



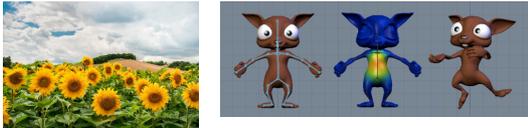
INTRODUCTION À L'IMAGE

Alexandre Meyer
Equipe SAARA, Laboratoire LIRIS
Université Lyon 1

INTRODUCTION À L'IMAGE

VISION PAR ORDINATEUR / COMPUTER VISION
SYNTHÈSE D'IMAGES / COMPUTER GRAPHIC
APPLICATIONS

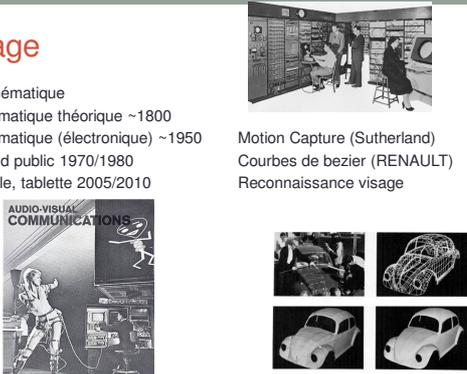
Monde réel ↔ Monde de synthèse Informatique



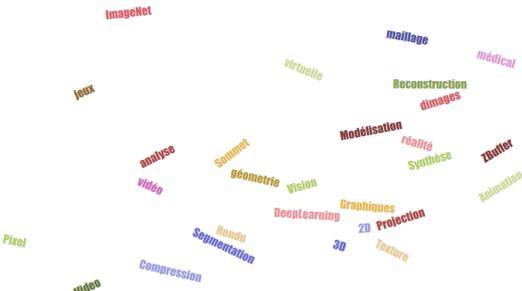
Image

- Mathématique
- Informatique théorique ~1800
- Informatique (électronique) ~1950
- Grand public 1970/1980
- Mobile, tablette 2005/2010

Motion Capture (Sutherland)
Courbes de bezier (RENAULT)
Reconnaissance visage



Image



Images et informatique

Utiliser l'ordinateur pour interpréter ou générer des images

- Motivations
 - images = source d'informations extrêmement importante
 - Efficaces pour communiquer des idées complexes

Ce transparent n'a pas d'image, pas de schéma
→ ON NE COMPREND RIEN
→ ON S'ENNUIE !!!

Images et informatique

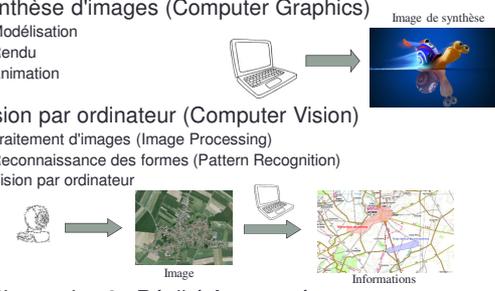
- Ne pas confondre le peintre et le pinceau



- Nous travaillons à la fabrication ... d'un pinceau complexe et évolué
 - Programme informatique
 - Algorithme
 - ...
- pour les utilisateurs
 - Artistes
 - Médecins
 - Architecte
 - ...

Images et informatique

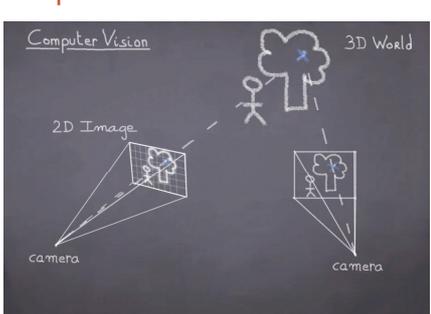
- Synthèse d'images (Computer Graphics)
 - Modélisation
 - Rendu
 - Animation
- Vision par ordinateur (Computer Vision)
 - Traitement d'images (Image Processing)
 - Reconnaissance des formes (Pattern Recognition)
 - Vision par ordinateur
- Mélange des 2 : Réalité Augmentée (Augmented Reality)



