



## **M4202Cin - Connaissances Complémentaires en Imagerie Numérique**

# **6. Applications de l'Imagerie Numérique**

2ème année 2018-2019

Sébastien THON

IUT d'Aix-Marseille Université, site d'Arles  
Département Informatique

# Introduction

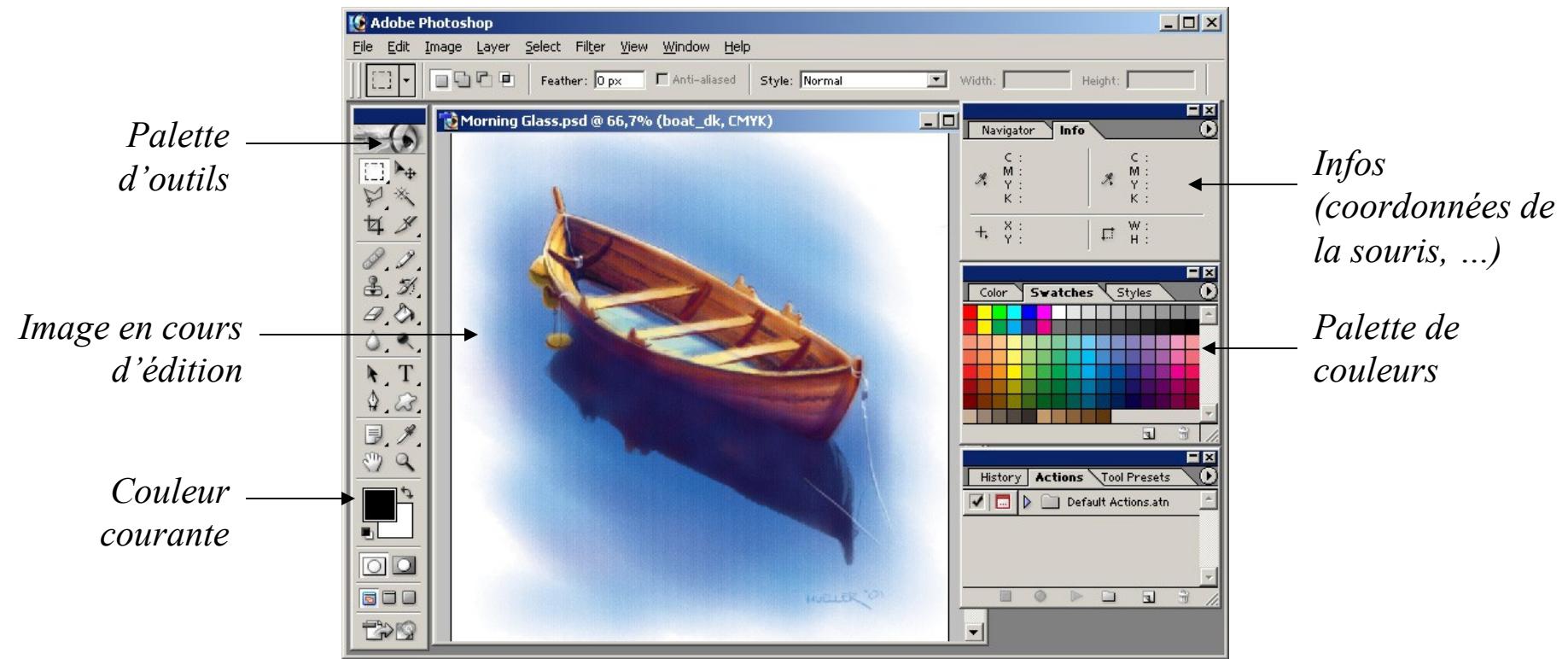
L'objectif de ce chapitre est de faire un tour d'horizon des utilisations de l'imagerie numérique :

- Dessin bitmap
- Dessin vectoriel
- Vectorisation
- Synthèse d'images
- Réalité virtuelle
- Réalité augmentée
- Acquisition
- Traitement d'images
- Reconnaissance
- Vidéo
- Postproduction
- ...

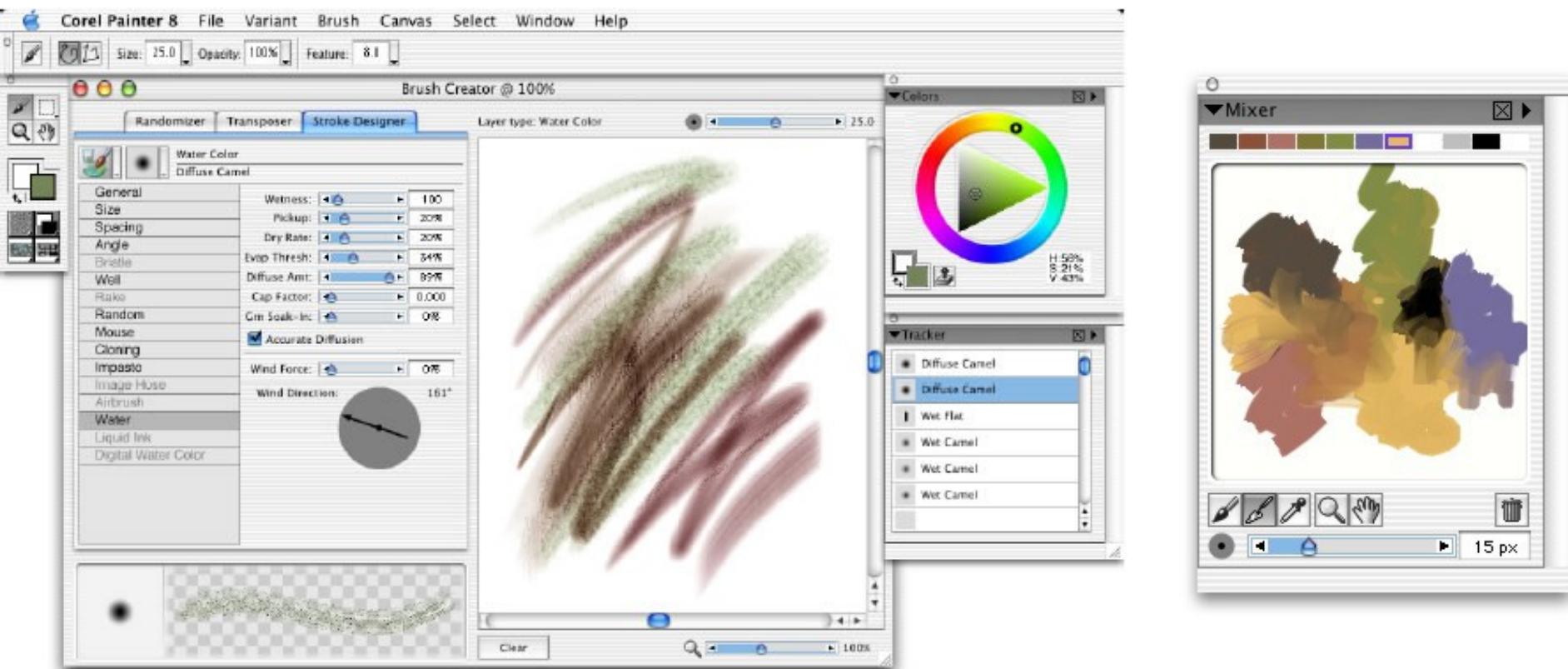
# 1. Dessin

## 1.1 Dessin bitmap

L'utilisateur définit une image en spécifiant sa largeur et sa hauteur, puis utilise différents outils (crayon, ligne, cercle, rectangle, pot de peinture, ...) pour en colorier les pixels.

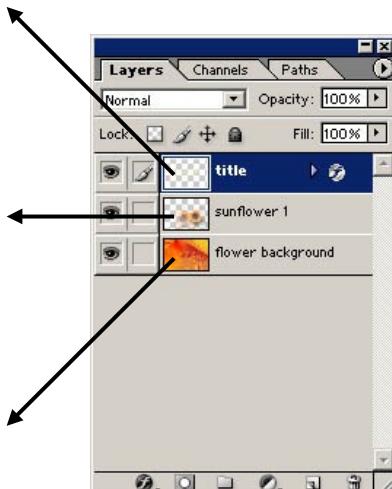
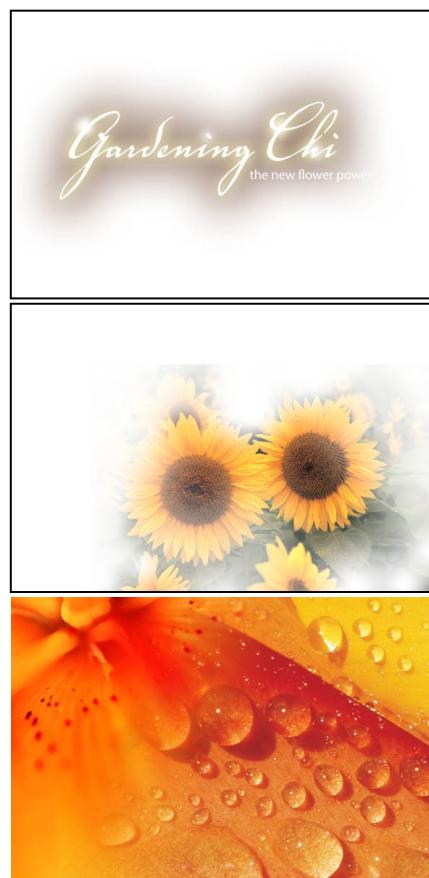


Certains logiciels comme *Painter* offrent des outils qui imitent avec grand réalisme des outils réels (crayon, fusain, aquarelle, pastel, huile, encre, craie, ...), simule la texture de papiers et de toiles, leurs propriétés d'absorption de l'eau, permettent un mélange intuitif des couleurs, etc.



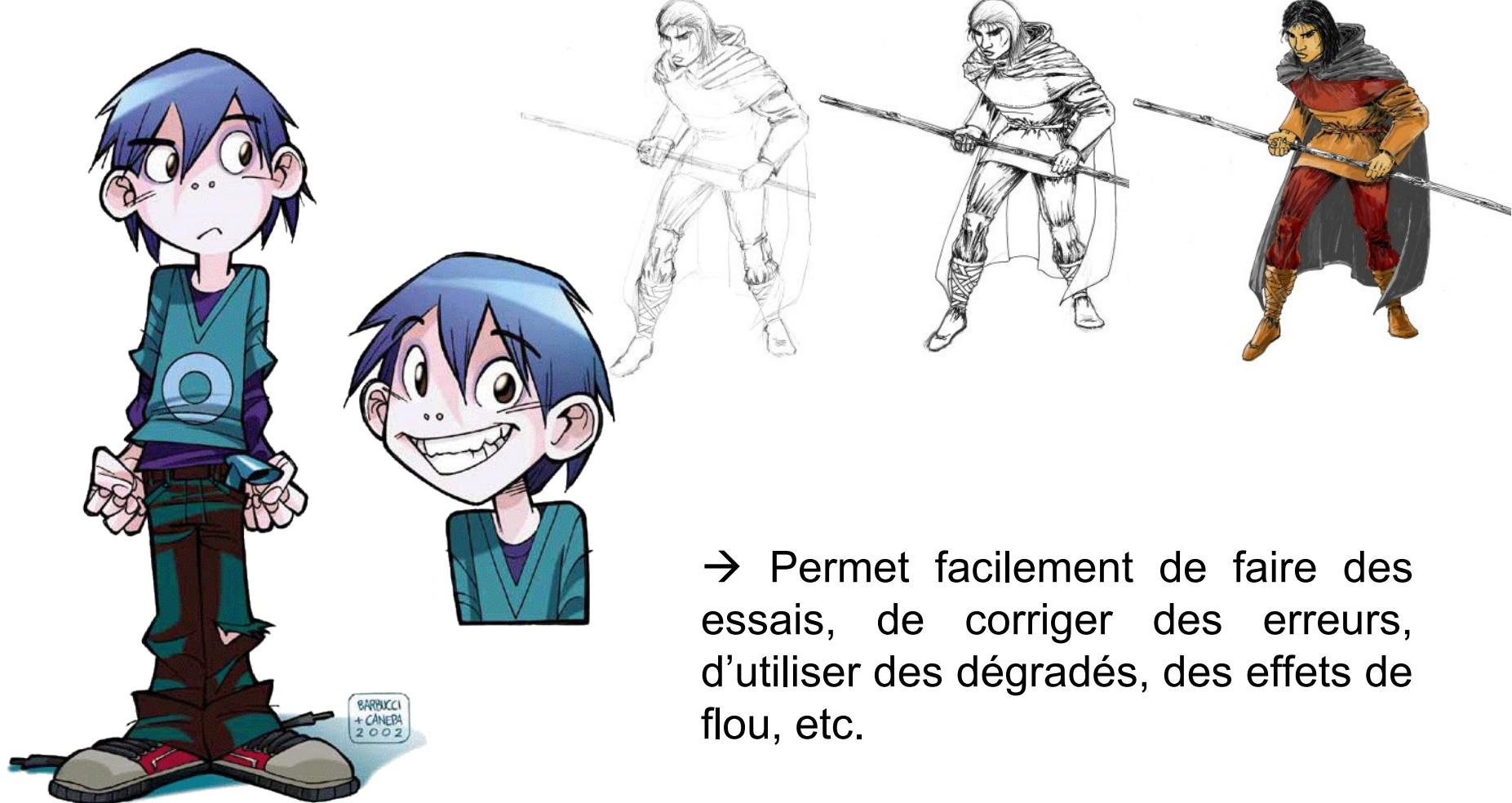
Certains logiciels (*Gimp*, *Painter*, *Photoshop*, ...) permettent de créer une image en superposant plusieurs calques (« *layers* »)

→ on peut travailler sur ces couches indépendantes sans avoir à modifier toute l'image. On peut modifier la position de ces couches, leur opacité et les opérations de combinaison entre couches.



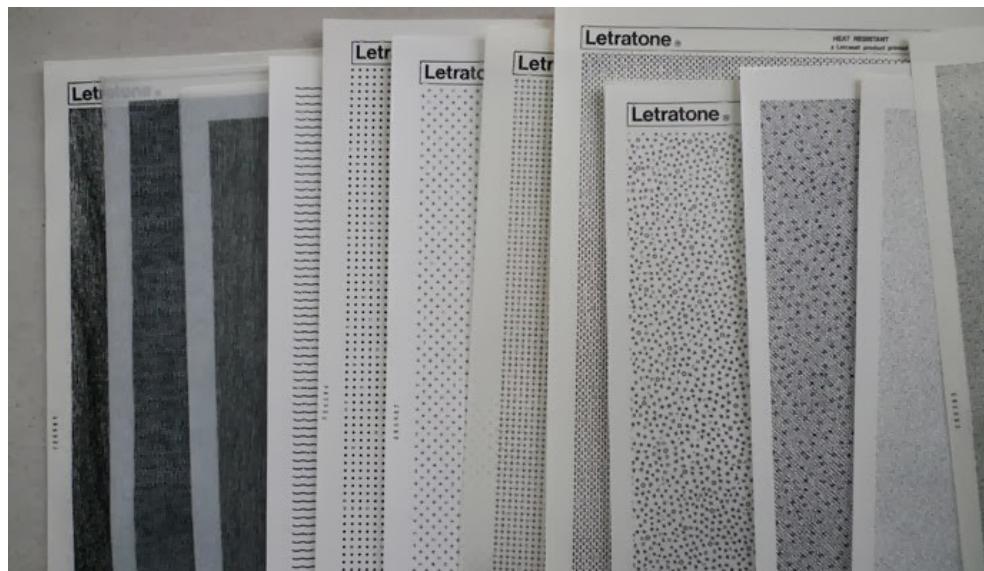
Normal
Fondu
Obscurcir
Produit
Densité couleur +
Densité linéaire +
Couleur plus foncée
Eclaircir
Superposition
Densité couleur -
Densité linéaire - (Ajout)
Couleur plus claire
Incrustation
Lumière tamisée
Lumière crue
Lumière vive
Lumière linéaire
Lumière ponctuelle
Mélange maximal
Différence
Exclusion
Soustraction
Division
Teinte
Saturation
Couleur
Luminosité

Beaucoup de bandes dessinées ou de dessins animés sont mis en couleur de manière numérique avec des logiciels de dessin.

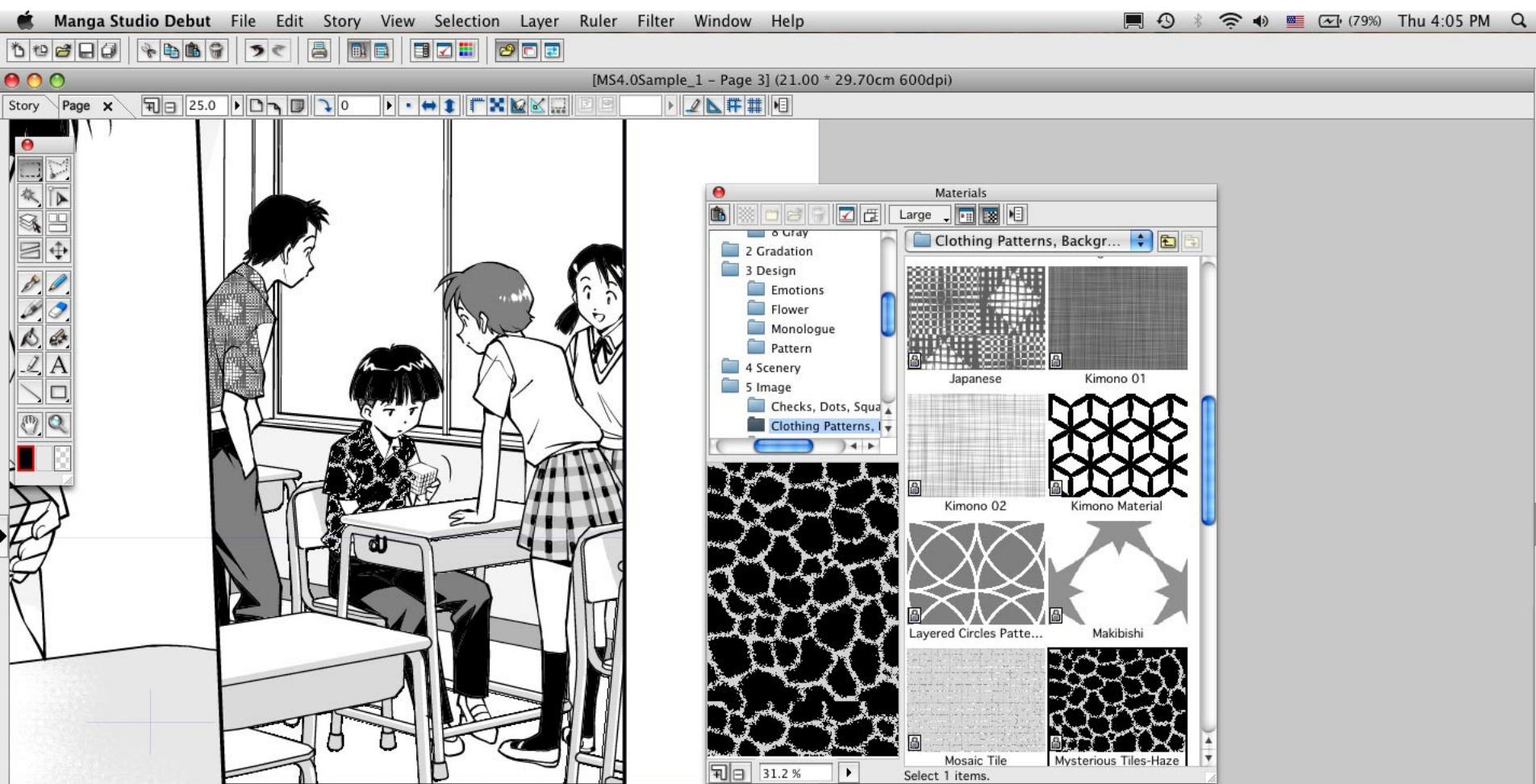


→ Permet facilement de faire des essais, de corriger des erreurs, d'utiliser des dégradés, des effets de flou, etc.

Dans les mangas en noir et blanc, des dégradés de gris sont simulés au moyen de trames (« *halftones* », « *screentones* »), appliquées comme des décalcomanies sur la planche de papier.



Des logiciels de dessin spécialisés (ComicStudio, Manga Studio) ou plus généralistes (Photoshop) permettent facilement d'ajouter des trames sur des dessins numérisés avec une très grande variété.



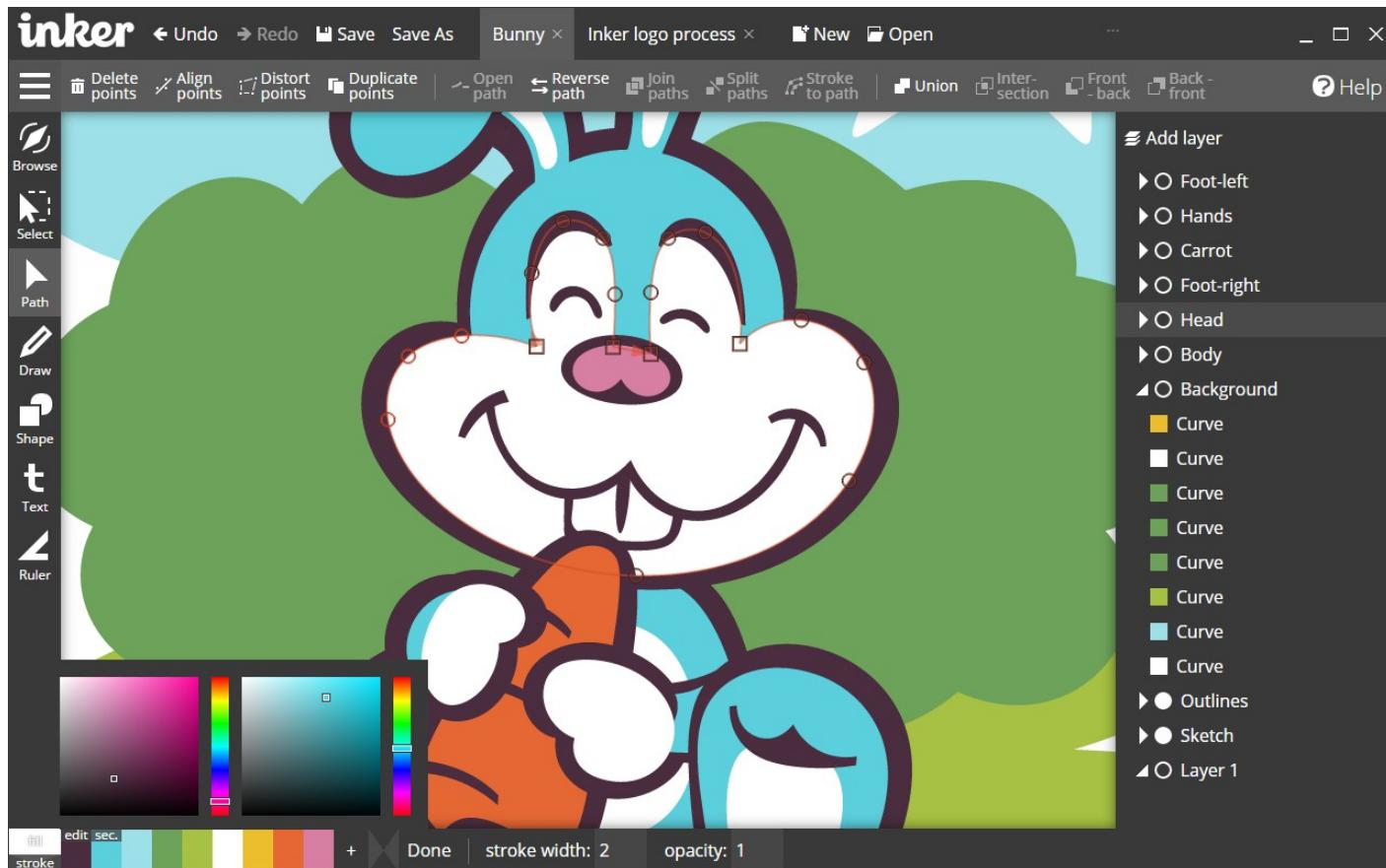
Le dessin peut être facilité par différents périphériques plus intuitifs que la souris : tablette graphique (format A6 à A3), dessin direct sur un écran tactile.

