



LIFGraphique - Introduction

Florence Zara (semestre d'automne)

Équipe ORIGAMI, LIRIS
Université Lyon 1

Techniques de l'images

Comment utiliser l'ordinateur pour :

- Interpréter des images (**analyse d'images**)
- Générer des images (**synthèse d'images**)



Création des
algorithmes
adéquates

Motivations :

- Images = source d'informations extrêmement importante
- Efficace pour communiquer des idées complexes

Objectif de l'UE « Introduction à l'Informatique Graphique »

- Présenter les concepts et techniques associés à ce domaine
- Illustrés au travers d'un TP de programmation graphique
- Toutes les informations sur la page web de l'UE

Image et informatique : différents domaines

Analyse d'images (*Image Analysis*)

- Traitement d'images (*Image Processing*)
- Reconnaissance des formes (*Pattern Recognition*)
- Vision par ordinateur (*Computer Vision*)

Thématiques NON abordées dans le cours de LIFGraphique



Image et informatique : différents domaines

Synthèse d'images (*Computer Graphics*)

- Modélisation
- Rendu
- Animation

Thématiques abordées dans le cours de LIFGraphique

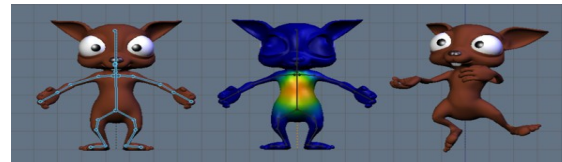


Image et informatique : différents domaines

Mélange des 2 (image réelle + image virtuelle) : **Réalité Augmentée**

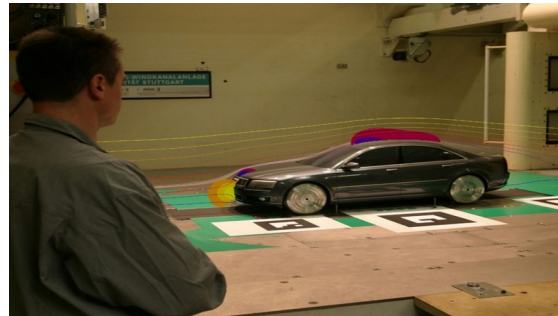


Image et informatique : différents domaines

Synthèse d'image + matériel de vision + robotique : **Réalité Virtuelle**



Immersion + interaction

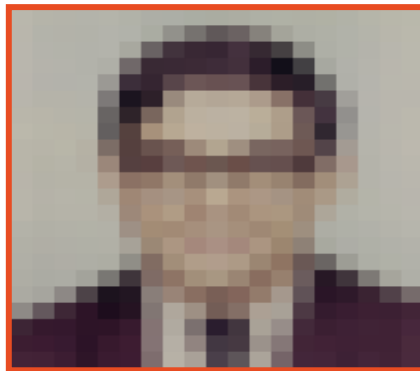
Au fait, c'est quoi une image ?

Une image, c'est quoi en informatique ?

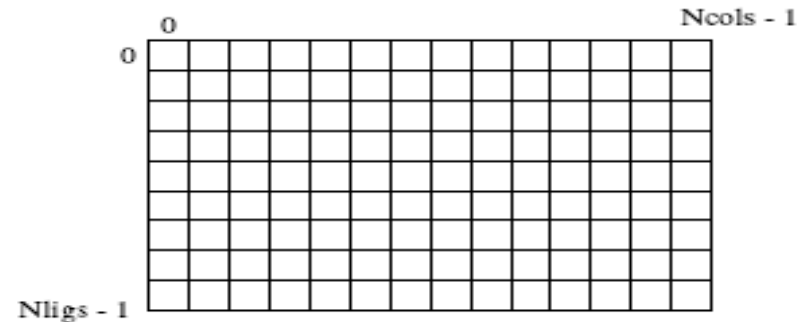
- Rectangle (2D) : tableau 2D de pixels (= *picture element*)
 - nombre de lignes
 - nombre de colonnes
 - format des pixels (bit, niveaux de gris, niveaux de couleurs)
 - compression éventuelle



Continuous image

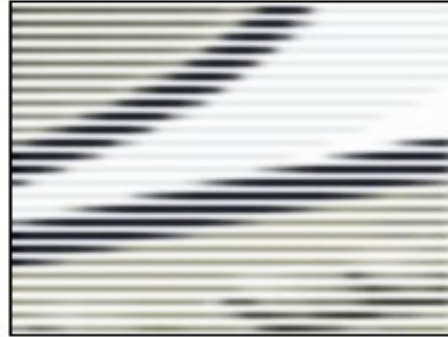


Digital image

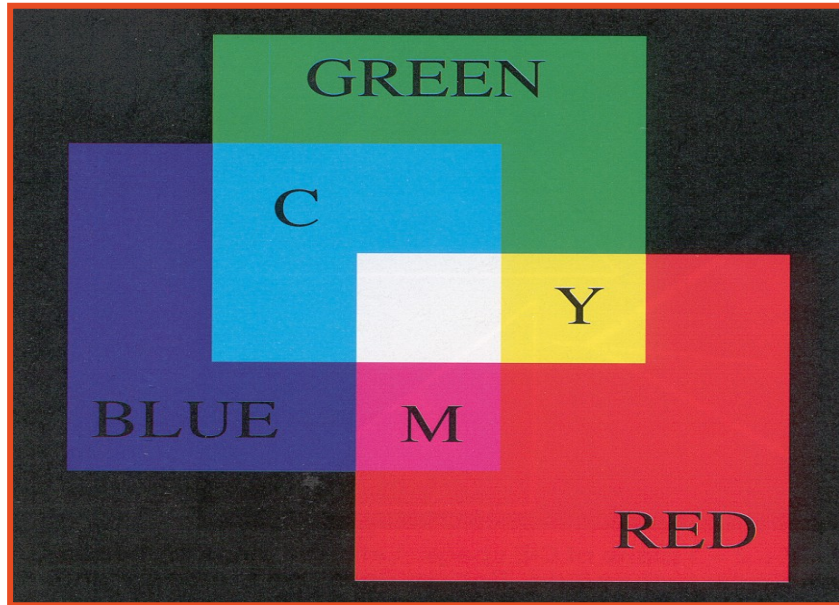


"Pixels"

“Pixel” est un échantillon de l’image

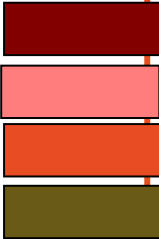


Systeme de couleur RGB



Colors are additive

<u>R</u>	<u>G</u>	<u>B</u>	<u>Color</u>
0.0	0.0	0.0	Black
1.0	0.0	0.0	Red
0.0	1.0	0.0	Green
0.0	0.0	1.0	Blue
1.0	1.0	0.0	Yellow
1.0	0.0	1.0	Magenta
0.0	1.0	1.0	Cyan
1.0	1.0	1.0	White
0.5	0.0	0.0	?
1.0	0.5	0.5	?
1.0	0.5	0.0	?
0.5	0.3	0.1	?



Il y a d'autres systemes de representation des couleurs

Image – format de fichier

Noir et blanc

```
P1
# NetB.pbm
12 7
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
```

Image – format de fichier

- Niveaux de gris

```
P2
# feep.pgm
24 7
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 11 11 11 0 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Fichier PGM d'une image 24×7 . Les valeurs d'intensité codées en ASCII sont au maximum de 15

Image – format de fichier

- RGB par pixel

```
P3
# feep.ppm
4 4
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 15 0 15
0 0 0 0 15 7 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 15 7 0 0 0
15 0 15 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Image : les formats compressés

GIF (Graphics Interchange Format, CompuServe)

- GIF utilise une palette de couleurs (256 au maximum)
- Compression LZW (un standard) – évite les répétitions
- Fond transparent (GIF 89a)
- Animation (stockage de plusieurs images dans un seul fichier)
- Perte d'information si nombre de couleurs d'origine est réduit

JPEG (Joint Photographic Experts Group)

- Compression de la luminance et de la teinte par DCT (*discrete cosine transform*).
- Affichage d'une image de manière progressive en qualité (progressive JPEG).
- Compression avec perte

...

Image : exemples de compression

100% fidelity
Image is 725kB



90% fidelity
250kB



10% fidelity
37kB



1% fidelity
20kB

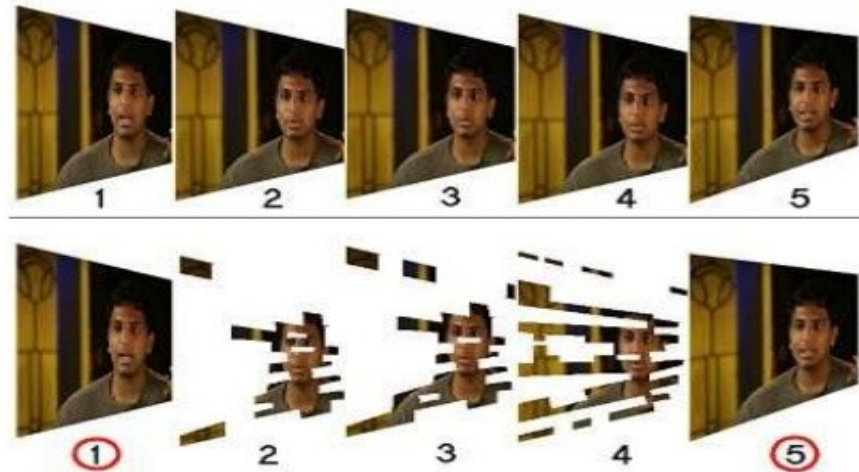


JPG IS ONLY FC **JPG IS ONLY FC** **JPG IS ONLY FC** **JPG IS ONLY FC**

The problem with **JPEG algorithm** is **JPEG algorithm** is **JPEG algorithm** is **JPEG algorithm** is

Vidéo = séquence d'images

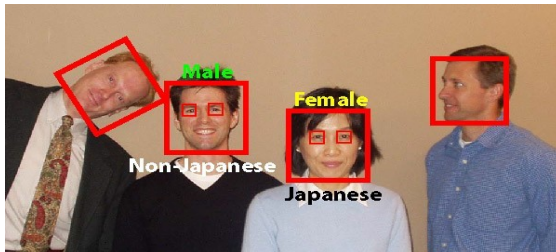
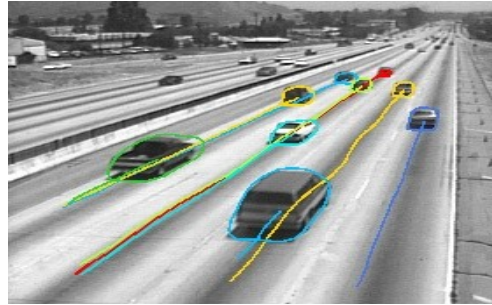
- Ecran
 - 4K = 3 840 × 2 160 soit 8,3 Mpx
- Vidéo
 - Séquence d'images avec de la compression
 - MPEG, etc.



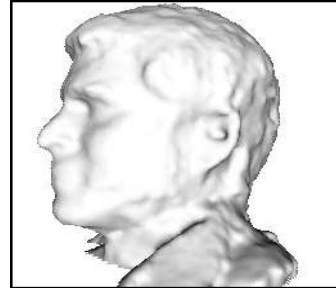
Illustrations des domaines de l'informatique graphique

Analyse d'images
Synthèse d'images
Réalité Augmentée
Réalité Virtuelle

Un survol rapide en Analyse d'images / Vision



Reconstruction 3D

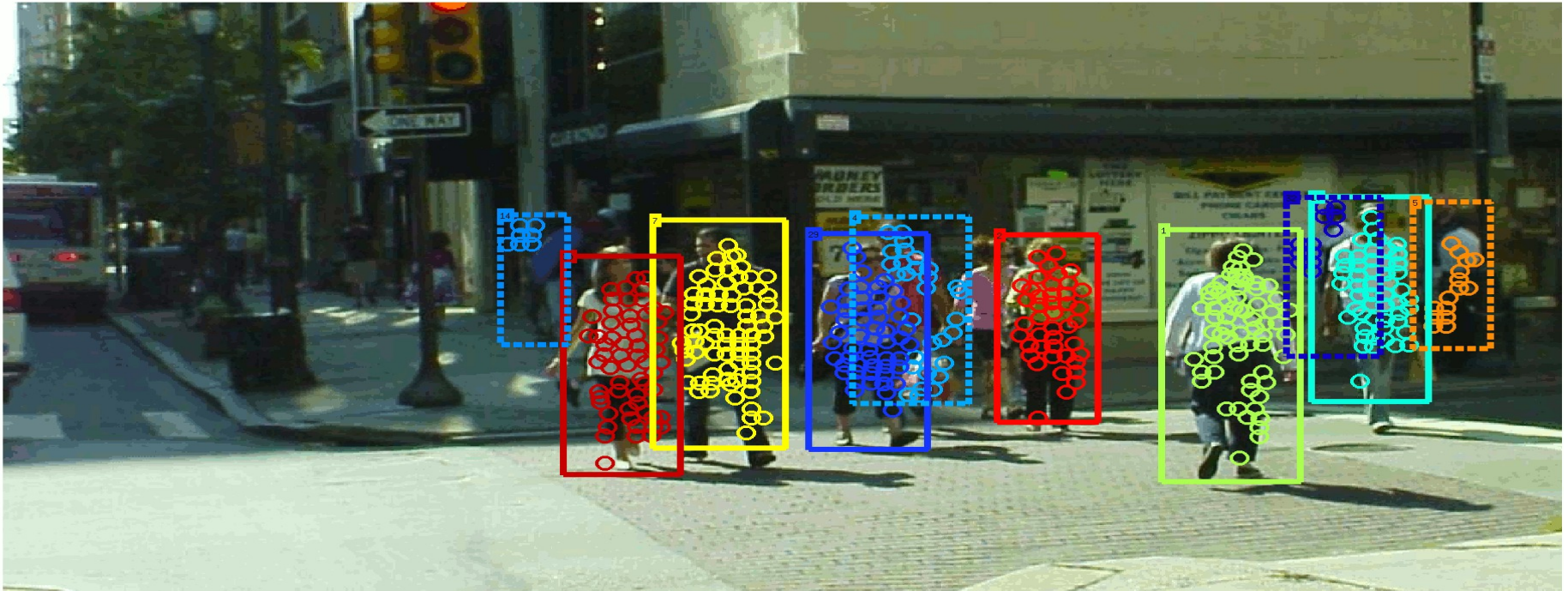
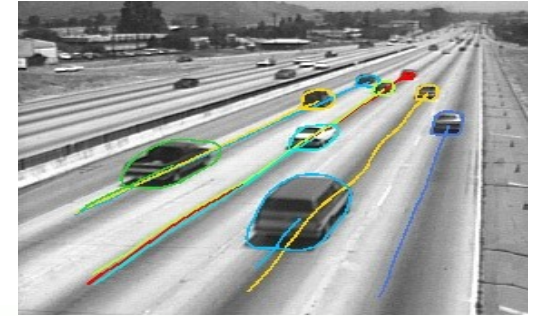