VISION PAR ORDINATEUR

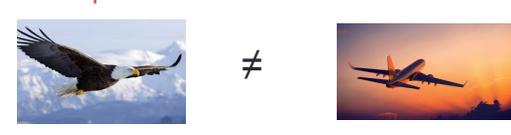


Vision par ordinateur



Vision par ordinateur et vision humaine

Nature \neq inspire l' Artificiel

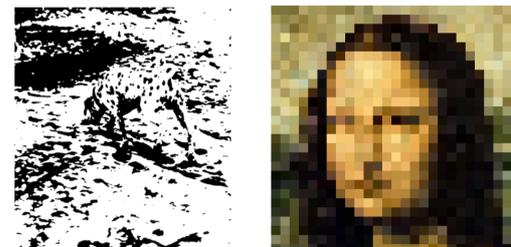


œil \neq ordinateur



Vision par ordinateur et vision humaine

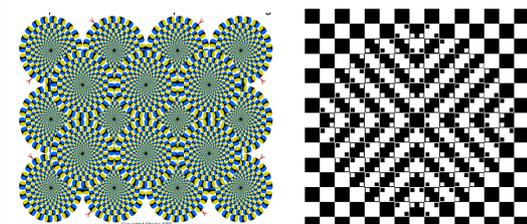
- Vision par ordinateur reste limitée



26x27 pixels

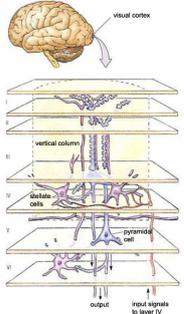
Vision par ordinateur et vision humaine

- Vision par ordinateur reste limitée
- Pour l'instant

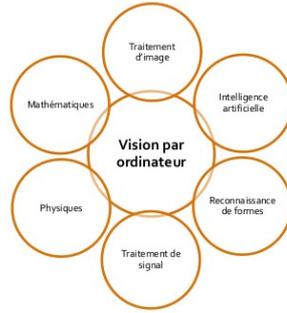


Vision par ordinateur et vision humaine

- 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
 - Vision par ordinateur
 - Identifier les motifs
 - « On voit un visage humain »
 - « Il s'agit de Paul »
 - Identifier des actions
 - « La personne vis un boulon »
 - Analyser une action



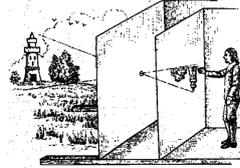
Vision par ordinateur



VISION PAR ORDINATEUR

Une image ?

Rapide histoire de la production de photo



Chinois; 5e siècle avant JC, trou et papier à dessin

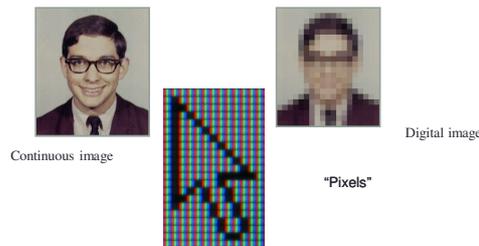
19e siècle : remplace le trou par une lentille et le papier à dessin par du papier sensible à la lumière (pellicule)

Fin du 20e : remplace pellicule papier par un capteur électronique → photo numérique



Une image?