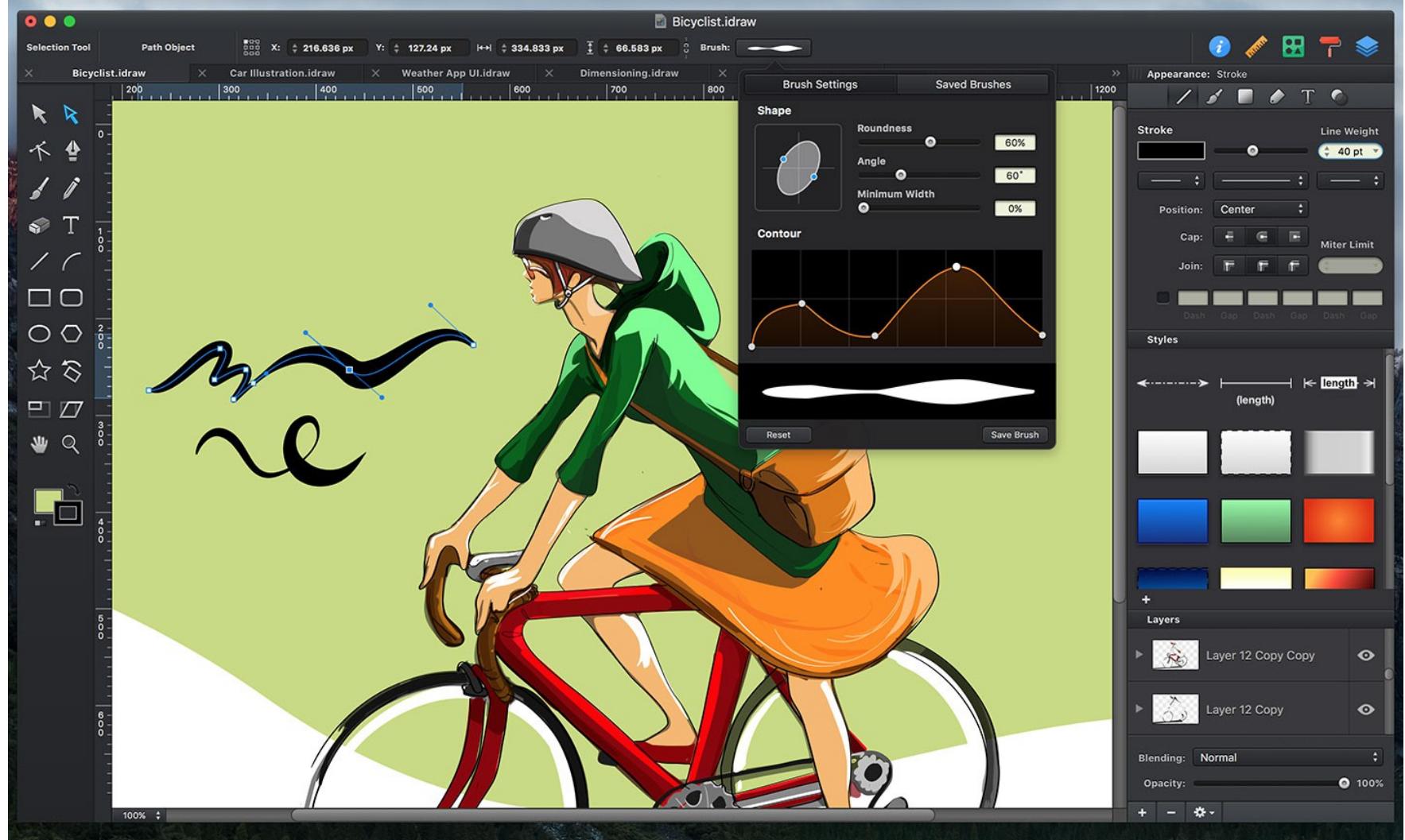
Ces périphériques permettent à l'artiste de conserver les mêmes gestes qu'avec des outils traditionnels (crayon, pinceau). Ils sont sensibles à plusieurs milliers de niveaux de pression.



## 1.2 Dessin vectoriel

Les images vectorielles sont constituées d'un ensemble d'objets géométriques (points, lignes, courbes, cercles, rectangles, polygones, ...) définis par différents attributs (coordonnées, couleur, épaisseur de trait, remplissage, ...)





- + Prend moins de place qu'une image bitmap.
- + Pas de problème de mise à l'échelle.
- Peu de couleurs.
- Peut difficilement reproduire une photo.

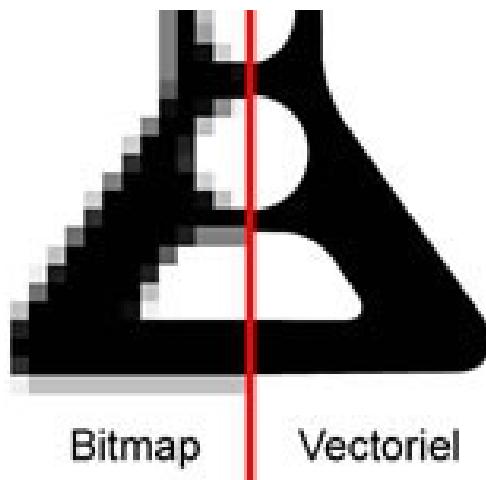
## Logiciels

- Corel Draw <http://www.corel.com>
- Gravit <http://gravit.io>
- illustrator <http://www.adobe.com>
- Inkscape <http://www.inkscape.org>
- Vectr <https://vectr.com/>
- ...

## 2. Vectorisation

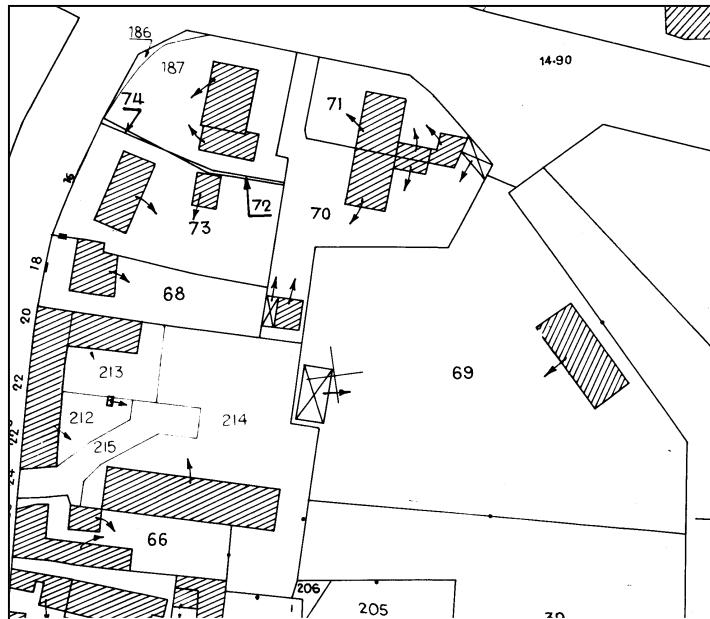
Il est facile de convertir une image vectorielle en image bitmap (il suffit d'en faire le rendu).

La transformation inverse, appelée **vectorisation**, est moins triviale. L'algorithme doit analyser l'image bitmap pour en déduire un ensemble de zones qu'il décrira avec des primitives géométriques. L'opération s'accompagne d'une perte de détails et de nuances de couleurs.



La vectorisation donne de bons résultats sur des images bitmap comportant peu de couleurs et présentant des formes géométriques.

**Ex:** Vectorisation de planches scannées du cadastre.



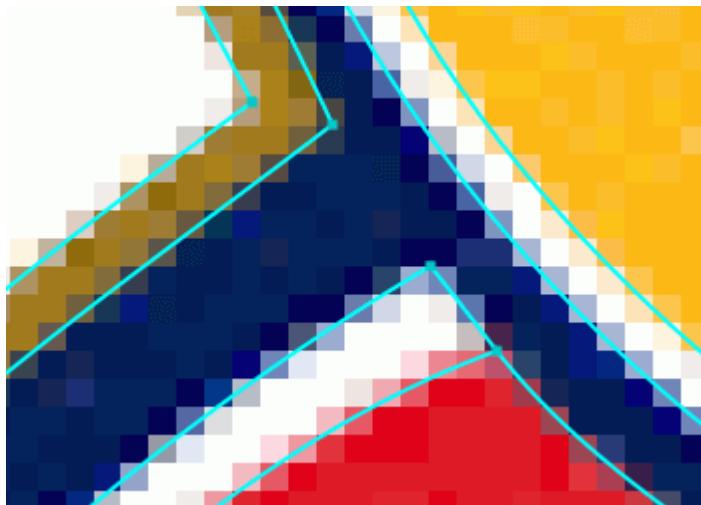
*Cadastre scanné  
(→ image bitmap)*



*Représentation vectorielle*

## Logiciels

- Corel trace <http://www.corel.com>
- Inkscape <http://inkscape.org>
- PixEdit <http://www.pixedit.fr>
- Vector Magic <https://vectormagic.com/>
- Vextrasoft <http://www.vextrasoft.com>
- ...



### 3. Synthèse d'images

**CGI** (*Computer Generated Images*) ou **CG** (*Computer Graphics*).

#### 3.1 Films

##### **Effets invisibles**

- Effets discrets, au service de l'image réelle (modification du décor, ajout de foule, ...)

##### **Effets visibles**

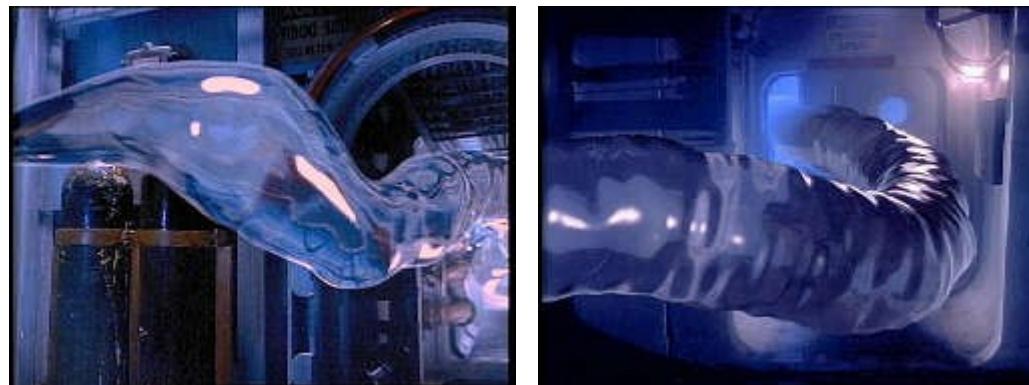
- Eléments synthétiques « voyants », mis en avant (vaisseau spatial, dinosaure, etc.)
- Films intégralement en images de synthèse.

### 3.1.1 Historique rapide

Tron (1982)



Abyss (1989)



## Terminator 2 (1990)



## Jurassic Park (1993)



## Forrest Gump (1994)



## Final Fantasy (2001)





### **3.1.2 Acteurs virtuels**

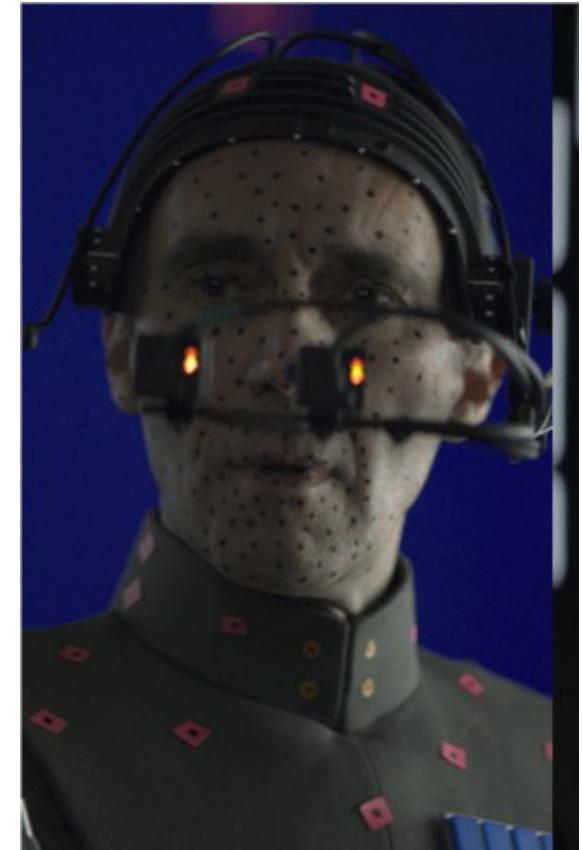
Dans un film, certaines circonstances font qu'il peut être plus avantageux d'utiliser des personnages en images de synthèse plutôt que des acteurs réels.

- Clones
- Personnages imaginaires
- Foule

## – Clones

Reproduction en 3D d'acteurs réels car décédés, ou devant interpréter un rôle plus jeune/plus vieux, ou pour réaliser des cascades dangereuses voire impossibles.

Le maillage 3D peut être obtenu avec un scanner laser 3D.



## – Personnages imaginaires

Ces personnages peuvent éventuellement être animés par capture de mouvement (« *motion capture* »).



*Acteur revêtu d'une combinaison de motion capture recouverte de capteurs.*



*Personnage de synthèse animé des mêmes mouvements que l'acteur.*

## – Foule

Plus économique et plus souple à diriger que des milliers de figurants (*Troie*, *Le seigneur des anneaux*, *Gladiator*, ...)

Moteur de comportement à base d'intelligence artificielle.



*Ebauche d'une scène opposant deux armées virtuelles*

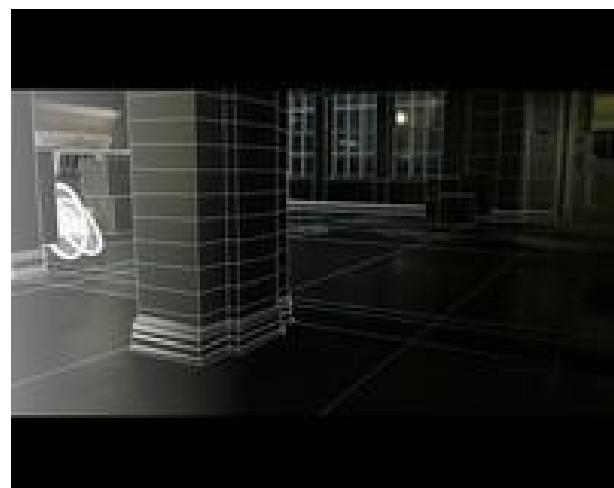
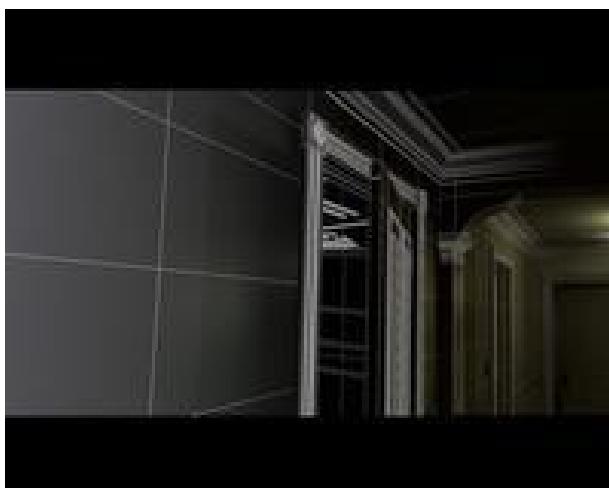


*Scène finale, avec un rendu réaliste*

### 3.1.3 Plans « impossibles »

Permet par des reconstitutions 3D d'une scène réelle de faire suivre à la caméra des trajectoires impossibles dans la réalité (*Fight club, Panic room, ...*)

Des photos du décor réel sont plaquées sur une reconstitution 3D de ce décor (pièces, mobilier, accessoires). N'importe quels mouvements de caméra dans cette représentation 3D sont alors possibles.



Long plan séquence de 2 min dans *Panic Room* : les passages en 3D relient des plans réels. La caméra virtuelle parcourt le décor 3D jusqu'au point de départ de la caméra de la prise réelle suivante. Comme l'architecture, les couleurs et les textures correspondent, la transition virtuelle est invisible.



### 3.1.4 Maquette de film

Maquettes de films en 3D simple (→ rapide à calculer, ce n'est qu'une ébauche) pour expérimenter des angles de caméras, des durées de plans, des déplacements, etc. (= "animatique")

Ex: *La parfaite tempête*, *Final Fantasy*, ...



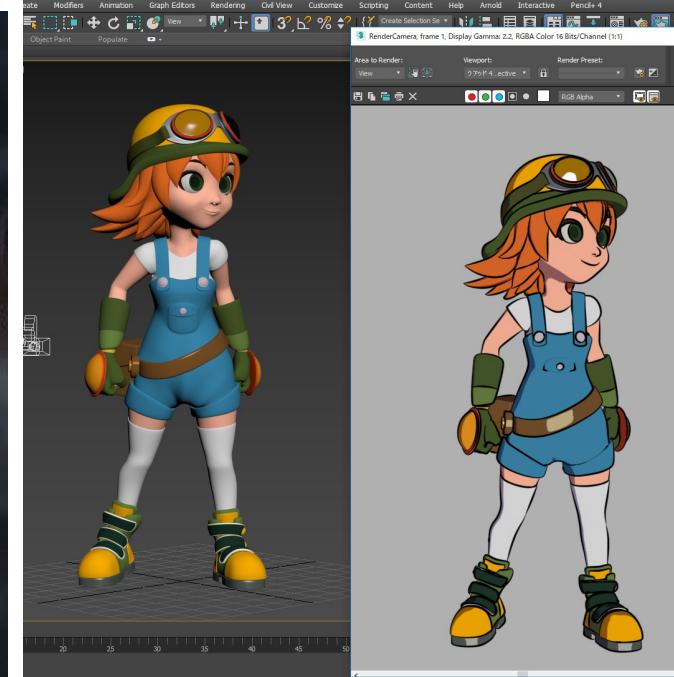
*Extrait de l'animatique de « La parfaite tempête »*

### 3.1.5 Mélange dessin animé traditionnel / synthèse

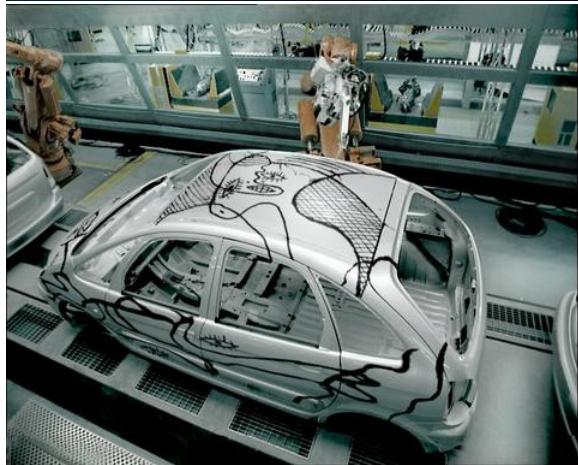
Les dessins animés traditionnels sont peints à la main, en superposant des cellulos (transparents) sur un fond.

De plus en plus, pour produire rapidement des animations complexes on utilise des images de synthèse qui sont intégrées aux dessins peints à la main et scannés.

Pour que les images 3D ne tranchent pas, on utilise un rendu non-photoréaliste (« *cartoon rendering* »).



# Publicité, clips, génériques



## Logiciels

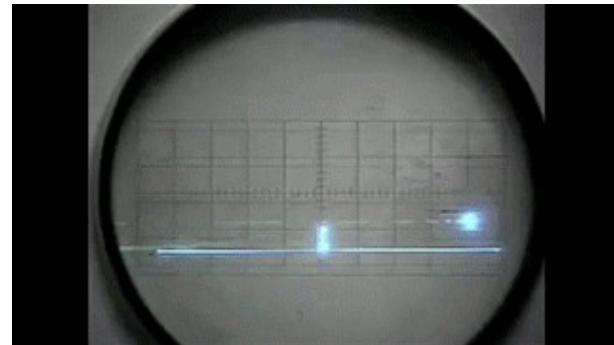
- 3D Studio <http://www.autodesk.com>
  - Maya <http://www.autodesk.com>
  - LightWave <http://www.newtek.com>
  - Softimage <http://wwwautodesk.com>
  - Rhino 3D <http://www.rhino3d.com>
  - Blender <http://www.blender.org>
  - ZBrush <http://www.pixologic.com>
  - ...

Tous ces logiciels peuvent être étendus au moyen de plugins :

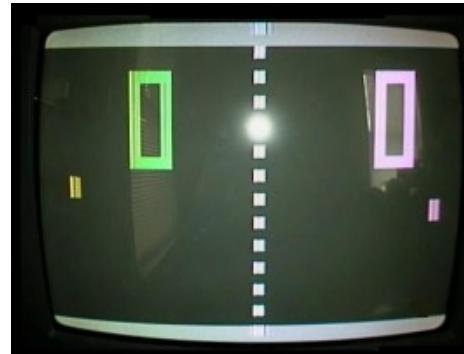
- Développement en C/C++ utilisant le SDK du logiciel.
  - Langage de script propre au logiciel, Python.

## 3.2 Jeux vidéos

1958 : 1er jeu vidéo : Tennis Programming, inventé par le chercheur et physicien Willy Higinbotham. L'affichage se fait sur un écran d'oscilloscope.



1972 : 1er grand succès : Pong, inventé par Nolan Bushnell, fondateur de la société Atari.

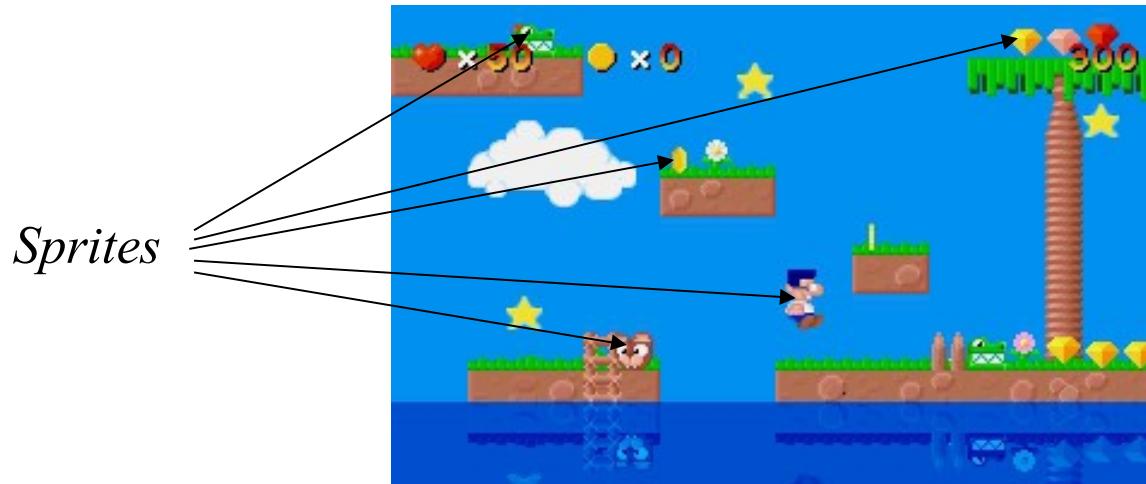


## 2D

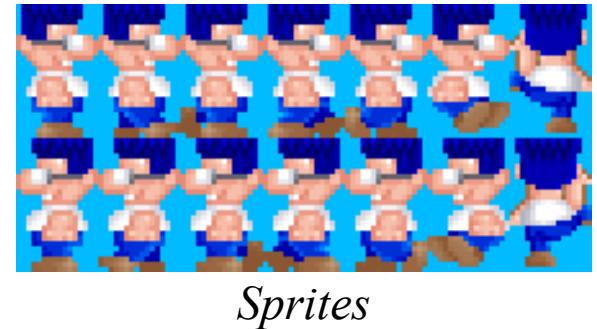
Technique ancienne, maintenant peu utilisée sauf sur les consoles portables (moins coûteux en puissance de calcul que de la 3D).



L'affichage se compose d'un décor et d'éléments mobiles appelés « *sprites* » (personnages, bonus, tirs, etc.)

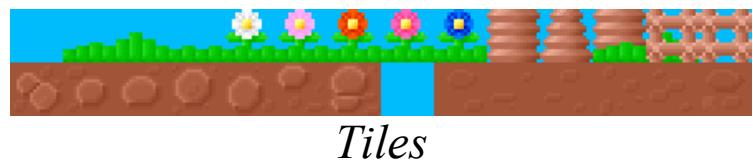


Pour donner l'illusion du mouvement de personnages, on affiche successivement différentes versions des sprites dans différentes positions décomposant l'animation (marche, course, saut, etc.)



Le décor est souvent constitué par un assemblage de petits blocs appelés « *tiles* » de tailles identiques (8x8, 16x16, 32x32 pixels, etc.).

