

# Simulation Immersive du Mouvement

Dr Andras KEMENY  
Centre Technique de Simulation, Renault  
ENSAM, Chalon-sur-Saône



## Plan

- I. Introduction
- II. Perception et restitution visuelle
- III. Simulateurs et perception multimodale
- IV. Technologie et réalité virtuelle immersive
- V. Applications industrielles
- VI. Perception de l'espace en environnement virtuel
- VII. Conclusion



## Introduction

- **Études de cas**  
développement de produits virtuels et l'enjeu économique et social correspondant :
  - **SGI** – pionnier de station graphique autonome industriel
  - **Medialab** – incubateur de produit virtuel grand public
  - **Pixar** – société de production d'images cinématographiques
  - **Renault** – industriel utilisateur de la conception virtuelle



## Projets de recherche Industriels : SGI et Jim Clark



- **Groupe de recherche à Stanford**
  - Jim Clark développe des architectures d'ordinateurs graphiques avec l'industrie
- **Création de SGI**
  - Jim Clark crée SGI au début des années 1980
- **Création de Netscape**
  - Jim Clark quitte 10 ans plus tard SGI et crée Netscape avec 50 M\$



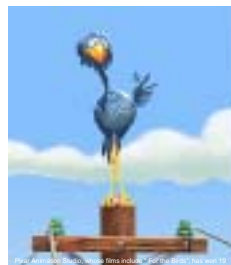
## Projets de recherche Industriels : Medialab et Bill Gates



- **Innovation au Médialab du MIT**
  - Prototypage d'ordinateur low-cost
  - Etude VR avec :
    - Ecran projeté
    - Clavier projeté
    - Capteur de mouvement de saisie
- **Position de Microsoft**
  - Windows CE à partir de téléphone portable et écran TV et clavier adaptable
  - Modèle free-ware rejeté
  - Critique faisabilité coût PC et accès wire-less
- **Réponse de MIT :**
  - Linux – 100 M développeurs
  - Quanta – accord avec acteur mondial
  - Mesh networking wireless



## Projets de recherche industriels : Pixar et Steve Jobs



- **Pixar**
  - Création de la société – par Carpenter et autres pionniers en synthèse d'image
  - Rachat par Steve Jobs :  
Pour 10 M\$ et exploite la société en dehors du monde de Hollywood
  - Vente par Steve Jobs :  
Pour 7 400 M\$ à Walt Disney après maturité (Toy Story 1995)

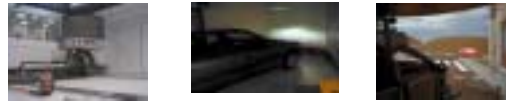


## Projets de recherche Industriels : les start-up et Renault

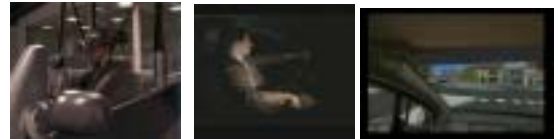
- **Modèle de Start-up à Silicon Valley et à Massachusetts**
  - Créativité dans la technologie virtuelle et création de richesse économique et industrielle
- **Modèle industriel grand groupe européen**
  - Créativité dans la technologie virtuelle et création d'économie de conception et fabrication



## Technical Center for Simulation : Applications

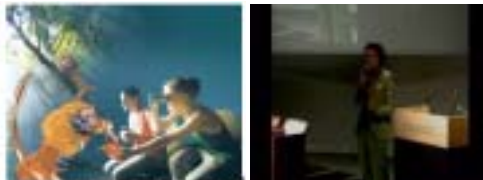


Ultimate driving simulator      Head-light simulator      AR Visibility simulator



## Projets de recherche Industriels : les start-up et Renault

- **Modèle de Start-up à Suresnes**
  - Créativité dans la technologie virtuelle et création de richesse économique et industrielle (Total Immersion – cf. Les Echos)
- **Modèle industriel grand groupe européen**
  - Exploitation de technologie start-up extérieure



Visualisation de véhicule en réalité augmentée

## Perception et restitution virtuelle

### Définition

#### Origine latine

*simulare* – feindre, faire croire à une réelle virtuelle  
*percipere* - saisir par les sens

#### Représentation cartésienne

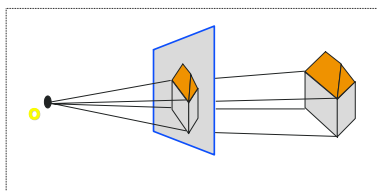
Calcul

#### Monde subjectif de l'homme

Sensoriel

## Perception

### Perception visuelle



Perception et modélisation (Platon)

## Vision - modélisation



Description de la scène observée

Modélisation de la lumière véhiculant l'information visuelle

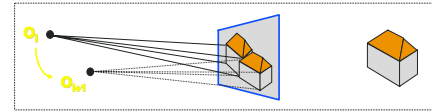
Structure d'image

## Vision

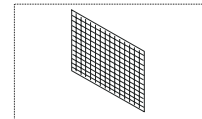
- I. Echantillonnage spatial et temporel
- II. Perception de la couleur lumière
- III. Perception des mouvements réflexes visuels
- IV. Perception de l'espace vision binoculaire