- Rectangle (2D) : tableau de pixels (=picture element)



Continuous image

Digital image

"Pixels"

"Pixel" est un échantillon

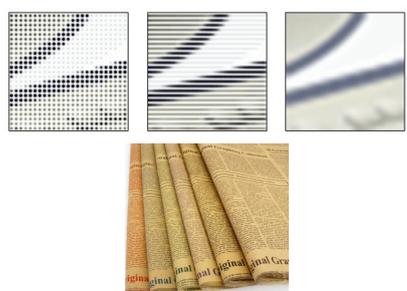
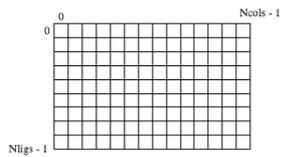
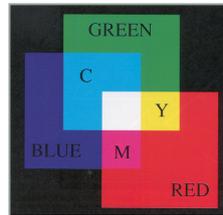


Image : informatique

- Image = tableau 2D de pixels
 - nombre de lignes,
 - nombre de colonnes,
 - format des pixels (bit, niveaux de gris, niveaux de couleurs)
 - compression éventuelle.



Système de couleur RGB



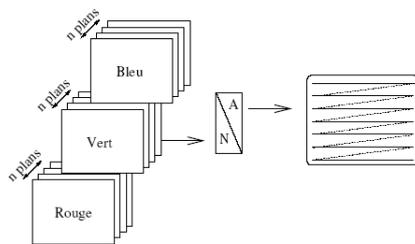
R	G	B	Color
0.0	0.0	0.0	Black
1.0	0.0	0.0	Red
0.0	1.0	0.0	Green
0.0	0.0	1.0	Blue
1.0	1.0	0.0	Yellow
1.0	0.0	1.0	Magenta
0.0	1.0	1.0	Cyan
1.0	1.0	1.0	White
0.5	0.0	0.0	?
1.0	0.5	0.5	?
1.0	0.5	0.0	?
0.5	0.3	0.1	?

Colors are additive

Il y a d'autres systèmes de représentation des couleurs



Ecran couleur



Écrans true color. Le nombre de couleurs possibles est de $2^n \times 2^n \times 2^n$.

Image

- Noir et blanc

```
P1
# NetB.pbm
12 7
000100000000
000110000000
000100100100
000100000100
000001000100
010000000100
000100000100
```

Image

- 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 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 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 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 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 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 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 0 0 0
```

Fichier PGM d'une image 24x7. Les valeurs d'intensité codées en ASCII sont au maximum de 15

Image

- RGB par pixel

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

Image : les formats

- Compression sans perte
 - Image ré-ouverte identique à l'originale
 - GIF, PNG, etc.
- 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 possible
 - Image courante 3500x2500 = 3.82 Mo compressé en JPEG
- La plus grande image du monde
 - **320 gigapixels !**
 - rassemble 48 620 images différentes en panoramique 360°
 - nécessité 200 heures de calculs pour l'assemblage numérique, 4 Canon EOS 7D équipés de 4 objectifs 400 mm f/2,8
 - 3 téraoctets de données

• <http://btlondon2012.co.uk/pano.html>

Image : exemples de compression

100% fidelity Image is 725kB	90% 250kB	10% 37kB	1% 20kB
JPG IS ONLY FC. JPG IS ONLY FC. JPG IS ONLY FC. JPG IS ONLY FC			
The problem wit The problem wit The problem wit The problem wit			
JPG algorithm n JPEG algorithm n JPEG algorithm n JPEG algorithm n			

Video = sequence d'images

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

MPEG video Compression

Algorithme 2D sur les images

- Années 1970/80
- Tracer de droite, cercle, etc.
 - Bresenham
- Remplissage (flood fill)
- Etc.

```

d ← 0, y ← y1
For s ← -Δx to Δx do
  Plot point at (x, y)
  IF ( 2(d + Δy) < Δs )
    d ← d + Δy
  Else
    y ← y + 1, d ← d + Δy - Δs
  EndIf
EndFor
    