Un tableau 2D (« *Tile map* ») indique la répartition de ces tiles à l'écran. Les cases du tableau contiennent les numéros des tiles. Ceci permet de recréer de très grands décors pour un faible coût en mémoire.



1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	27	21	22	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	14	15	15	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	21	25	27	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
0	0	1	3	1	12	1	0	0	0	1	1	3	1	30	1	5	11	1	3
0	0	27	27	22	13	27	0	0	0	27	22	27	21	22	21	22	20	22	27
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Tile map*



1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	27	21	22	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	21	25	27	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
0	0	1	3	1	12	1	0	0	0	1	1	3	1	30	1	5	11	1	3
0	0	27	27	22	13	27	0	0	0	27	22	27	21	22	21	22	20	22	27
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ce principe de « *tiles* » est intégré en hardware dans plusieurs consoles de jeu, avec des fonctionnalités de scrolling (multidirectionnel, différentiel), plusieurs plans de *tiles*.



Sur Nintendo DS :

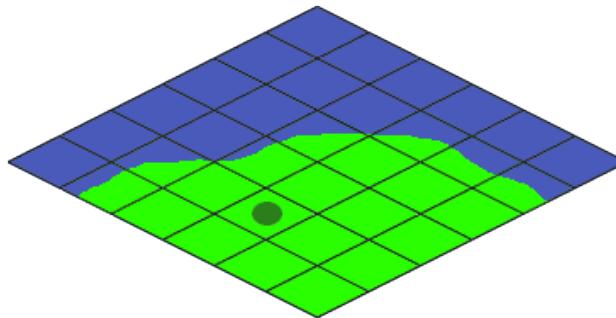
- 1 *tile* = 8x8 pixels
- *tiles* transparentes
- 4 *tile map* superposées par écran
- 1 *tile map* = 32x32 ou 64x64 tiles
- scrolling multidirectionnel différentiel



## 3D isométrique

Il s'agit en fait de 2D. Les tiles sont dessinées selon un effet de perspective isométrique.

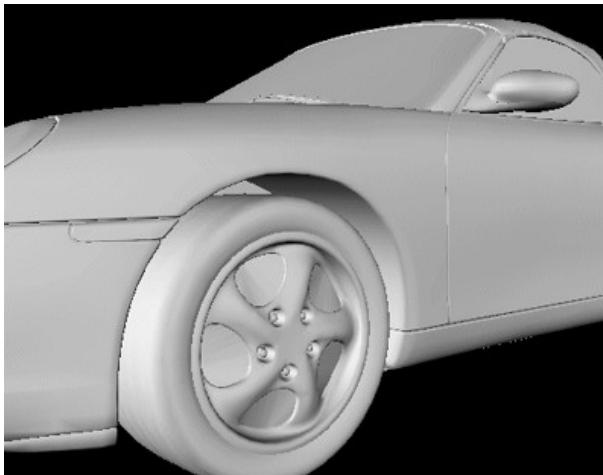
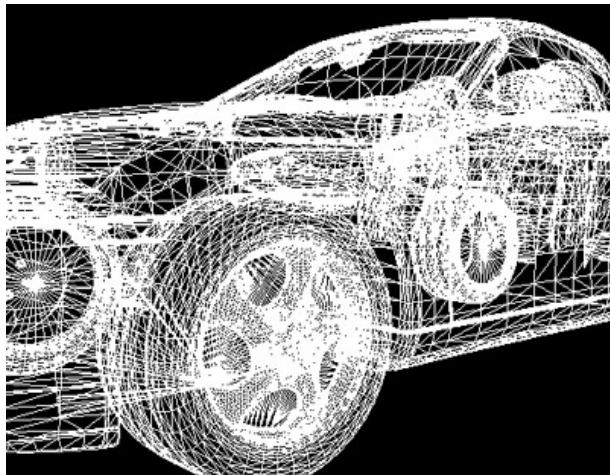
Ex: *Zaxxon, Populous, Sonic 3D, Sudden Strike, Civilization, ...*



## 3D

La grande majorité des jeux actuels sont en 3D. Tous les éléments (personnages, objets, décors) sont représentés en 3D avec des facettes (généralement des triangles) sur lesquelles on plaque des textures (= des images). On définit ensuite un point de vue (une caméra) dans ce monde 3D.

→ Permet d'obtenir n'importe quel angle de vue, des animations très souples.



Pour obtenir des objets détaillés, il faut beaucoup de triangles. Les performances croissantes des cartes graphiques permettent d'obtenir des objets de plus en plus détaillés.

Ex: Le personnage de Lara Croft dans *Tomb Raider* (1996) comporte 440 polygones et 128000 dans *Rise of the Tomb Raider* (2015).



*Half Life* (1998)

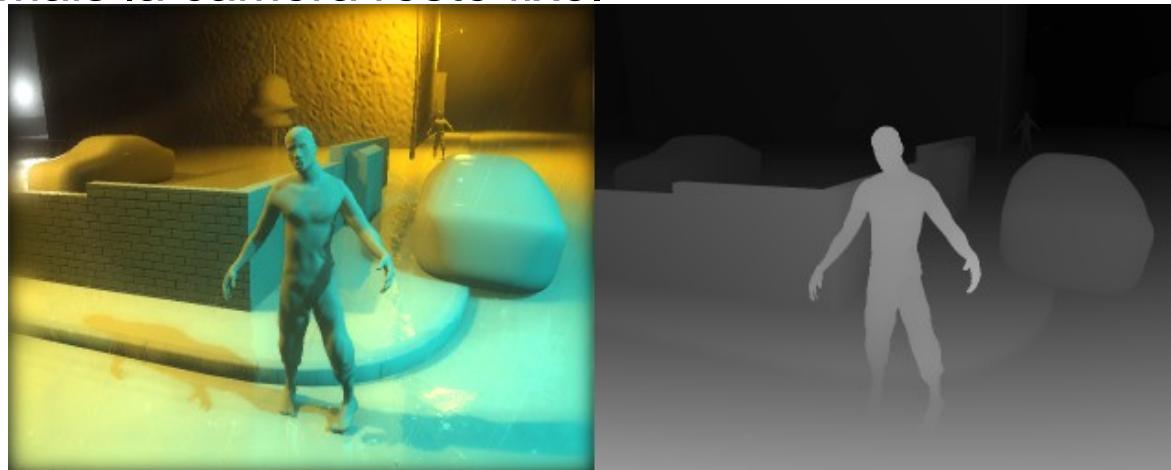


*Half Life 2* (2004)



## 3D + 2D

On effectue le rendu d'une scène 3D, on la sauve comme image 2D ainsi que son Z-buffer. On peut ainsi avoir des décors d'une très grande beauté graphique, impossible à obtenir avec de la 3D temps réel, mais la caméra reste fixe.



Pendant le jeu, on affiche en fond l'image précalculée, on remplit le Z-buffer avec celui de l'image, et on affiche ensuite les éléments 3D temps-réel (personnages, etc.).

Ex: *Final Fantasy 7&8, Resident Evil, ...*



## Affichage

Longtemps, la méthode d'affichage la plus rapide a été d'écrire directement dans la mémoire vidéo de la carte graphique. Chaque programmeur écrivait sa propre bibliothèque de fonctions graphiques (point, ligne, copie de blocs de pixels, etc.)

Puis des **librairies graphiques** se sont peu à peu imposées comme des standards (OpenGL, DirectX, etc.). Elles tirent parti des possibilités d'accélération des cartes graphiques, de manière transparente pour le programmeur.

Les **moteurs de jeu** actuels utilisent ces bibliothèques de base mais apportent des fonctionnalités de plus haut niveau : chargement/affichage d'objets 3D, animation de personnages, animation physique, effets spéciaux, intelligence artificielle, gestion du réseau etc. Ils ont souvent des outils associés (éditeur de niveaux, langage de script) : Unity, CryEngine, GameMaker, Pico-8, etc.

### 3.3 Réalité virtuelle (« Virtual Reality », « VR »)

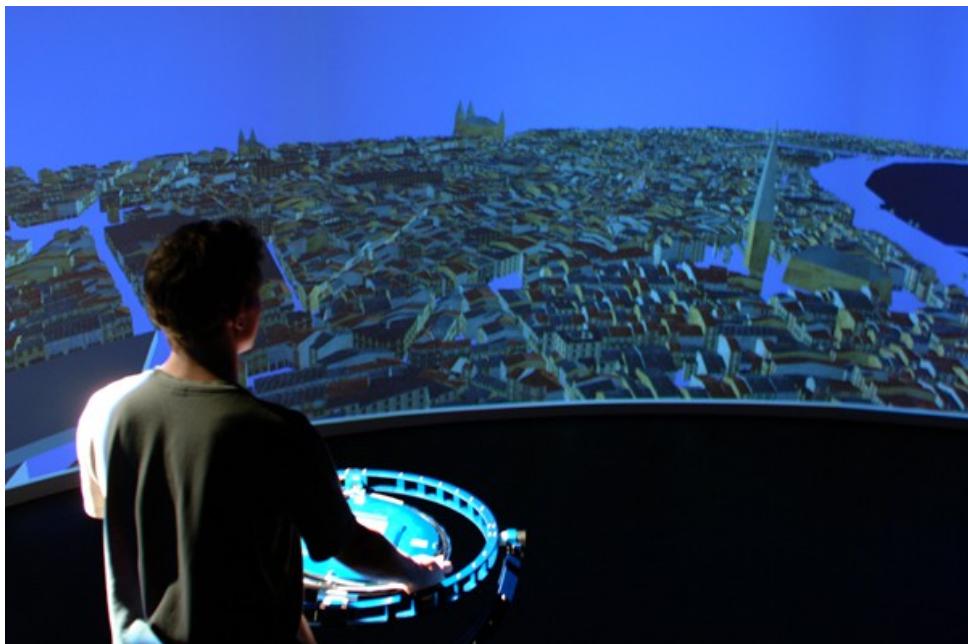
Le principe de la réalité virtuelle est de plonger l'utilisateur dans un environnement complètement virtuel en le coupant de la réalité au moyen de différents périphériques matériels destinés à tromper ses sens (vue, ouïe et toucher principalement)



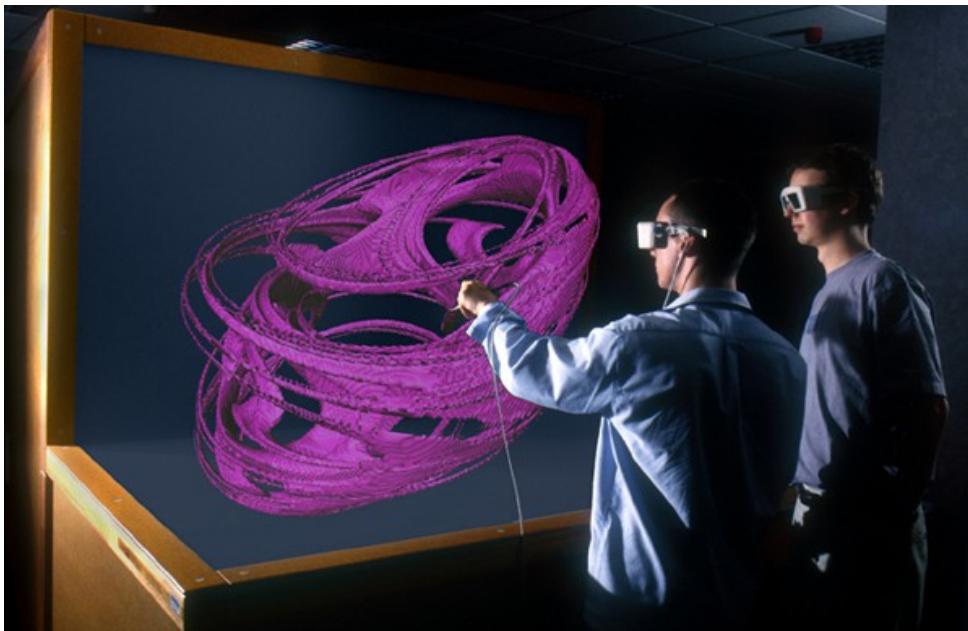
« Sensorama » de Morton Heilig (1962)



Oculus Rift (2012)



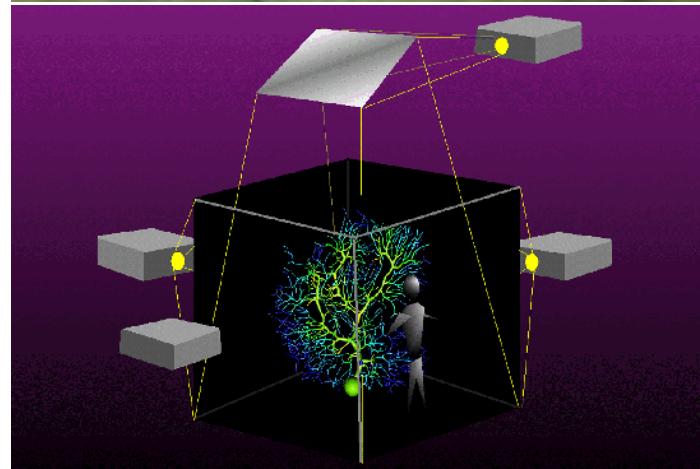
*Ecran hémisphérique*



*Workbench*



*CAVE (Cave automatic virtual environment)*



Le matériel de réalité virtuelle est très coûteux et parfois très encombrant (CAVE, workbench, écran hémisphérique, ...)

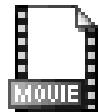
Cependant, la réalité virtuelle tend à se démocratiser grâce à l'apparition de casques performants à des tarifs visant le grand public.

Il existe même de simples casques en plastique ou en carton (« cardboards ») dotés de lentilles dans lesquels on glisse son smartphone.



# Casques de réalité virtuelle

« *Head-mounted display* » (HMD)

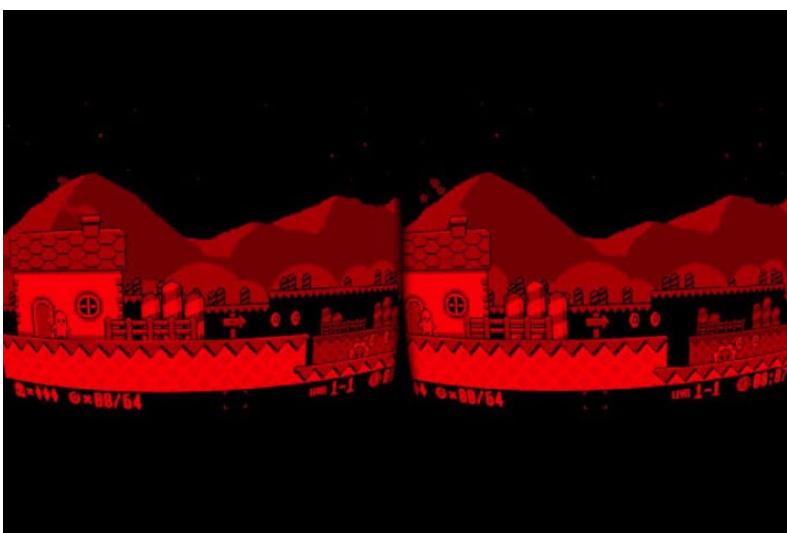


« *The Sword of Damocles* » de Ivan Sutherland (1968)

## Casques grand public



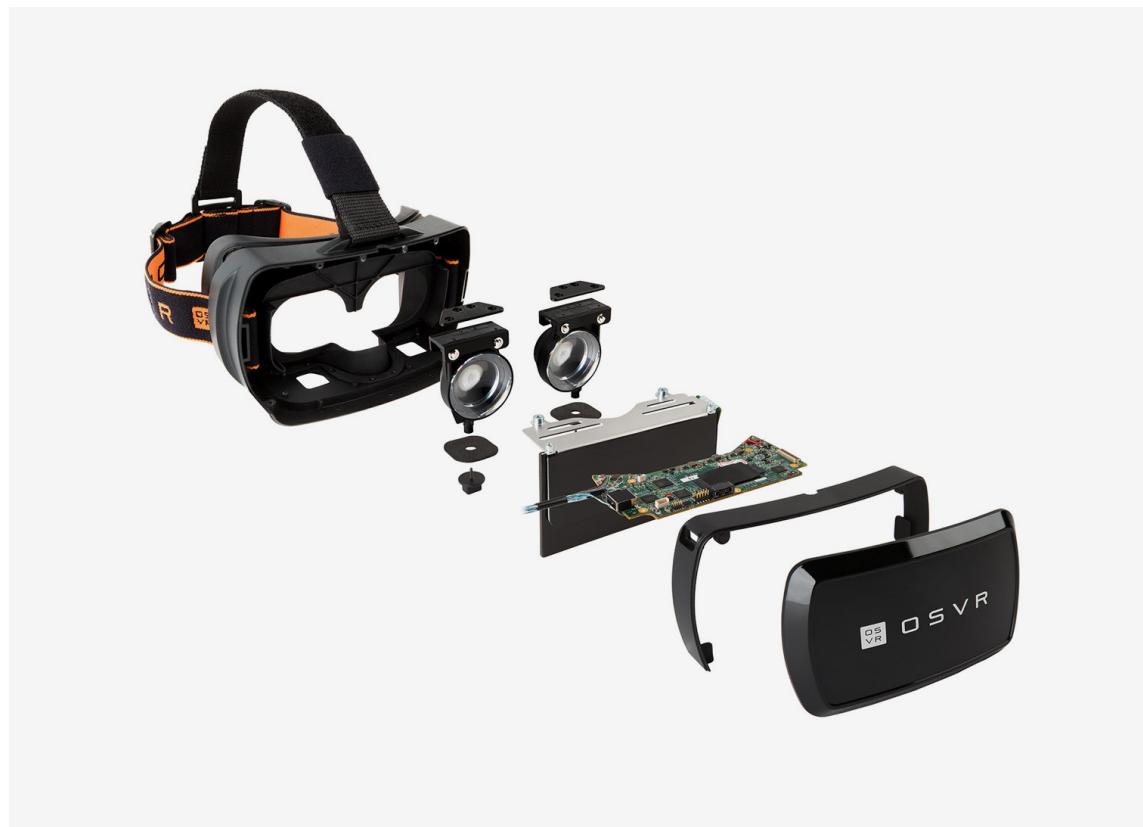
*SegaScope 3D (1987)*



*Nintendo VirtualBoy (1995)*

# Principe

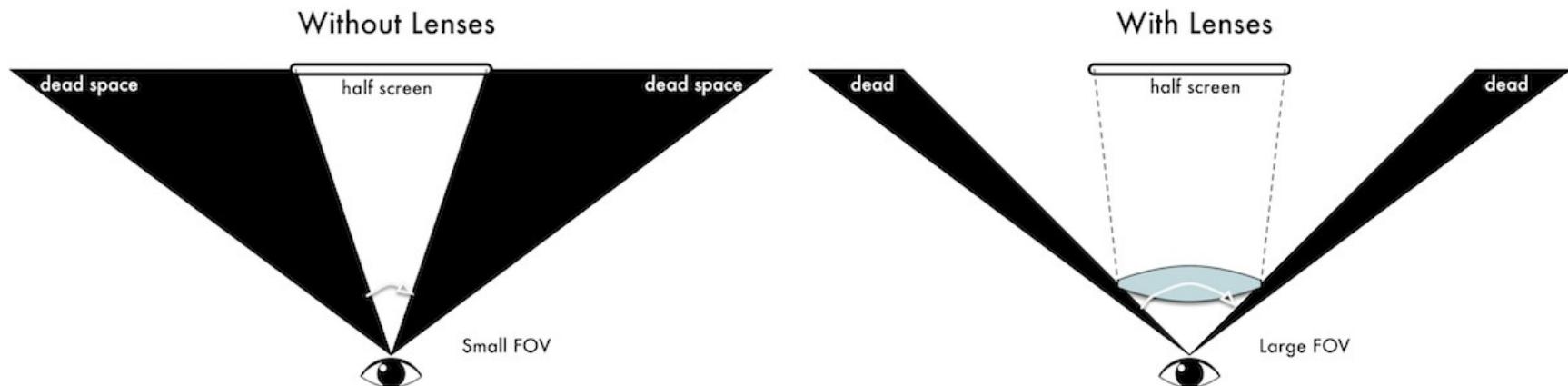
- Un écran par œil (ou un écran partagé en 2). Chaque écran affiche une image différente, prise d'un point de vue correspondant à l'écartement des yeux pour donner l'illusion du relief (**stéréoscopie**).
- Lentilles
- Gyroscope
- Hauts parleurs
- ...



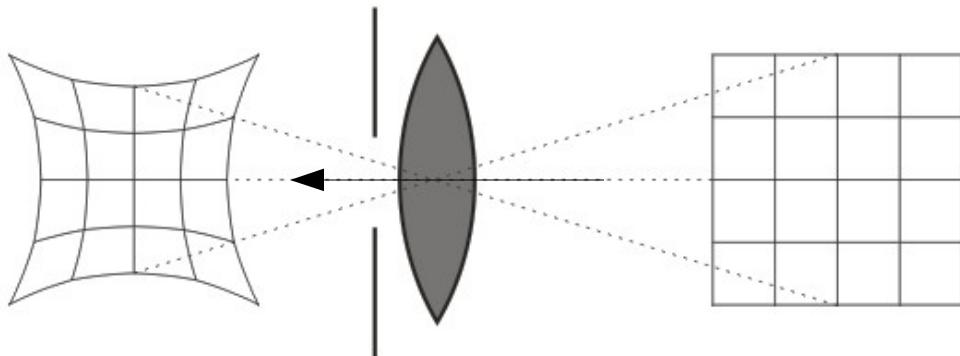
## Déformation de l'image

Il faudrait un écran très large pour arriver à couvrir le champ de vision humain, et suffisamment éloigné des yeux pour que l'on puisse accomoder sans effort.

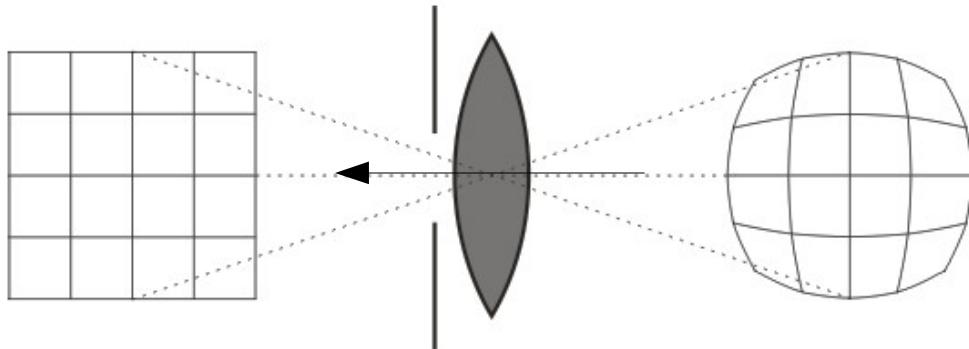
Pour des raisons technologiques et de réduction de l'encombrement, il est plus simple d'utiliser un écran plus petit et plus proche des yeux.



Pour cela, on utilise des lentilles biconvexes mais qui entraînent une déformation de l'image :



Pour corriger cette déformation, on pré-déforme logiciellement l'image affichée à l'écran avec une déformation qui compense celle de la lentille :

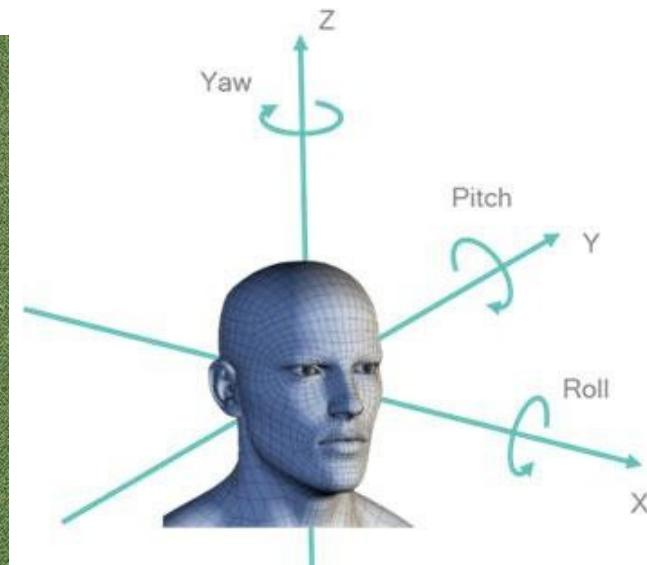


<https://smus.com/vr-lens-distortion/>

Deux types de casques :

1) Suivi de l'**orientation** de la tête de l'utilisateur grâce à un gyroscope et un accéléromètre dans le casque (Google Cardboard, Google Daydream View, Oculus Go, Samsung Gear VR, ...)