The two central images are from Hiep et al. "Towards high-resolution large-scale multi-view stereo", CVPR 2009



Tracking

Suivre un objet dans une vidéo pour la surveillance



26

Sémantique et image

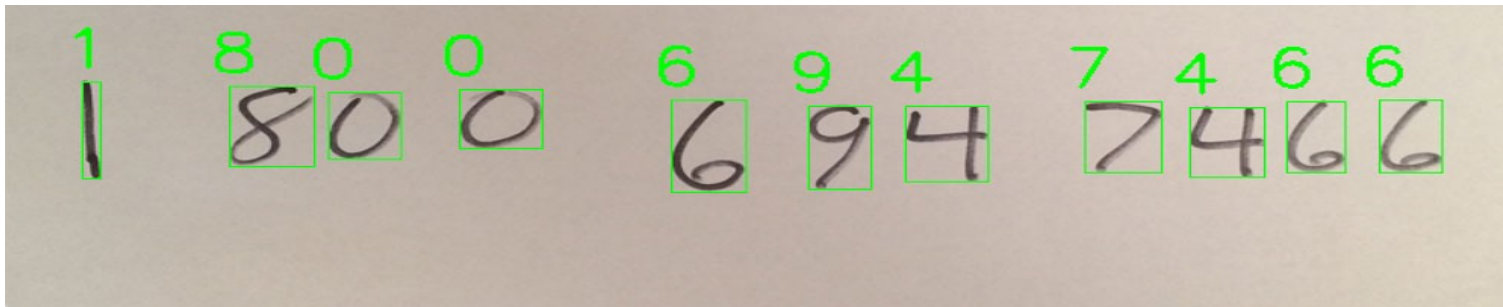
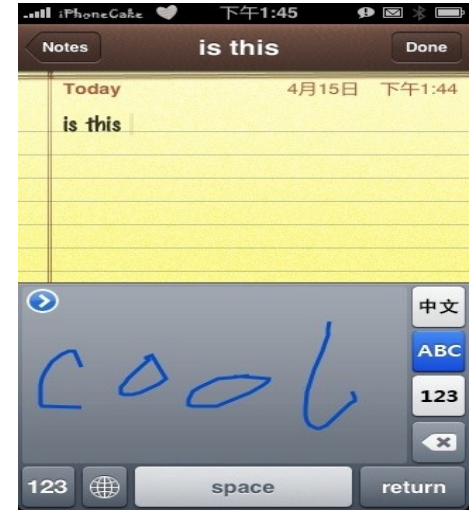
VIDEO

- *Deep Learning*
- Segmenter et mettre des labels sur une image

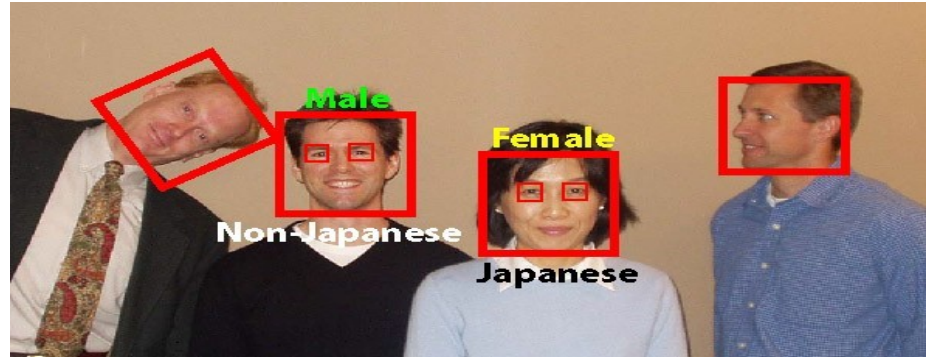


Reconnaissance d'écriture

- Exemple d'applications :
 - La Poste : codes postaux sur enveloppe
 - Ecriture sur les tablettes



Capture de visage



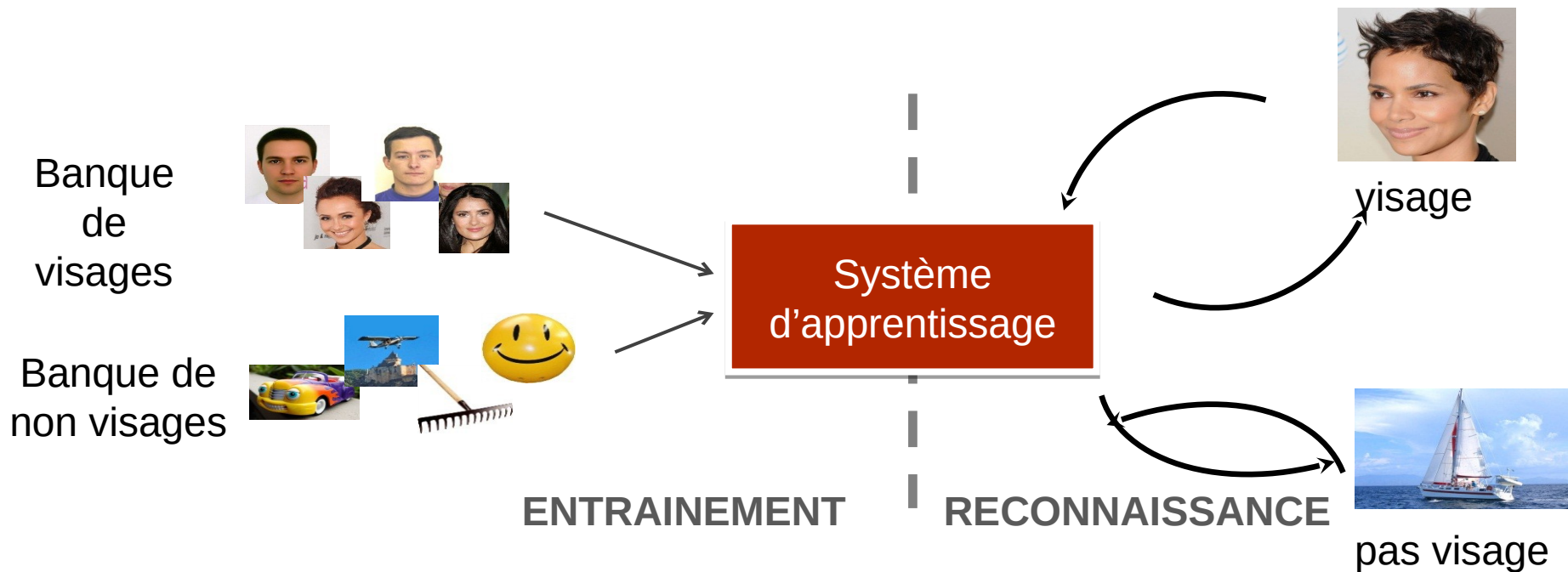
VIDEO



Reconnaissance de visages

Apprentissage automatique

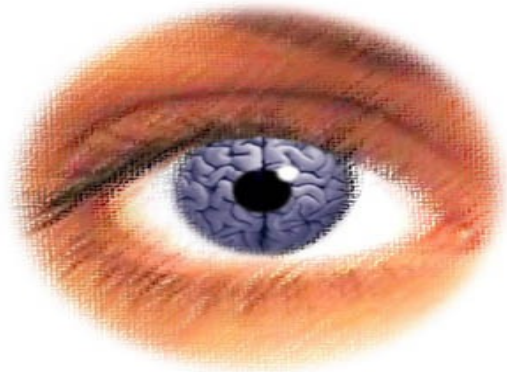
A partir d'une banque d'exemples, l'ordinateur apprend à classer les éléments



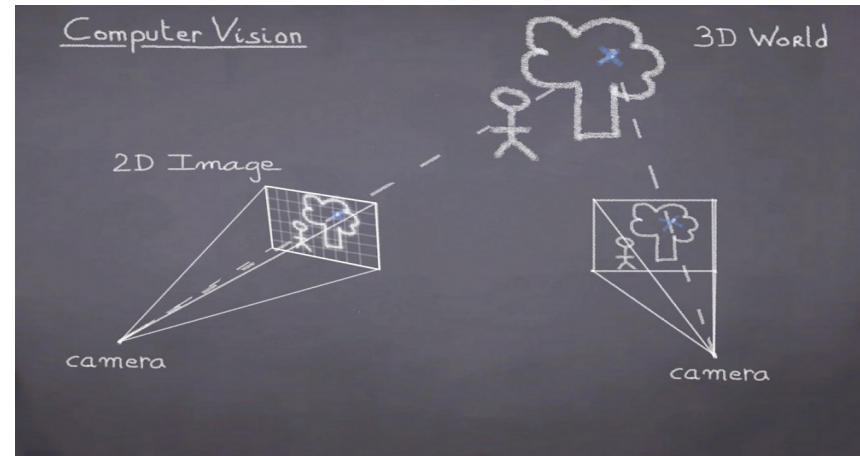
Nous cherchons à imiter la nature, mais ...



≠



≠



Vision par ordinateur vs vision humaine

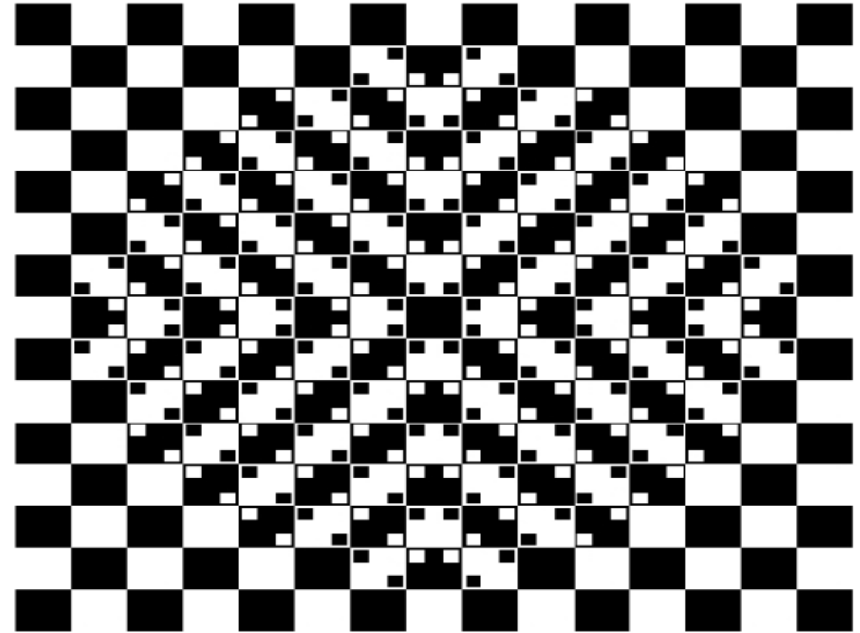
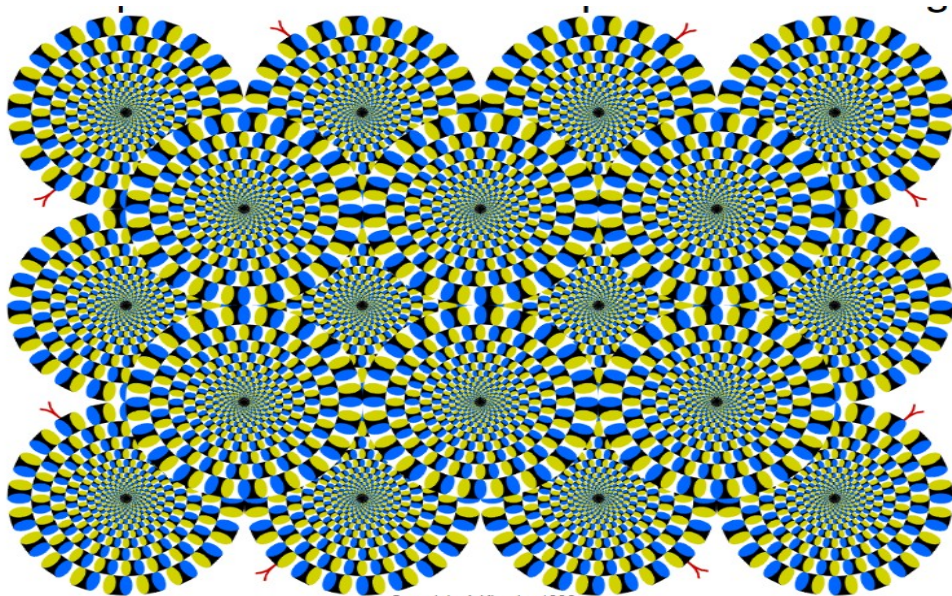
- Vision par ordinateur reste limitée



26x27 pixels

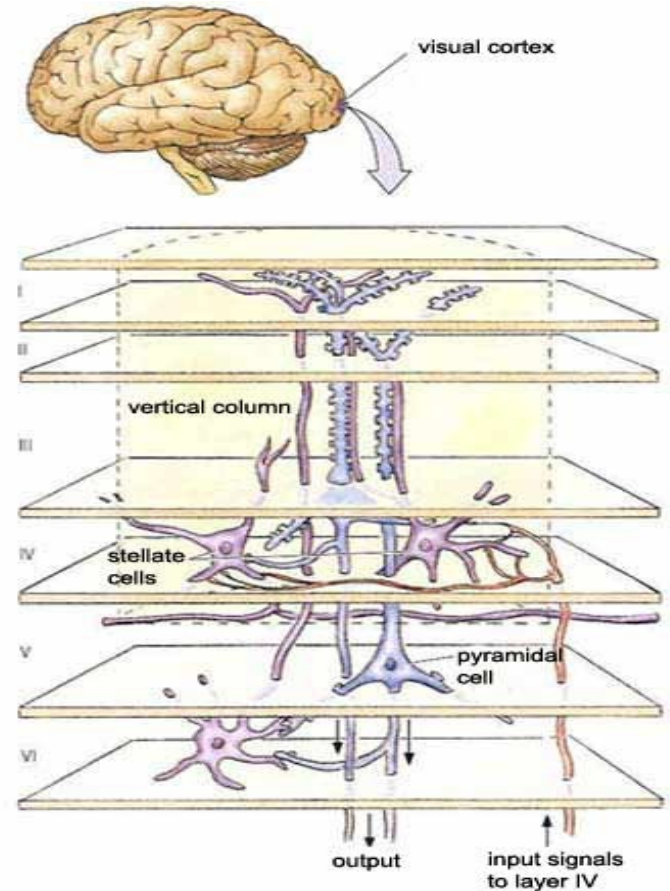
Vision par ordinateur vs vision humaine

- Vision par ordinateur reste limitée
 - Pour l'instant

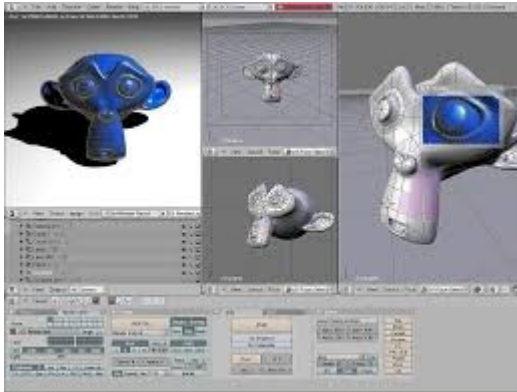
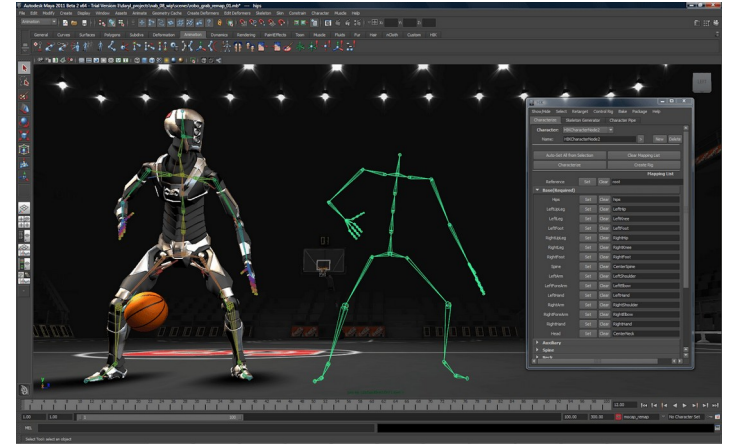
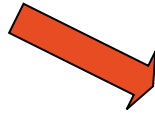


