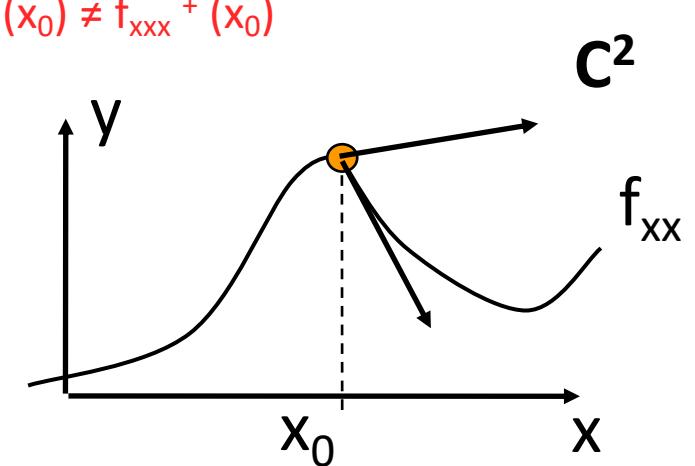
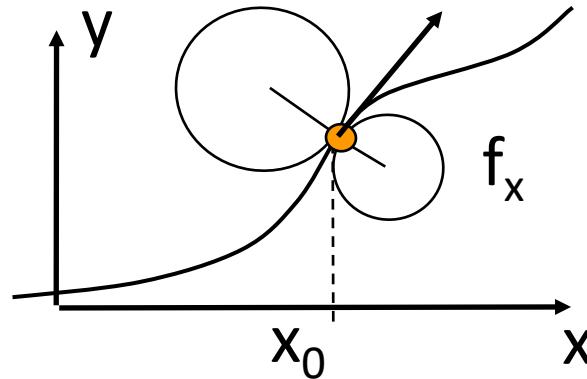
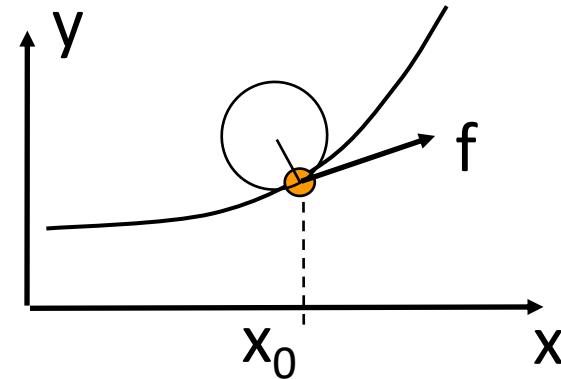


Continuité d'une courbe

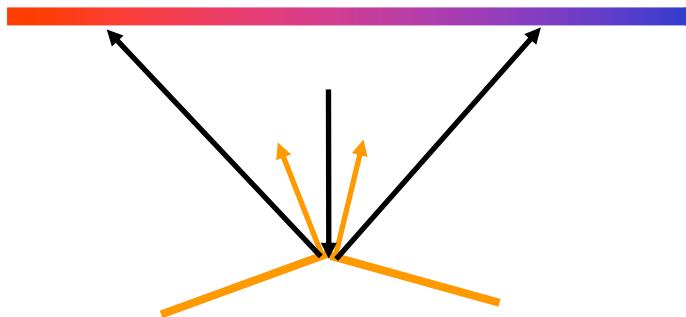
Si $f^-(x_0) = f^+(x_0)$, $f_x^-(x_0) = f_x^+(x_0)$ et $f_{xx}^-(x_0) \neq f_{xx}^+(x_0)$



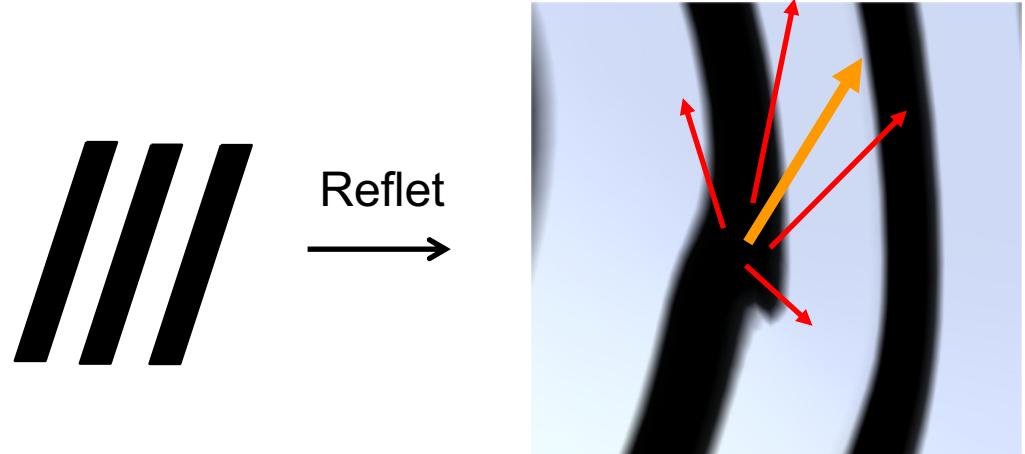
Si $f^-(x_0) = f^+(x_0)$, $f_x^-(x_0) = f_x^+(x_0)$, $f_{xx}^-(x_0) = f_{xx}^+(x_0)$ et $f_{xxx}^-(x_0) \neq f_{xxx}^+(x_0)$



Qualité des reflets



Surface C^0 , reflet discontinu (C^{-1})



Surface C^1 , reflet C^0 : la courbure varie dans les différentes directions autour du point central

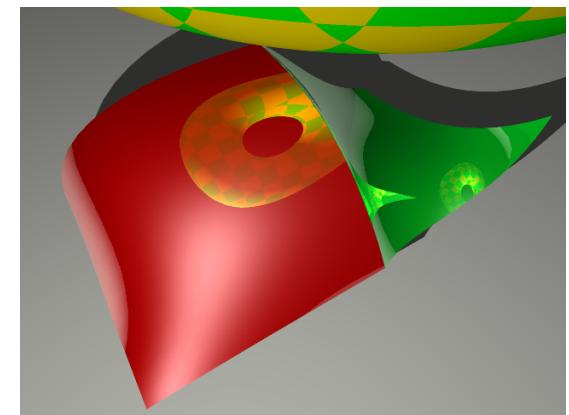
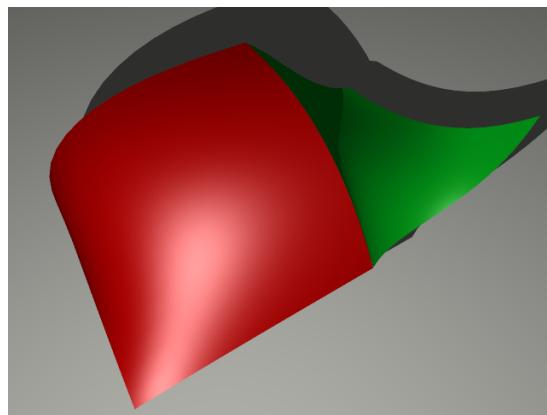
La continuité des reflets est égale à celle de la surface moins 1

(surface de continuité $C^2 \Rightarrow$ reflets de continuité C^1).

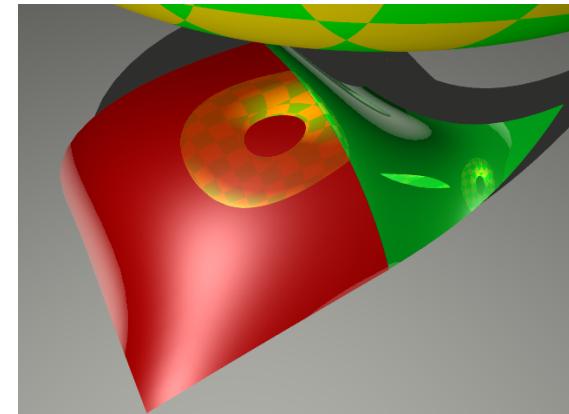
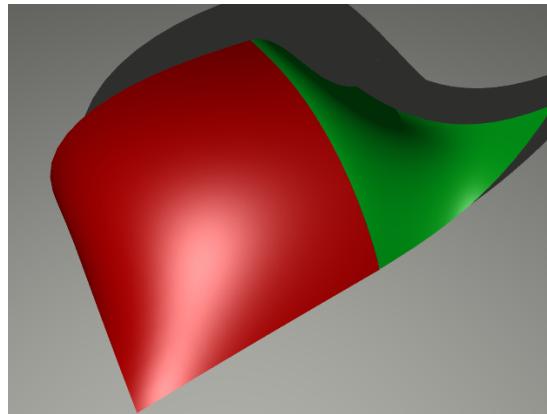
Pour cette raison, en animation, on souhaite produire des surfaces de continuité C^2 en tous points : pour que les reflets soient C^1

Continuité des reflets

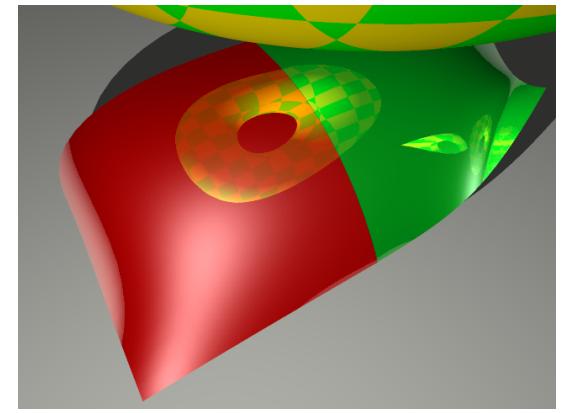
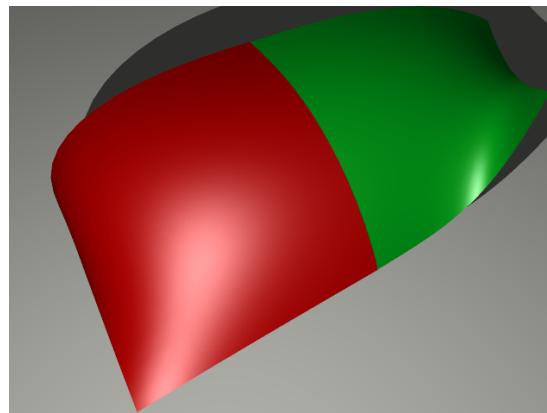
Surface C^0 : Reflet discontinu