Rotations sur xyz → « 3 dégrés de liberté » (*3 degrees of freedom (3DoF)*)



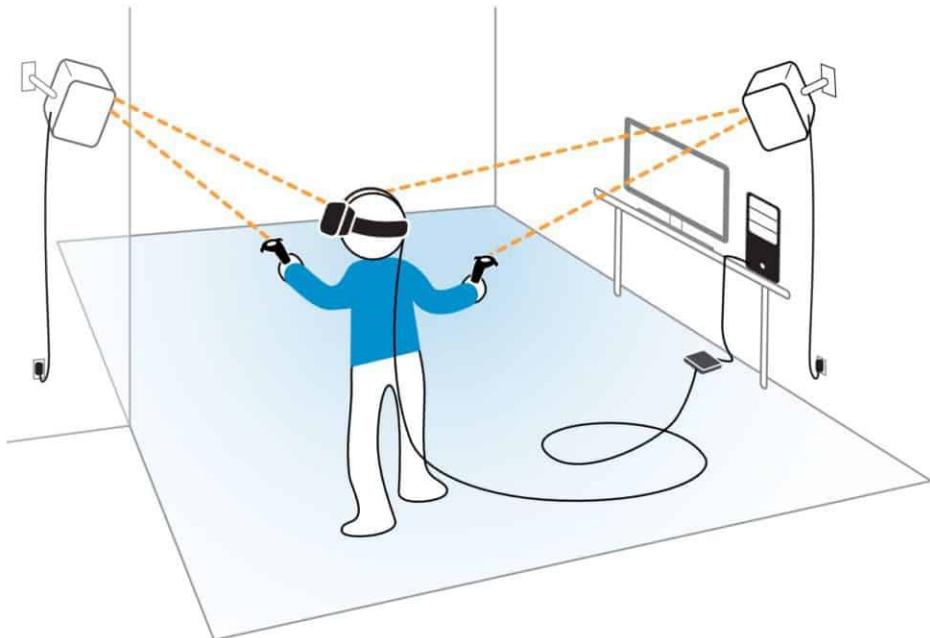
## 2) Suivi de l'**orientation** du casque et de la **position** de l'utilisateur dans l'espace (Oculus Rift, HTC Vive, Playstation VR, ...)

Les modèles actuels nécessitent des caméras à disposer autour de l'aire de déplacement du joueur pour le repérer dans l'espace (technique « *outside-in* ») → définit une « Roomscale »

Rotations sur xyz et position en xyz

→ « 6 degrés de liberté » (6 degrees of freedom (6DoF))

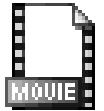
<https://www.realite-virtuelle.com/oculus-rift-vs-htc-roomscale>



De nouvelles générations de casques qui vont sortir courant 2019 (Oculus Rift S, Oculus Quest, ...) sont équipés de caméras qui leur permettront de repérer la position du joueur dans l'espace sans nécessiter de caméras externes : système de tracking dit « *inside-out* »

- utilisation simplifiée, liberté de mouvement accrue.
- roomscale beaucoup plus importante, qualifiée par Oculus d'« *arena scale* »

<https://www.realite-virtuelle.com/oculus-quest>



Trois possibilités de génération des images :

- Casque dans lequel on doit glisser un smartphone (Google Cardboard, Google Daydream View, Samsung Gear VR, ...)
- Casque autonome ne nécessitant pas d'être branché à un ordinateur (Oculus Go, Vive Focus, Oculus Quest, ...)
- Casque nécessitant d'être branché sur un ordinateur qui effectuera le calcul des images (Oculus Rift, HTC Vive, ...)

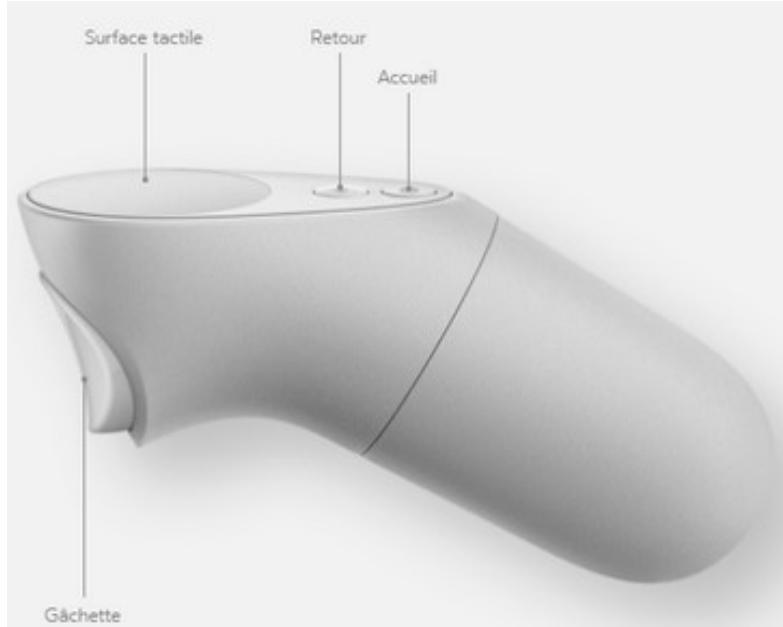


## Périphériques d'interaction

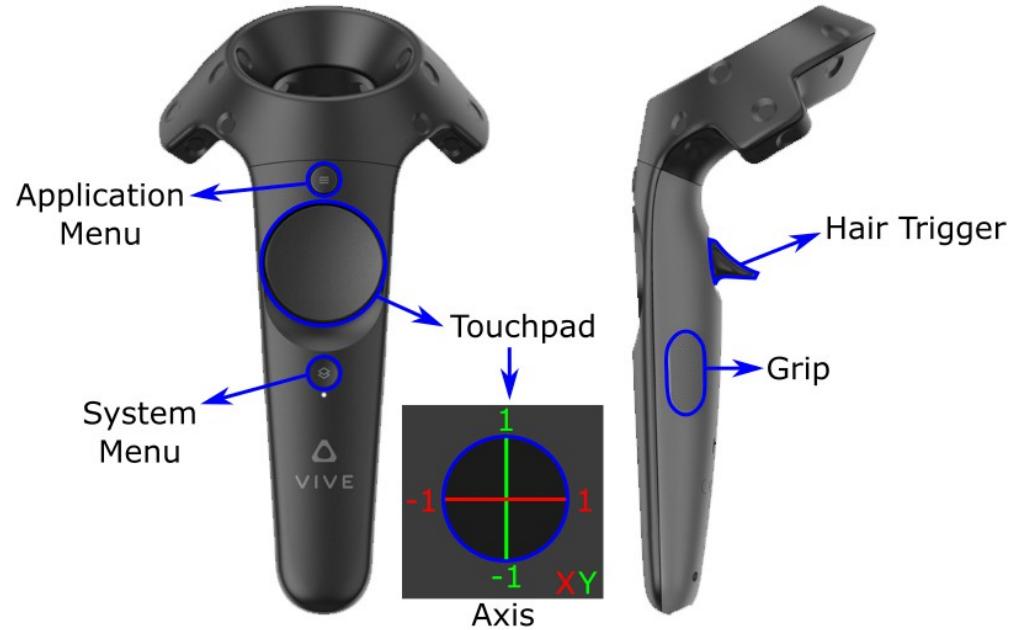
Dotés de gyroscopes et d'accéléromètres, on peut en connaître l'orientation dans l'espace (3DoF).



*Manette Oculus Go*



Avec des caméras extérieures,  
on peut aussi déterminer leur  
position dans l'espace (6DoF).



*Manettes HTC Vive*

*Playstation Move*

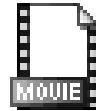


*Manettes Oculus Rift*

## Péphériques haptiques (sens du toucher)

Dispositifs permettant de donner la sensation du toucher : gants, bras articulé à retour d'effort (« *force feedback* »).

Permet de simuler des interactions physiques avec des objets virtuels.





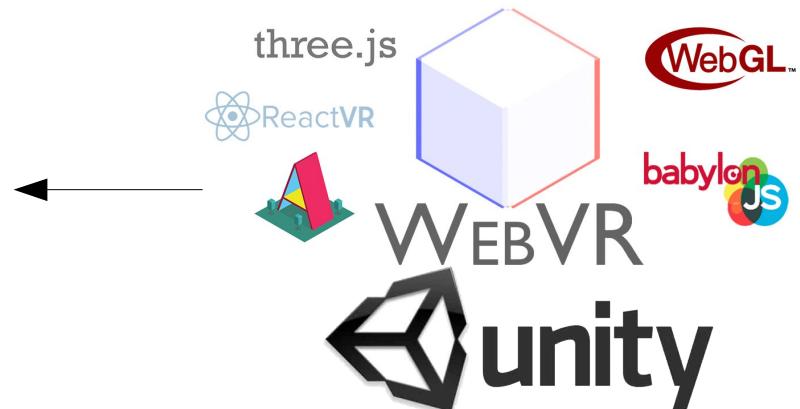
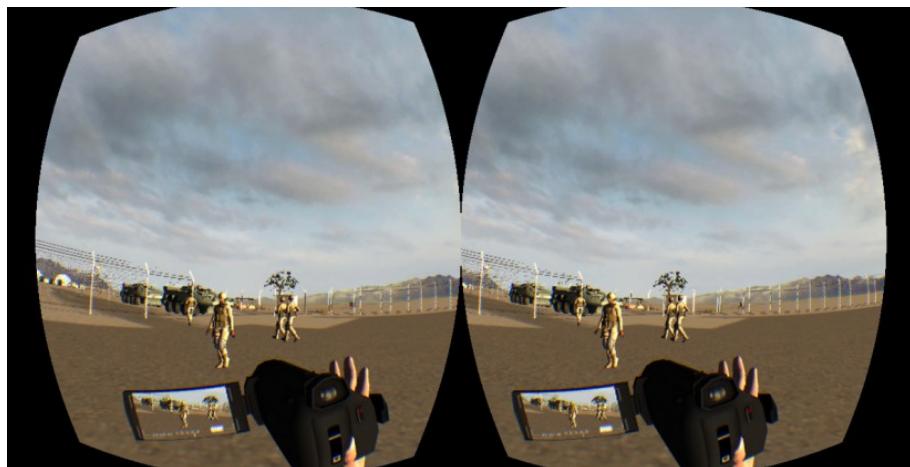


## Contenus

1) Films à 360°, éventuellement en stéréoscopie



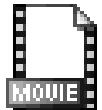
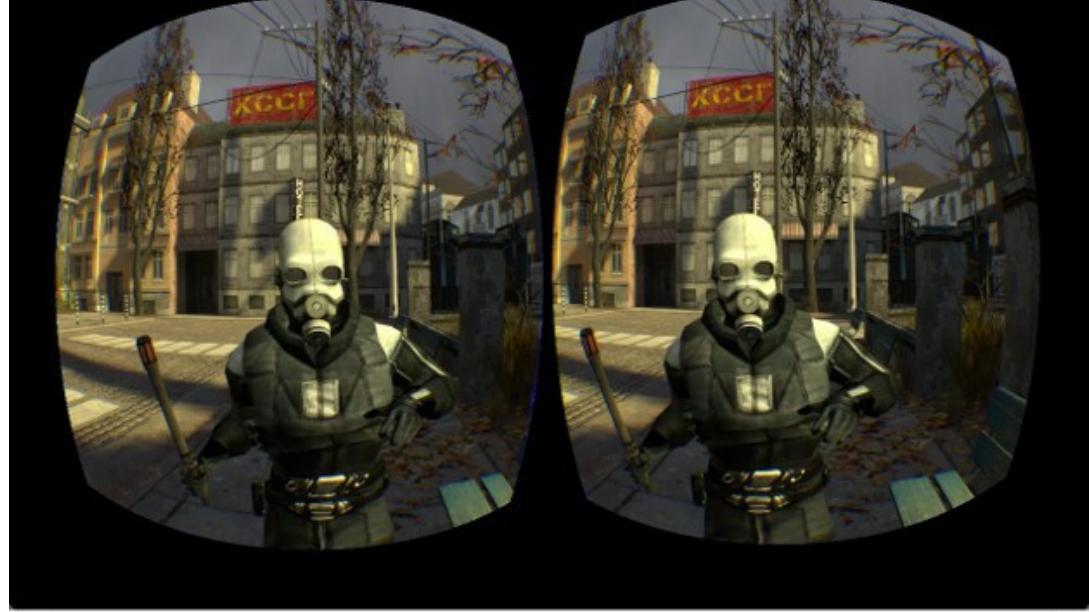
2) 3D temps réel en stéréoscopie



Les applications de la RV sont très nombreuses :

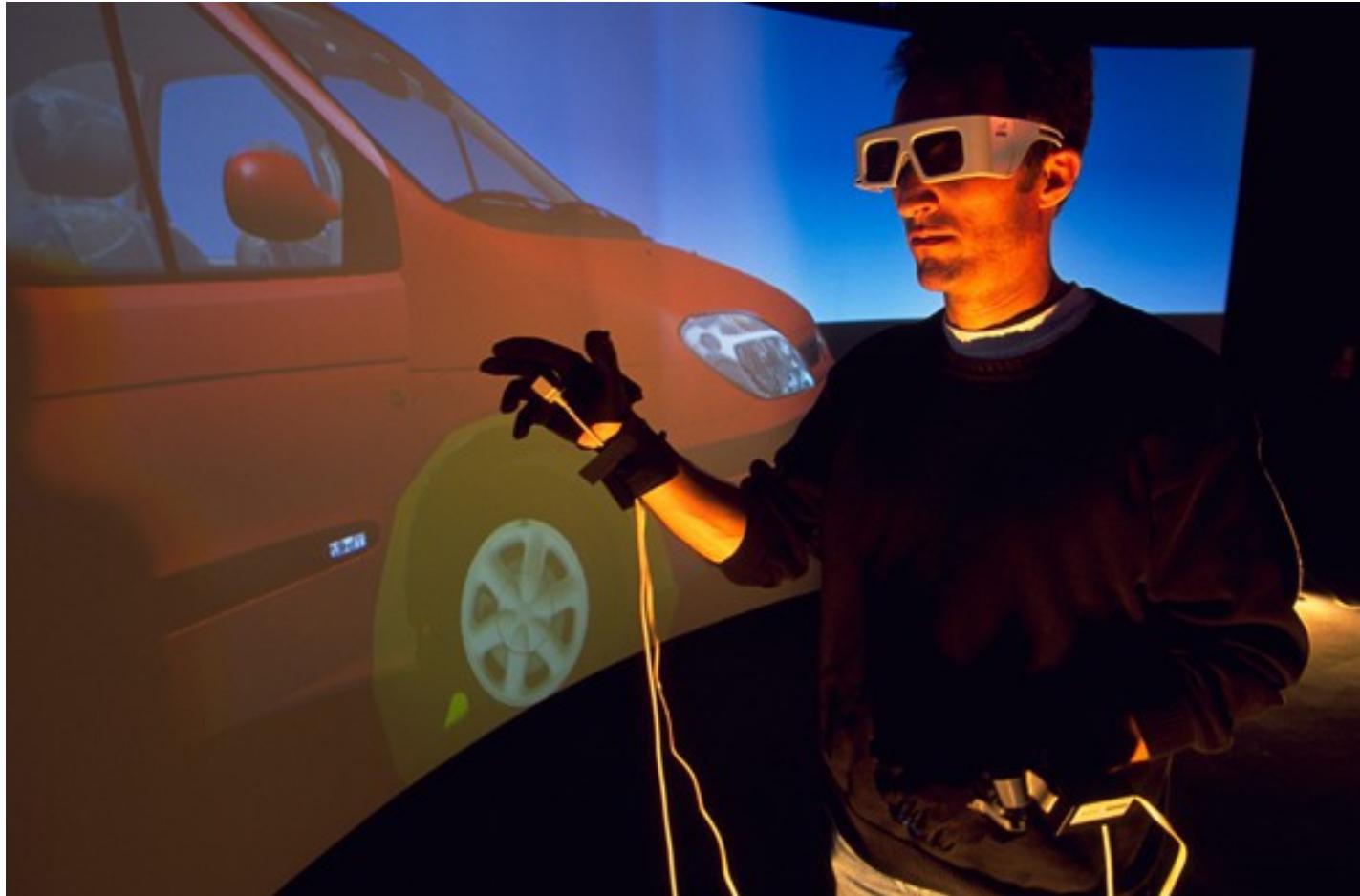
- Le jeu vidéo
- La formation
- La Recherche
- La Défense
- L'industrie
- Le médical
- L'art
- ...

## *– Le jeu vidéo*



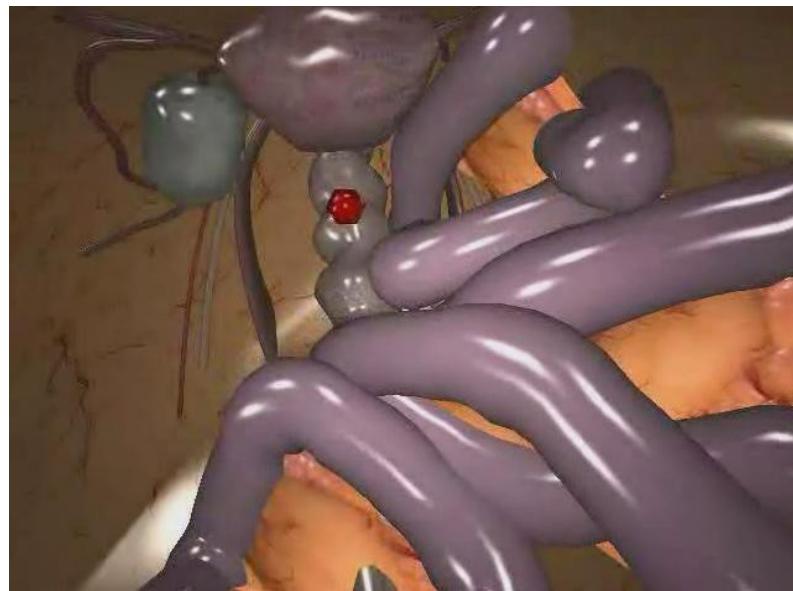
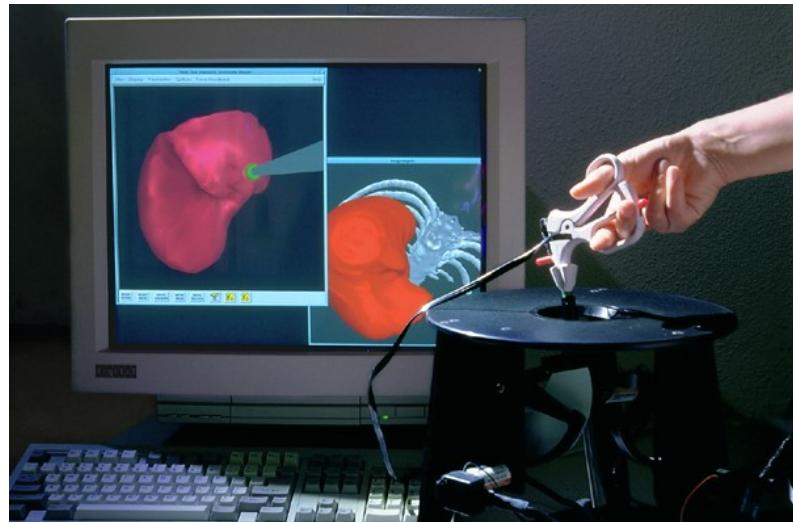
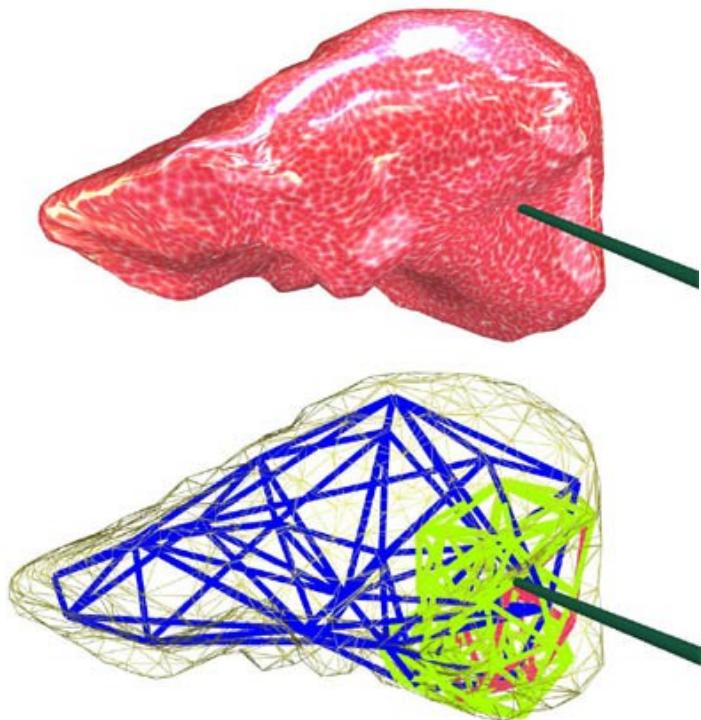
## **– Prototypes industriels**

Visualisation destinée aux designers, à la communication.



## – *Simulateur chirurgical*

Simulateur de chirurgie hépatique, cardiaque, intestinale, etc. Il est important que les organes simulés soient conformes à la réalité (apparence, élasticité, réaction aux instruments, tests de collision précis, etc.).



## *– Etude du geste sportif*



*Enregistrement et analyse des mouvements d'un gardien de but de hand-ball, face à un joueur 3D (sciences cognitives)*

## *– Education*

Permet l'enseignement à distance, les étudiants pouvant retrouver l'enseignant dans une salle de cours virtuelle. Permet de manipuler virtuellement des équipements que ne possède pas l'école.



## **– Formation, certification**

Permet d'entraîner des techniciens à la manipulation d'équipements potentiellement dangereux (boîtier électrique, ...).

**ReVE : la 1<sup>ère</sup> application de réalité virtuelle dans le domaine de l'électricité**



Réalité Virtuelle Électrique



## **– Simulateur de conduite**

Simulation du contrôle de toutes sortes de véhicules (Voiture, bateau, avion, hélicoptère, char d'assaut, ...) destiné à un entraînement civil, militaire, pompier, ...

Par rapport à un pilotage réel, la simulation coûte moins cher, n'est pas dangereuse, et permet de régler chaque paramètre d'une situation.



– *Simulateur de combat*



## – ***Stress Post-Traumatique***

Projet Bravemind (Virtual Iraq) pour guérir le « *post traumatic stress disorder* » (PTSD)

<http://medvr.ict.usc.edu/projects;bravemind/>

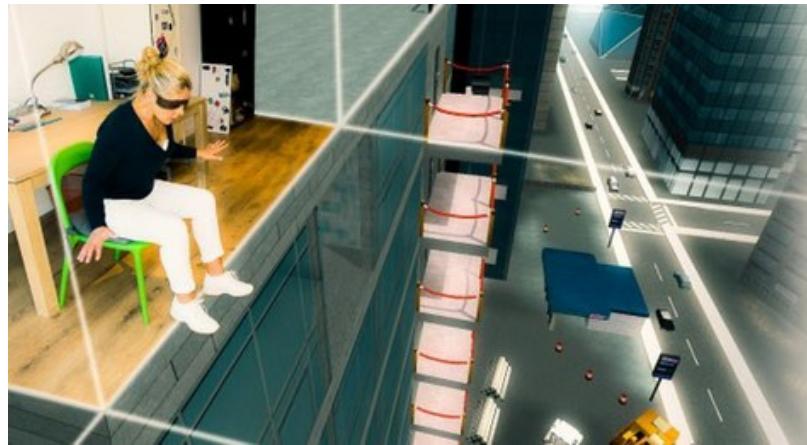


## – **Thérapie en réalité virtuelle**

Pour soigner des phobies (Prendre l'avion, vertige, parler en public, orage, peur des souris, des araignées, ...) ou des stress post-traumatiques (guerre, attentat, ...)

La réalité virtuelle permet une présentation des situations angoissantes plus sécuritaire et moins coûteuse pour le patient que l'exposition réelle.