Vision par ordinateur vs vision humaine

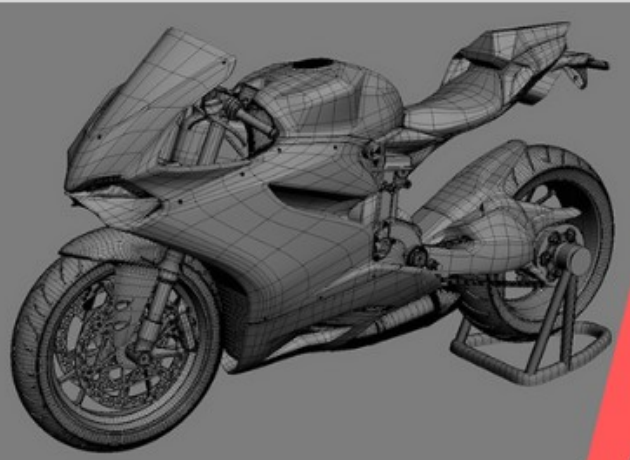
- Vision par ordinateur
 - Traitement d'images
 - Changer la luminosité
 - Mettre en évidence certains aspects
 - Reconnaissance des formes
 - Retrouver les lignes, les cercles, etc.
 - Retrouver des visages
 - Identifier les motifs
 - « On voit un visage humain »
 - « Il s'agit de Paul »
 - Identifier des actions
 - « La personne visse un boulon »
 - Analyser une action



Un survol rapide en Synthèse d'images



Différents domaines en Synthèse d'Images



Modélisation /



Rendu /



Animation

Différents domaines en Synthèse d'Images

Modélisation

- Représentation mathématique des objets de la scène
- **Les éléments d'un modèle géométrique sont constitués :**
 - de primitives : points, lignes, polygones, polyèdres et surfaces
 - d'attributs : styles, couleurs, textures
 - de relations de connexités entre les composants du modèle

Rendu

- Affichage (plus ou moins complexe) du modèle géométrique

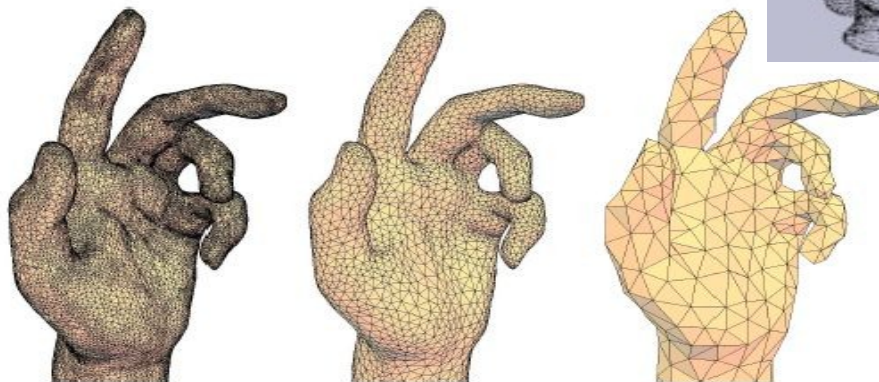
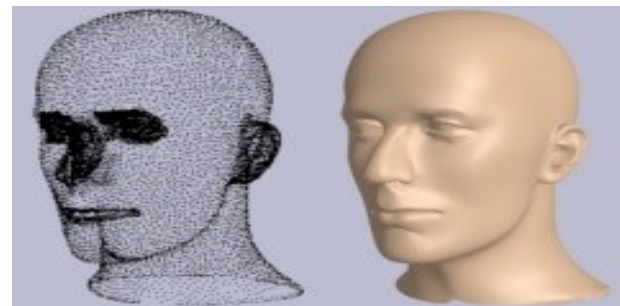
Animation

- Déformation / mouvement du modèle géométrique

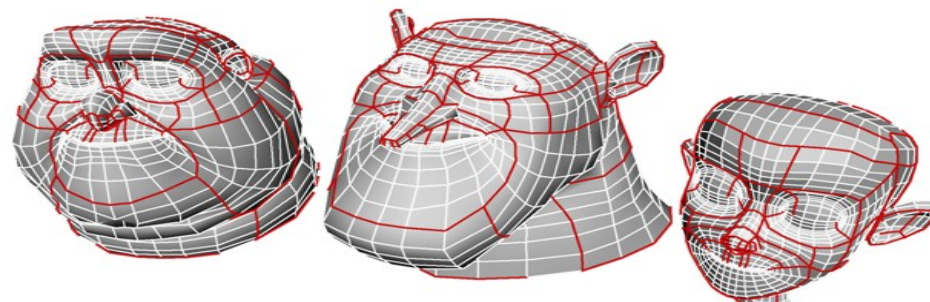
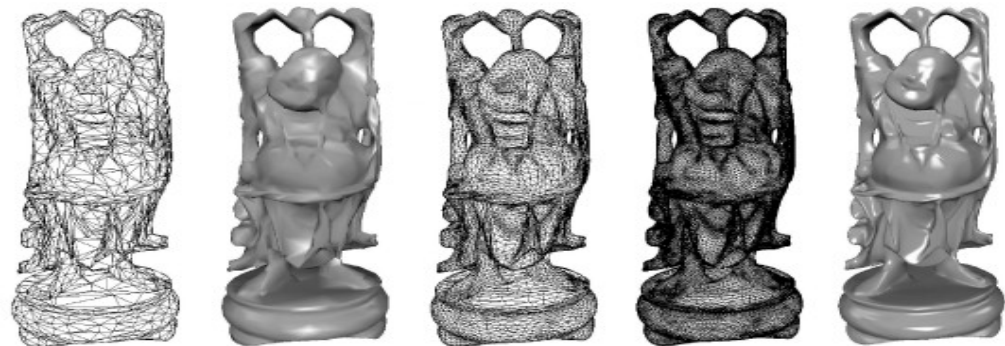
Modélisation géométrique

- *Geometry processing*

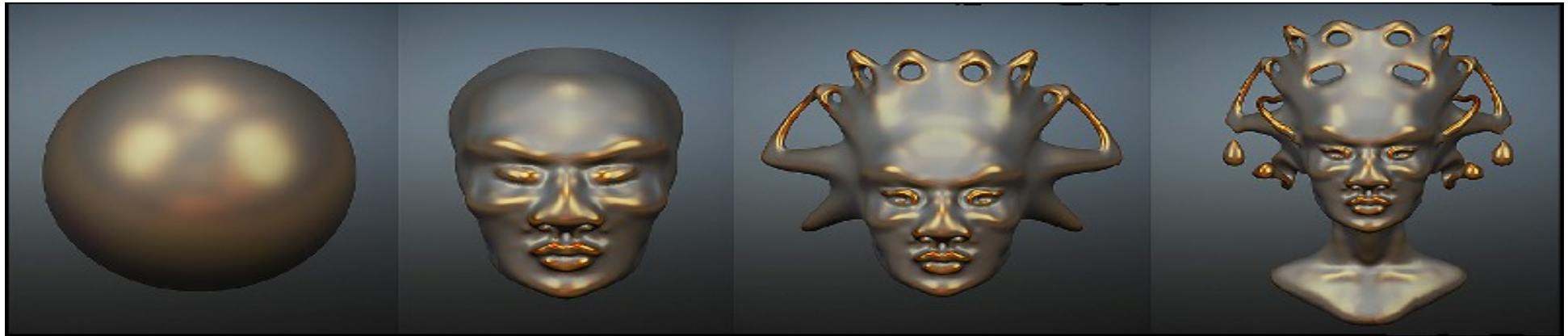
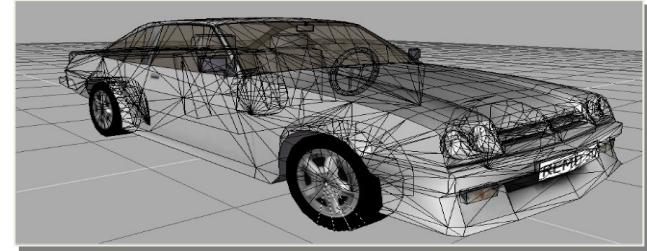
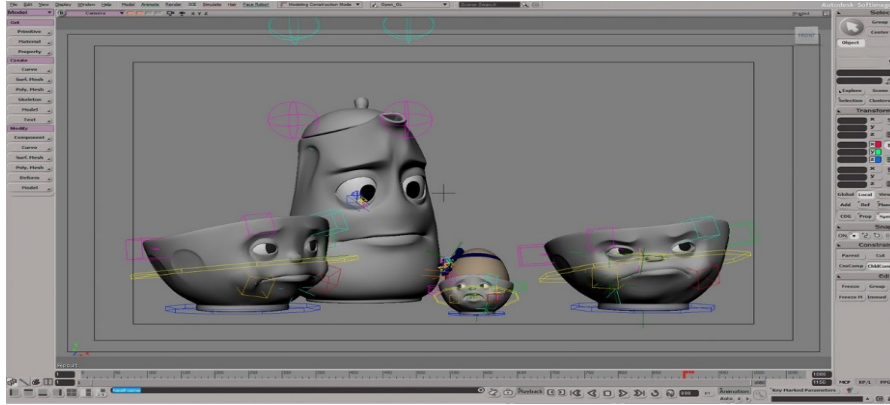
- Compression
- Numérisation 3D
- Correction d'erreur
- Triangulation
- Simplification
- Déformation



(a) 25,000 vertices. (b) 5,000 vertices. (c) 500 vertices.

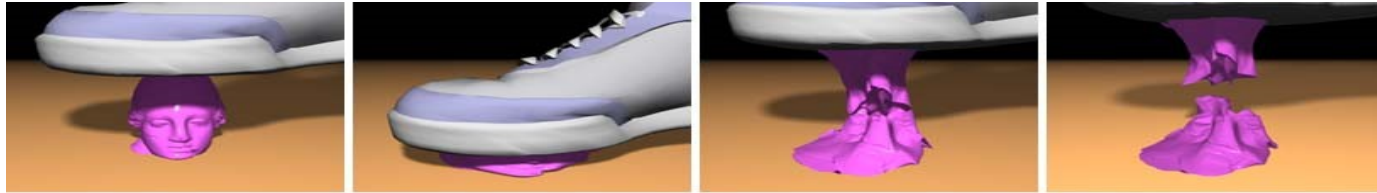


Modélisation géométrique

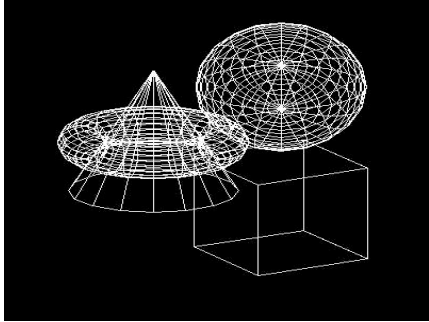


Modélisation procédurale

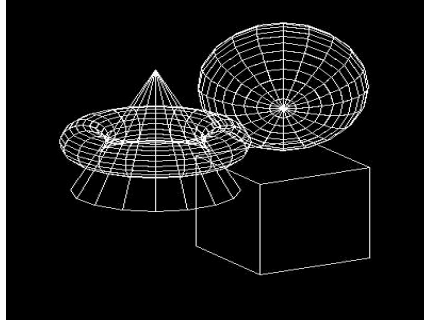
- Reproduire phénomènes naturels



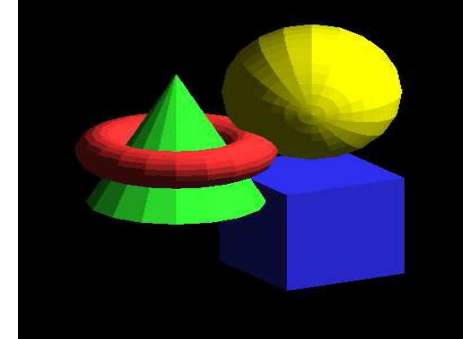
Rendu / affichage du modèle



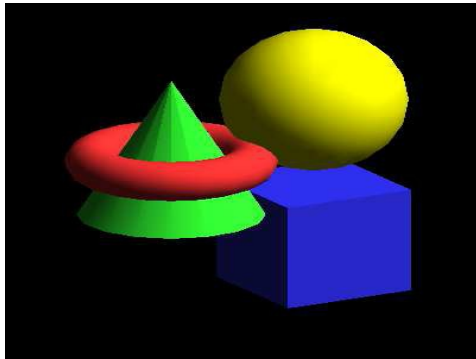
Fil de fer



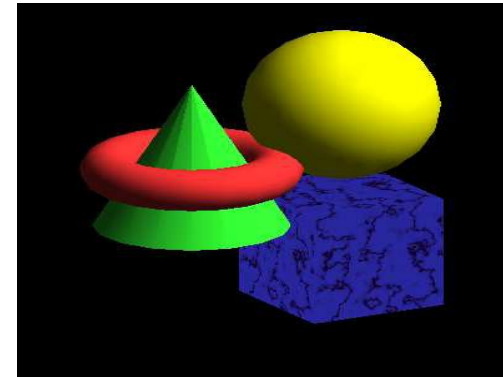
Faces cachées (objet)