```

VISION PAR ORDINATEUR

Traitement d'images

Introduction

- Le traitement d'images consiste à effectuer des traitements sur une image en vue de modifier son contenu (généralement pour « l'améliorer ») et/ou de quantifier certains éléments (calcul numérique, détection d'objets, ...).

can be u
re 3-4 sl
filtering

débruitage

can be u
re 3-4 sl
filtering

segmentation

- Différentes stratégies peuvent être utilisées pour parvenir à ses fins...

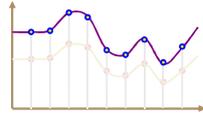
Ajuster la brillance

- Simplement multiplier la valeur du pixel
 - Doit rester entre 0 et 255



Original

Brighter



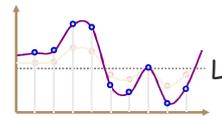
Ajuster le contraste

- Calcul la luminance moyenne L de tous les pixels
 - $luminance = 0.30*r + 0.59*g + 0.11*b$
- Changement d'échelle (Scale deviation) de L pour chaque pixel
 - Doit être "clamped" entre 0 et 1



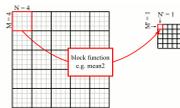
Original

More Contrast



Agrandir ou réduire l'image

- Ré échantillonnage (théorie math ...)



Original

1/4 x resolution



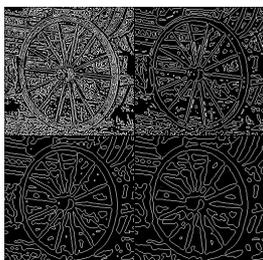
4 x resolution

Détection de motifs

- Qu'est-ce qui est important dans cette image ?



Détection des arêtes



Qu'est-ce qu'une arête/"edge"?

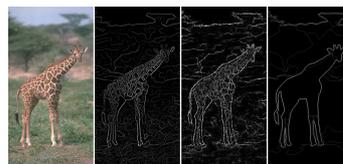
Endroit où l'image "change" brusquement

Comment les trouver ?

Un détecteur d'arête : idée simple

$$A[i,j] <= 5 A[i, j] - A[i+1, j] - A[i-1, j] - A[i, j+1] - A[i, j-1]$$

Pixel courant = pixel courant - la moyenne des pixels autour



- L'oeil humain fait une sorte de détecteur d'arêtes
- Arête est une information de très bas niveau
- Des détecteur d'arêtes peuvent se faire en utilisant des filtres

Filtres

Image d'origine

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

×

Matrice de convolution d'un Passe-bas

1	2	1
2	4	2
1	2	1

=

Image Finale

Image d'origine

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

×

Matrice de convolution d'un Passe-Haut

-1	-2	-1
-2	16	-2
-1	-2	-1

=

Image Finale

Filtre : détecteur d'arêtes

Filtre Gaussien : Blurring

original

coefficient

Pixel offset

F

1	1	1
1	1	1
1	1	1

1/9

Blurred (filter applied in both dimensions).

Sharpening

before

after

Segmentation d'images