Surface C^1 : Reflet C^0



Surface C^2 : Reflet C^1



Classes de modèles géométriques

Donner une représentation géométrique des objets 3D

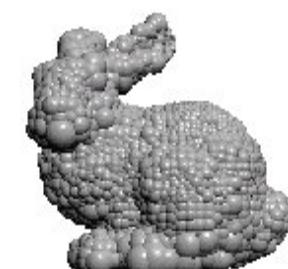
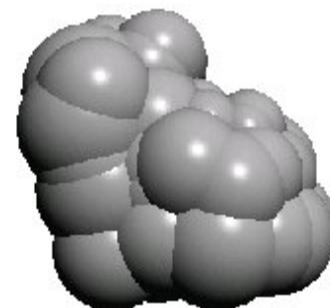
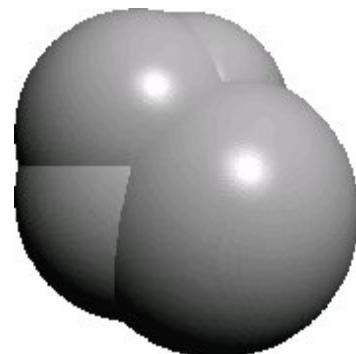
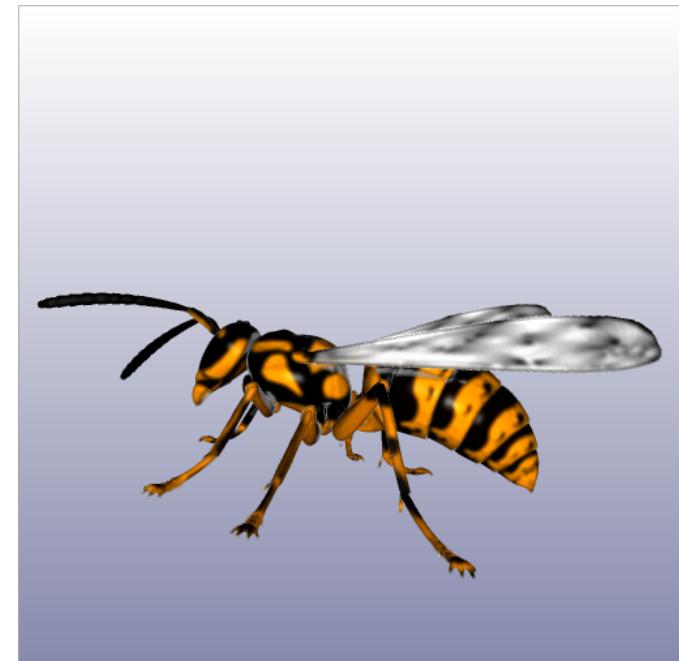
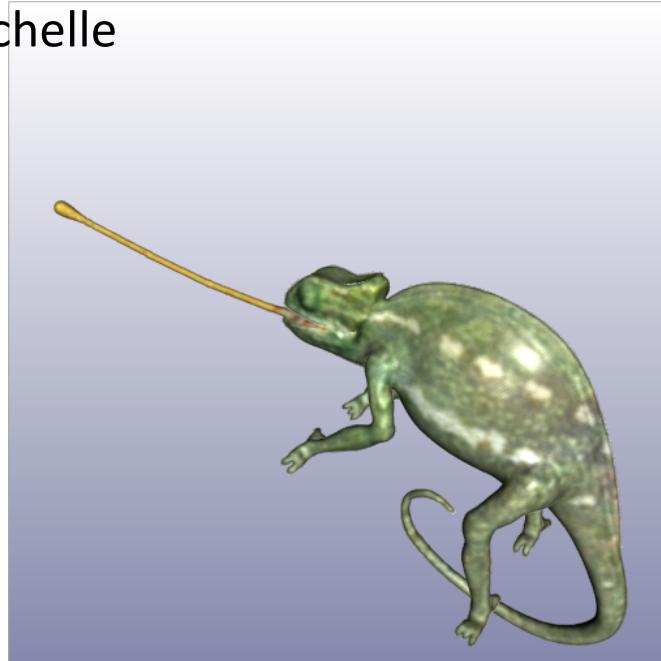
- Points, surfels
- Polygones, maillages
- Equations mathématiques
- Représentations hybrides
- ...
- Organisation des primitives

Les Points

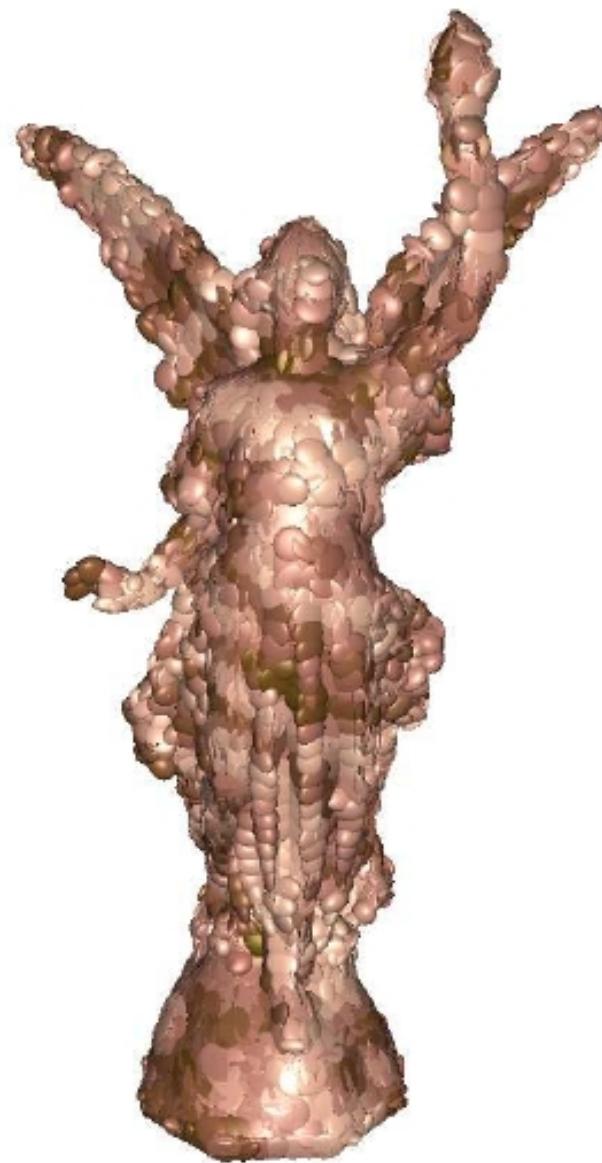
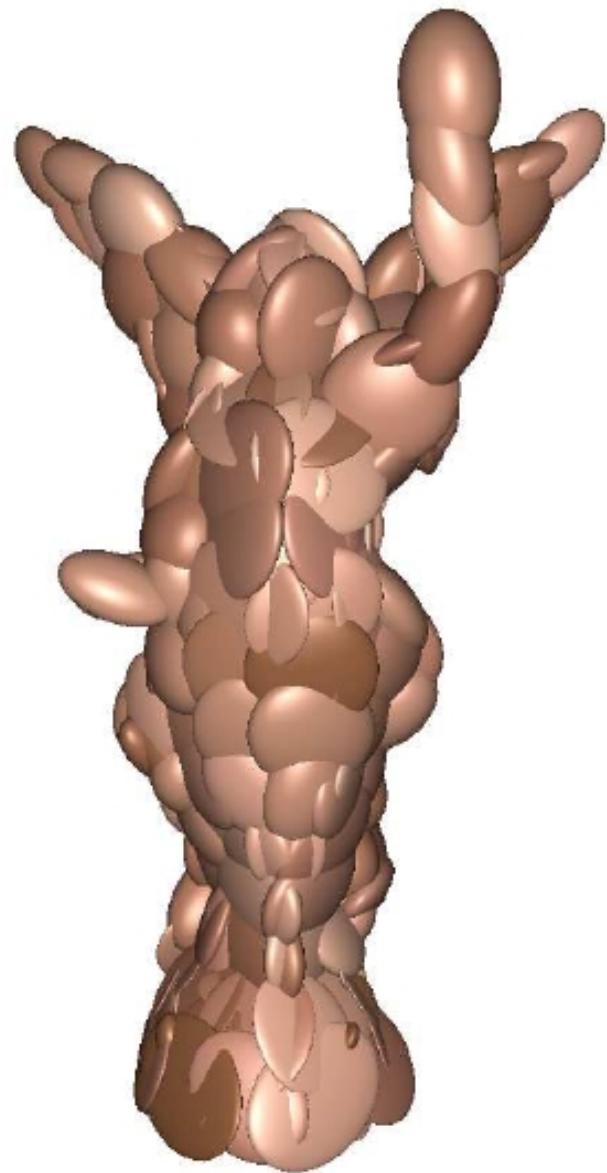
C'est la primitive 3D la plus simple (Surfels: Point, Normale, Couleur)