Rendu Gouraud



Rendu Phong



Texture

Rendu réaliste

Illumination globale,
plusieurs minutes de calcul



- Architecture
- Urbanisme
- Cinéma

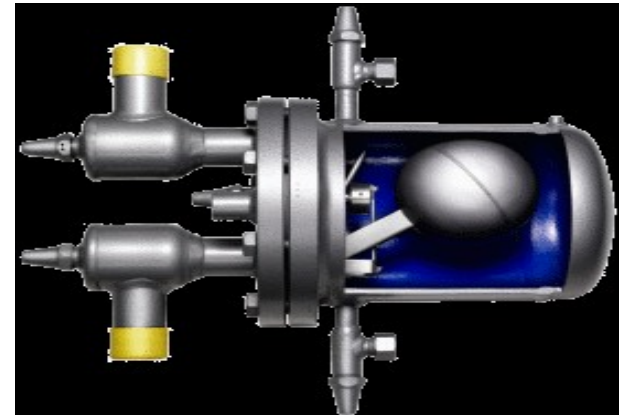
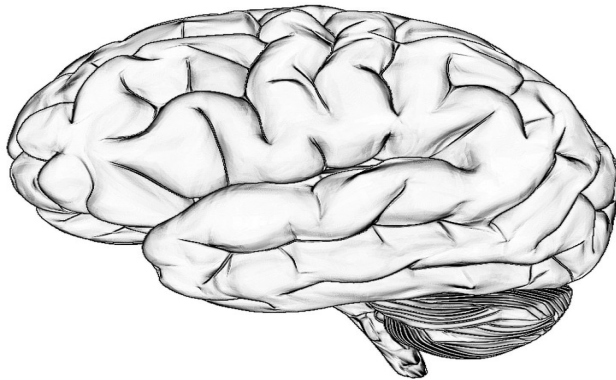


Rendu temps réel

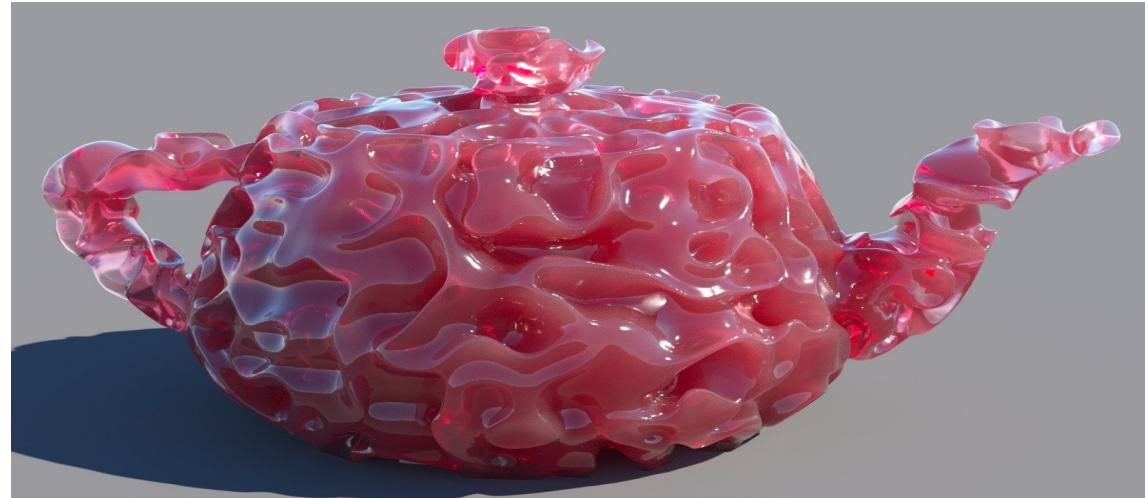
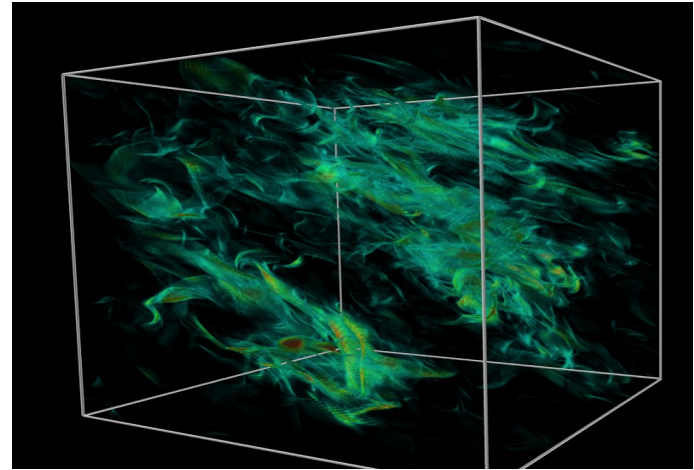
- Application interactive
 - Jeux vidéo
 - Simulateur



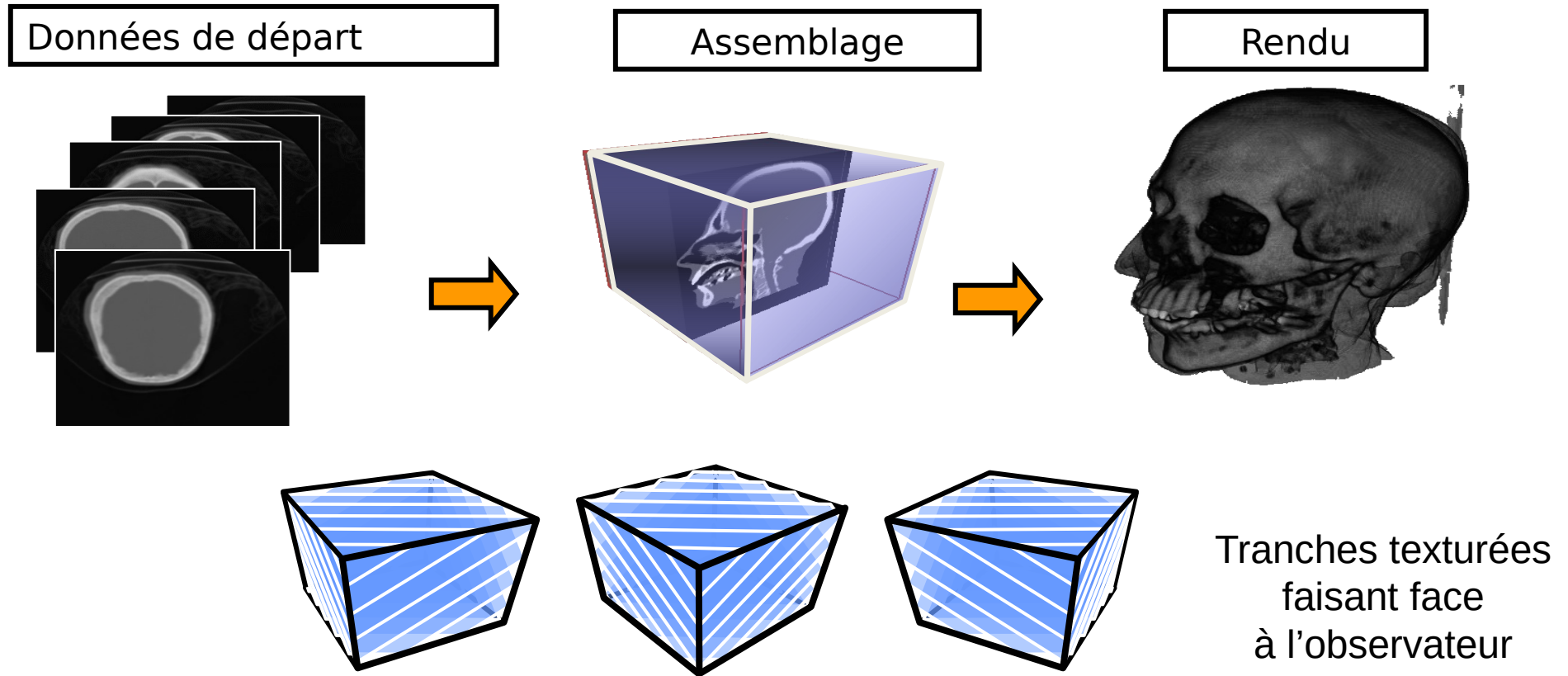
Rendu non photo réaliste (NPR)



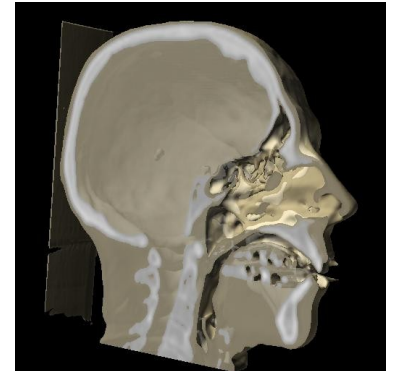
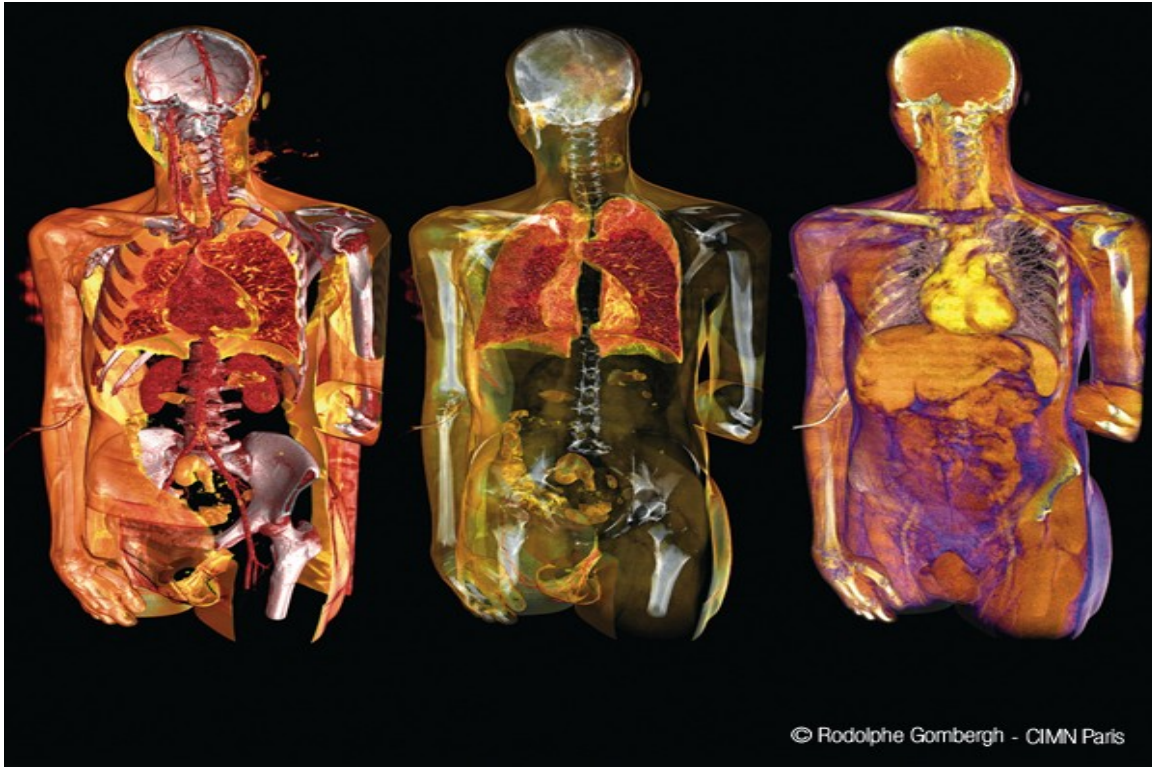
Rendu volumique



Rendu volumique pour le médical

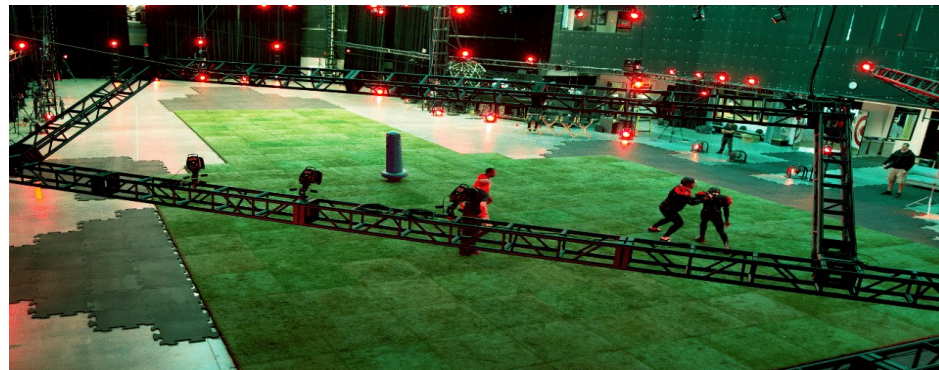


Rendu volumique pour le médical



Animation de personnage

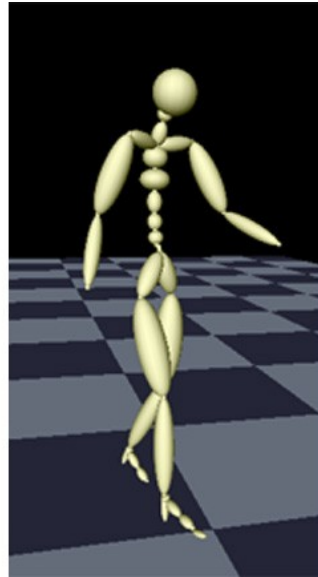
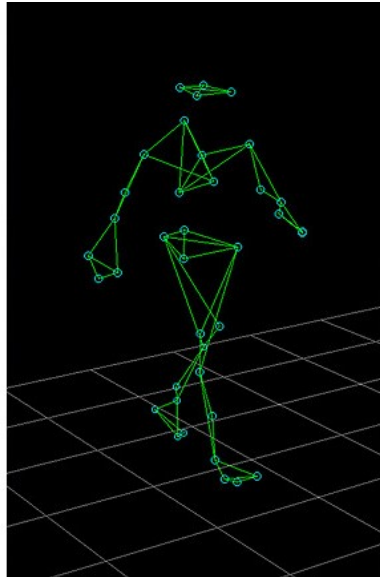
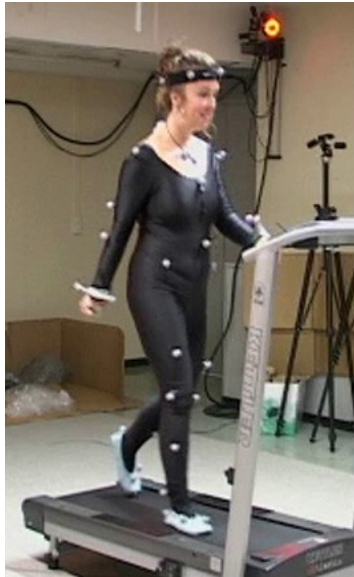
- *Motion Capture* (capture de mouvement) pour produire une animation