Quelles sont les regions de cette image ?

Des centaines d'idées et d'algo différents existent. Toujours pas résolu parfaitement

Segmentation d'images

- Le zèbre ☹️
 - La nature l'a fait évoluer pour se dissimuler
 - Le plus dur pour les algo de vision

Physique de la lumière

- Souvent les algo de vision
 - Besoin de connaître la réalité du monde
 - Physique de la lumière
 - Type de lumière
 - Reflectance de la surface
 - Etc.
 - Faire des suppositions et des simplifications

Vision de haut niveau : reconnaissance

Qu'est-ce que vous voyez dans cette image ?

Tâche extrêmement difficile : le tigre doit être reconnu sous tous les angles, parfois cache, avec des éclairages différents sur chaque photo.

→ Test de Turing sur l'« intelligence artificielle »

VISION PAR ORDINATEUR

Domaines et applications

Vision par ordinateur : des exemples

Tracking = suivre un objet dans une vidéo pour par exemple la surveillance

Vision par ordinateur : des exemples

- Reconnaissance d'écriture
 - La Poste : codes postaux sur enveloppe
 - Puis écriture sur tablette

Reconnaissance de visages

- L'apprentissage automatique
 - A partir d'une banque d'exemple, l'ordinateur apprend à classer différents éléments.
- Ex : Reconnaissance de visages

Vision par ordinateur : des exemples



- Classification
 - Historique vision humaine : repérer un prédateur ou un membre de sa famille rapidement
 - Concours IMAGENET → mettre un label sur une image
 - 14 millions d'images avec 20000 labels

ImageNet Classification top-5 error (%)

Year / Competition	Top-5 Error (%)
ILSVRC 2010 NEC America	28.2
ILSVRC 2011 Xerox	25.8
ILSVRC 2012 AlexNet	16.4
ILSVRC 2013 Clarifai	11.7
ILSVRC 2014 VGG	7.3
ILSVRC 2014	6.7
ILSVRC 2015 ResNet	3.5

Semantique et image

+ VIDEO

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



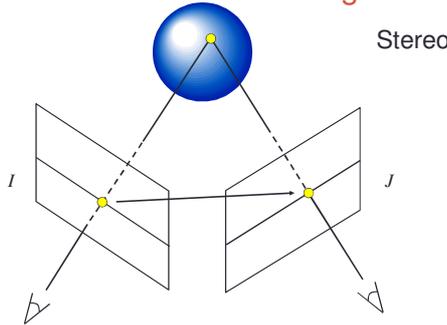
Capture de mouvement

- Motion Capture pour produire une animation



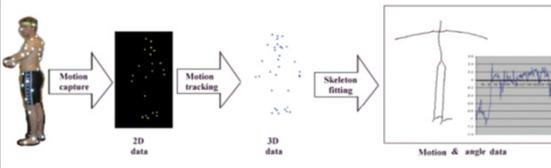
Reconstruction 3D : triangulation

Stereo

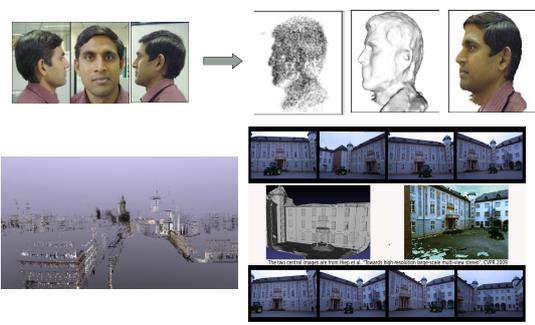


Capture de mouvement

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



Reconstruction 3D



Capture de visage

- Face2Face: Real-time Face Capture and Reenactment of RGB Videos



+ VIDEO