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

Multiéchelle

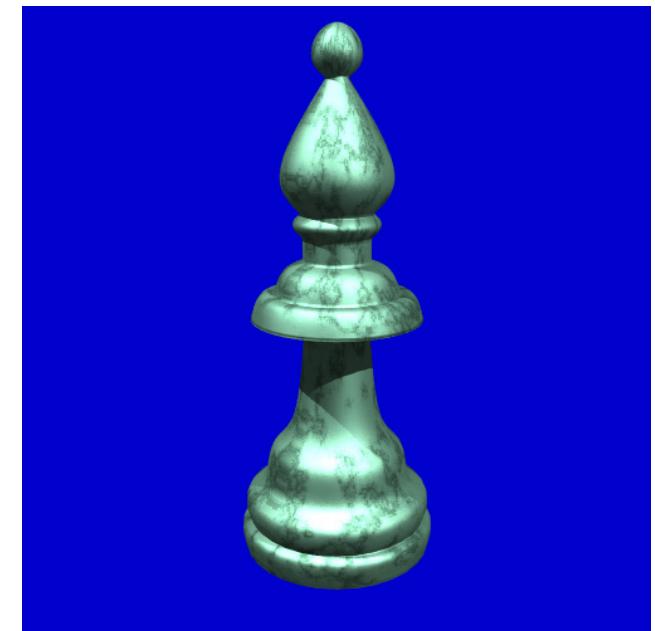
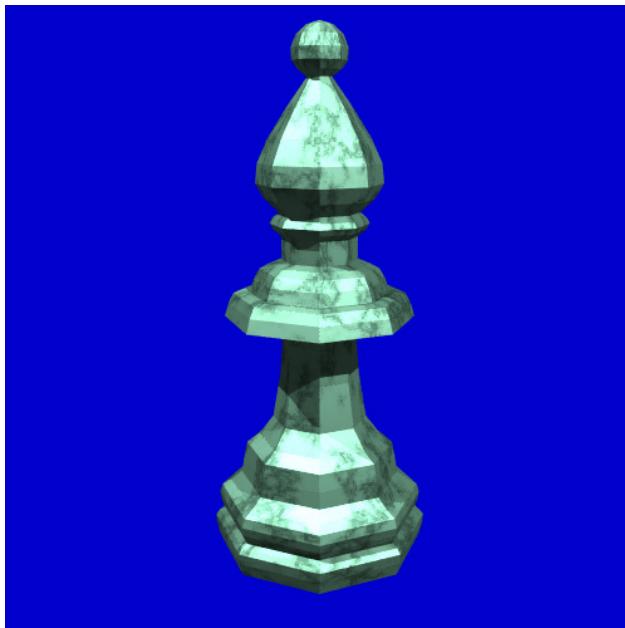


Les ellipses



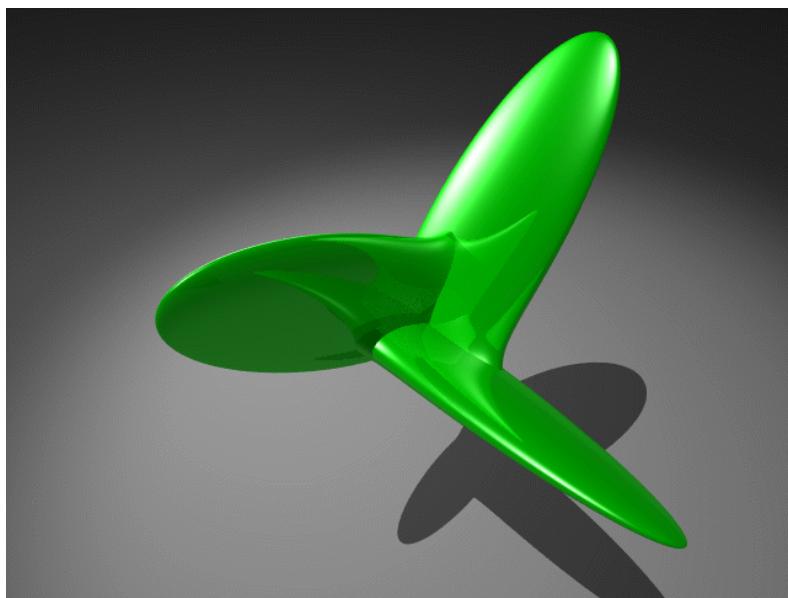
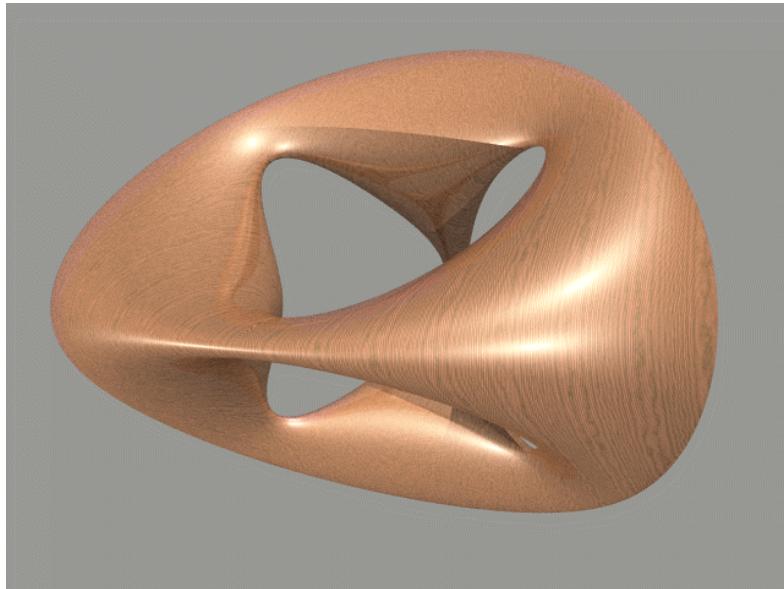
Les polygones

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



→ Cours maillage + cartes combinatoires

Les représentation mathématiques

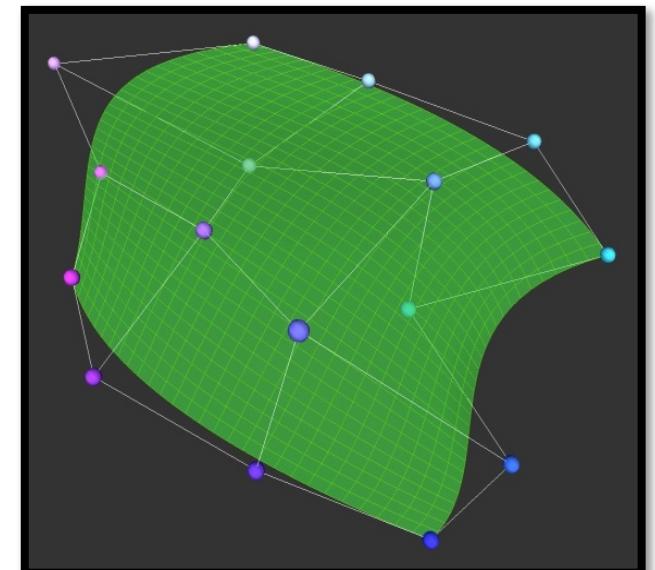
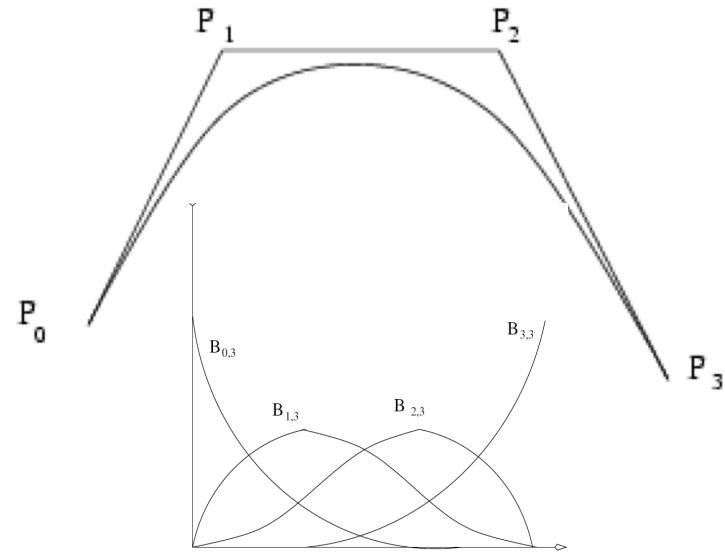
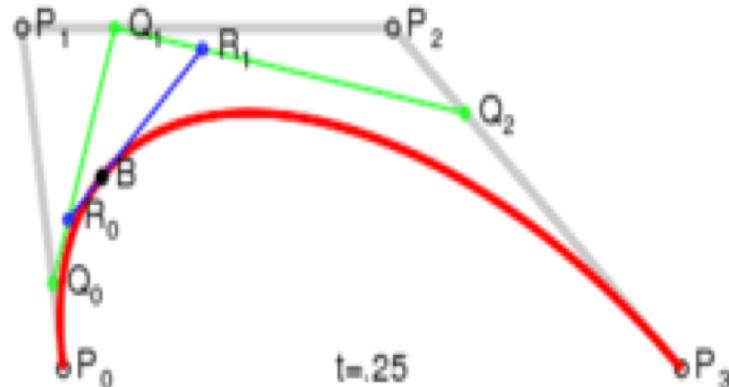


Représentations paramétriques

- Formes paramétriques
 - Ex : Courbes de Bézier

$$C(u) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(u)P_i \quad 0 \leq u \leq 1$$