## Vision : échantillonnage



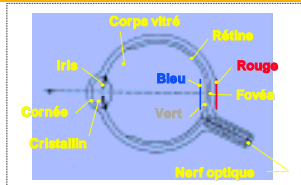
Echantillonnage temporel



Echantillonnage spatial



## Vision humaine



L'oeil humain

- Les récepteurs de la rétine:
  - Cônes,
  - Bâtonnets
- Résolution de l'oeil humain: 1 minute d'angle  
(1 mm à 3 mètres)

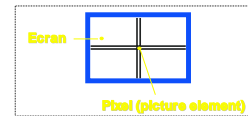


## Vision : échantillonnage

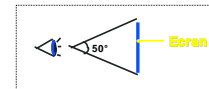
### Echantillonnage spatial

- Résolution d'écran:
 

- VGA	640x480	pixels
- SVGA	800x600	pixels
- XGA	1024x768	pixels
- Haute déf.	1280x1024	pixels

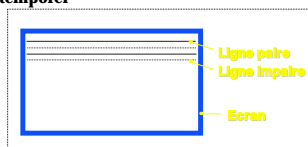


- 50 degrés = 3000 pixels  
(pour l'oeil humain)
- 1000x1000 pixels anti-crênelés  
(par sous-échantillonnage)



## Vision : échantillonnage

### Echantillonnage temporel



- Persistance rétinienne: 15-20 ms
- Fréquence d'affichage: 50-60 Hz TV NTSC/PAL/SECAM
- Fréquence d'image:
 

25-30 Hz	entrelacé
50-60 Hz	non-entrelacé



## Vision : échantillonnage

### Digital HDTV

- Standards : ATSC/DVB/ISDB-T
- Résolution : 1280 x 720 (720p)  
1920 x 1080 (1080i/p)
- Format 16 : 9 (avec version i seulement approximatif)
- Fréquence d'image:
 

25-30 Hz
50-60 Hz



## Vision : perception de la couleur

### Récepteurs rétinaux

- **bâtonnet** : périphérie  
vision crépusculaire  
absent dans l'aire fovéale  
mauvaise vision des couleurs
- **cône** : central  
perception des couleurs  
plus dense autour de la fovéa  
mauvaise vision de la luminosité



## Vision : perception de la couleur

### Champ de vision

- **fovéal** : 3-5°  
perception des couleurs  
très bonne résolution
- **périphérique** : 150°  
perception de la luminosité  
perception des mouvements
- **effet de papillon** : fixation de l'oeil sur la lumière  
[View the "basketball" video](#)



## Vision : perception de la couleur

TV : luminance, chrominance

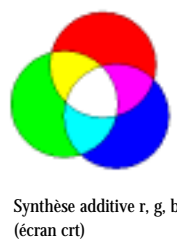
luminance :  
 $Y = 0,59 V + 0,30 R + 0,11 B$

chrominance  
R - Y  
B - Y

Infographie : RGB



## Vision : perception de la couleur



Synthèse soustractive m, c, j  
(imprimerie)



## Vision

### Les lois de mélange de couleurs (Grassman)

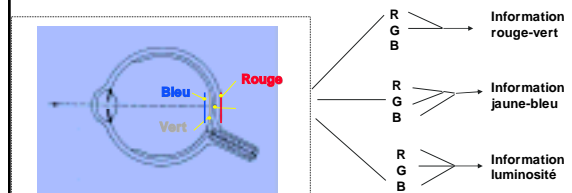
- (I)  $X + Z = Y + Z$   
si  $X = Y$
- (II)  $X = aA + bB + cC$   
pour tout X à partir d'un triplet  
quelconque A, B, C indépendant
- Conséquence :
- (III)  $Z = X + Y = (a + a')A + (b + b')B + (c + c')C$   
si  $Y = a'A + b'B + c'C$

$\exists (A, B, C) : \exists a > 0, b > 0, c > 0$  pour  $\forall Z = aA + bB + cC$   
mais r, g, b donne une large gamme de couleurs