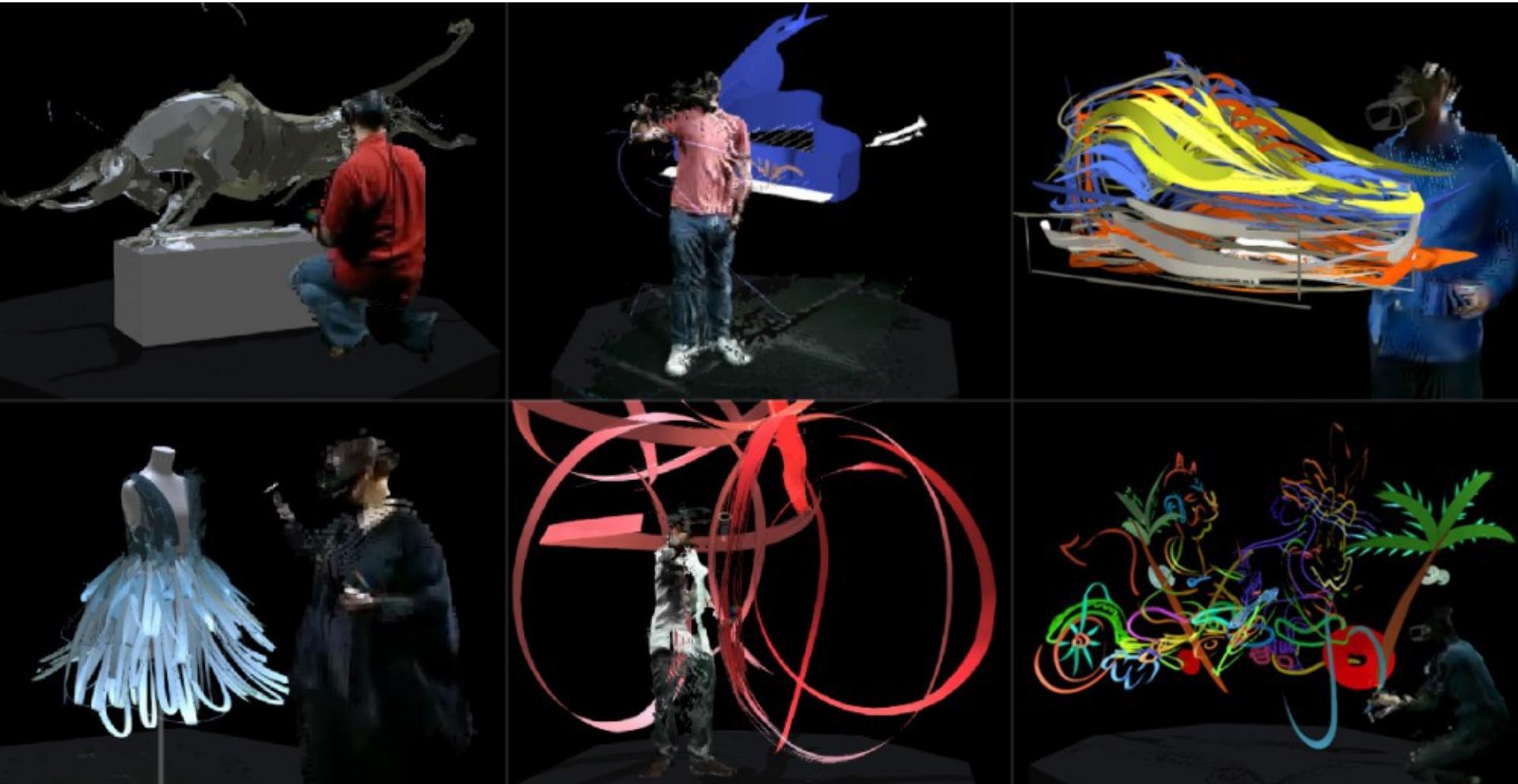
<http://virtuallybetter.com/>



## *– Création artistique*

Des outils de dessin ou de sculpture virtuelle permettent d'immerger l'artiste dans un monde virtuel avec lequel il interagit au moyen de periphriques haptiques (gants, bras articulé, etc.)

<https://www.tiltbrush.com/>



Il est aussi possible de plonger un visiteur dans une œuvre d'art virtuelle grâce à la RV.



## **Les outils de la VR**

A-Frame (VR dans un navigateur web)  
<https://aframe.io/>

Google VR SDK  
<https://developers.google.com/vr/>

MozillaVR, navigateur Firefox Reality  
<https://mixedreality.mozilla.org/>

React 360 (VR dans un navigateur web)  
<https://facebook.github.io/react-360/>

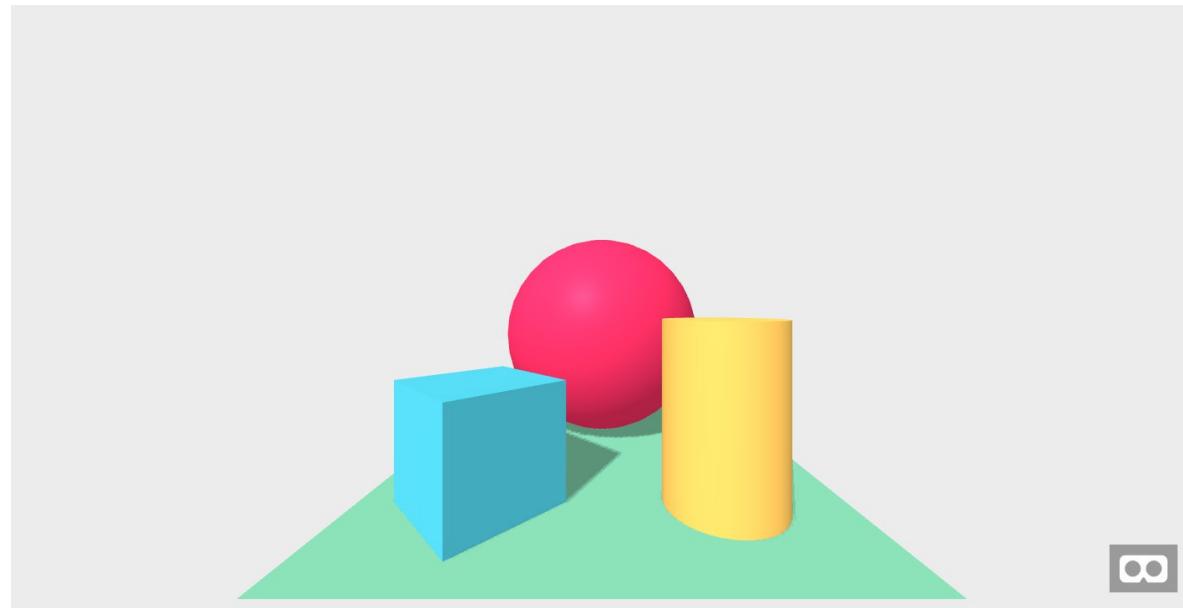
Unity  
<https://unity3d.com>

WebVR (VR dans un navigateur web)  
<https://webvr.info/>

# A-Frame

<https://glitch.com/~aframe>

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Exemple A-Frame</title>
    <script src="https://aframe.io/releases/0.9.0/aframe.min.js"></script>
  </head>
  <body>
    <a-scene background="color: #ECECEC">
      <a-box position="-1 0.5 -3" rotation="0 45 0" color="#4CC3D9" shadow></a-box>
      <a-sphere position="0 1.25 -5" radius="1.25" color="#EF2D5E" shadow></a-sphere>
      <a-cylinder position="1 0.75 -3" radius="0.5" height="1.5" color="#FFC65D" shadow></a-cylinder>
      <a-plane position="0 0 -4" rotation="-90 0 0" width="4" height="4" color="#7BC8A4" shadow></a-plane>
    </a-scene>
  </body>
</html>
```



# Les limitations de la VR

- Le champ de vision doit être élevé
- La fréquence de rafraîchissement des écrans doit être très élevée pour éviter la latence.
- La définition des écrans doit être importante, pour ne pas voir la grille des pixels.

	Oculus Go	Oculus Rift	HTC Vive
Champ de vision	110°	120°	110°
Fréquence	72Hz	90Hz	90Hz
Définition	2560 x 1440 pixels	2160 x 1200 pixels	2160 x 1200 pixels

Il n'y a en général pas de suivi de l'oeil (« *eye tracking* »), uniquement un suivi de l'orientation de la tête → si vous bougez les yeux sans bouger la tête, le point de vue de l'image ne sera pas recalculé.

Les déplacements du corps ne sont pas forcément pris en compte, on se déplace virtuellement alors qu'on est en réalité immobile.

→ Le cerveau sent un décalage entre ce qu'il voit et ce que le corps fait. Les informations sont contradictoires, ce qui donne la **cinétose**, le mal des transports (« *motion sickness* »).

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Mal\\_des\\_transports](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mal_des_transports)

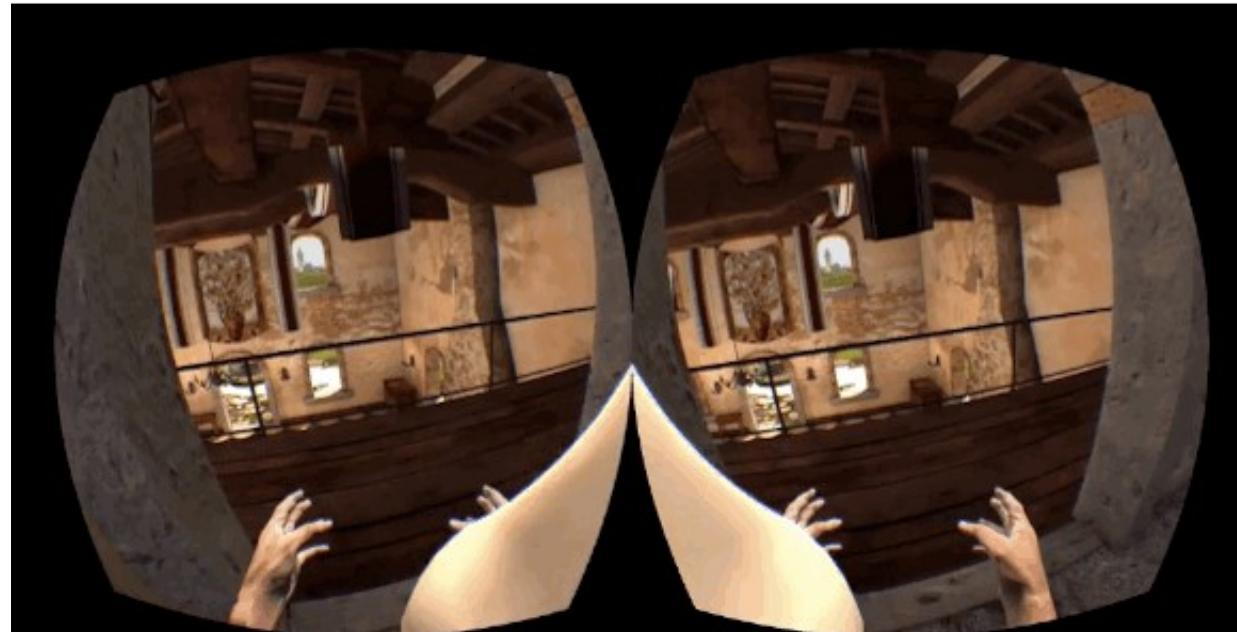
→ Les gens peuvent y être plus ou moins sensibles et éprouver des vertiges, des maux de tête et des nausées.

Pour réduire ces problèmes de nausée, des chercheurs de l'Université de Purdue (Indiana, USA) ont proposé de rajouter un nez virtuel (baptisé « *nasum virtualis* ») pour redonner un point de repère familier !

Des expériences ont montré qu'avec le nez virtuel les gens pouvaient jouer plus longtemps avant d'être malade et qu'ils ne se rendaient pas compte de la présence de ce nez.

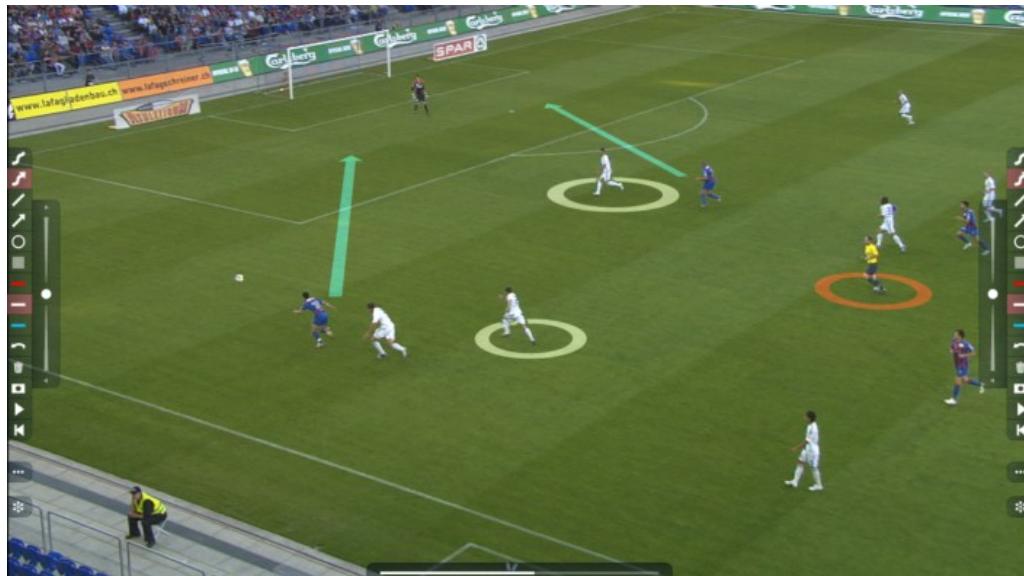
<https://www.gdcvault.com/play/1022287/Technical-Artist-Bootcamp-Nasum-Virtualis>

<https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2015/Q1/virtual-nose-may-reduce-simulator-sickness-in-video-games.html>



### 3.4 Réalité augmentée (« Augmented Reality », « AR »)

Superposition de données virtuelles (informations, images 2D, vidéos, objets 3D) à une prise de vue réelle.



## *Magic Leap*

Dans le cas d'une immersion temps réel,  
l'utilisateur est équipé de :

- lunettes semi-transparentes
- casque de réalité virtuelle équipé de caméra
- simple smartphone ou tablette



## *HoloLens (Microsoft)*



*Moverio BT-300 (Epson)*



*Airsouter (Brother)*



*Google Glass*



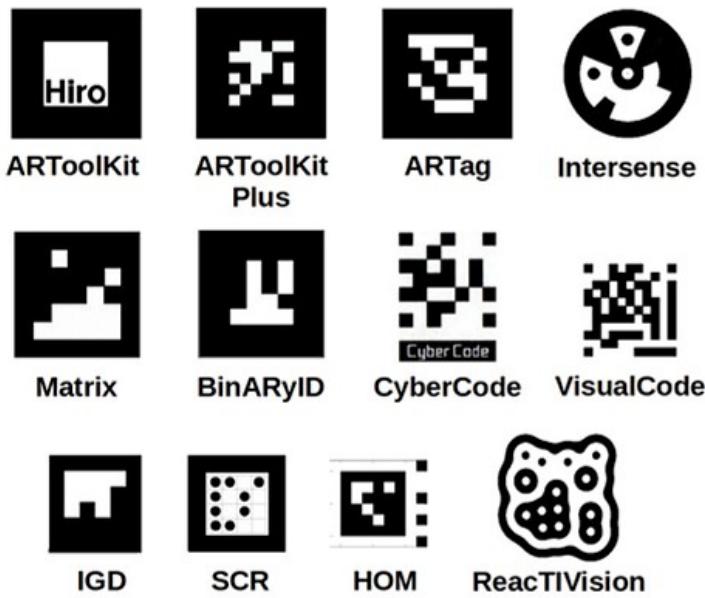