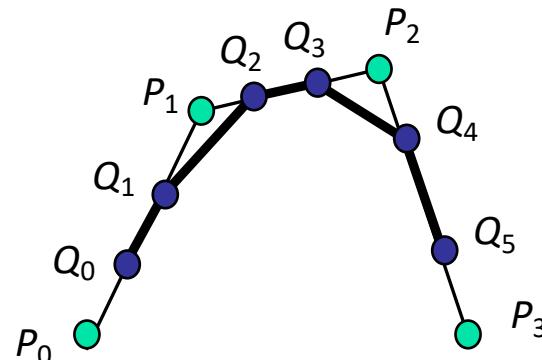
$$B_{i,n}(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-i}$$



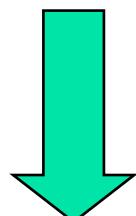
→ Cours: Courbes et surfaces paramétriques (N. Faraj)

Représentations adaptatives

- Surfaces de subdivision
 - Chaiken's Algorithm



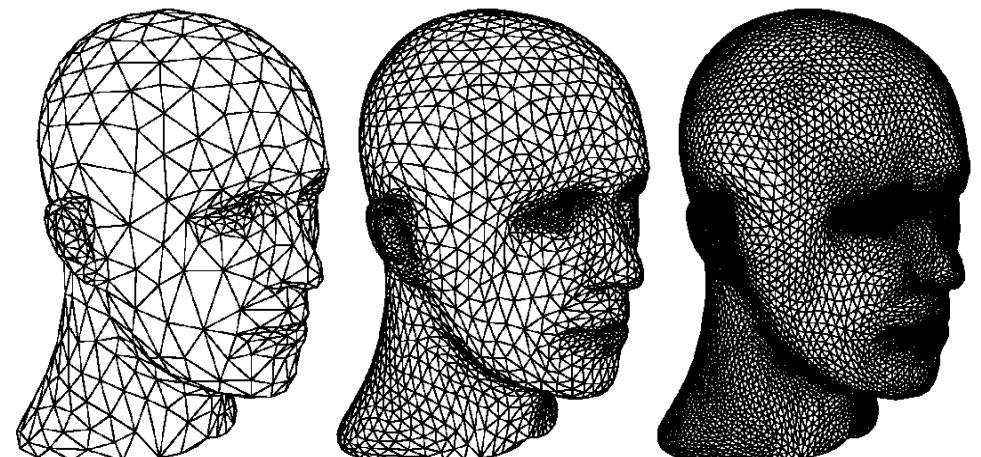
Apply Iterated
Function
System



$$Q_{2i} = \frac{1}{4}P_i + \frac{3}{4}P_{i+1}$$

$$Q_{2i+1} = \frac{3}{4}P_i + \frac{1}{4}P_{i+1}$$

Converge to quadratic B-spline



Different scheme of subdivision:
Interpolant, Approximant
Quad, Triangle



(Geri's Game, Pixar 1998)

Les surfaces implicites

- Une fonction potentiel est une fonction $f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ qui à tout point $P(x,y,z)$ de \mathbb{R}^3 associe une valeur de potentiel C :

$$f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$$

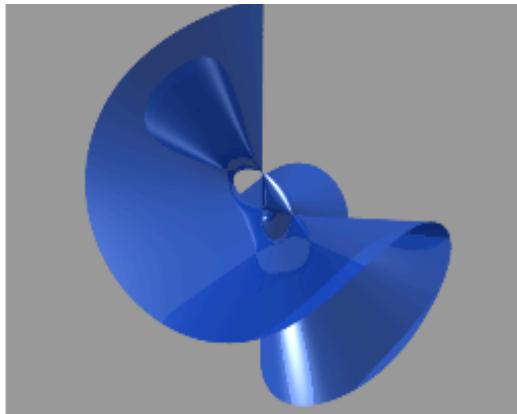
$$P(x,y,z) \rightarrow f(P)=C$$

- Une surface implicite est définie par l'ensemble des points de pour lesquels la fonction f associe la même valeur de potentiel C_0

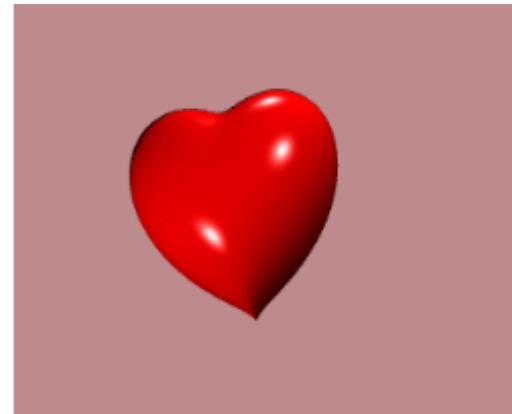
$$S = \{P \in \mathbb{R}^3 \mid f(P) = C_0\}$$

Les surfaces implicites

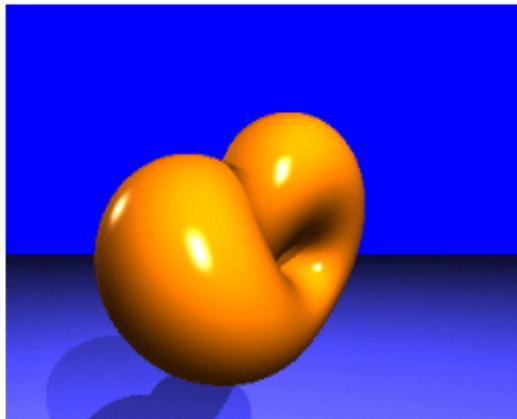
- Exemple : les surfaces algébriques



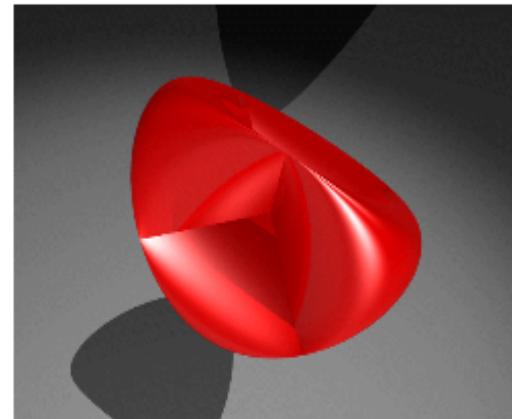
$$-5(x^{2y} + x^{2z} + y^{2x} + y^{2z} + z^{2y} + z^{2x}) + 2(xy + xz + yz) = 0$$



$$(2x^2 + y^2 + z^2 - 1)^3 - \frac{1}{10}x^2 z^3 - y^2 z^3 = 0$$



$$(x^2 + y^2 + z^2 + 2y - 1)((x^2 + y^2 + z^2 - 2y - 1)^2 - 8z^2) + 16xz(x^2 + y^2 + z^2 - 2y - 1) = 0$$



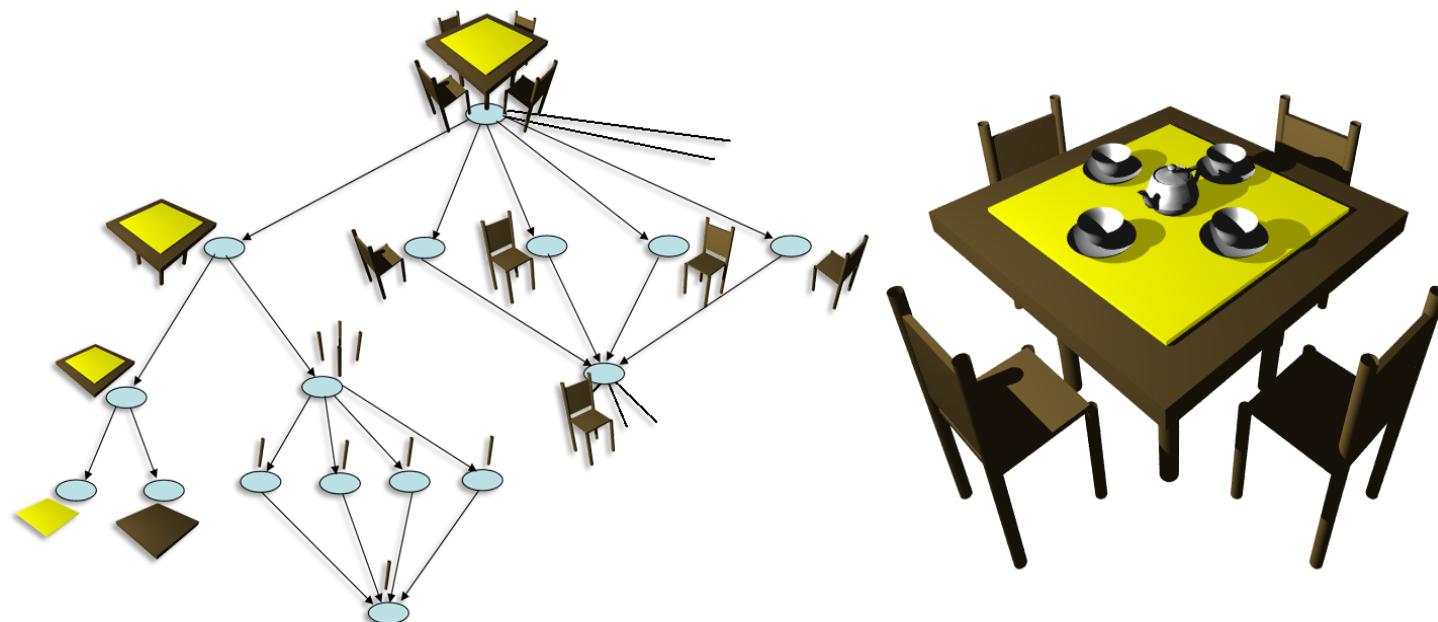
$$x^2 y^2 + y^2 z^2 + x^2 z^2 + x y z = 0$$