SYNTHÈSE D'IMAGES COMPUTER GRAPHIC

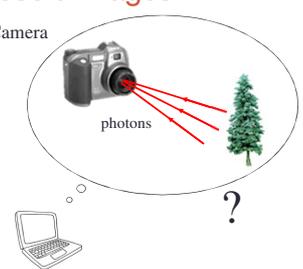
Comment calculer une image de synthèse = Rendu

- Lancer de rayons
- Pipeline du rendu projectif

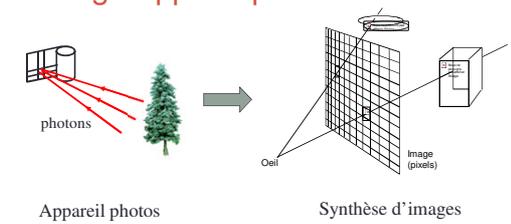


Synthèse d'images

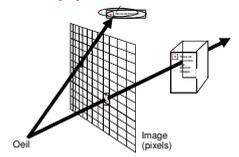
1. Camera



Analogie appareil photo et SI



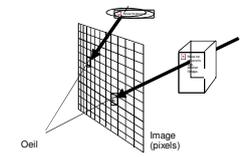
2 approches duales en SI



Des rayons sont lancés depuis l'œil vers la scène en passant par un pixel

Ray-tracing

- Image réaliste
- Lent



Les objets sont projetés sur l'écran dans la direction de l'œil.

Rendu projectif (cablé sur les cartes graphiques modernes -> temps réel)

Processus

- Les différentes phases de la synthèse d'une image**
 - Modélisation
 - représentation mathématique des objets de la scène.
 - Gestion du modèle, animation
 - ce qui doit être vu et comment cela doit apparaître.
 - Production d'une image
 - rendu à partir de la description du modèle.
- Les éléments d'un modèle**
 - des primitives : points, lignes, polygones 2D et 3D, polyèdres et surfaces.
 - des attributs : styles, couleurs, textures.
 - des relations de connexités entre les composants du modèle.
 - ...

Rendu projectif : PIPELINE

Plan image

oeil

A

Ap

Pipeline

1. Clipping des polygones en 3D suivant la pyramide de vue
2. Projection des points sur le plan image
3. Remplissage des triangles (Rasterizing) dans l'image
 - a. Suppression des parties cachées : Z-Buffer
 - b. Calcul de la couleur : illumination

Fil de fer

Faces cachées (objet)

Rendu Gouraud

Rendu Phong

Texture

Historique

Maillages polygonaux

Les maillages polygonaux sont la représentation la plus commune

Texture

For each triangle in the model establish a corresponding region in the phototexture

Un artiste peut créer une texture et paramétrer son modèle à la main

Exemple d'un terrain

- Représentation d'un terrain
 - Carte de hauteur (niveau de gris)
 - Texture pour la couleur
 - Triangulation de la carte de hauteur

Les billboards pour les arbres

- 1 quad toujours tourné face à la caméra
- Ou simplement en croiser 2 (en TP)

(0,0)

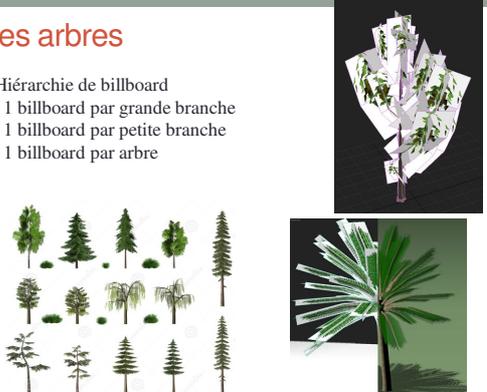
(1,0)

(0,1)

(1,1)

Les arbres

Hierarchie de billboard
 1 billboard par grande branche