Pour effectuer ce recalage du virtuel sur le réel, il faut analyser l'image réelle pour trouver le repère 3D correspondant à cette image 2D et à la position de la caméra.

Trois cas de figure :

1) **Réalité augmentée basée sur la position** : sur un smartphone, on utilise la géolocalisation par GPS et l'orientation donnée par le gyroscope du téléphone pour afficher des informations sur la vidéo fournie par la caméra.



2) Réalité augmentée avec marqueurs : on cherche dans le champ de la caméra un motif connu (marqueur N&B, image connue, etc.) et en fonction de sa déformation on détermine un repère 3D.



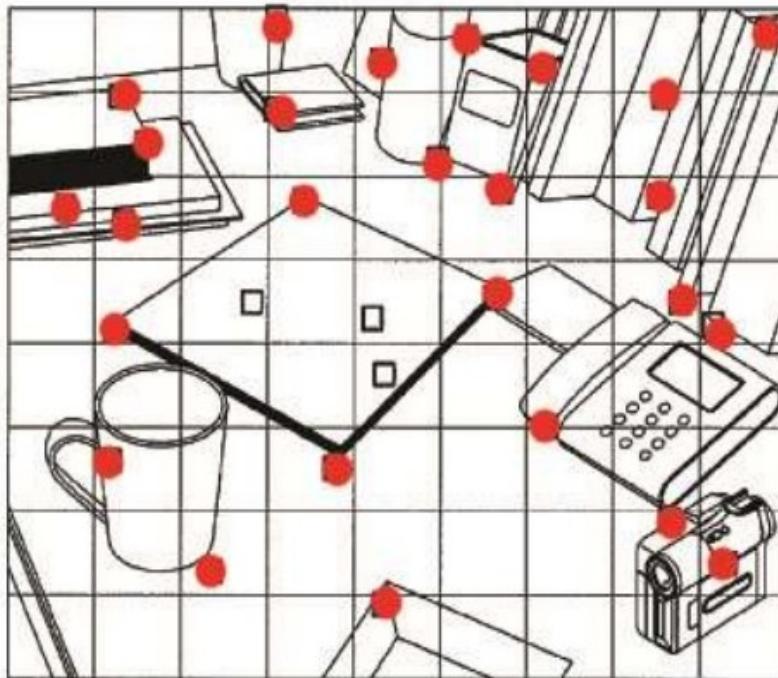
Marqueurs de réalité augmentée



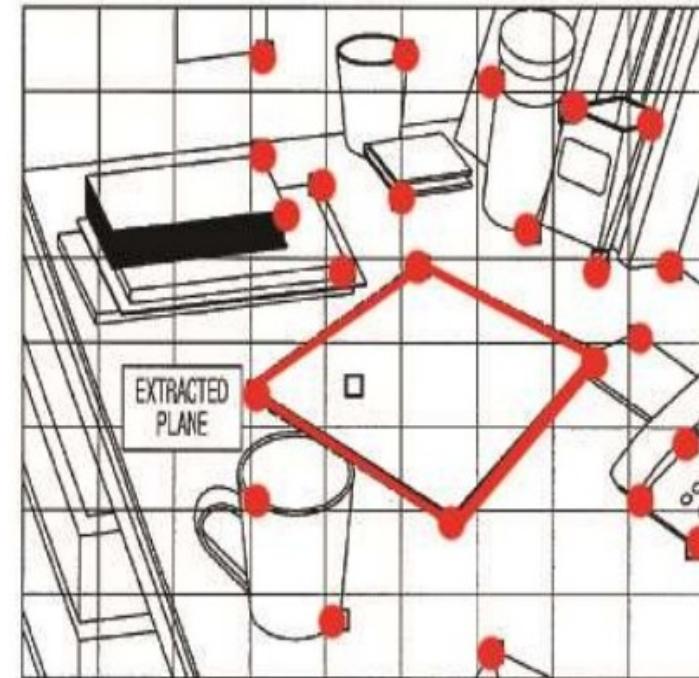
MOVIE



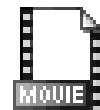
**3) Réalité augmentée sans marqueur** : on doit analyser l'image à la recherche de points d'amer, puis extraire des plans dont on essaie de suivre la position au cours du temps, pour construire une carte 3D d'un environnement inconnu.



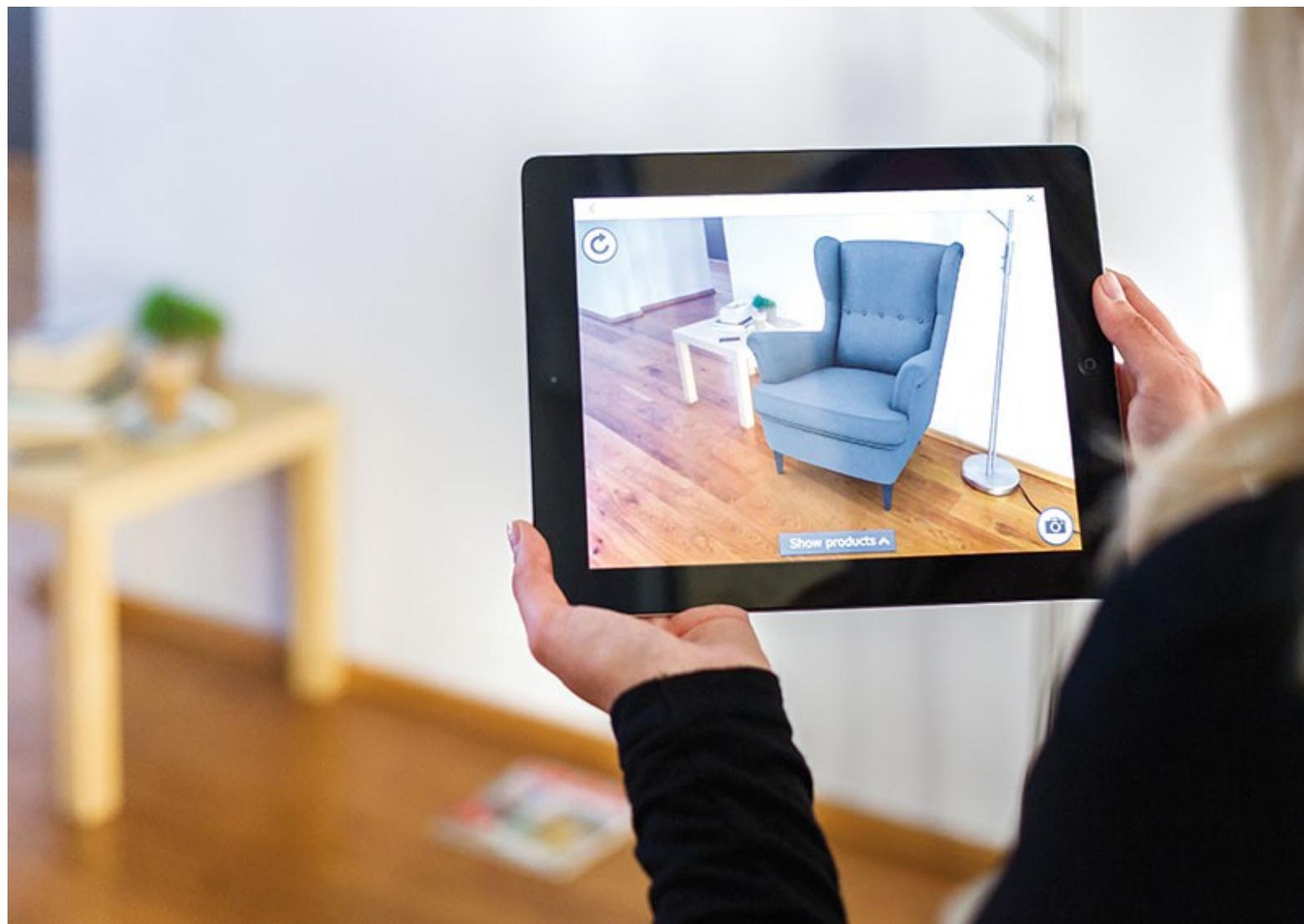
*1) Détection de points caractéristiques  
(Harris corner detector)*



*2) Extraction de plans (SLAM :  
Simultaneous Localization and Mapping )*



## *– Aménagement d'intérieur*



## – Sport

Incrustation de graphismes sur la vidéo d'un terrain de sport (stade de foot, rugby, piscine, etc.) pour faire ressortir des informations (limite de hors jeu, distance du mur lors d'un coup franc, etc.)

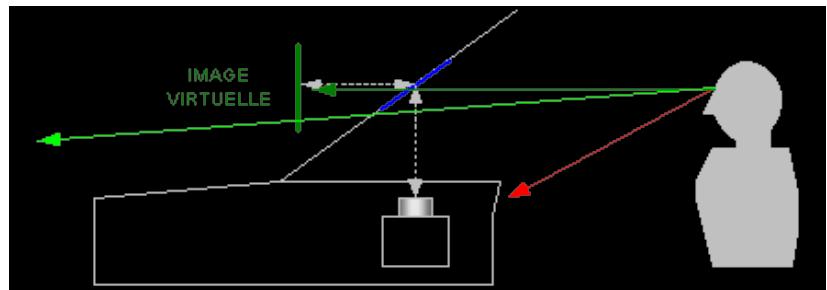
Ce type d'incrustation est facilité par le fait que l'on connaît la position de la caméra par rapport au terrain ainsi que les caractéristiques du terrain (coins, lignes, couloirs de natation).



## – *Aide à la conduite*

Incrustation d'indications « tête haute » (HUD : *Head Up Display*) sur le pare-brise d'une voiture : vitesse, direction à suivre, etc. Ces informations sont translucides pour ne pas gêner la vue.

Cette technologie a été développée initialement pour l'aviation militaire au début des années 1970.

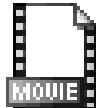


## – Assistant personnel

Un smartphone en vision « tête haute »  
(Google Glass).



## – Assistance au geste opératoire



Assistance au geste opératoire avec augmentation de la réalité : superposition à la vue réelle d'informations, d'images de synthèse de l'intérieur du corps du patient constituée au préalable grâce à un scanner.



## **– Formation**

Aide au geste technique, à la maintenance, documentation en réalité augmentée.

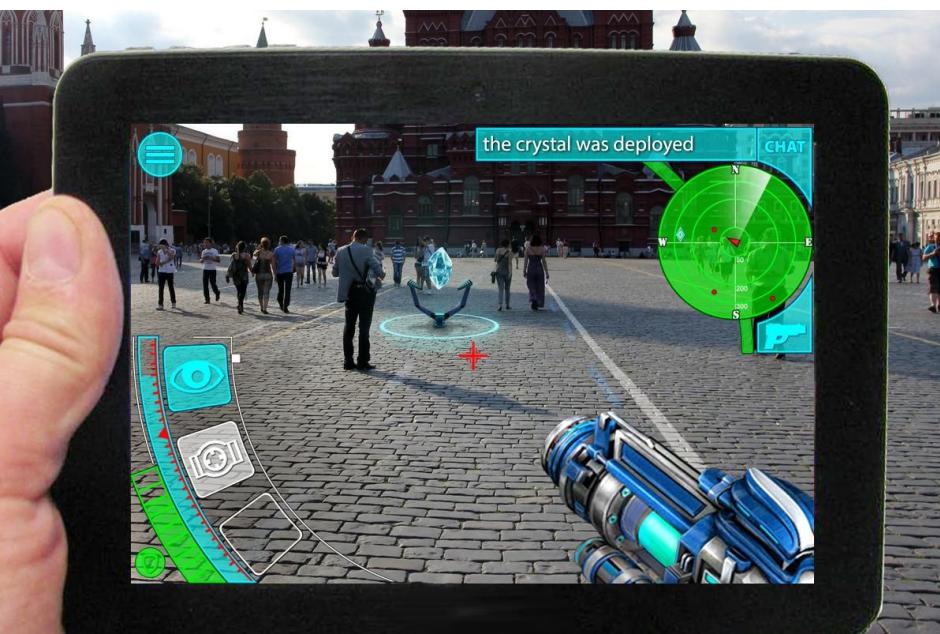
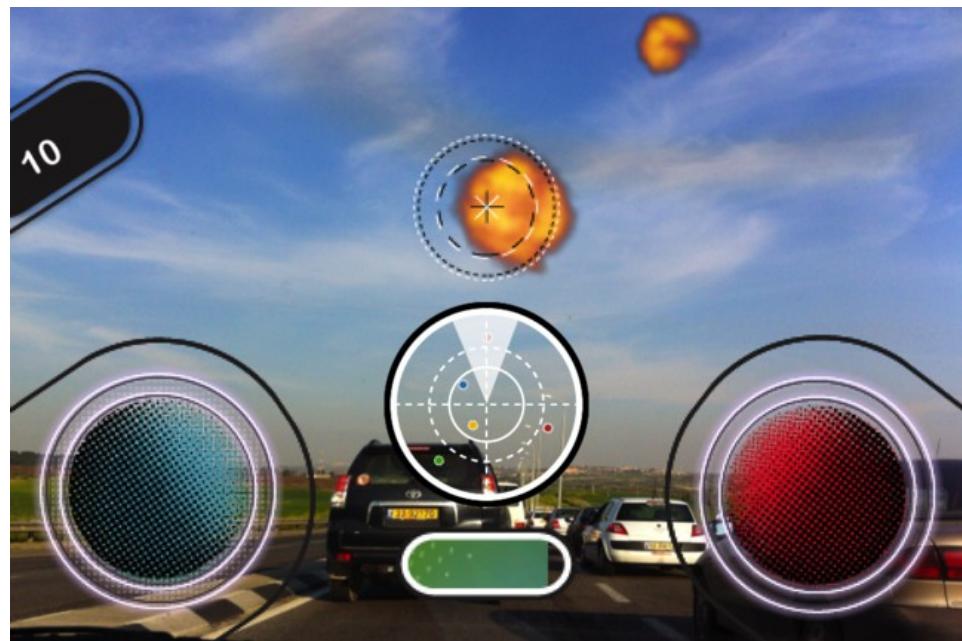


## – Téléconférence

La réalité augmentée permet de visualiser dans une même pièce des conférenciers se trouvant physiquement dans d'autres lieux et d'avoir accès à des données numériques.



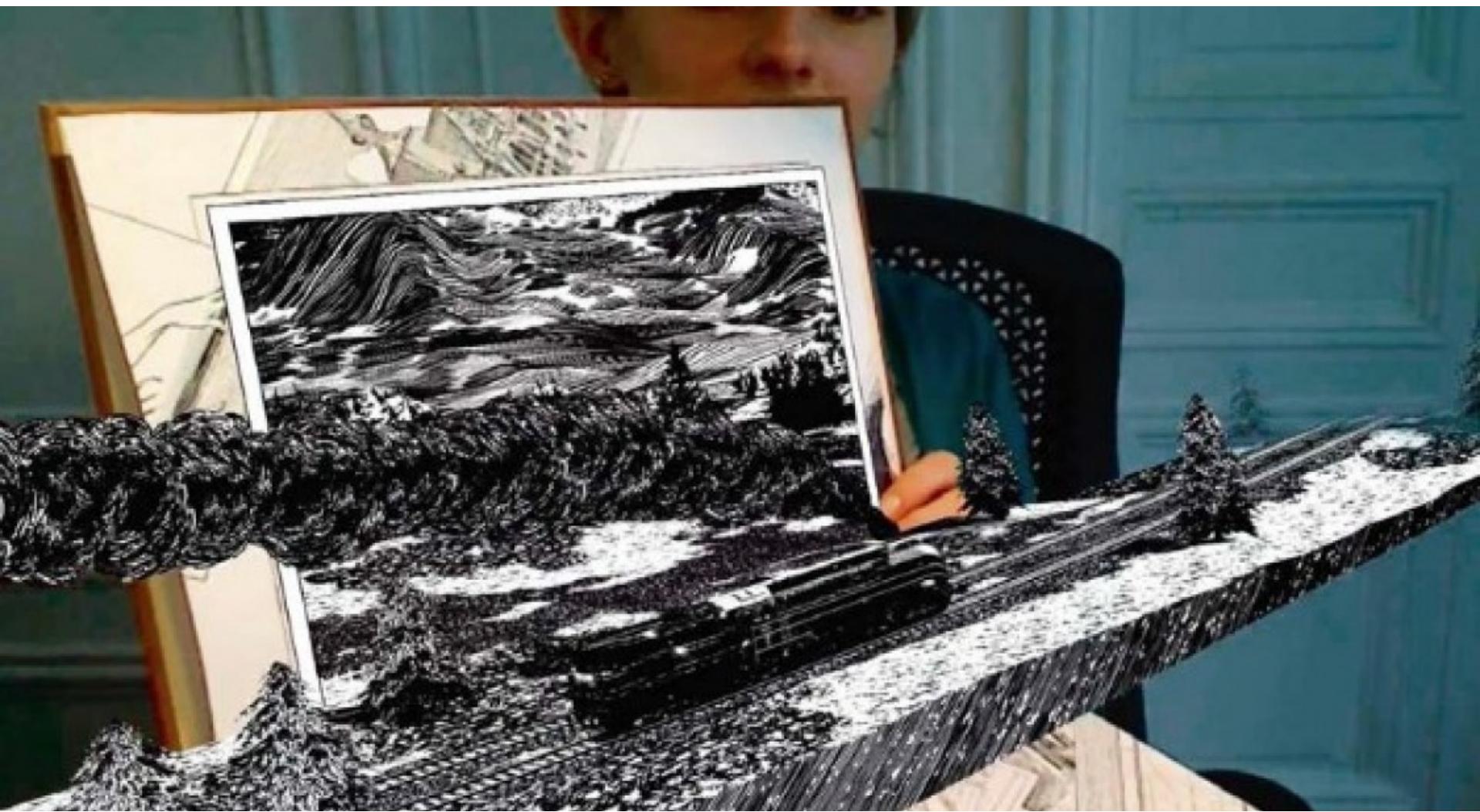
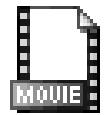
## – Jeu vidéo



## *– Marketing*

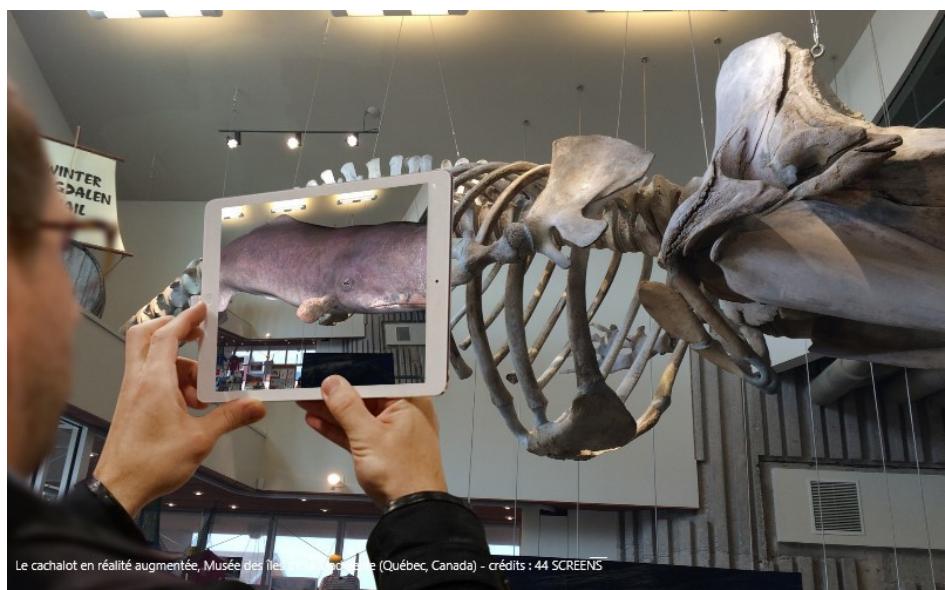


– *Livres, bandes dessinées, magazines, journaux*



« *La douce* », de François Schuiten (Casterman, 2012)

## – Musées



## – Art



« Miracles et mirages », Claire Bardainne et Adrien Mondot  
<https://www.am-cb.net/projets/mirages-miracles>

# Les outils de la réalité augmentée

ARToolkit

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

Android ARCore

<https://developers.google.com/ar/>

Apple ARKit

<https://developer.apple.com/arkit/>

ArUco

<http://www.uco.es/investiga/grupos/ava/node/26>

OpenCV

<https://opencv.org/>

Vuforia

<https://www.vuforia.com/>

Wikitude

<https://www.wikitude.com/>

# Réalité augmentée dans un navigateur web

Librairies JavaScript :

AR.js

<https://github.com/jeromeetienne/AR.js>

A-Frame

<https://medium.com/arjs/augmented-reality-in-10-lines-of-html-4e193ea9fdbf>

# A-Frame

<https://medium.com/arjs/augmented-reality-in-10-lines-of-html-4e193ea9fdbf>

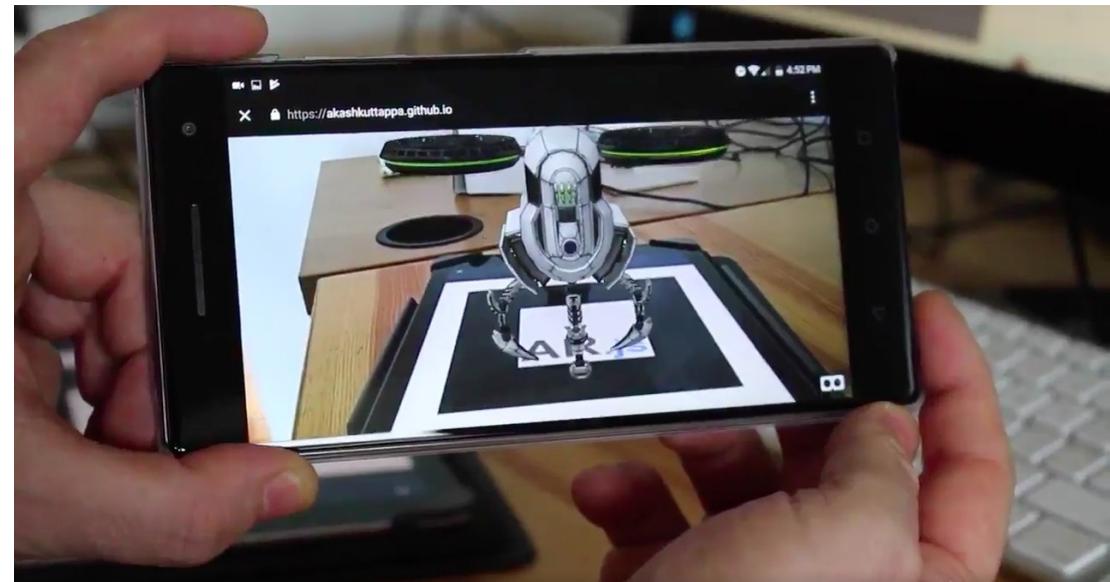
<https://aframe.io/blog/arjs/>