Evaluation des surfaces implicites

- Avantages:
 - Facile de savoir si on est à l'intérieur
 - Pratique pour lancer de rayons
- Inconvénients:
 - Discrétisation difficile

Organisation des primitives

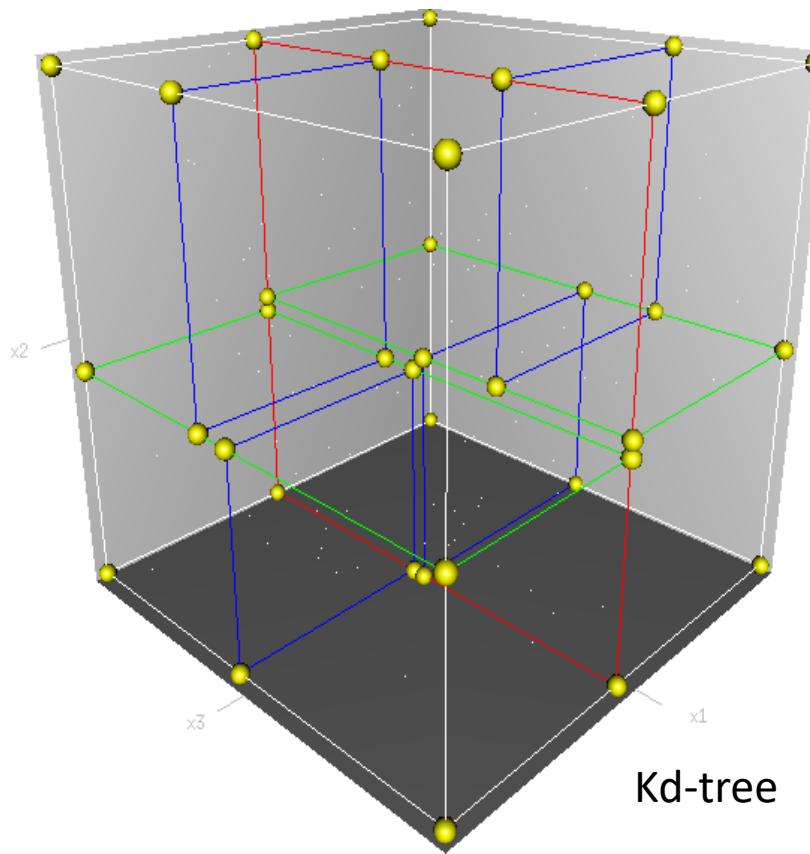
- Différentes organisations
 - Graphe de scène



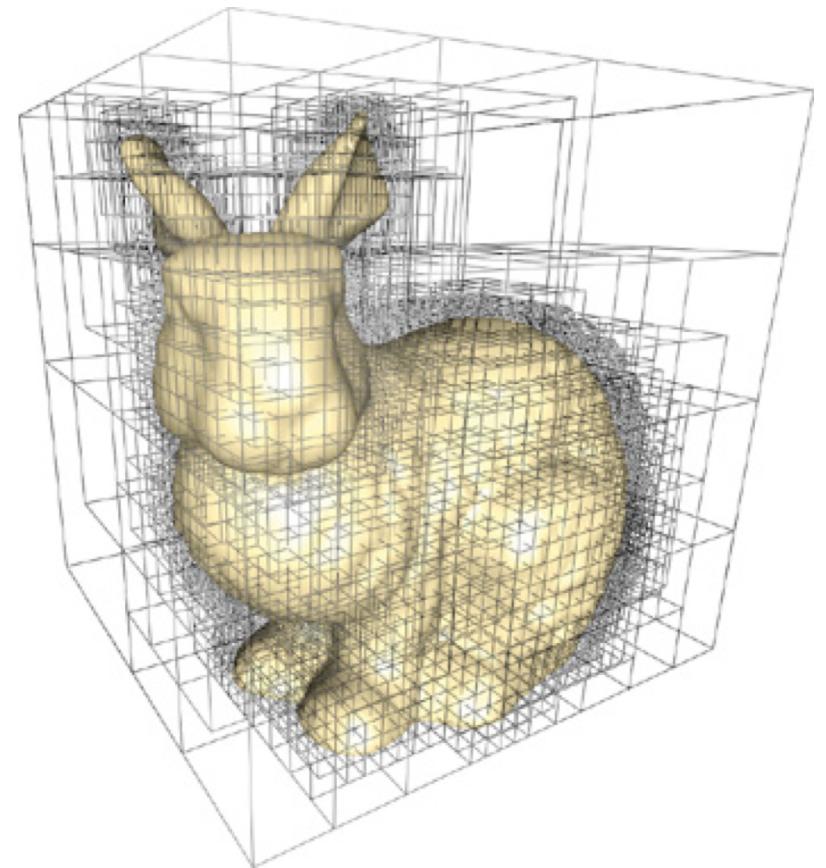
- Transformation et regroupement de primitives

Organisation des primitives

- Différentes organisations
 - Partitionnements spatiaux



→ Cours Maillage



Méthodes procédurales

L-systems consist of an alphabet V , an axiom w and a set of productions P .

$$G = \langle V, w, P \rangle$$

Productions are applied to a string in parallel.

left context < predecessor > right context



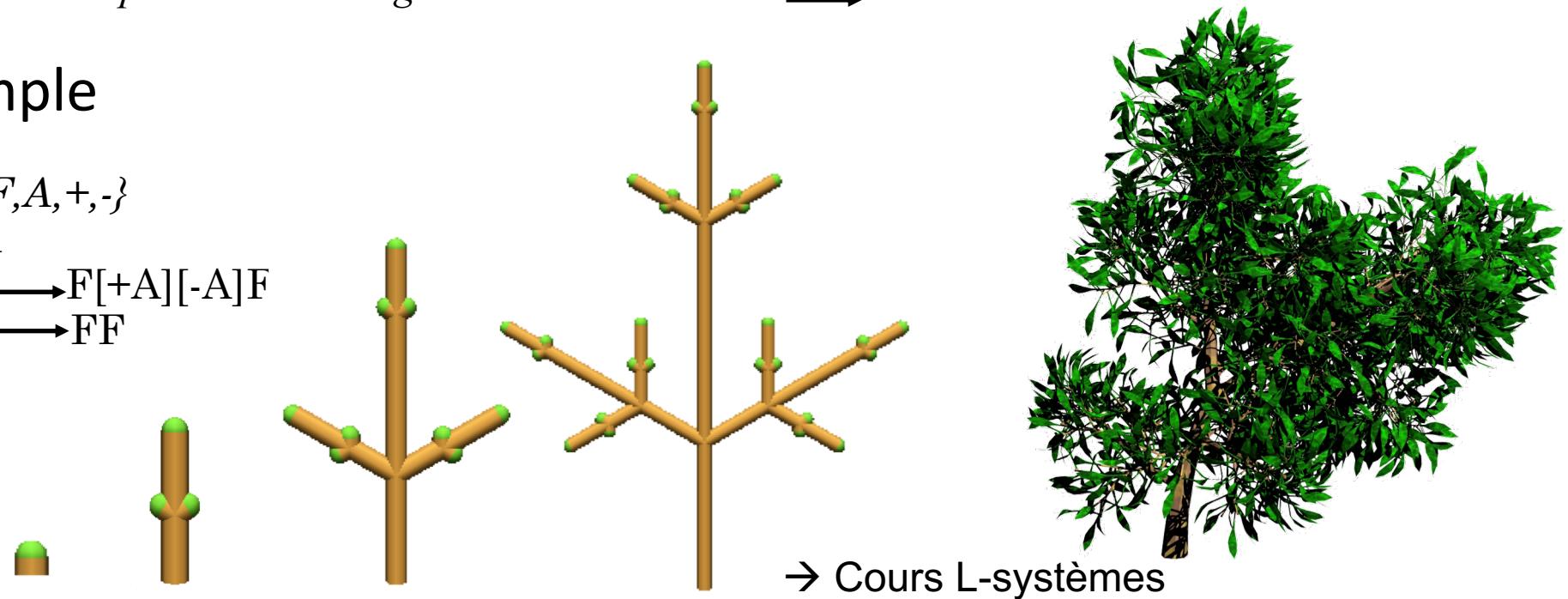
successor

Example

$$V = \{F, A, +, -\}$$

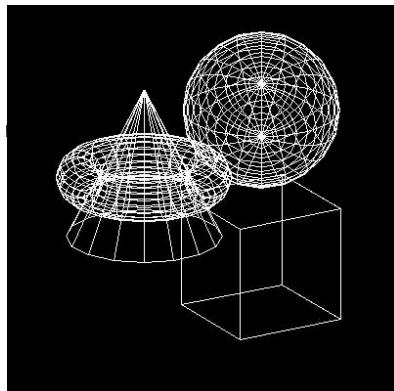
$$w = A$$

$$\begin{aligned} P: A &\longrightarrow F[+A][-A]F \\ F &\longrightarrow FF \end{aligned}$$