Animation de personnage

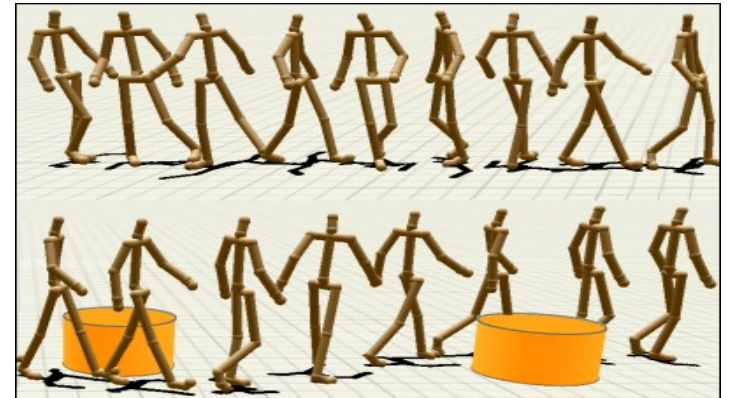
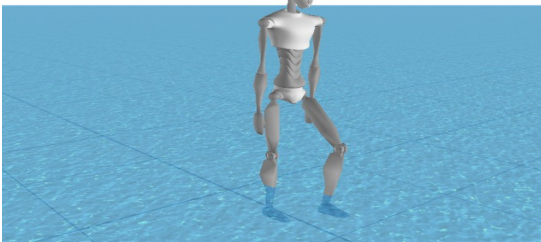
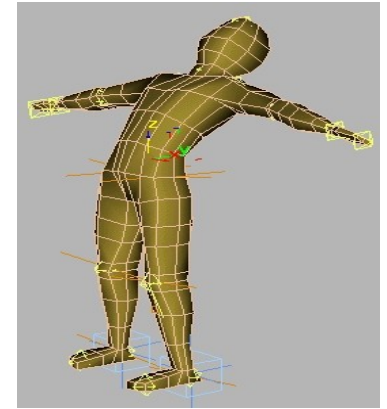
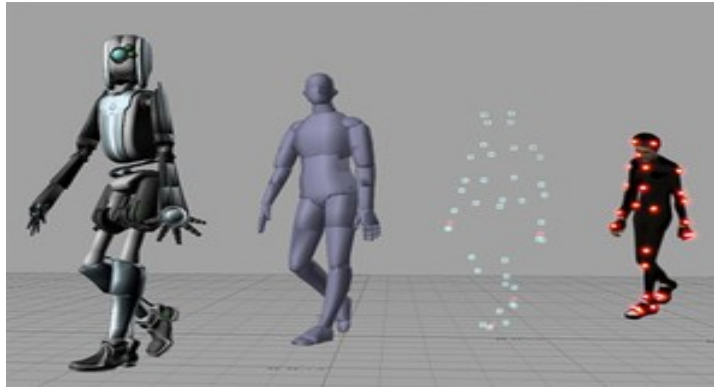
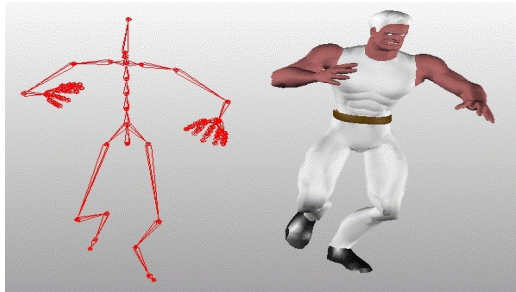
Les étapes de la capture de mouvement :

- Segmentation des marqueurs sur les images de chaque camera
- Reconstruction 3D de chaque marqueur
- Correspondance avec un squelette

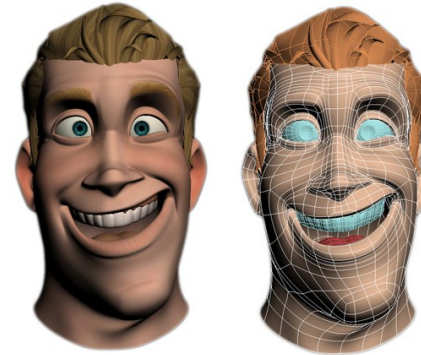


Animation de personnage

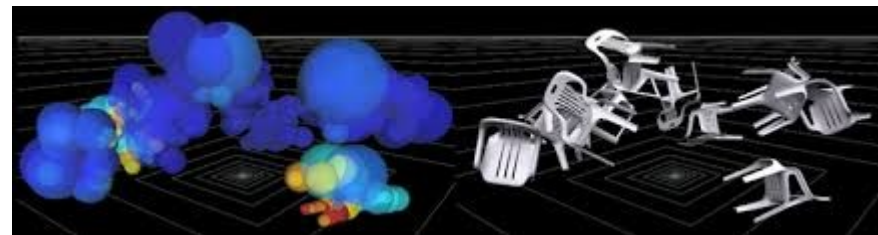
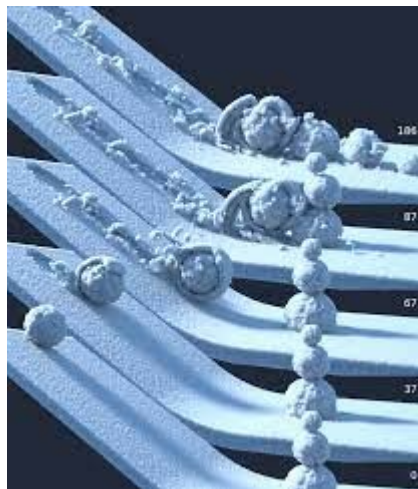
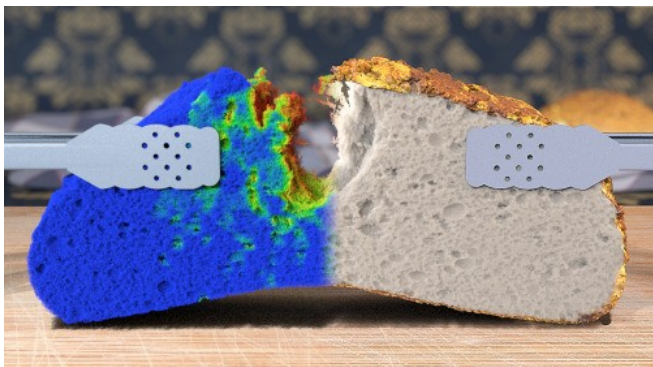
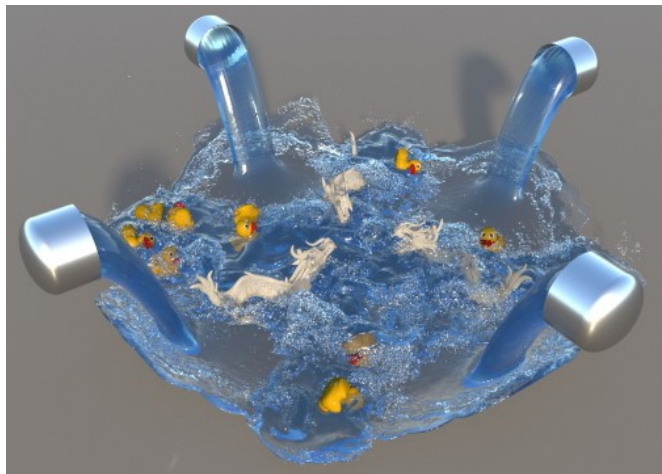
- *Skinning*
- Contrôle de mouvement



Animation de visage



Animation physique

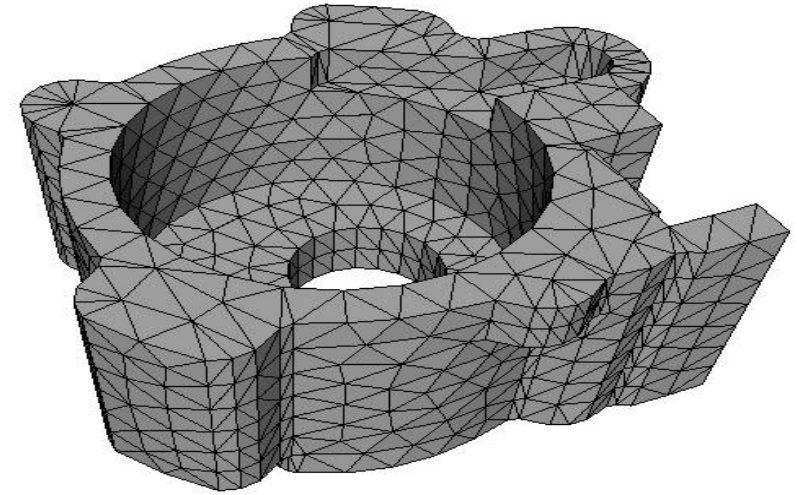
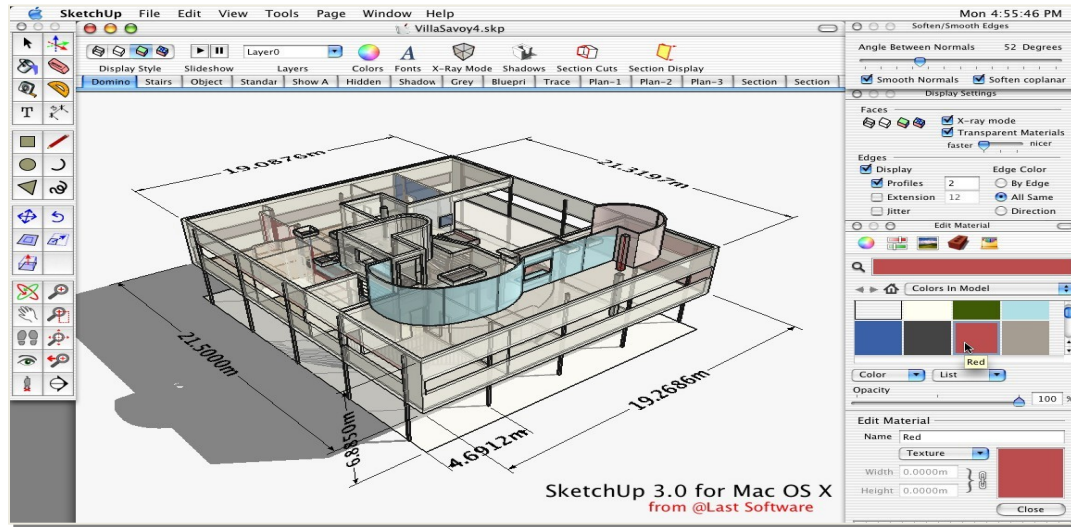


Les domaines d'application de la synthèse d'images

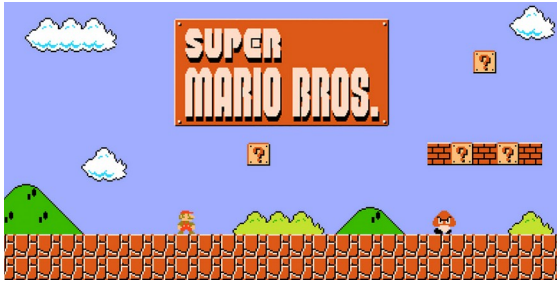
Pourquoi créer des images virtuelles ?



Architecture / CAO



Jeux vidéo



Films d'animation



Effets spéciaux



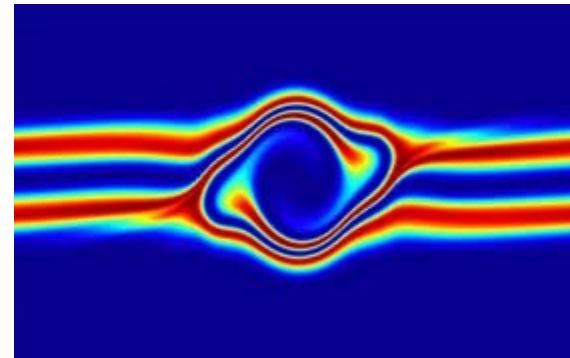
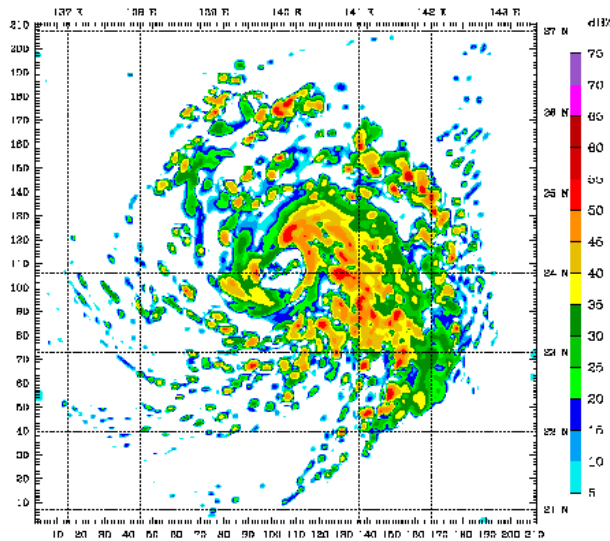
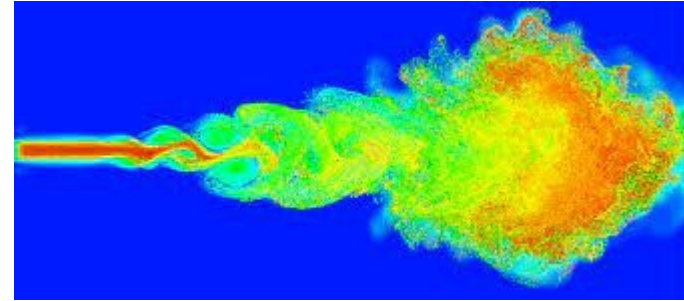
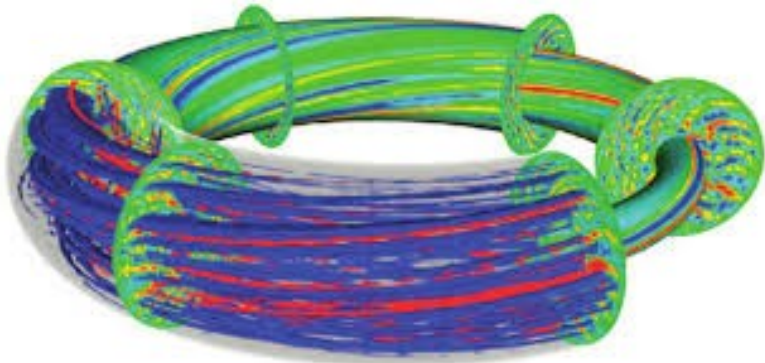
Effets spéciaux