 1 billboard par petite branche
 1 billboard par arbre



Paysage

Règles biologique pour la génération

- du terrain
- des arbres
- du paysage





SYNTHESE D'IMAGES

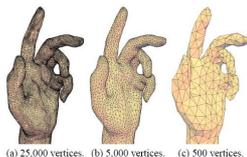
Différents domaines



Modélisation géométrique

Geometry processing = génération et traitement d'un maillage

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

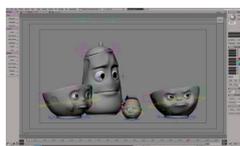





Modélisation géométrique

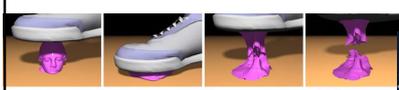
- Déformation de maillage
 - Skinning = déformation d'un maillage suivant un squelette
- Sculpture virtuelle
- ...

+ VIDEO




Simulation physique

- Phénomènes naturels
- Simulation physique
 - $F = m \cdot a$
 - Equation de Navier-Stokes pour les fluides
 - Etc.



Rendu réaliste

• Illumination globale,
plusieurs minutes de calcul

Rendu temps réel

- Application interactive
 - Jeux vidéo
 - Simulateur

Rendu non photo réaliste (NPR)

Animation

- Animation de personnage
 - Capture de mouvement
- Animation de visage
- Animation physique

Imagerie médicale

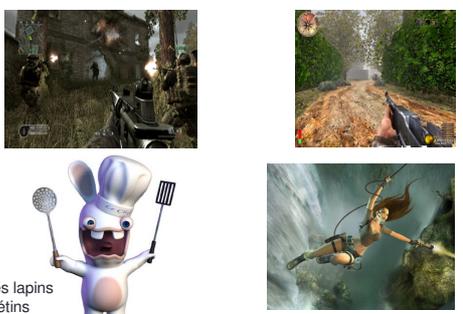
- Données issues de scanner,
échographie, etc.

GPU

NVIDIA
ATI
INTEL

1. Informatique Graphique
3. Applications pour le médical

Domaines d'applications - Jeu vidéos



Jeu de tir - Medal of honor 3 et 4

Tomb Raider



Les lapins crétins

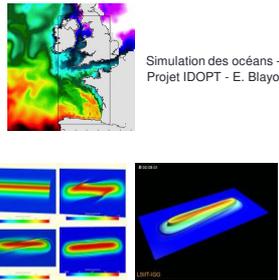
1. Informatique Graphique
3. Applications pour le médical

Domaines d'applications - Films d'animation



1. Informatique Graphique
3. Applications pour le médical

Domaines d'applications - Simulation scientifique



Simulation des océans -
Projet IDOPT - E. Blayo

Simulation de fluides
- O. Gènevaux

Simulation de faisceaux de
particule - Projet CALVI -
M. Haeefe

1. Informatique Graphique
3. Applications pour le médical

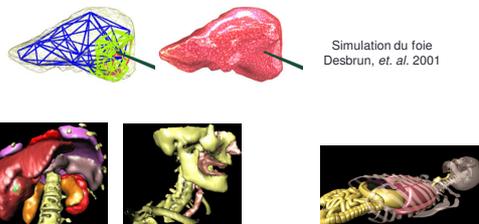
Domaines d'applications - Simulateurs



Simulateur de vol - Airbus

1. Informatique Graphique
3. Applications pour le médical

Domaines d'applications - Applications médicales

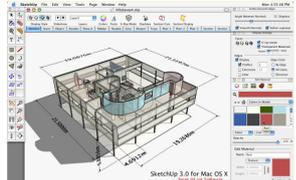
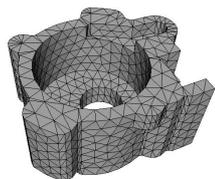


Simulation du foie
Desbrun, et. al. 2001

Visualisation de données médicales
IRCAD - Strasbourg

Librairie simulation
dédiée aux applications