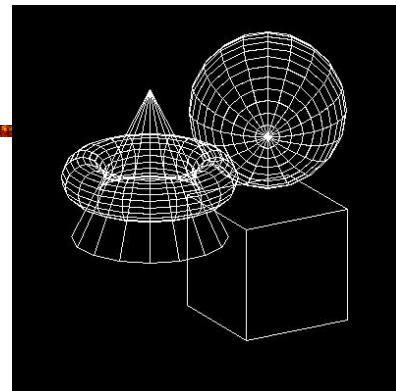


→ Cours L-systèmes

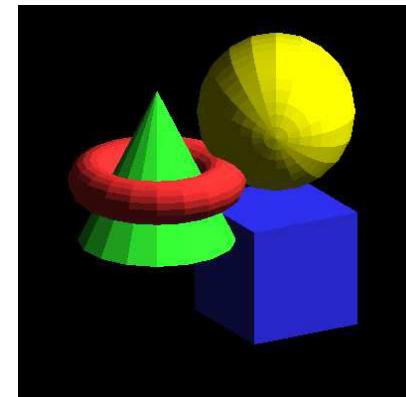
Rendu



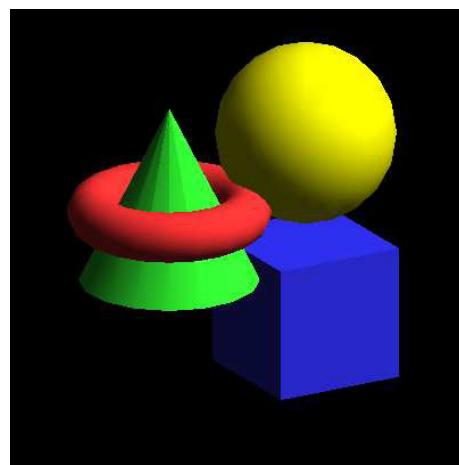
Fil de fer
SKETCHPAD, Sutherland, 1963



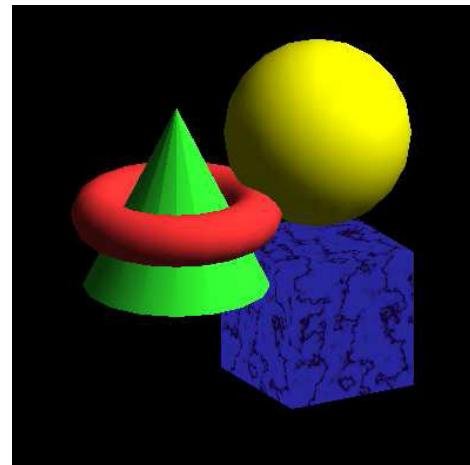
Faces cachées (objet)



Rendu Gouraud
1971



Rendu Phong
1973



Historique

Texture
Catmull, 1974

Rasterization

Transformation repère camera

Déterminer les coordonées des points relativement à la camera

Projection des primitives

Projeter les sommets des primitives sur l'image 2D. Culling

Rasterisation

Déterminer les pixels recouverts par la primitive

Illumination

Déterminer la couleur des sommets par rapport aux lumières

Gestion occlusion

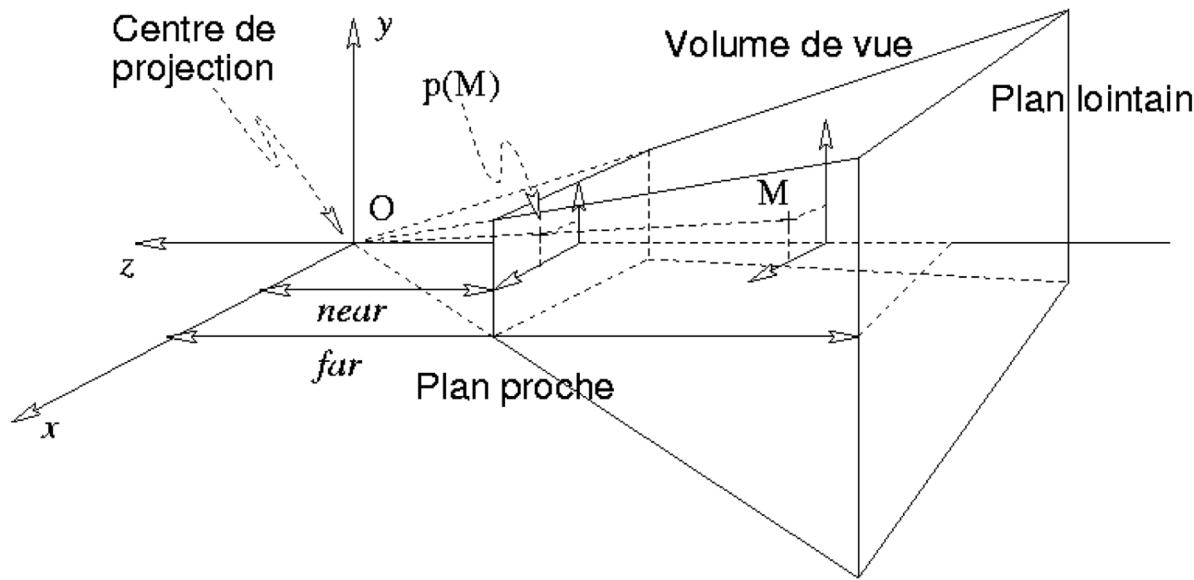
Z-buffer pour comparer les profondeurs

Insertion dans l'image

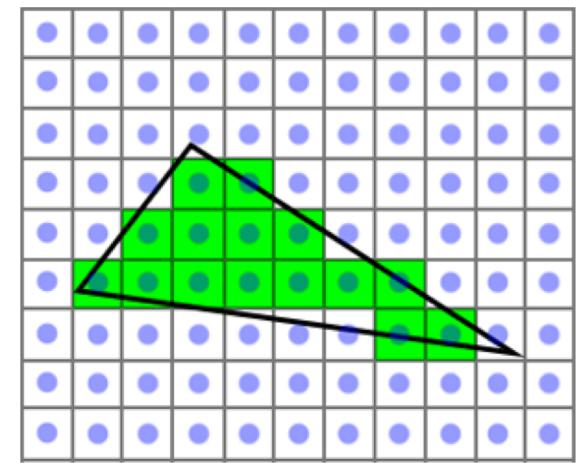
Ecriture des couleurs des pixels dans l'image finale

Calcul d'une image

- Le cône de vue

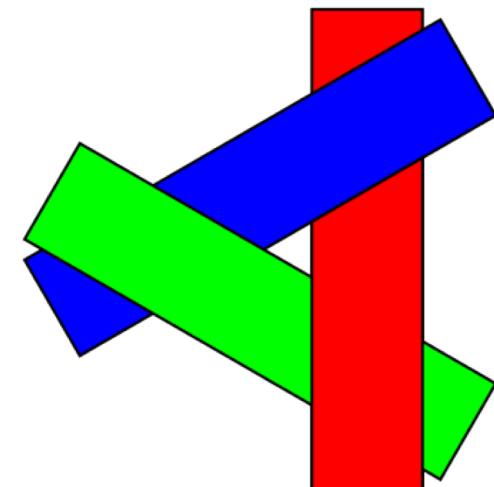
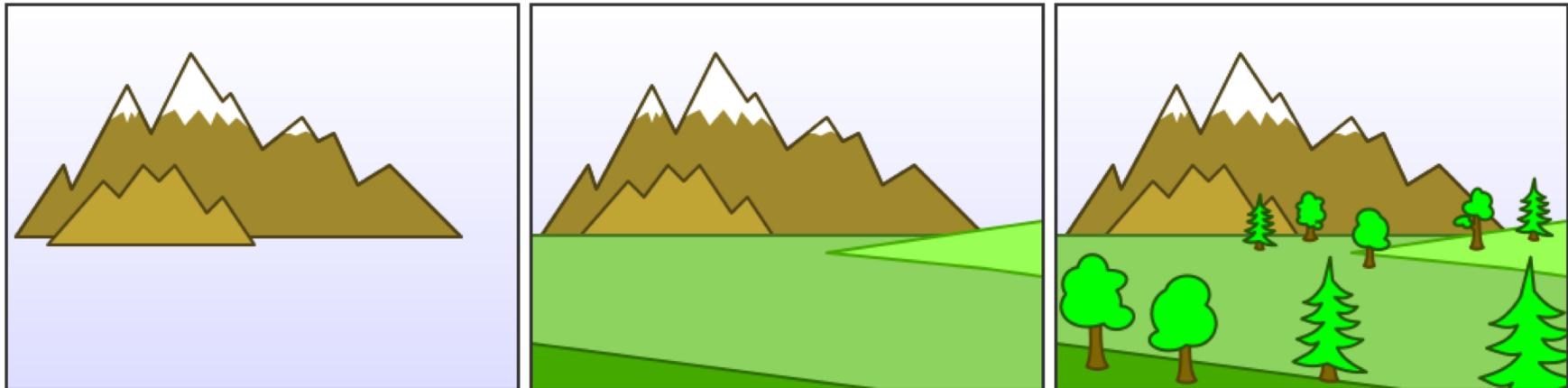


- Elimination des parties hors du cône
- Projection sur le plan de vue
- Projection orthographique et perspective