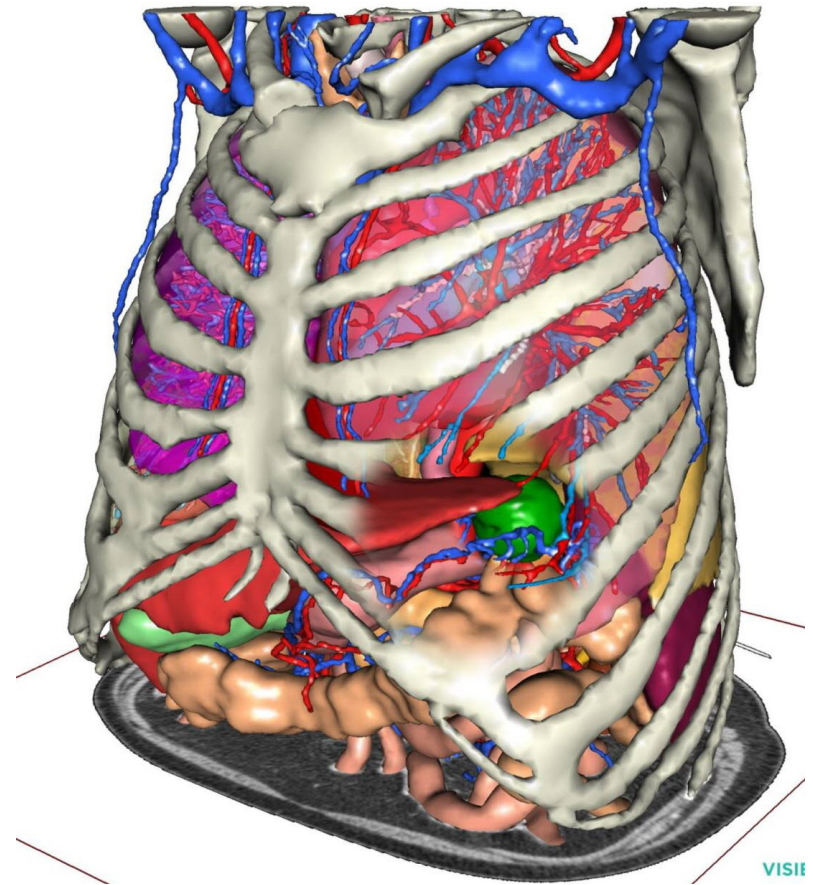
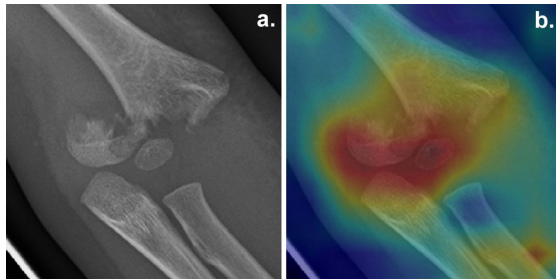
Effets spéciaux



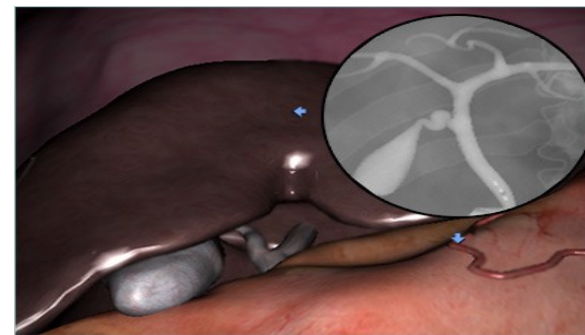
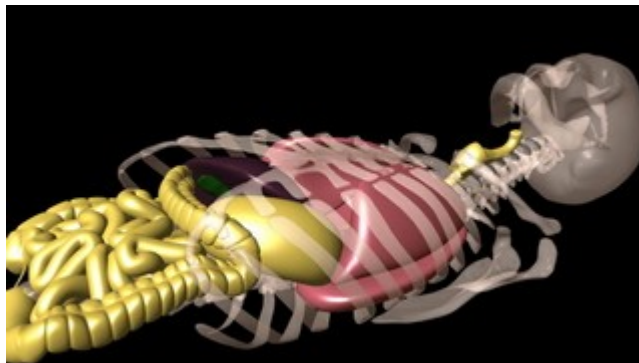
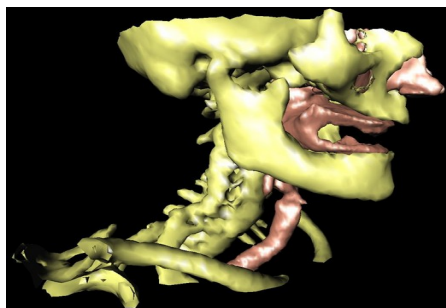
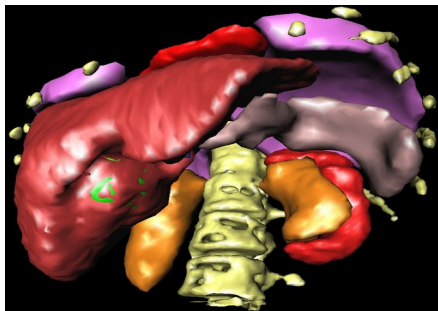
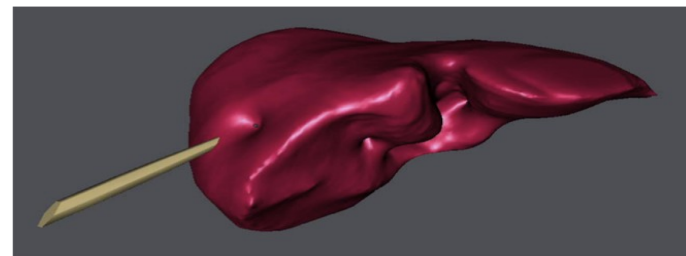
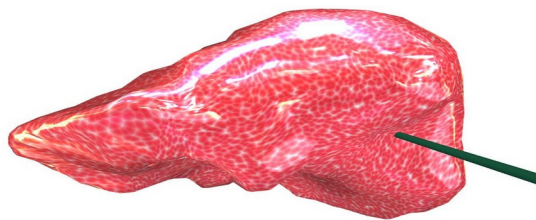
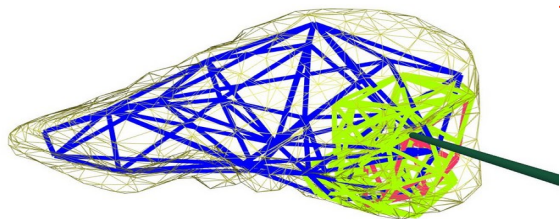
Simulation scientifique



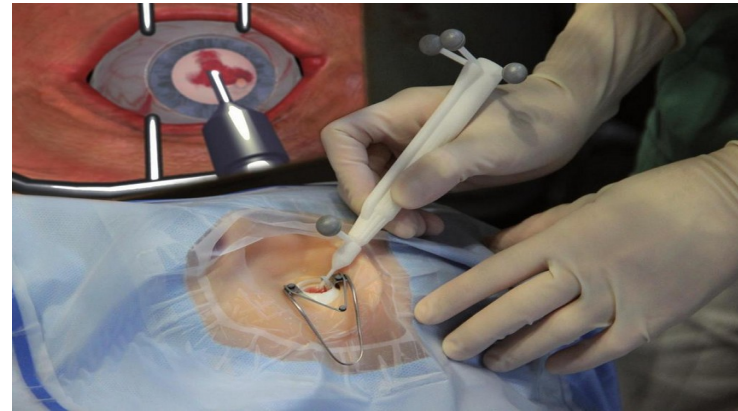
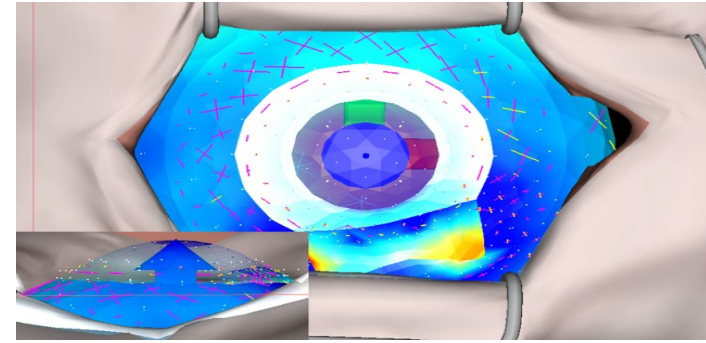
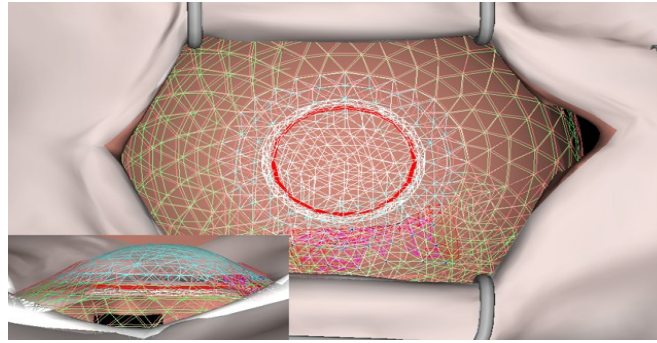
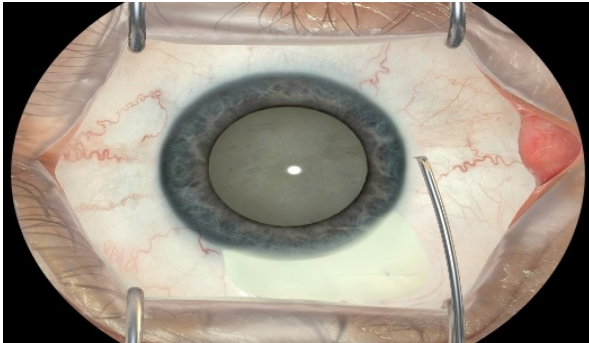
Imagerie médicale



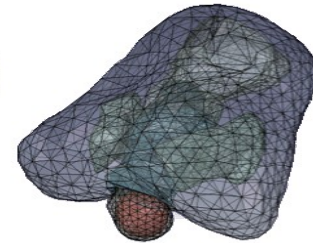
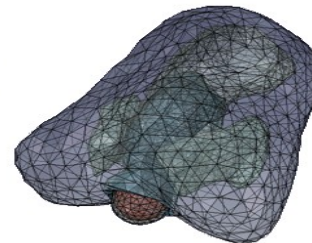
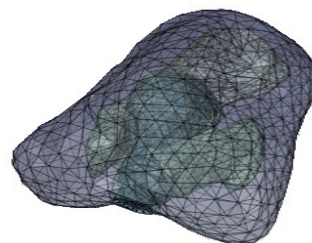
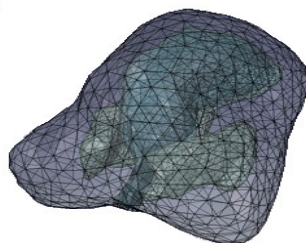
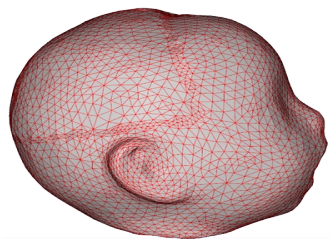
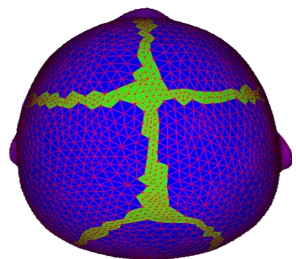
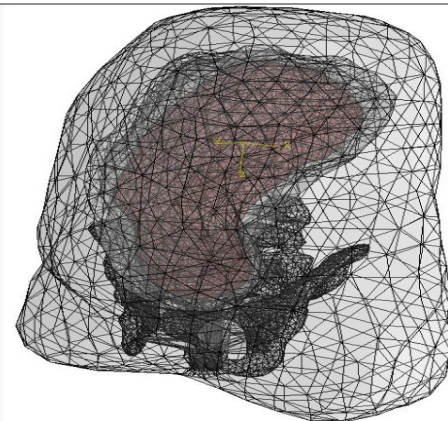
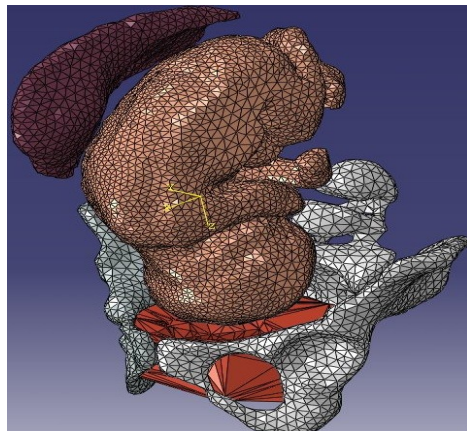
Simulation biomécanique



Simulation biomécanique



Simulation biomécanique



Et comment interagir avec l'image créée ?