```
<script src="https://aframe.io/releases/0.8.0/aframe.min.js"></script>
<script src="https://cdn.rawgit.com/jeromeetienne/AR.js/1.6.0/aframe/build/aframe-ar.js">
</script>
<body style='margin : 0px; overflow: hidden;'>
  <a-scene embedded arjs='sourceType: webcam;'>
    <a-box position='0 0.5 0' material='opacity: 0.5;'></a-box>
    <a-marker-camera preset='hiro'></a-marker-camera>
  </a-scene>
</body>
```

## Afficher un objet 3D au format OBJ en RA avec A-Frame

```
<script src="https://aframe.io/releases/0.6.1/aframe.min.js"></script>
<script src="https://jeromeetienne.github.io/AR.js/aframe/build/aframe-ar.js">
</script>

<body style='margin : 0px; overflow: hidden;'>
  <a-scene embedded arjs='sourceType: webcam;'>
    <a-marker preset='hiro'>
      <a-entity
        obj-model="obj: url(/path/to/nameOfFile.obj);
                    mtl: url(/path/to/nameOfFile.mtl)">
        </a-entity>
      </a-marker>
    <a-entity camera>
    </a-entity>
  </a-scene>
</body>
```



### 3.5 Simulation d'éclairage

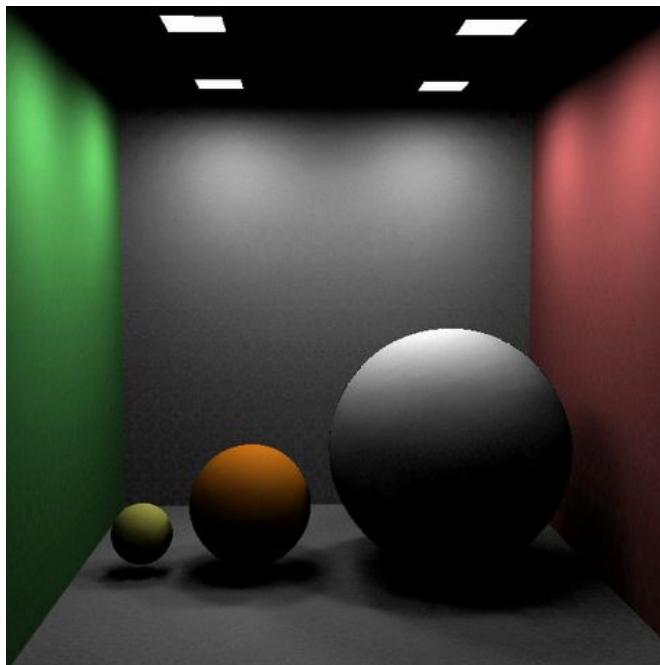
La synthèse d'images permet de simuler l'impact d'un éclairage (disposition, types de lampes, intensité, ...) sur un bâtiment, une salle, un pont, une route, un tunnel, une statue, etc. afin de savoir comment le positionner dans la réalité.



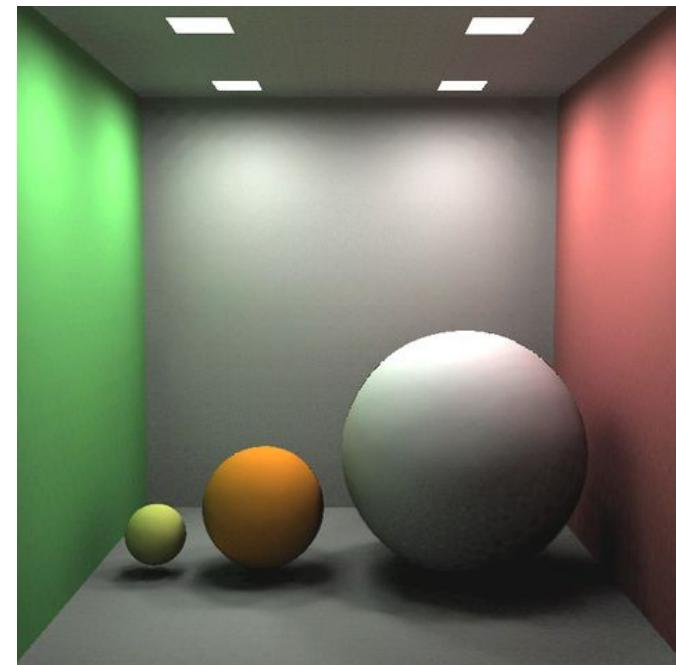
→ Permet d'expérimenter à moindre coût, mais il faut que la simulation soit le plus proche possible de la réalité.

→ Les algorithmes utilisés doivent être basés sur des modèles physiques.

Il est important de prendre en compte les multiples réflexions de la lumière entre les surfaces, ainsi que les propriétés réflectives de ces surfaces (diffus, spéculaire) → **illumination globale**.



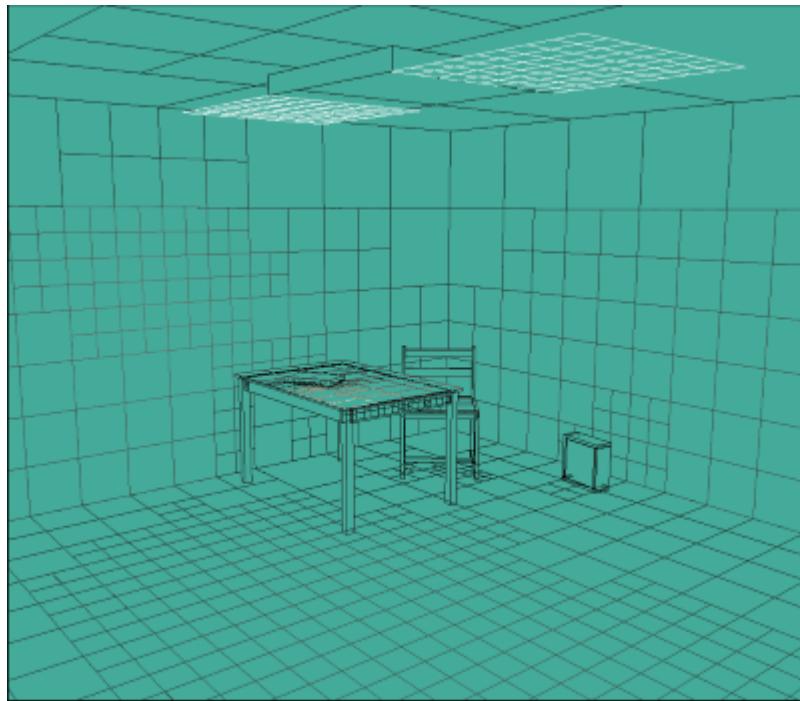
*Éclairage direct seulement*



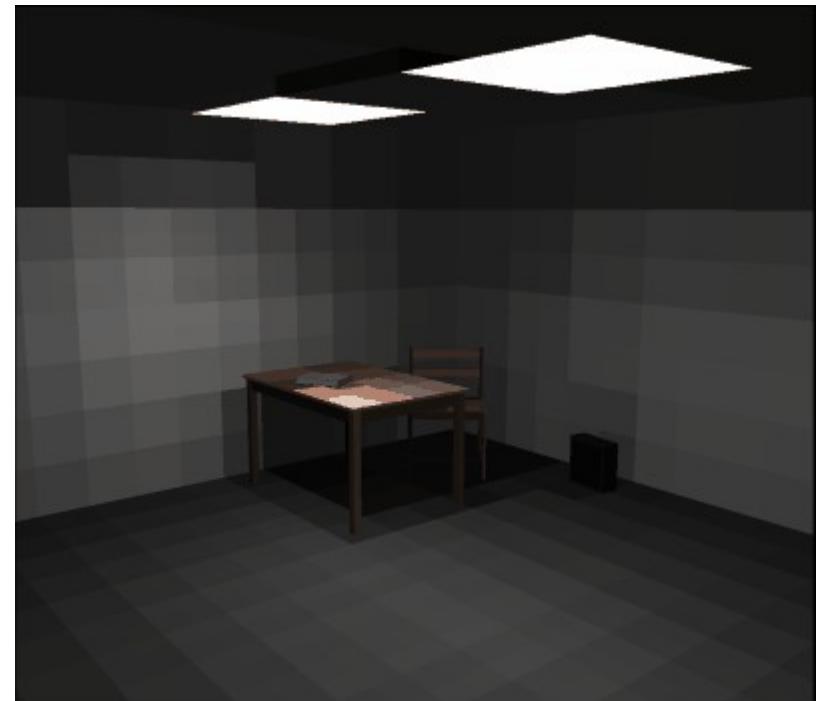
*Avec inter-réflexions*

**La radiosité** est un algorithme de calcul d'illumination globale.

Son principe : décomposer les surfaces de la scène 3D en carreaux (« *patches* »). Certains carreaux correspondant aux sources de lumière ont une intensité lumineuse. On calcule ensuite les échanges lumineux entre les carreaux.



*Découpage en carreaux*



*Calcul des échanges de lumière entre les carreaux*

## 3.6 Projets d'aménagement

Permet de représenter un projet de construction :

- Aménagement urbain (bâtiment, ligne de tramway, etc.)
- Réseau routier (routes, carrefour, rond-point, etc.)



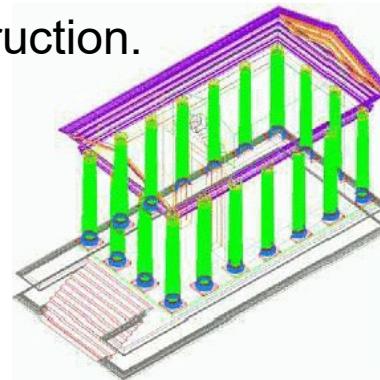
La représentation peut être entièrement en 3D, ou en images de synthèse incrustées dans le paysage réel.

→ Permet de tester l'impact sur l'environnement, de communiquer, de proposer une solution.

### 3.7 Archéologie

La reconstruction physique d'édifices disparus ou en ruine, de peintures et de mosaïques abîmées est :

- Coûteuse.
- Fige les hypothèses de reconstruction.
- Est parfois impossible.

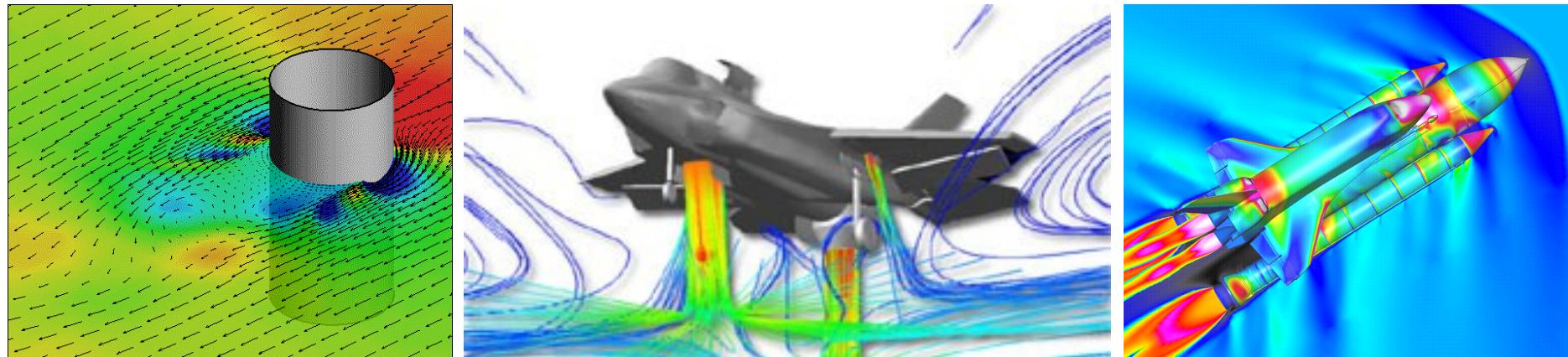


La synthèse d'image permet de reconstruire virtuellement :

- Non destructif pour les objets originaux.
- Permet de tester des hypothèses.
- Permet d'obtenir des objets trop chers à reconstruire physiquement.
- Permet n'importe quelle perspective (humaine, vol d'oiseau, ...)
- Permet de communiquer (Communauté scientifique, public).

## 3.8 Visualisation scientifique

Visualisation graphique (généralement 2D ou 3D) de données provenant de simulations scientifiques (calcul de températures, de vitesses, de pressions, etc.) et affichées avec des vecteurs, des particules, des lignes, des fausses couleurs, etc.



Domaines d'utilisation : constructeurs (automobile, aéronautique), construction de ponts, météo, recherche, ...

## **3.9 Visualisation médicale**

Les équipements d'imagerie médicale permettent de faire différents types de relevés d'information qui sont ensuite visualisés en 2D ou en 3D :

### **Imagerie anatomique**

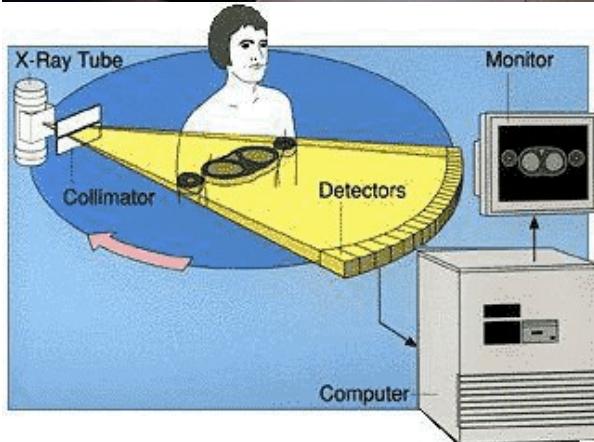
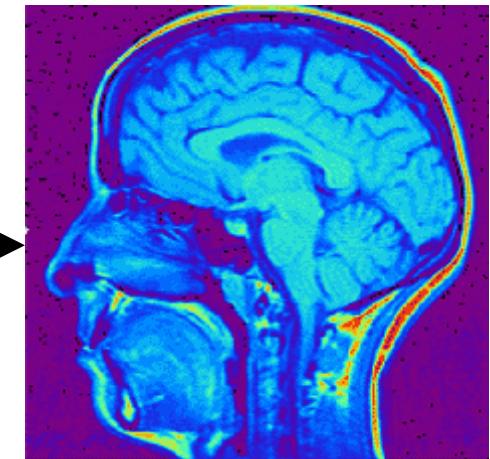
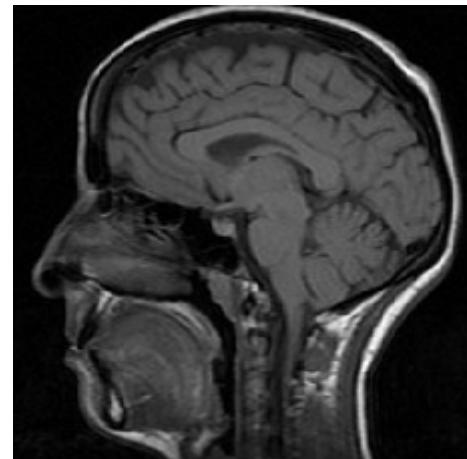
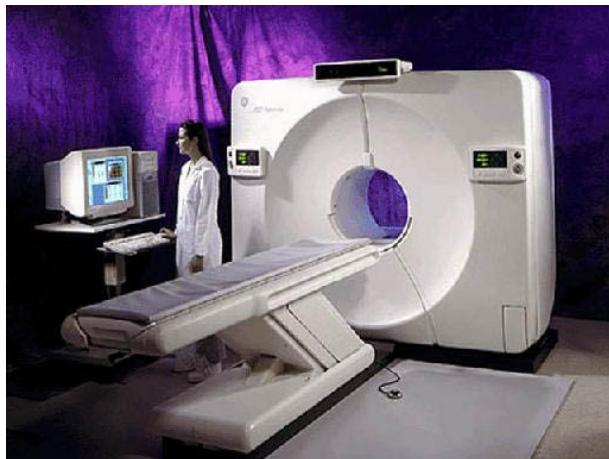
Analyse de la morphologie : la structure du corps et de ses organes (IRM, scanner X, échographie, endoscopie, ...)

### **Imagerie fonctionnelle**

Analyse du métabolisme : les transformations moléculaires et les transferts d'énergie dans l'organisme (IRMf, TEP, EEG, MEG, ...)

## Scanner X (Computerized Tomography Scan : CT scan)

Tomodensitométrie : mesure la densité des tissus avec des rayons X, en échantillonnant le corps en voxels.



## Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) : phénomène par lequel un noyau de l'atome considéré absorbe les rayonnements électromagnétiques d'une fréquence spécifique en présence d'un fort champ magnétique.

Lors du retour des protons à l'état d'équilibre, émission d'une onde électromagnétique qui peut être détectée par un capteur.

IRM : utilisation de la RMN sur les atomes d'Hydrogène (présents dans l'eau, la graisse, ...) → vision des tissus mous.



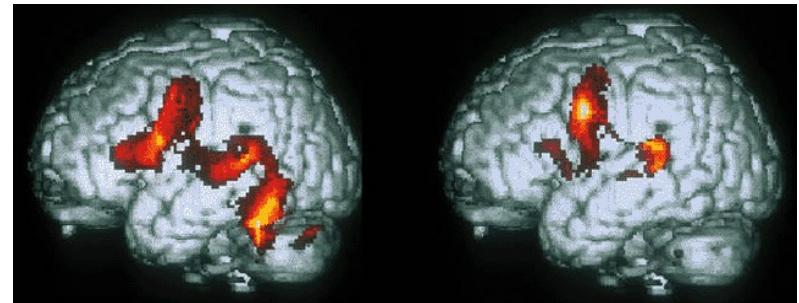
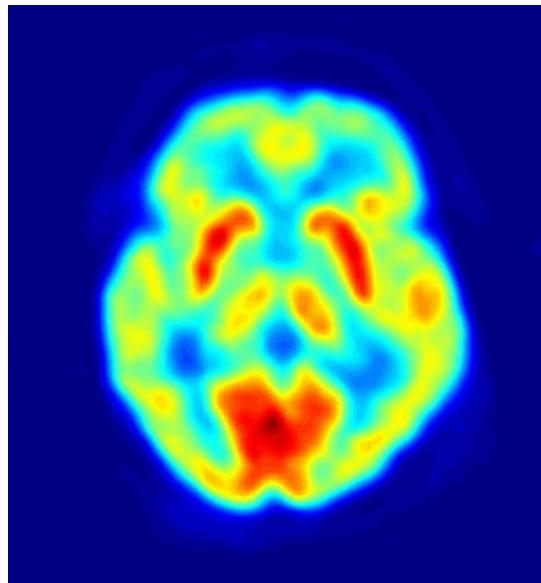
## Tomographie à Émission de Positron (TEP)

Technique de scintigraphie : on injecte au patient une substance faiblement radioactive.

Elle se fixe au niveau des tissus qui utilisent beaucoup de glucose comme les tissus cancéreux ou le muscle cardiaque ou encore le cerveau.

Elle émet de façon temporaire (~24h) des rayonnements que l'on peut suivre dans l'organisme du patient grâce à une caméra TEP.

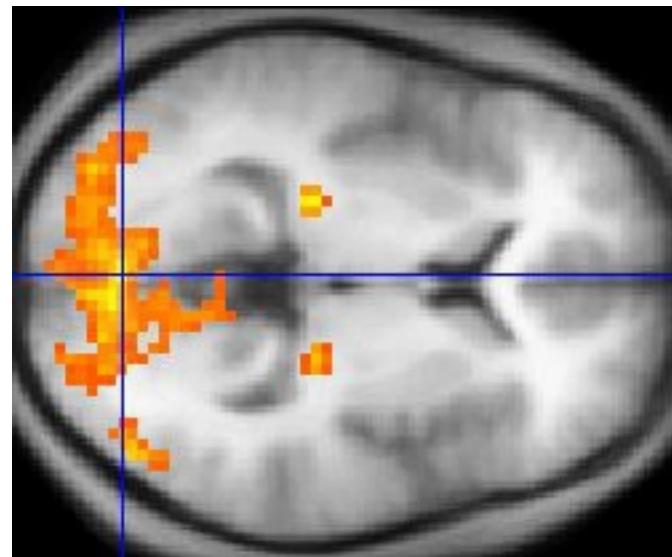
*Image du  
cerveau  
par TEP*



*Superposition de l'activité d'un tissu  
(Image TEP) à sa localisation dans le  
corps (Image CT)*

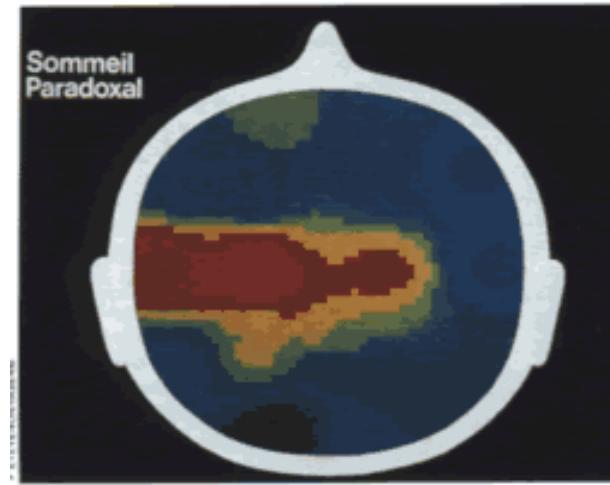
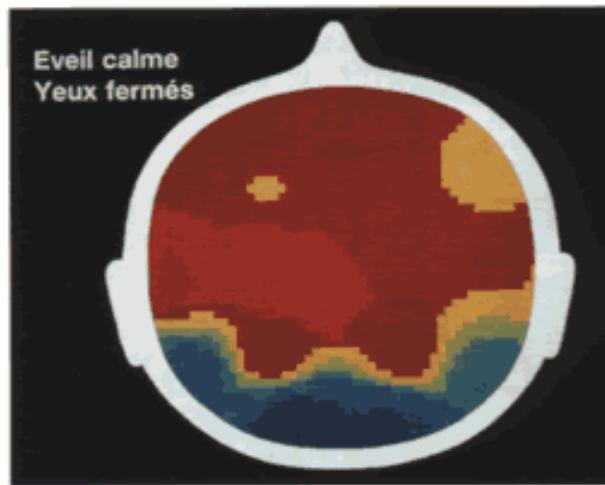
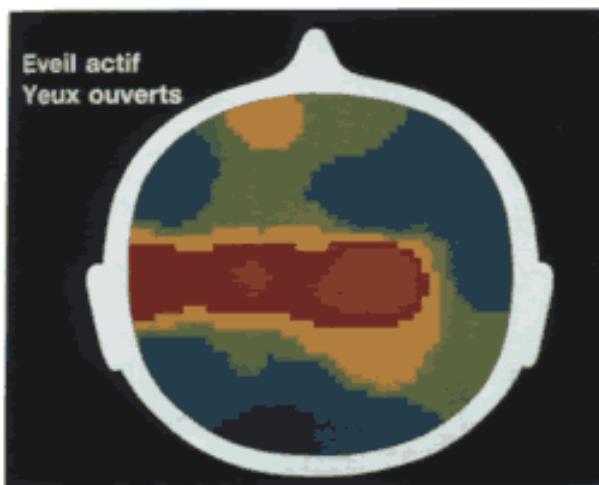
## IRM fonctionnelle (IRMf)

La localisation des zones cérébrales activées est basée sur l'effet BOLD (Blood Oxygen Level Dependant), lié à l'aimantation de l'hémoglobine contenue dans les globules rouges du sang.



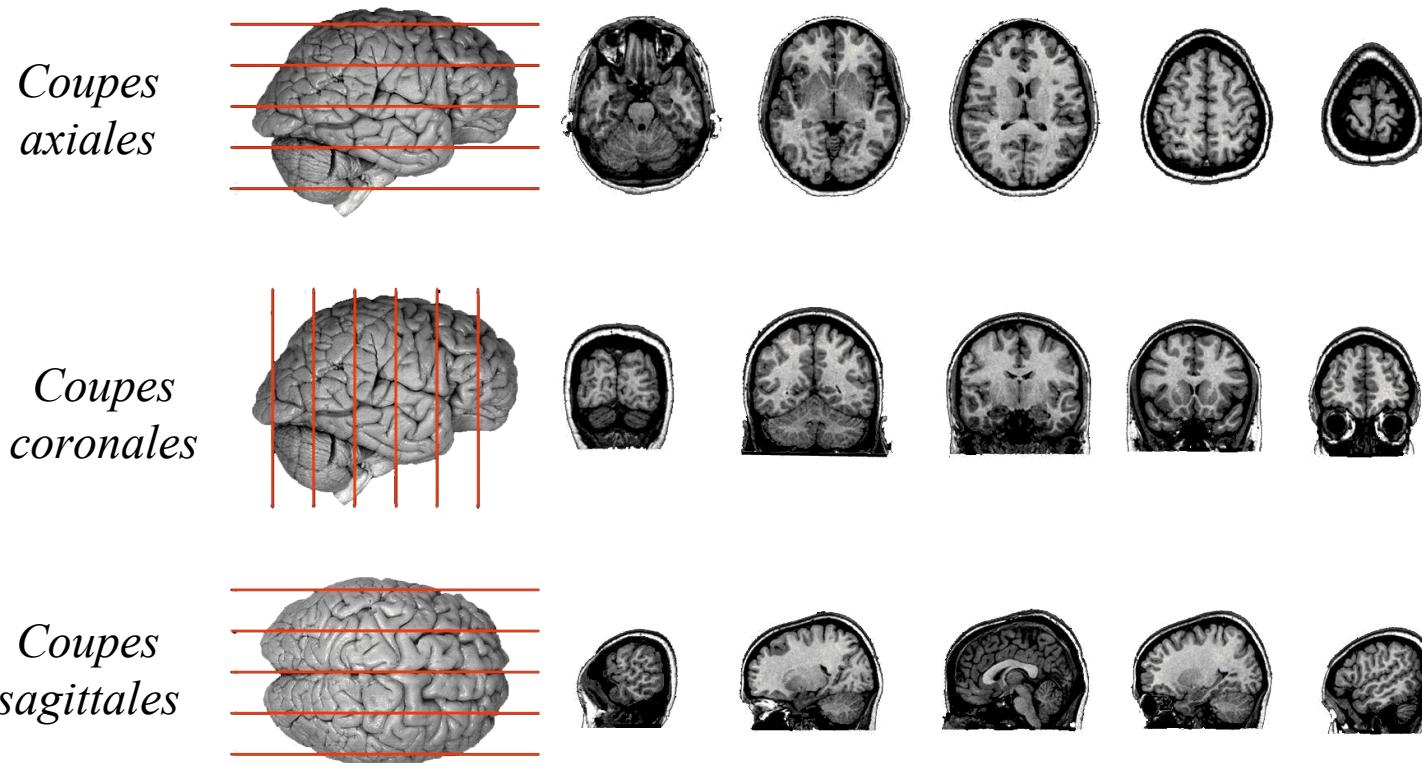
## Électroencéphalographie (EEG)

Mesure de l'activité électrique du cerveau à l'aide d'électrodes placées sur le cuir chevelu. Plus le nombre d'électrodes est important, meilleure sera la définition de la carte.



## Affichage 2D

Reconstruction multi-planaire (MPR : Multi-Planar Reconstruction) d'images 2D, reconstruites à l'intérieur du volume de données, selon un plan choisi par l'opérateur.



Autres techniques : Projection de maximum d'intensité, Rendu volumique par profondeur, etc.

## Affichage 3D

Calcul de la surface triangulaire approchant la frontière des voxels (souvent grâce à l'algorithme des *Marching Cubes*).



*Données volumiques échantillonnées en voxels*



*Calcul de la surface englobant ces voxels par Marching Cubes*



### 3.10 Géomatique

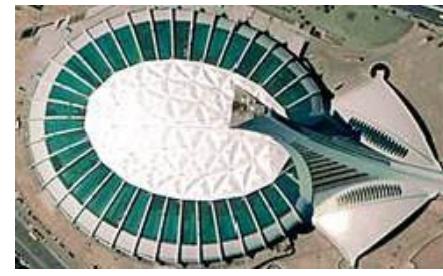
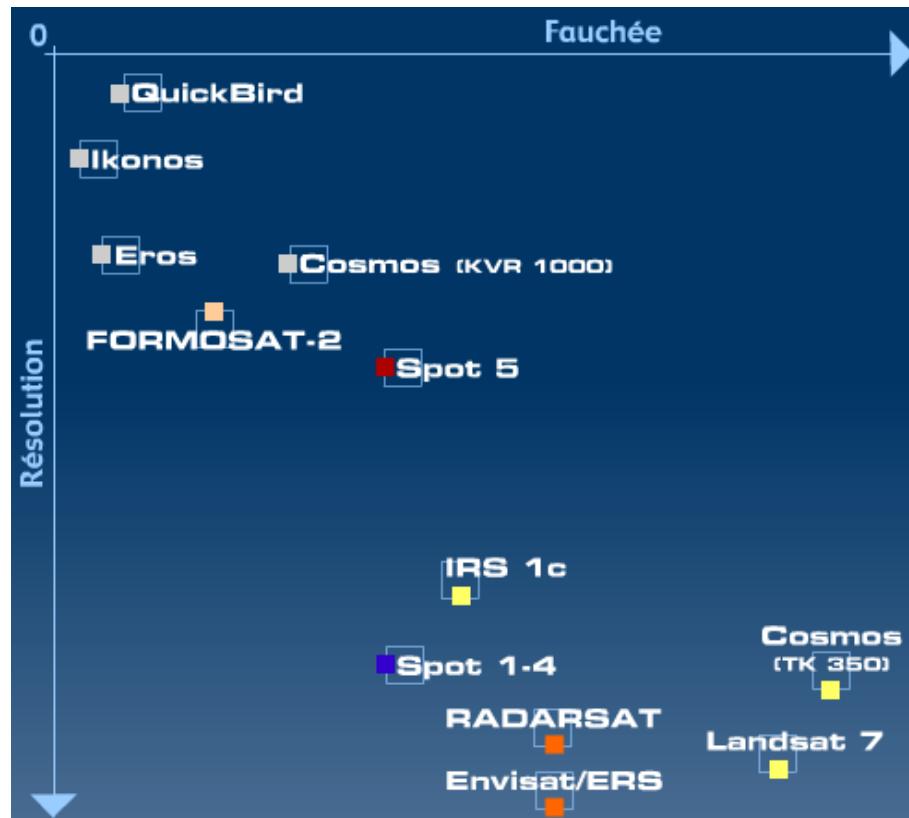
Nom donné aux sciences et techniques de l'information géographique, dont l'application conduit notamment aux productions ou activités suivantes :

- Cartes géographiques et plans topographiques
- Plans d'urbanisme, de génie civil
- Plans de voirie, de réseaux souterrains
- Cartographie routière et touristique
- Positionnement par satellite (GPS, Galiléo)
- Images de satellites, photos aériennes
- Cartes météorologiques
- Observations de la Terre et de l'environnement
- Systèmes d'Information Géographique (SIG)
- etc.

Tous ces domaines font appel à une représentation graphique informatisée de l'information géographique.

### 3.10.1 Imagerie satellitaire

Aujourd'hui, les satellites d'observation sont devenus indispensables aux scientifiques, aux industriels et aux militaires. Équipés de systèmes de vision de plus en plus performants, ils sont capables de couvrir de manière systématique et répétitive des portions de territoires immenses et produisent des images très détaillées.



*QuickBird*



*Spot 5*

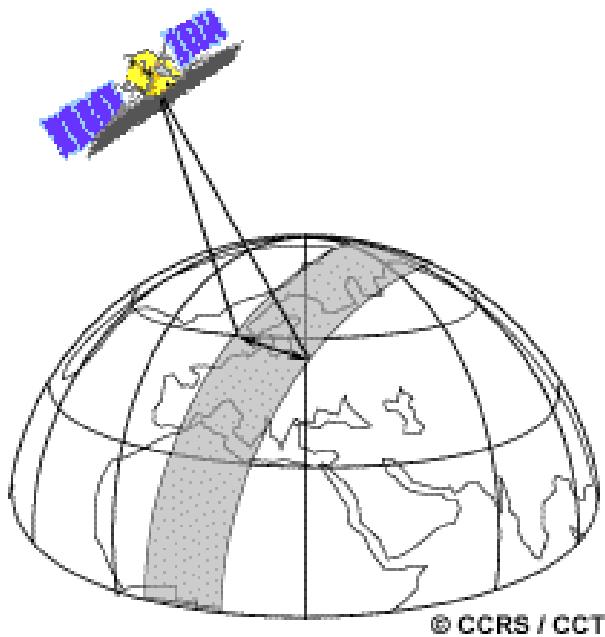


*Landsat 7*