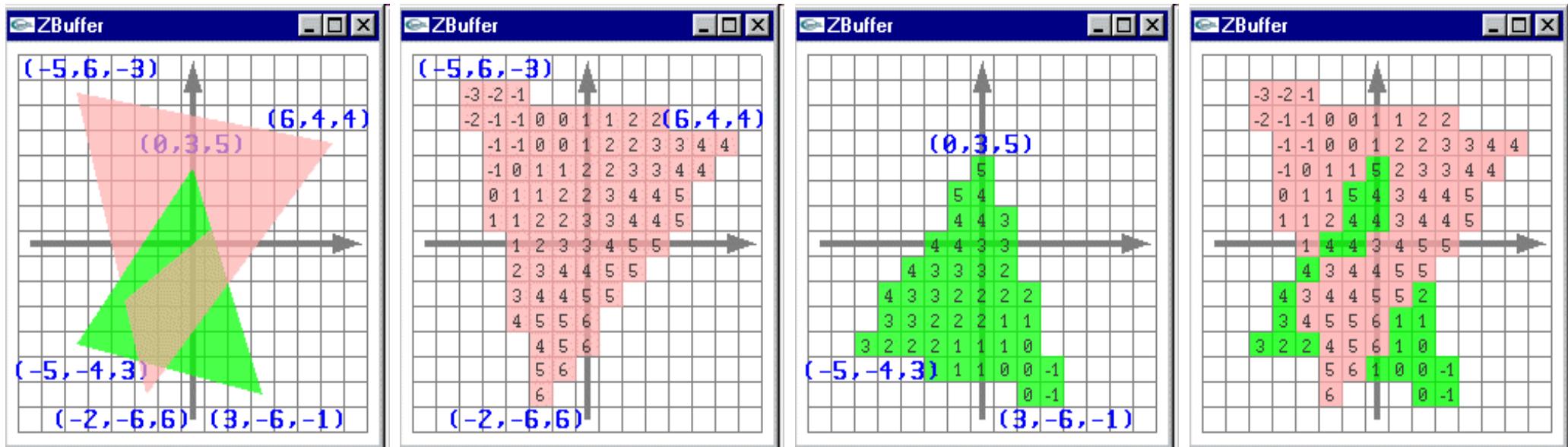
Calcul d'une image

- Algorithme du peintre
 - Projection ordonnée des différents polygones



Calcul d'une image

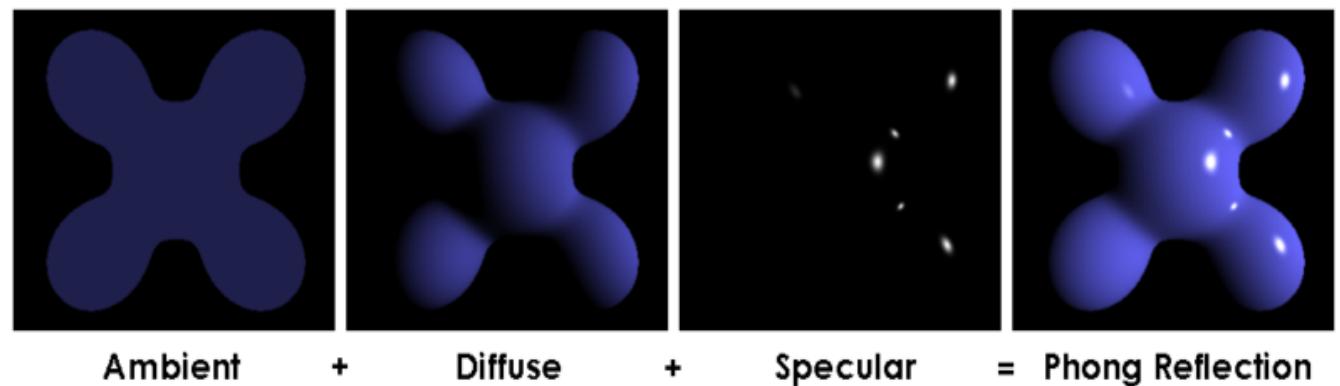
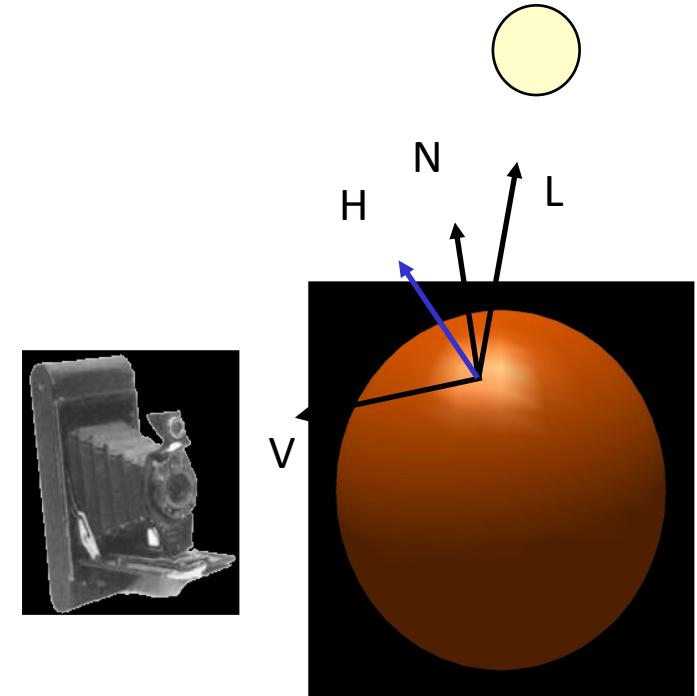
- Algorithme du Z-Buffer: permet de trouver les surfaces visibles
 - Polygones sont rastérisés : projeté sur le plan de vue et discrétisé en fragments (pixels)
 - Pour un même pixel, on garde le fragment le plus proche
 - Application illumination locale



Illumination

- Matériaux des objets

- Aspect : réponse à la lumière
 - Fonction des sources lumineuses, la normale
- Modèle de Phong:
 - Diffus (base) : Intensité = $N \cdot L$ ($= \cos$ de l'angle entre N et L)
 - Spéculaire (reflets) Intensité = $(N \cdot H)^b$ ($= \cos^b$ de l'angle entre N et H et b coef de brillance)



- Différentes méthodes:

- locale (OpenGL),
- globale (lancer de rayons, radiosité)

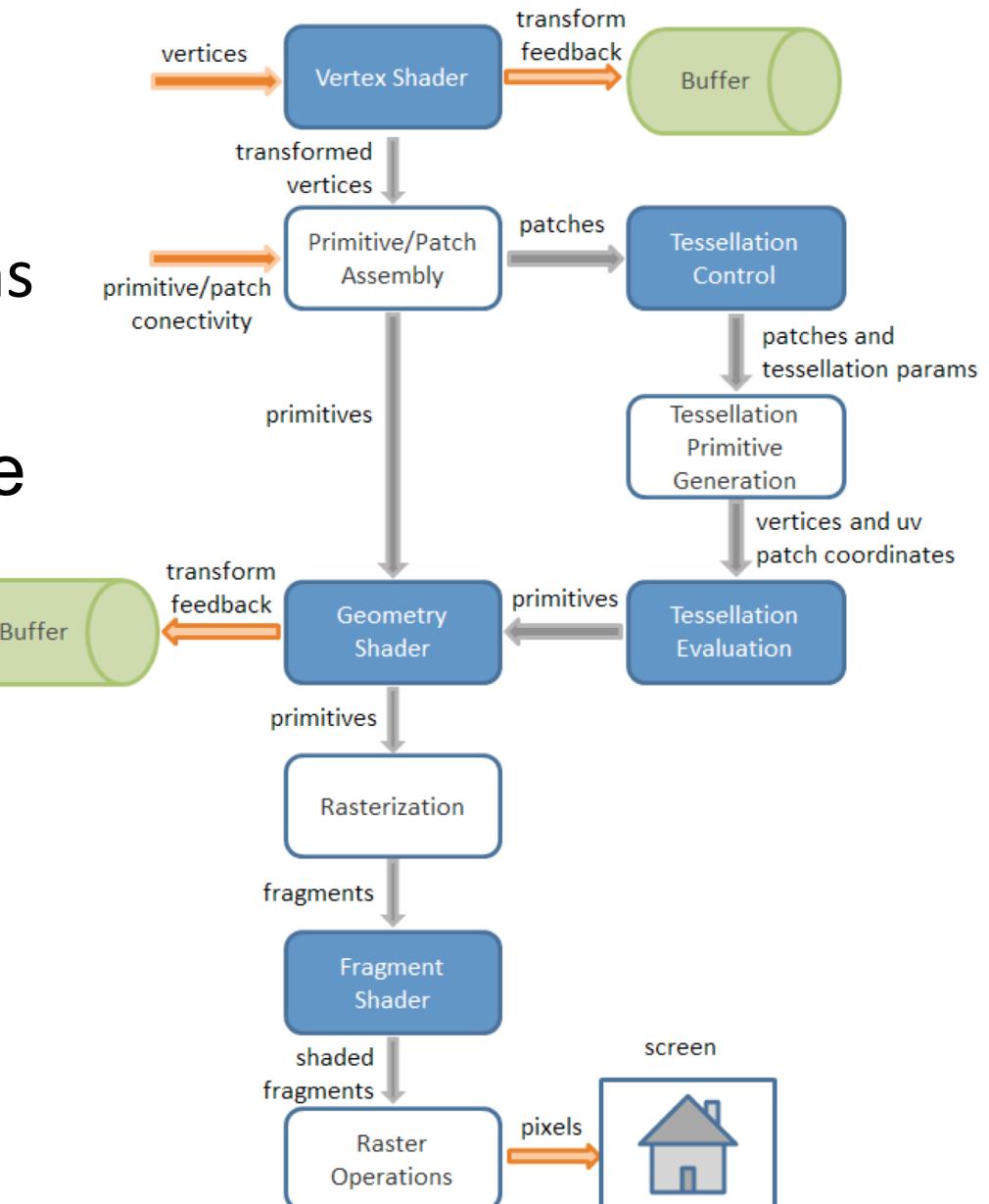
Textures

- Images 2D ou 3D appliqué à la surface



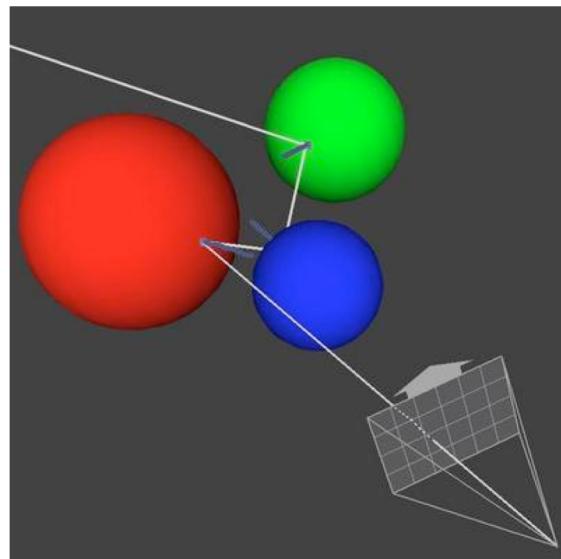
Algorithme du Z-Buffer

- Directement encodé dans la carte graphique
- Pipeline programmable via la définition de shaders