C'est la Réalité Virtuelle
Image virtuelle + matériel de vision + robotique

Objectifs :

- Immerger l'utilisateur dans le monde virtuel
- Interagir avec le monde virtuel
- Reproduire les sensations du réel : vision, toucher, interaction



Ecran remplacé par un autre dispositif de vision

Objectif : améliorer l'immersion dans le monde virtuel

- Mur de projections = association de plusieurs vidéo projecteurs
 - Intérêts : haute résolution, collaboration, travail à l'échelle 1
- Mais...
 - Couverture incomplète du champ visuel
 - Coût élevé



Ecran remplacé par un autre dispositif de vision

- Visio Cube ou CAVE : Immersion visuelle complète
 - Stéréoscopie masque structure cubique à l'utilisateur
 - Travail à l'échelle 1
 - Possibilité d'introduire des maquettes réelles



Ecran remplacé par un autre dispositif de vision

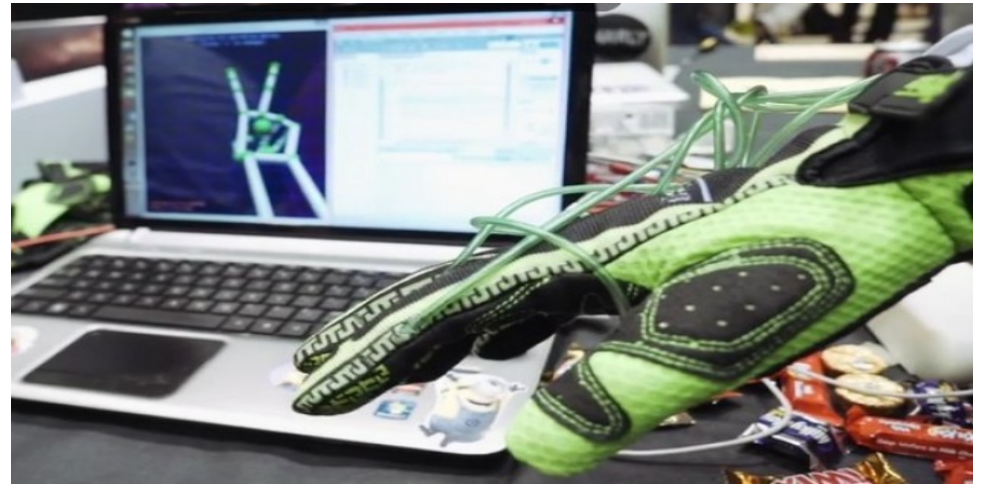
Casque de Réalité Virtuelle



Souris-clavier remplacés par un autre dispositif d'interaction : interfaces haptiques

Objectif : interagir en restituant la sensation du toucher

- Gants haptiques :
 - forces appliquées sur les doigts suite à la manipulation des objets présent dans l'environnement virtuel



Souris-clavier remplacés par un autre dispositif d'interaction : interfaces haptiques

- Bras à retour d'efforts



Phantom Omni - Sensable



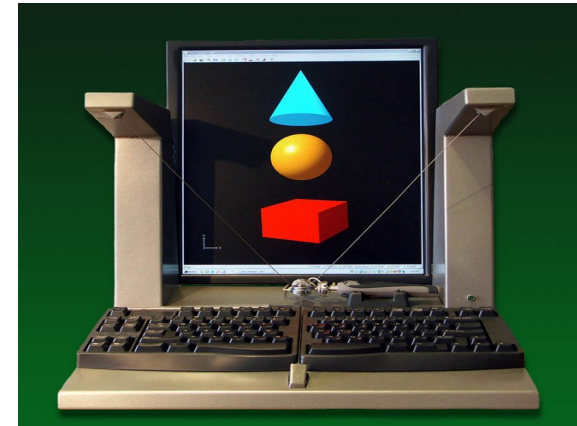
6 DOF Delta from
Force Dimension



6 DOF Phantom Premium 1.5



Falcom - Novint



Mantis - Mimic

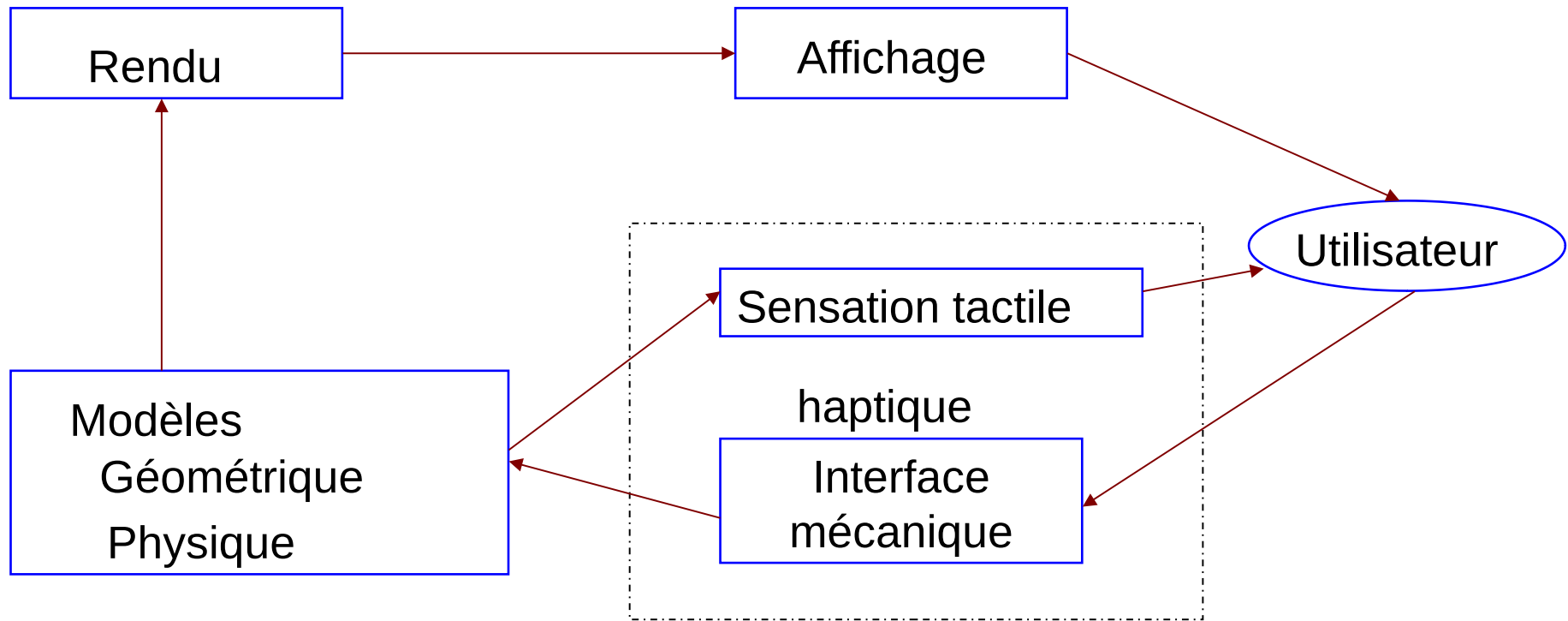
Pourquoi faire ?

Pour la conception de simulateurs d'apprentissage

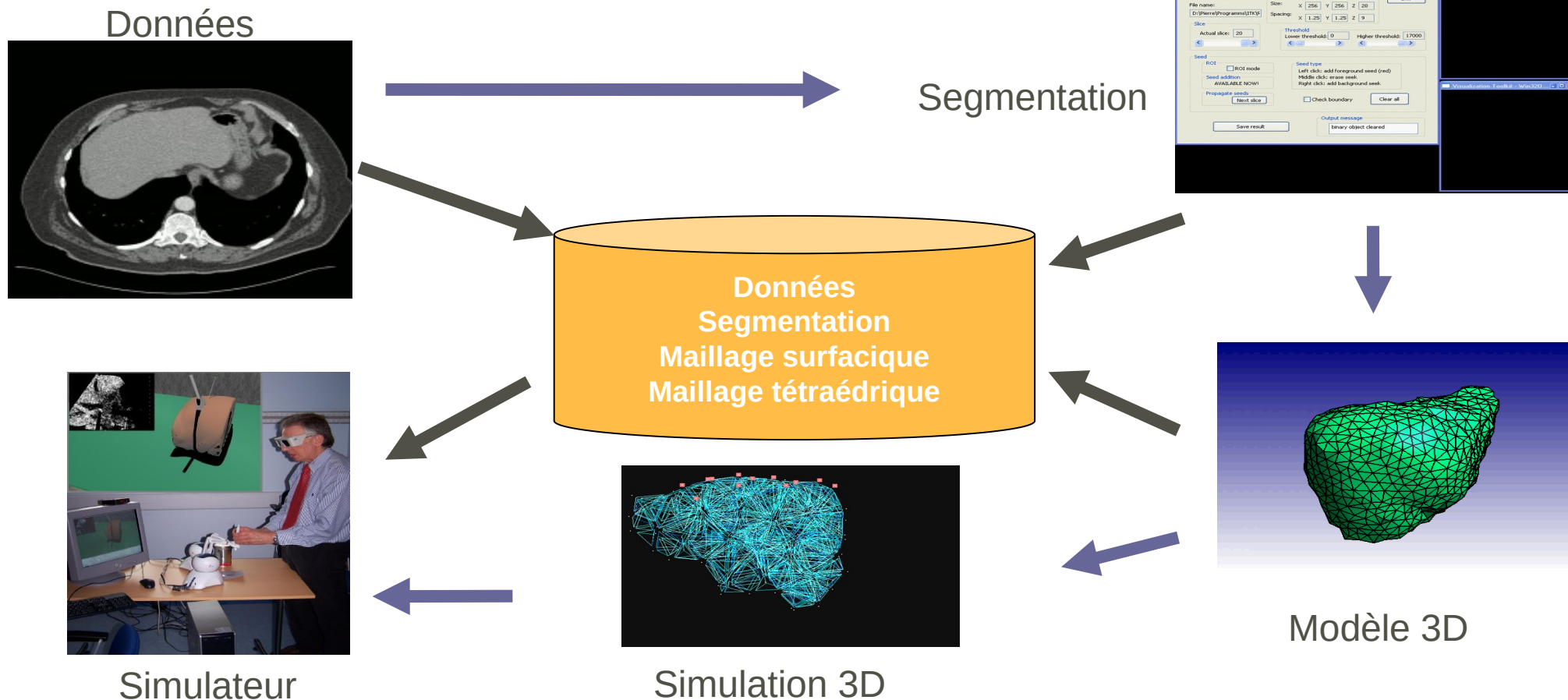


- Réussir à interagir avec le monde virtuel
- Interface haptique conçue selon l'application

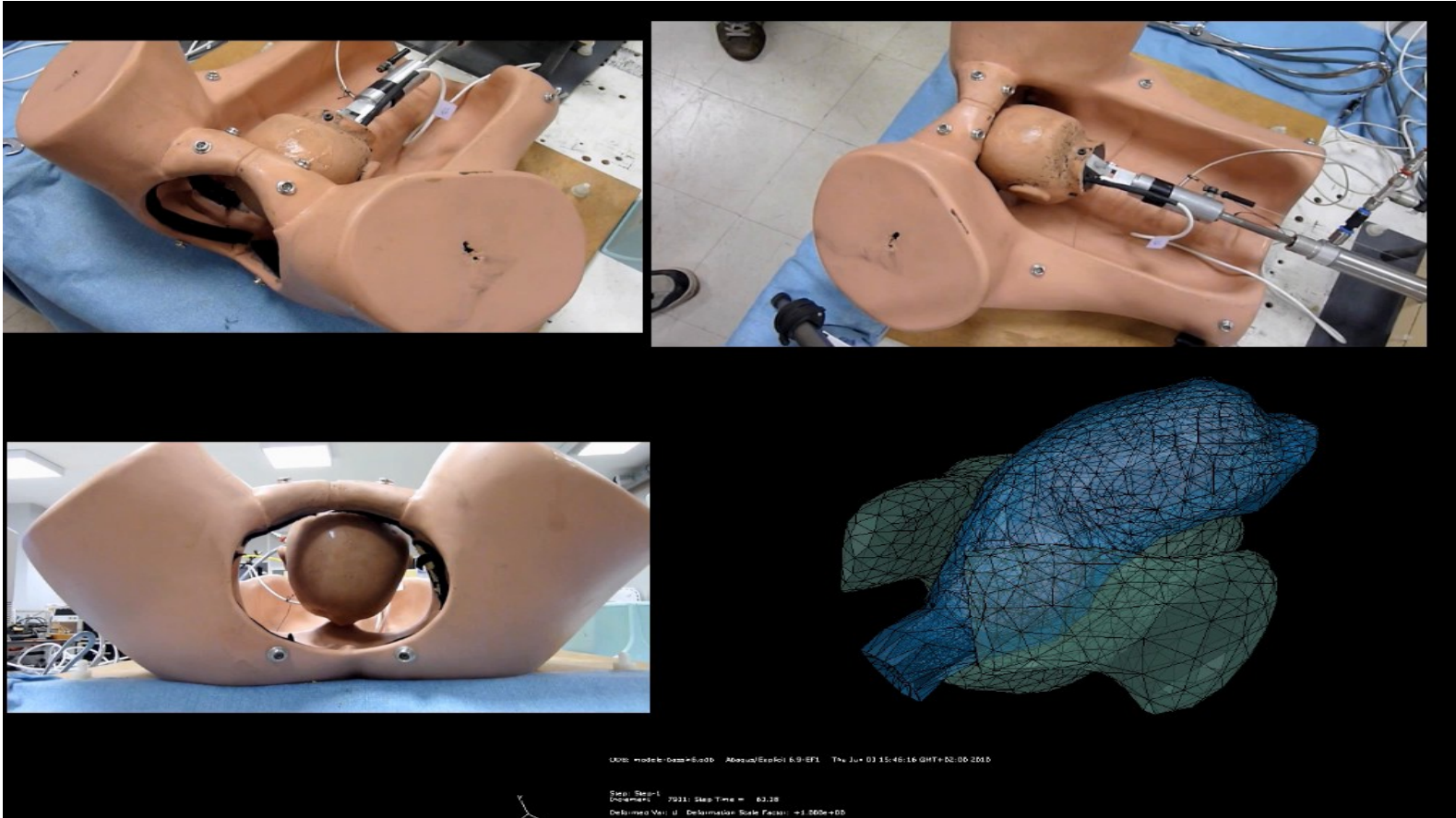
Conception de simulateurs d'apprentissage



Simulateurs de gestes chirurgicaux



Simulateurs de gestes chirurgicaux



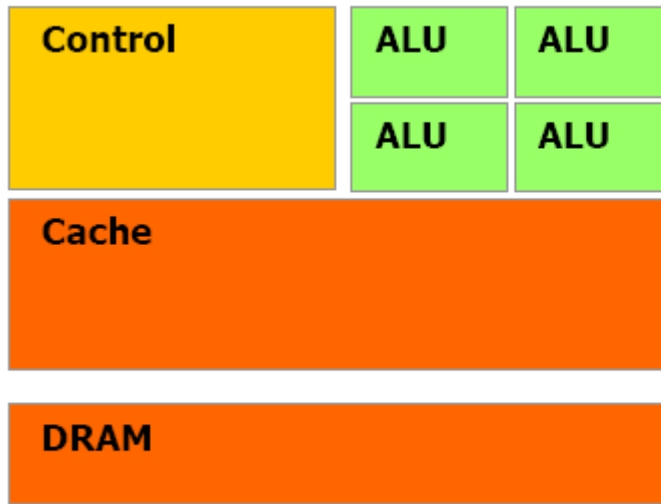
Tout ceci a été rendu possible grâce au matériel graphique (GPU) de plus en plus performant