## Vision : perception de la couleur

### Chemin neuronal d'interconnexion



## Vision : perception de la couleur

**Système de coordonnées RGB :**  
additif ou soustractif

**Système de Munsell – HLS :**  
hue, luminance, saturation –  
représentation sphérique

**Système de coordonnées L,a,b :**  
axes rouge-vert, jaune-bleu,  
luminance



## Vision : système de réalité virtuelle

### Casque de réalité virtuelle

calcul d'image binoculaire

intégration proprio-ceptive

temps de réponse dans l'observation

compromis encombrement / résolution - champs de vision



## Vision : perception des mouvements

### Réflexes visuels :

réflexe visio-vestibulaire (VOR)  
délais : 10 ms, jusqu'à 1 Hz

nystagmus optocinétique  
vitesse : jusqu'à 120°/s

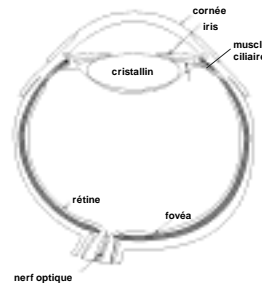
poursuite du regard  
vitesse : jusqu'à 100°/sec

saccade  
durée : 20-120 ms, vitesse : jusqu'à 800°/sec



## Vision : perception de l'espace : distance absolue

### Vision binoculaire



convergence - muscles ciliaires  
jusqu'à 9 mètres

accommodation - cristallin  
jusqu'à 1 mètre



## Vision : perception de l'espace : la profondeur

### Distance relative

Binoculaire Disparité / diplopie  
Taille relative

Monoculaire Perspective linéaire  
Texture  
Occultation

### Distance absolue

Convergence  
Accommodation  
Taille relative

Parallaxe de mouvement



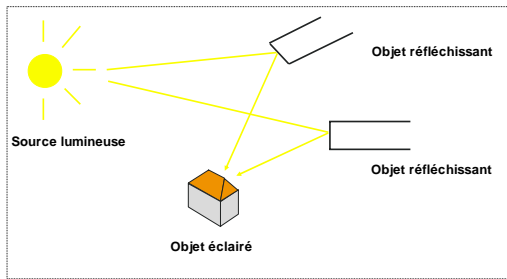
## Restitution visuelle



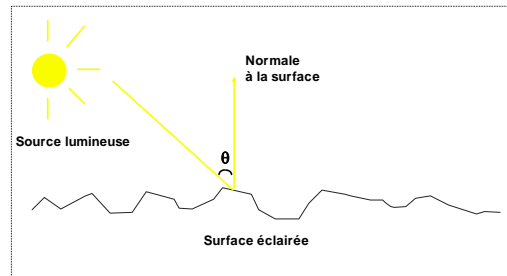
La scène, modélisée dans un repère donné par une représentation polygonale, de surfaces réglées, paramétrées ou libres, est éclairée pour être vue.



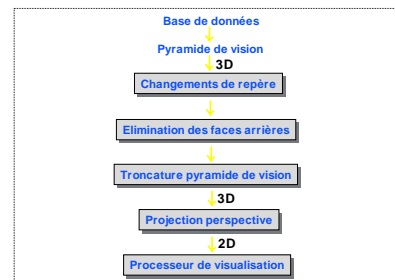
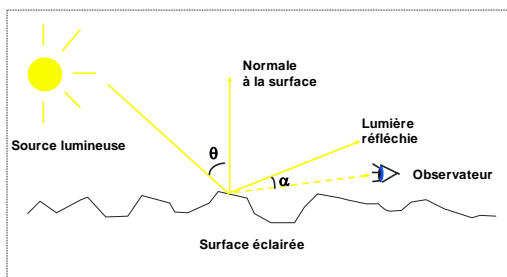
## Lumière ambiante



## Lumière diffuse



## Lumière spéculaire



- Les calculs géométriques (transformations) 3D s'effectuent par un **processeur graphique 3D spécialisé**.
- Les calculs 2D, notamment anti-aliasing, représentent jusqu'à 98% du calcul global.

## Références

1. Foley, Van Dam : Fundamentals of interactive computer graphics, Addison-Wesley
2. Martinez : La synthèse d'images, Editest
3. Munsell : A grammar of color, Strathmore Paper Company
4. Sutherland, Sproull et Schumaker : A characterisation of ten hidden surface algorithms, ACM Computing Surveys, n° 6
5. Kemeny, Allain : Synthèse d'images fixes et animées, Techniques de l'Ingénieur, 1987
6. Berthoz : Le sens du mouvement, Ed Odile Jacob
7. Delorme : Psychologie de la perception, Vigot
8. Burdea, Coiffet : La réalité virtuelle, Hermes
9. Feynman : Cours de physique, Interéditions
10. CIE : Colorimétrie. Recommandations officielles, n° 15.2
11. Viénot : Colorimétrie appliquée aux écrans, VISU 98
12. Kemeny, Panerai : Evaluating perception in driving simulator experiments, TICS

## Références

- 13. Blond, Bac to basics : La vision, La recherche 2005 juin
- 14. Fuch, Le traité de la réalité virtuelle, EMP
- 15. Proceedings of the Driving Simulation Conference 2002
- 16. Proceedings of the Driving Simulation Conference 2004
- 17. Gibson, The perception of the visual world, Houghton Mifflin
- 18. Lappe, Perception of self-motion from visual flow, TICS, 1999
- 19. Site internet : [www.experts.renault.com/kemeny](http://www.experts.renault.com/kemeny)
- 20. Site internet : [www.oktal.fr](http://www.oktal.fr)