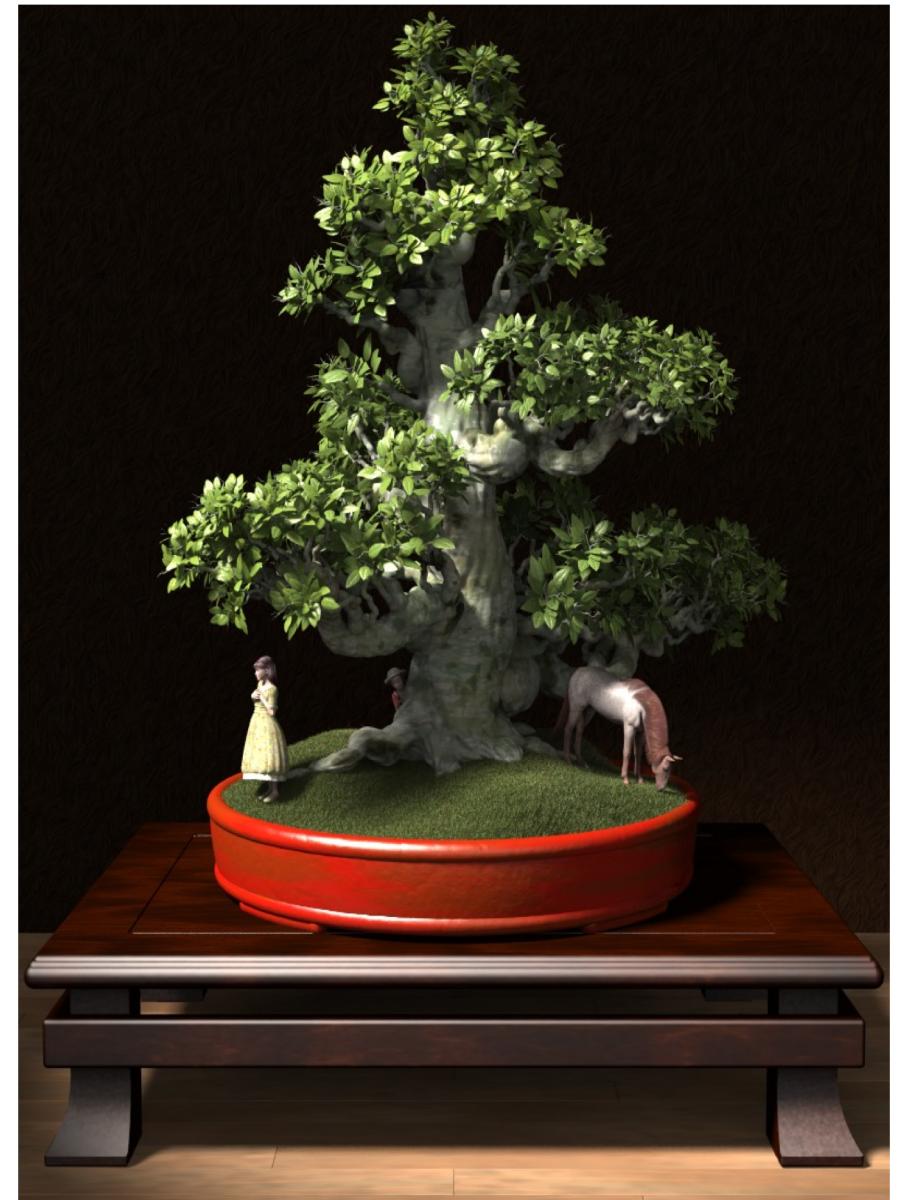
Calcul d'une image

- Lancer de rayons
 - Pour chaque pixel de l'image, on lance un rayon vers la scène (partant de la camera et passant par le pixel).
 - A chaque intersection de rayon avec une surface,
 - On lance un rayon en direction de la source lumineuse pour voir si la surface est illuminée
 - On lance un rayon de réflexion et un rayon de réfraction
 - On relance des rayons (parcours inverse des rayons vers la source)



Lancer de rayons

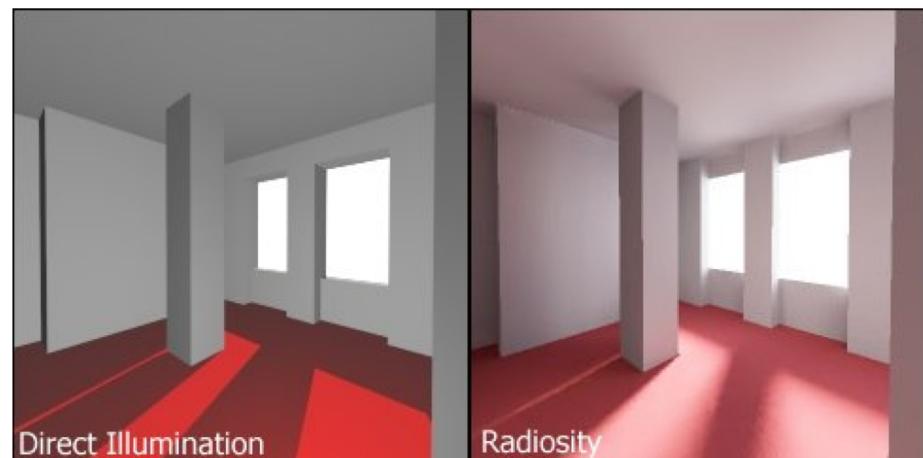
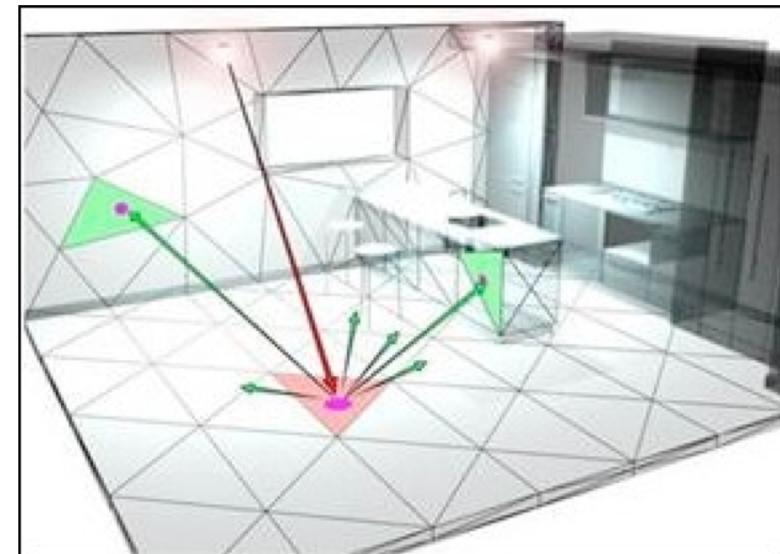
Implementation: e.g. Povray



Calcul d'une image

- Radiosité

- Chaque surface est supposée transmettre de la lumière
- Calcul des échanges lumineux en fonction de la visibilité entre éléments
- Pour une vue donnée, utilisation de l'énergie lumineuse des surfaces visibles.



Quelques infos

- Le cours a une page web

<https://moodle.umontpellier.fr/mod/forum/discuss.php?d=21028#p32546>

- Pour me contacter,
frederic.boudon@cirad.fr

- Pour les TPs, vous prenez vos ordis.
 - Python

Informatique Graphique 2018
par Frédéric Boudon, mercredi 12 septembre 2018, 18:07

Informatique Graphique 2018

Intervenants: Frédéric Boudon (CIRAD) , Noura Faraj, Sébastien Beugnon (ICAR, Lirmm), Luke Titley (Dwarf Labs)

Contact: frederic.boudon@cirad.fr

Ce module présente les différents formalismes utilisés en modélisation géométrique pour la synthèse d'image et l'animation. Ces formalismes incluent les maillages, les courbes paramétriques, les surfaces implicites et les surfaces de subdivisions. Des méthodes à base de fractales et de grammaires (IFS, Lsystems) pour générer des structures géométriques complexes seront également présentées. Finalement, des méthodes pour faire le rendu de ces modèles seront présentées.

Salle : TD 16.50 et TP Batiment 16

Planning (provisoire):

Jeudi 13/09 : Intro / Maillages - TP1
Intervenant : F. Boudon

Jeudi 20/09 : Cartes Combinatoires
Intervenant : F. Boudon

Jeudi 27/09 : Traitement de maillage
Intervenant : N. Faraj

Jeudi 04/10 : Courbes et Surfaces NURBS
Intervenant : N. Faraj

Jeudi 11/10 : Surfaces de Subdivision
Intervenant : S. Beugnon

Jeudi 18/10 : Surface Implicites
Intervenant : N. Faraj

Jeudi 01/11 : Vacances

Jeudi 08/11 : Rencontre LIRMM santé

Jeudi 15/11 : Montpellier In Game

Jeudi 29/11 : Méthode procédurale pour la génération de structures géométriques
Intervenant : F. Boudon

Jeudi 06/12 : Mini-Projet
Intervenant : F. Boudon

Jeudi 13/12 : Rendu 1
Intervenant : L. Titley

Jeudi 20/12 : Rendu 2
Intervenant : L. Titley

[Permalien](#) | [Modifier](#) | [Supprimer](#) | [Répondre](#)