médicales - SOFA

Architecture / CAO

REALITÉ VIRTUELLE

Réalité Virtuelle - Dispositif matériel

Visualisation - Mur d'images

- Plusieurs vidéo projecteurs sont associés pour former un mur de projection
 - Haute résolution
 - Collaboration
 - Travail à l'échelle 1
- Mais...
 - Couverture incomplète du champ visuel
 - Coût élevé



Réalité Virtuelle - Dispositif matériel

Visualisation - Visio Cube ou CAVE

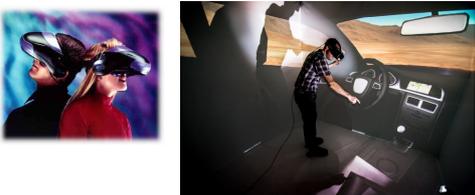
- Immersion visuelle complète
 - Stéréoscopie masque structure cubique à l'utilisateur
 - Travail à l'échelle 1
 - Possibilité d'introduire des maquettes réelles



Réalité Virtuelle - Dispositif matériel

Visualisation - Casque ou Head Mounted Displays (HMD)

- Utilisateur porte écran près de ses yeux



+ VIDEO

2. Dispositif matériel
3. Applications pour le médical

Réalité Virtuelle - Dispositif matériel

Systèmes haptiques - Gants

Forces appliquées sur les doigts suite à la manipulation des objets présent dans l'environnement virtuel



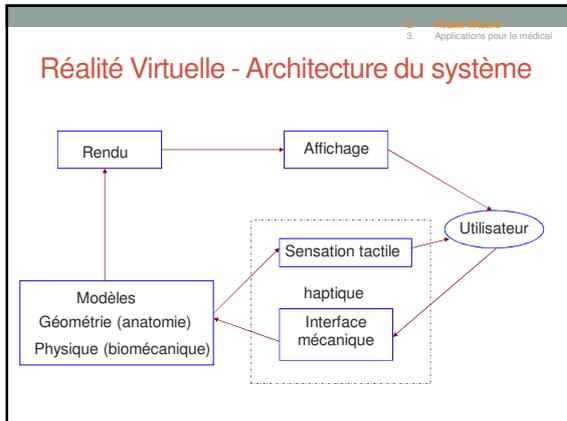
2. Dispositif matériel
3. Applications pour le médical

Réalité Virtuelle - Dispositif matériel

Systèmes haptiques - Bras à retour d'efforts



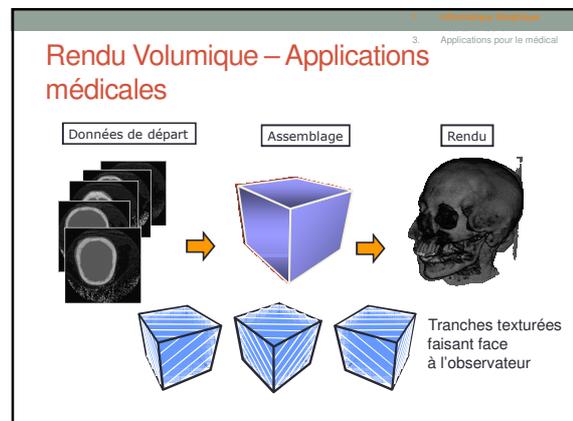
6 DOF Delta from Force Dimension



- ### Conclusion (avril 2016)
- Jeux vidéo et films d'animation ont démocratisés 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'affronte sur la réalité virtuelle à coup de rachat de startups du domaine
 - Algo 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

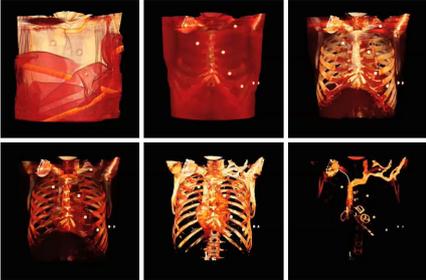
BONUS

UN EXEMPLE D'APPLICATION MÉDICALE : RENDU VOLUMIQUE



1. Information Graphique
3. Applications pour le médical

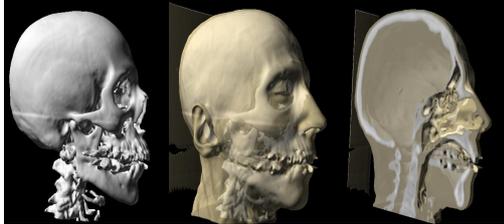
Rendu Volumique - Illustrations



Kieran Maher

1. Information Graphique
3. Applications pour le médical

Rendu Volumique - Illustrations



Images issues du cours DEA IVR
Nicolas Holzschuh

1. Information Graphique
3. Applications pour le médical

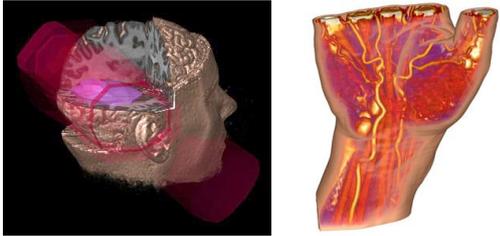
Rendu Volumique - Illustrations



Images issues du cours DEA IVR
Nicolas Holzschuh

1. Information Graphique
3. Applications pour le médical

Rendu Volumique - Illustrations



Levoy
Bruckner