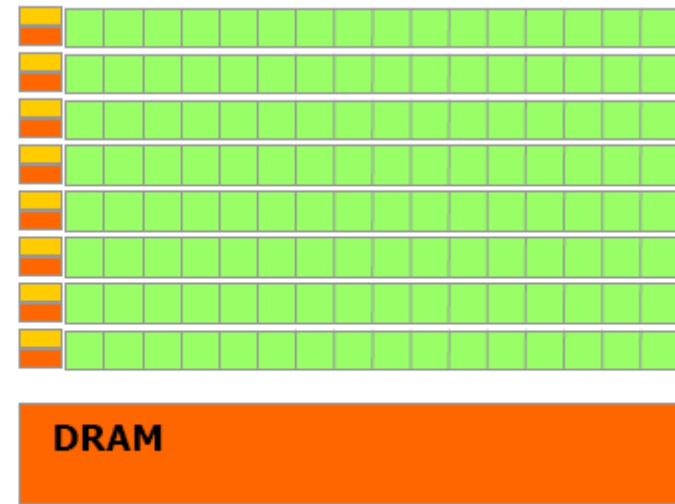
NVIDIA
ATI
INTEL



GPU : Graphics Processing Unit

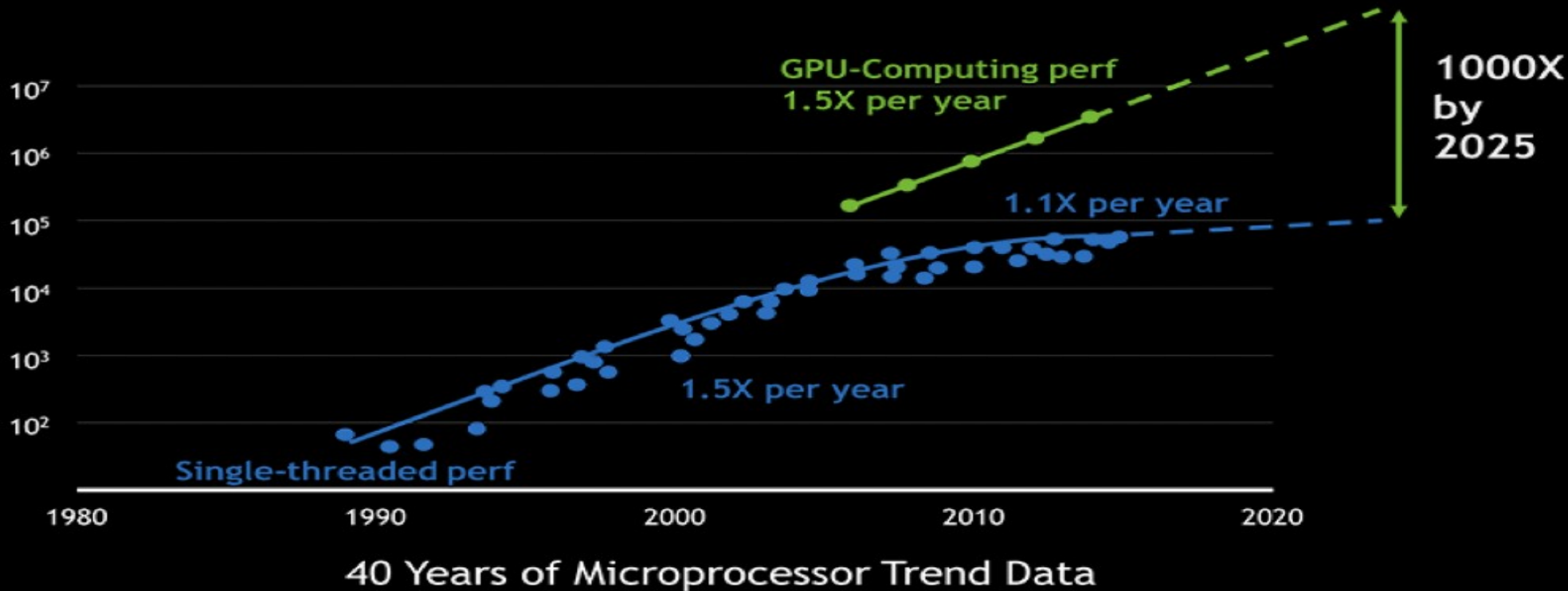


CPU



GPU

Evolution des GPU



(image NVIDIA)

Evolution des GPU



NV1



RIVA 128



RIVA TNT



RIVA TNT2 Ultra



GeForce 256 DDR



GeForce 2 Ultra



GeForce 3 Ti500



GeForce 4 Ti 4800



GeForce FX 5950 Ultra



GeForce 6800 Ultra



GeForce 7950 GX2



GeForce 8800 GTS



GeForce 9800 GX2



GeForce GTX 295



GeForce GTX 480 Core 512



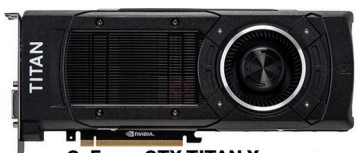
GeForce GTX 590



GeForce GTX 690



GeForce GTX TITAN Z



GeForce GTX TITAN X



TITAN Xp



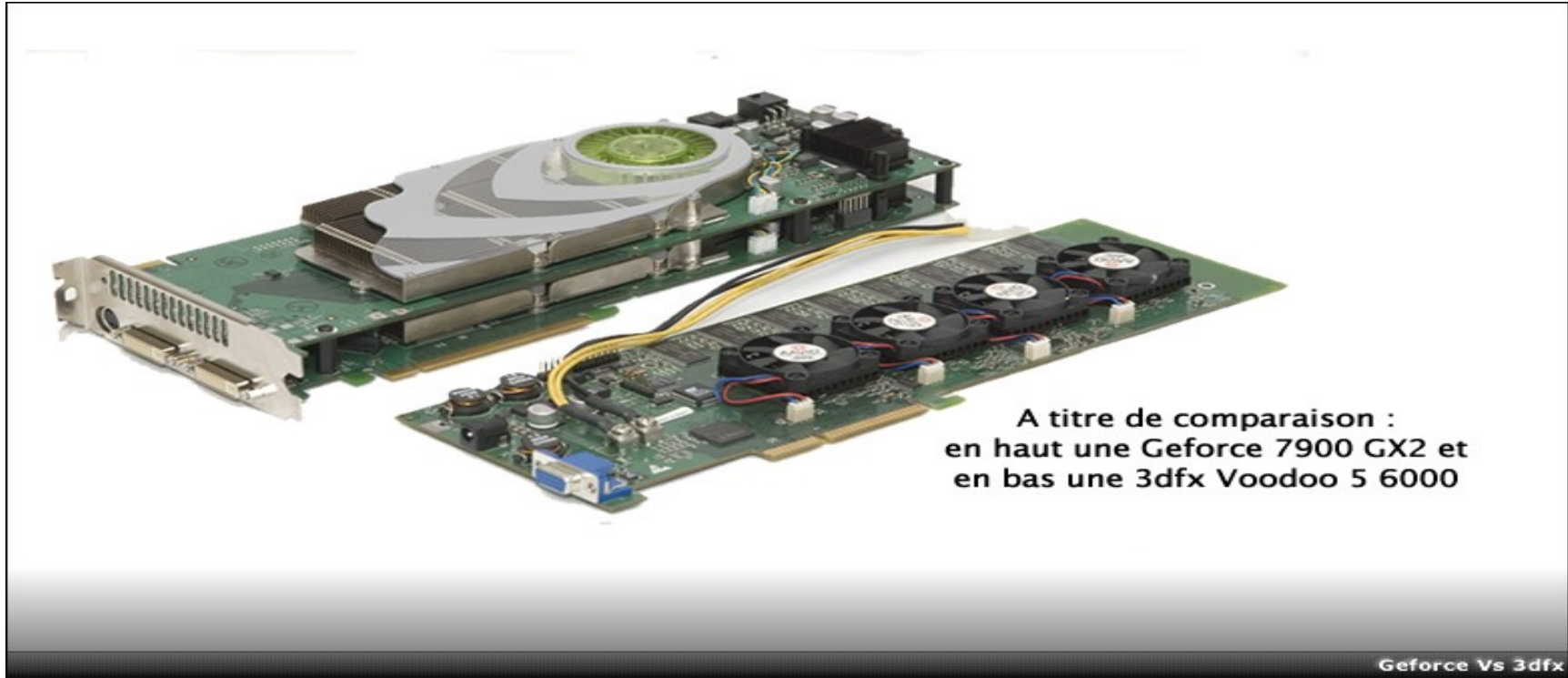
Titan RTX



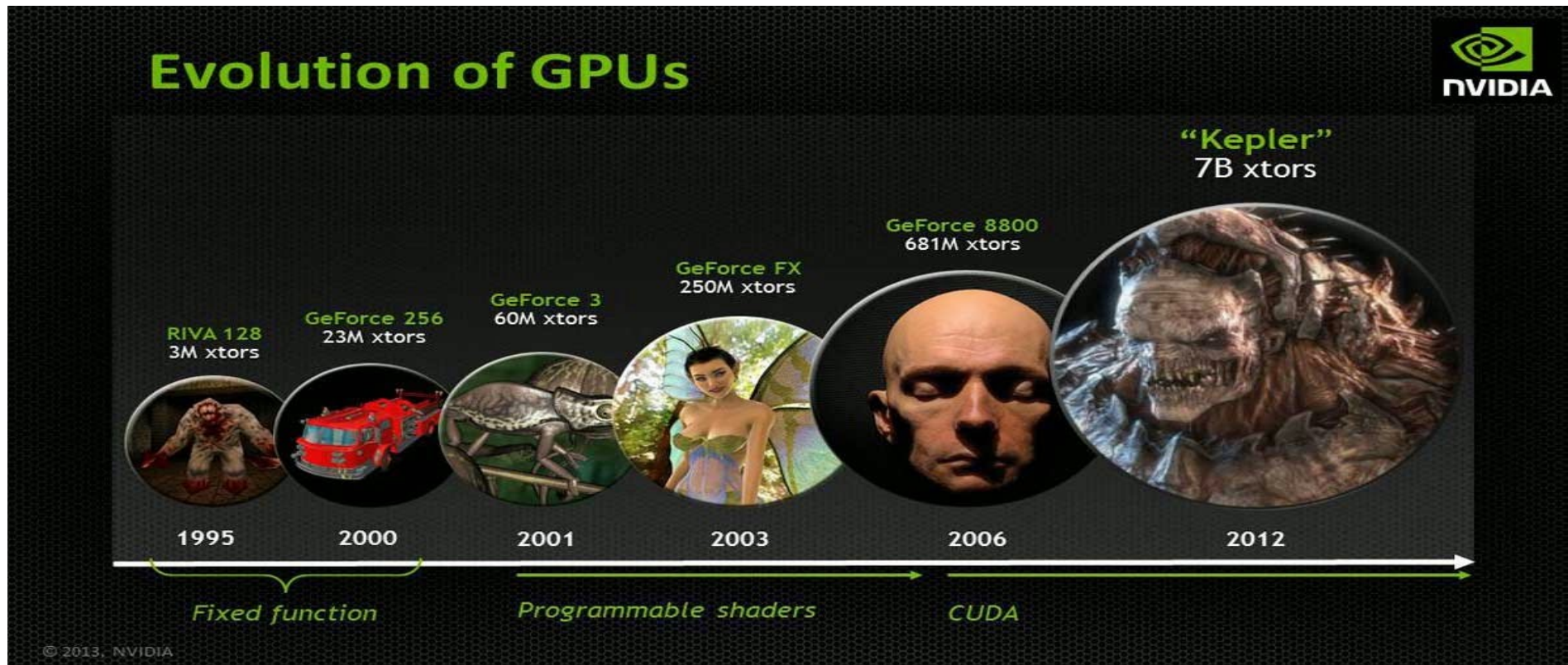
RTX 3090ti



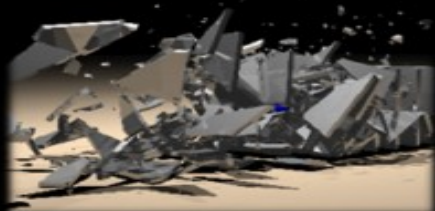
Evolution des GPU



Evolution des GPU



Evolution des GPU



Fracture



Soft Shadows



Detailed Characters



Rich Environments



Indirect Lighting



Subsurface Scatter



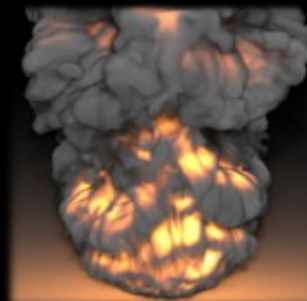
Ambient Occlusion



Turbulence



Participating Media



Simulations



Fluids

Pour conclure

Jeux vidéo et films d'animation ont démocratisé la synthèse au grand public (début 2000)

- Ubisoft, etc.
- Pixar, DreamWorks

GPU ont fait et font avancer les capacités de calculs

- NVIDIA, ATI

Les grands industriels font avancer la recherche

- Actuellement Google et Facebook s'affrontent sur la Réalité Virtuelle à coup de rachat de startups du domaine
- Algorithmes de Deep learning font faire un bon à la vision par ordinateur
 - NVIDIA, Google (DeepMind), Facebook, Microsoft, etc.
- La Robotique arrive ... avec tous les problèmes de vision et d'animation que cela comporte

Programme de l'UE

Focus uniquement sur la Synthèse d'Images

Cours + TD :

- Outils mathématiques : vecteur, matrice
- Rendu : pipeline du rendu projectif
- Représentation des objets : maillage
- Transformation géométrique
- Modèle d'illumination (ambient, diffus et spéculaire)
- Modélisation : révolution, extrusion, carte de hauteurs
- Texture, transparence
- Animation

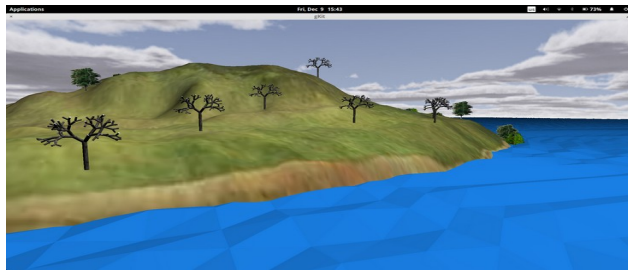
Transparents des cours sur la page web de l'UE : <https://perso.liris.cnrs.fr/fzara/Web/LIFGraphique.html>

Programme de l'UE

Sujet de TP :

- Affichage de formes de bases (cône, cylindre, sphère, cube)
- Affichage d'un objet constitué de formes de base (avion, fusée, etc.)
- Affichage d'un terrain avec ses normales et une texture
- Affichage de *billboards* sur le terrain
- Affichage d'une *cubemap* autour du terrain

Programmation avec la librairie **gKit2 light** / langages C++ et OpenGL



MCC – Modalité de Contrôle des Connaissances – en CCI

Note de l'UE = 25% CC effectué en TD + 35% note TP + 40% CCF (épreuve commune anonyme)

- **CC de 30 min effectué en TD** : jeudi 10 novembre 2023 (Lippmann 107)

- en cas d'absence : des questions supplémentaires au CCF

- **TP à rendre** : jeudi 30 novembre 2023 – 13h

- **CCF Session 1** - jeudi 7 décembre 2023 à 9h45-10h45

- *CCF Session 2 – au mois de juin/juillet 2024 – remplace la note de CCF Session 1*

- *en cas d'absence au CCF Session 1 : obligatoire de passer la session 2 !*