## 1) Principe

Lorsqu'un satellite est en orbite autour de la Terre, le capteur "observe" une certaine partie de la surface appelée fauchée, dont la largeur dépend des satellites (10-100 km).

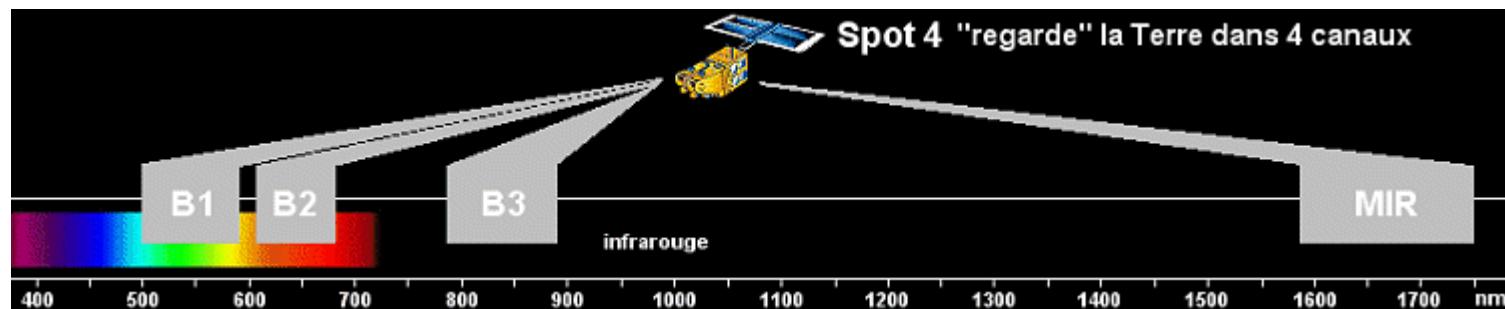
En fonction des besoins, les satellites sont placés sur différentes orbites :



- Orbite **géostationnaire** (36000 km d'altitude au-dessus de l'équateur) (télécommunication, météo).
- Orbite **héliosynchrone**. Le satellite repasse au-dessus d'un point donné de la surface terrestre à la même heure solaire locale (téléphone, scientifique).
- Orbite **basse** (350-1400 km). Satellites à défilement (téléphone mobile, scientifique).

Les capteurs à bord des satellites enregistrent l'intensité de la radiation électromagnétique de la Terre dans diverses bandes de longueurs d'onde spectrales (ou « canaux »).

Certains satellites peuvent acquérir des **images multispectrales** où les pixels sont composés de plusieurs canaux correspondant chacun à une bande du spectre : SPOT4 (4 canaux), Landsat (7 canaux), etc.



Certains satellites peuvent acquérir des **images panchromatiques** où chaque pixel couvre tout le spectre visible. Ces images sont donc en niveaux de gris.

Le choix de ces bandes spectrales résulte de deux critères :

- la spécificité du signal reçu à telle longueur d'onde pour analyser la nature des sols, végétation, désert, neige, teneur en eau, villes, etc.
- la transparence de l'atmosphère et la stabilité de la transmission qui n'est suffisante que dans certaines "fenêtres".

### **Exemples de bandes spectrales et de leurs applications**

0,45 – 0,52 µm (Bleu clair)

Différenciation sol/végétation

0,52 – 0,60 µm (Vert clair)

Réflectance verte d'une végétation saine.

1,55 – 1,75 µm (Infrarouge moyen)

Différenciation nuages/neige.

10,4 – 12,5 µm (Infrarouge thermique)

Température, humidité du sol.

## **2) Traitement d'images satellitaires**

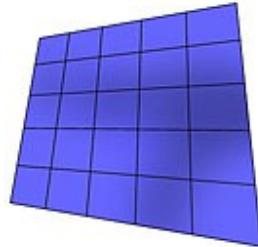
Avant d'utiliser les images recueillies à des fins de télédétection, différents traitements peuvent leur être appliqués pour en rectifier les défauts :

- Élimination des nuages
- Élimination de bruit
- Orthorectification
- Création de mosaïques
- Étalement d'histogramme
- Amélioration de la netteté
- Composition colorée
- Modifications colorimétriques
- etc.

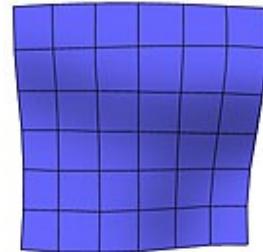
## Exemple : Orthorectification

Correction des déformations de la photographie liées à :

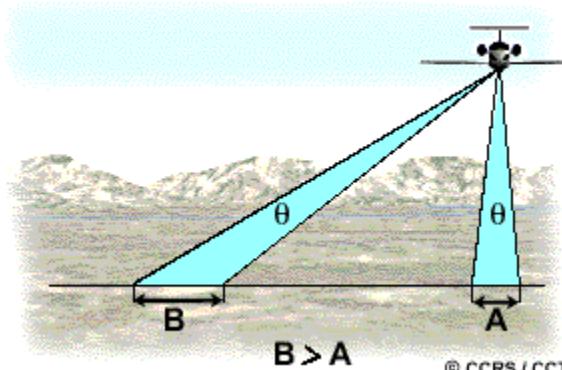
- La projection de l'axe optique (non perpendicularité)
- Aux effets du relief
- A la projection perspective (on veut une projection orthogonale).



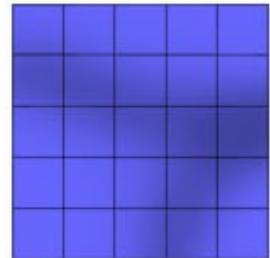
*Inclinaison de  
l'axe de vue*



*Distorsion due  
au relief*



*Distorsion due à la  
perspective*

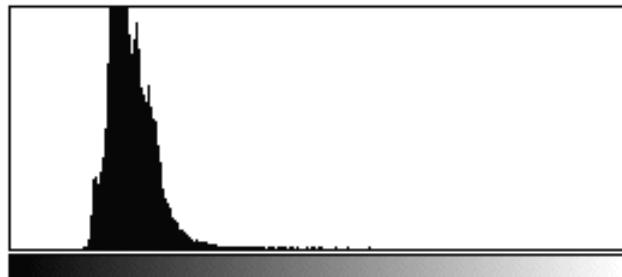


*Orthorectification*

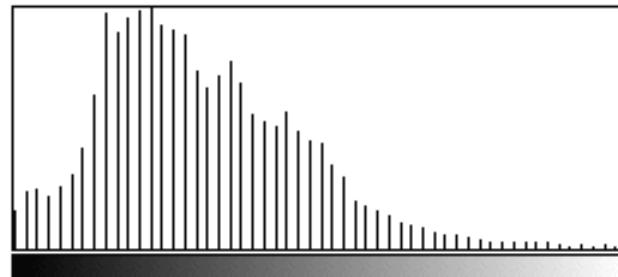
La photo est corrigée à partir des paramètres d'orientation de la chambre de prise de vue, de points de calage connus en XYZ et du Modèle Numérique de Terrain  
→ On obtient une **orthophoto**.

## Exemple : Étalement d'histogramme

Les canaux bruts sont très peu contrastés. On rehausse le contraste en étirant l'histogramme de façon à ce que la mesure la plus forte soit codée à 255 et la plus faible à 0.



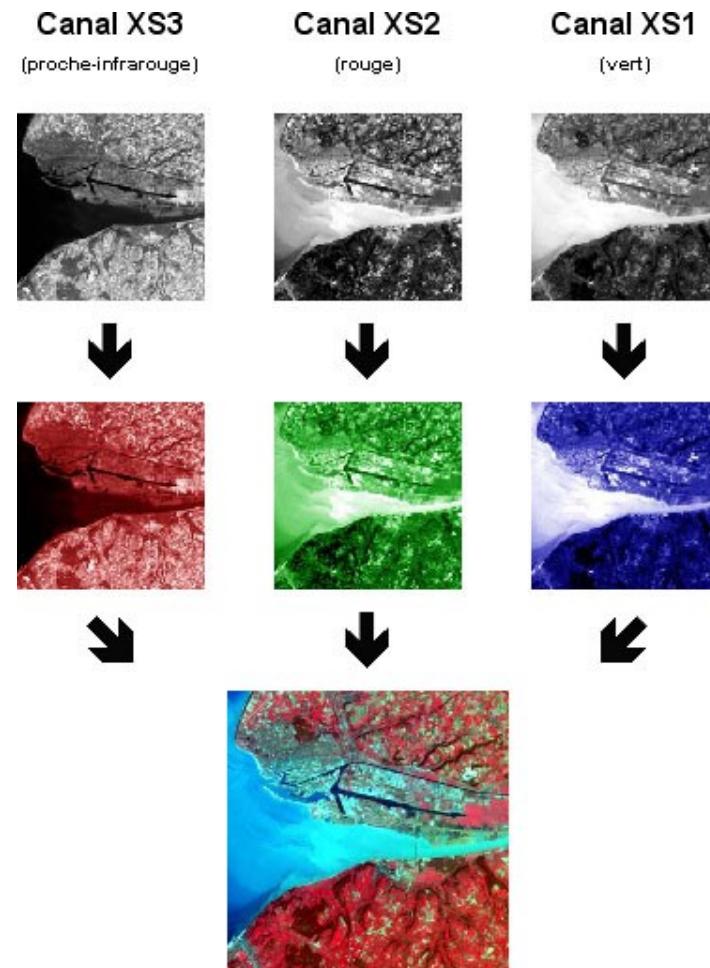
*Données brutes*



*Après étalement d'histogramme*

## Exemple : Composition colorée

Consiste à visualiser simultanément plusieurs canaux (jusqu'à 3), en les stockant dans les composantes rouge, vert, bleu des pixels de l'image à afficher :



### **3) Télédétection : analyse du contenu de l'image satellitaire**

De nombreux paramètres géophysiques peuvent être mesurés par satellite en effectuant des acquisitions d'images dans différentes bandes du spectre, puis en analysant ces images avec des algorithmes appropriés :

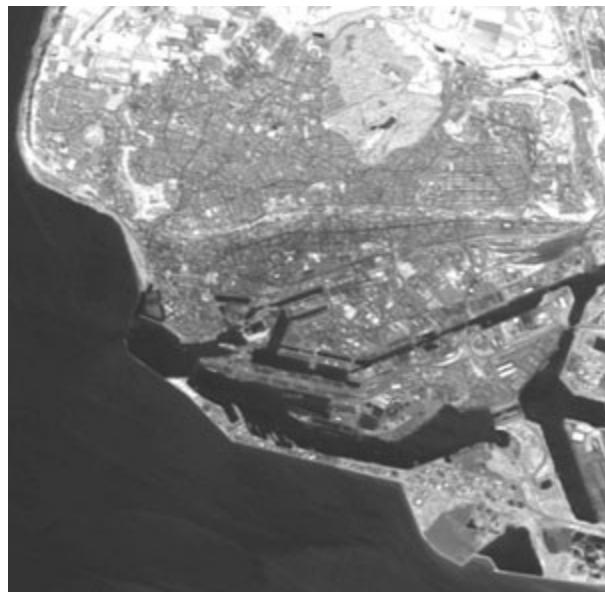
- Calcul d'indice de végétation
- Température du sol
- Température à la surface de la mer
- Évapotranspiration
- Chutes de pluie
- Couverture neigeuse
- Classification
- Détection d'incendies
- etc.

## Exemple : Calcul d'indice de végétation normalisé

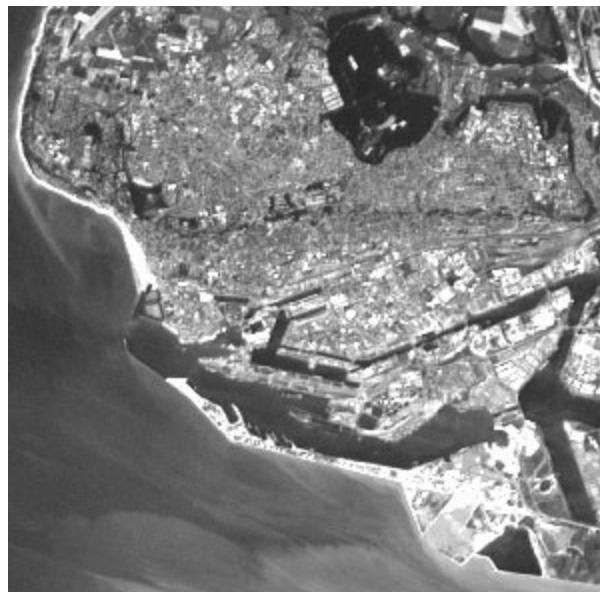
(NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*)

Consiste à soustraire au canal infrarouge (où la couverture végétale a de fortes réflectances) le canal rouge (où les surfaces minéralisées ont de fortes réflectances). Dans la nouvelle image, la valeur de chaque pixel est comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal).

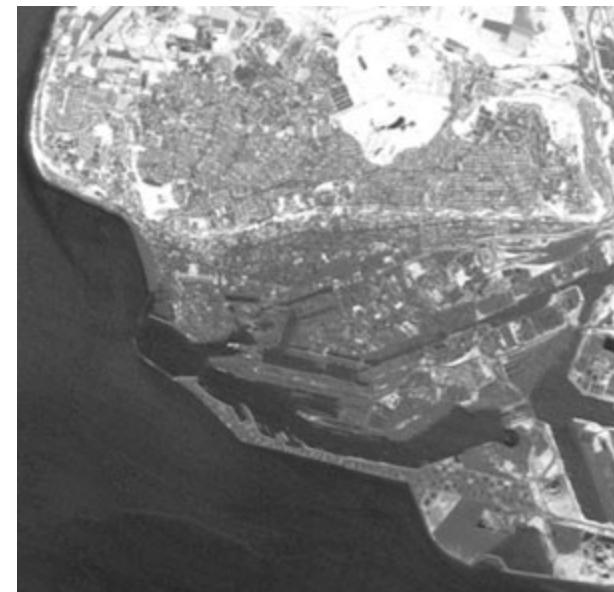
$$\text{NDVI} = (\text{infrarouge} - \text{rouge}) / (\text{infrarouge} + \text{rouge})$$



*Canal infrarouge*



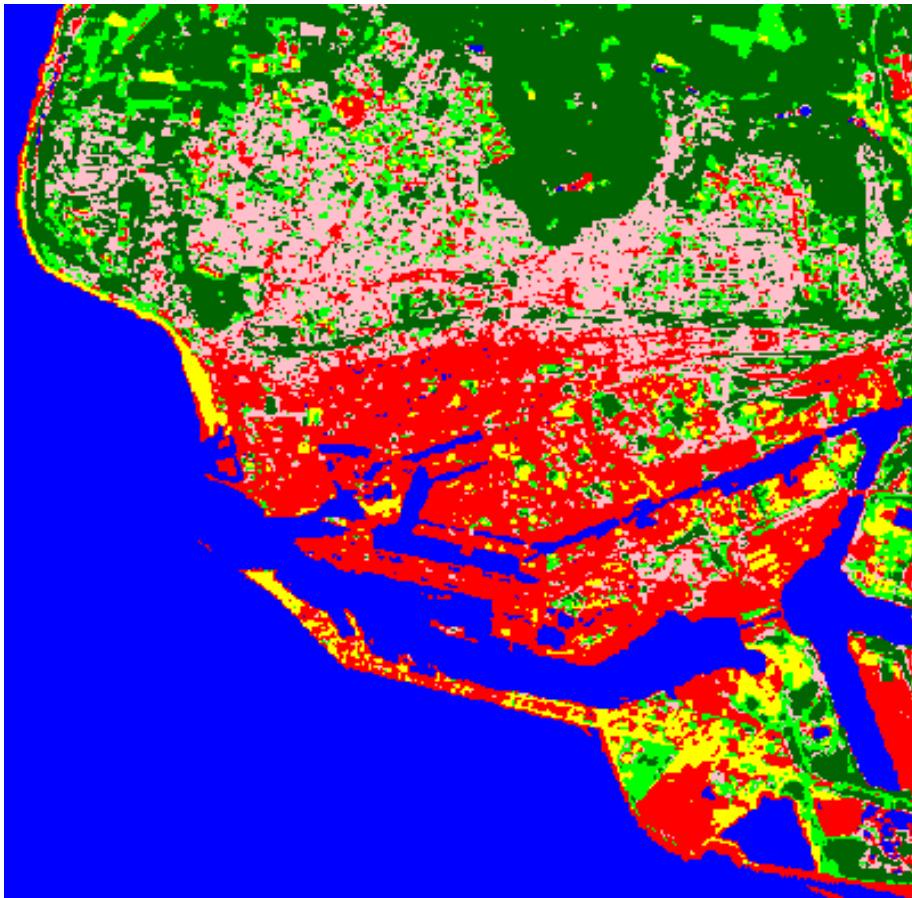
*Canal rouge*



*NDVI*

## Exemple : Classification

Reconnaissance automatique des réflectances (végétation, eau, bâti...). L'algorithme utilisé pour classer l'image va effectuer des regroupements de valeurs de pixels en fonction de leurs similitudes.



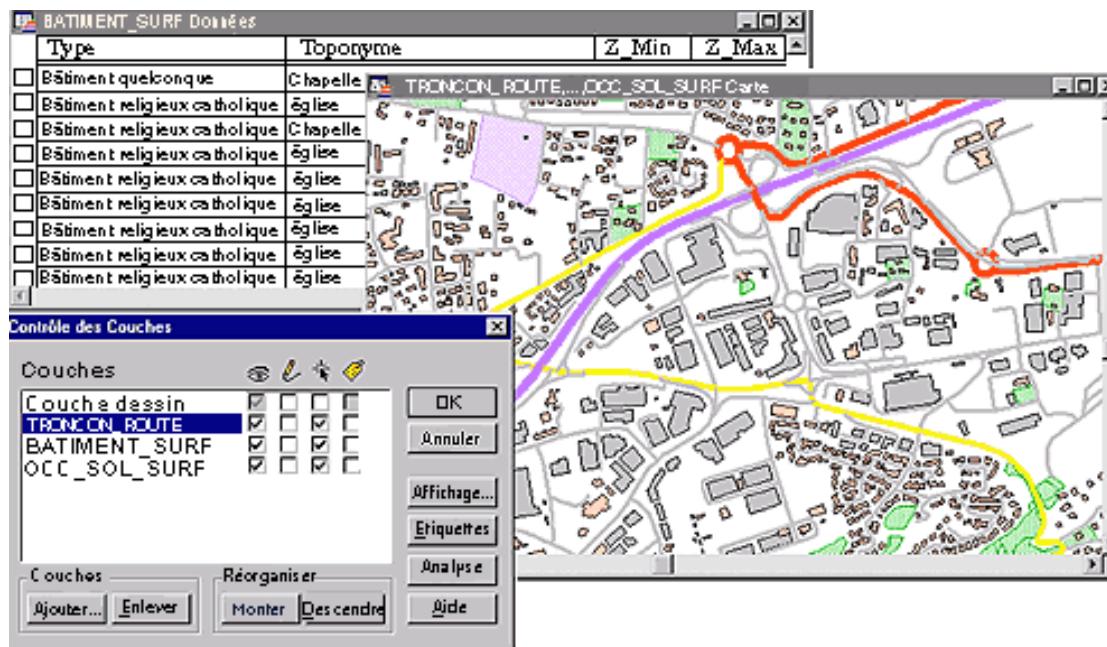
Il existe de nombreux algorithmes, plus ou moins automatiques ou supervisés.

Ils permettent de répartir les pixels dans un nombre réduit de classes possibles correspondant aux réflectances principales détectées.

- Fortes réflectances (sols nus, bâti)
- Surfaces fortement minéralisées (bâti dense, sols nus)
- Bâti de densité moyenne (zones pavillonnaires, collectif bas)
- Surfaces végétalisées (végétation basse)
- Zones boisées
- Surfaces en eau

### **3.10.2 Systèmes d'Information Géographique (SIG)**

Un système d'information géographique a pour but d'informer sur la géographie d'un espace donné, en associant la gestion de **bases de données** et leurs **représentations graphiques**.



Applications : gestion de réseaux (transport, télécommunication, eau, gaz, électricité), aménagement du territoire, agriculture, gestion des risques, démographie, geomarketing, etc.

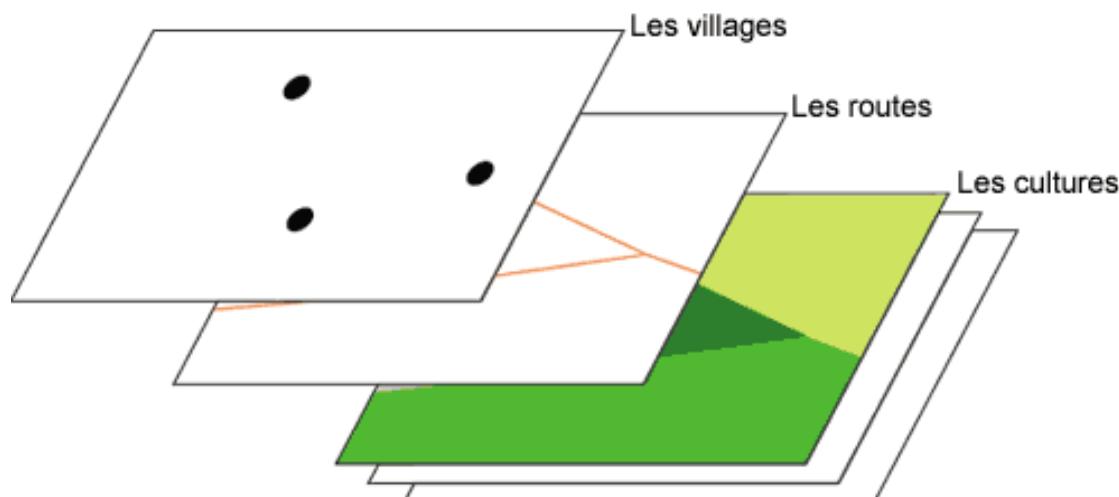
## Organisation en couches d'information

Chaque table de données est représentée par une couche graphique.

Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises,...).

Chaque objet est constitué d'une **forme** (géométrie de l'objet) et d'une **description** (sémantique de l'objet).

Toutes les couches graphiques étant superposables, les systèmes d'information géographique permettent donc de créer plusieurs thématiques différentes.



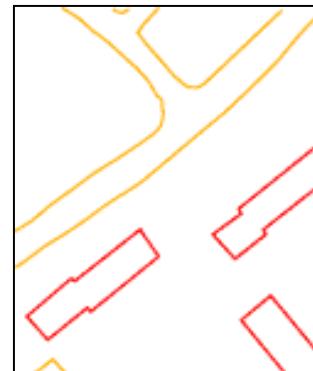
## 1) La géométrie des objets

Le niveau géométrique est la description de la position et de la forme des objets. Ces informations peuvent être :

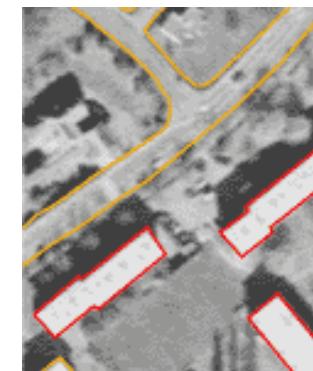
- Des images **raster** (GeoTIFF, ECW, JPEG 2000)
- Des cartes **vectorielles** composées d'objets ponctuels, linéaires et surfaciques.



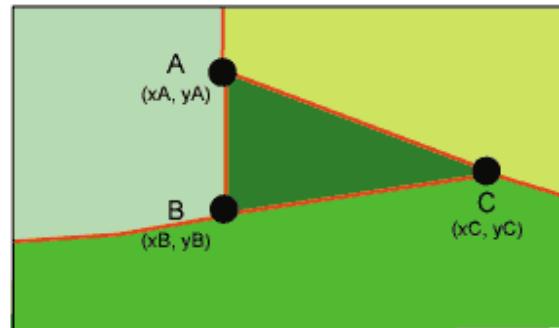
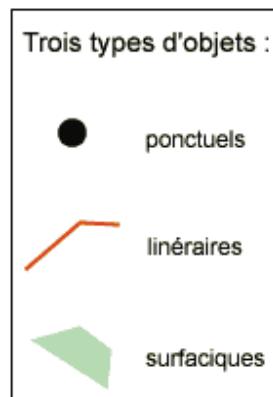
*Couche raster*



*Couche vectorielle*



*Superposition des deux couches*



*Carte vectorielle*

## 2) La sémantique des objets

A chaque objet est attribuée une fiche contenant des informations le décrivant (nom de la ville, numéro INSEE de la commune, type de l'occupation du sol,...). Ces fiches permettent de stocker des informations qui décrivent les objets : le contenu dépend des besoins du projet.



**VILLAGE**

Nom	Bristol
Nb d'hab.	853
Nb de commerces	3

**ROUTE**

Type	communale
Etat	bon

**CULTURE**

Espèce	blé
Date de mise en culture	20-nov
Traitements	oui

Un des intérêts des SIG est de pouvoir faire des **requêtes** sur leurs bases de données sémantiques ou géométriques. Il existe un grand nombre de fonctions qui permettent d'analyser un ensemble de données géographiques.

### **3.10.3 Modèles Numériques de Terrain (MNT)**

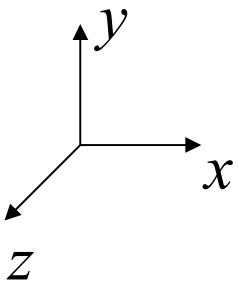
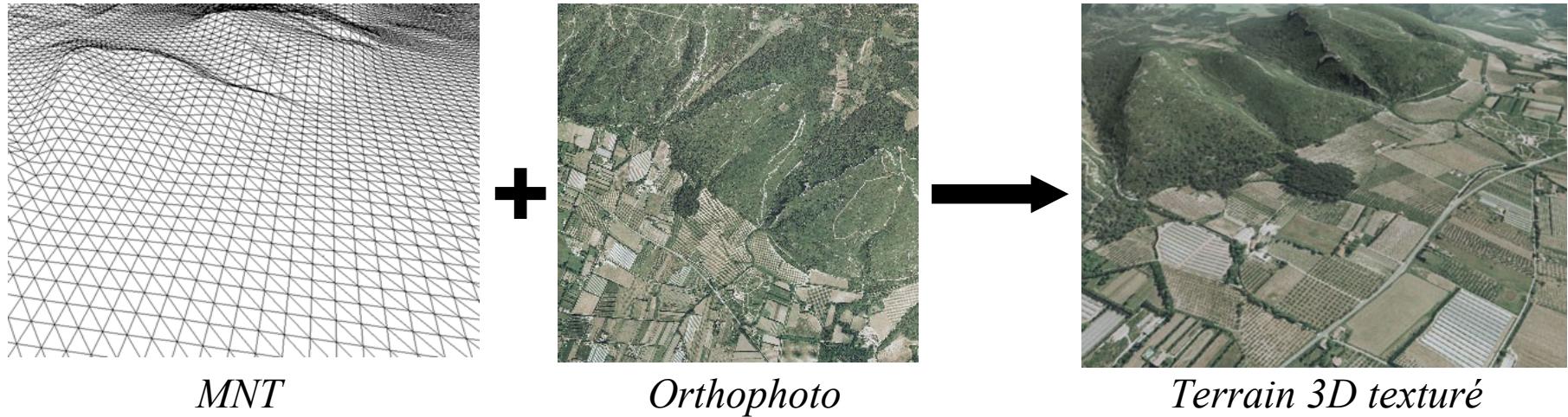
La cartographie en 3D est de plus en plus utilisée :

- Jeu vidéo
- Cinéma
- Télévision : journal télévisé, météo, trafic routier, sport (Tour de France)



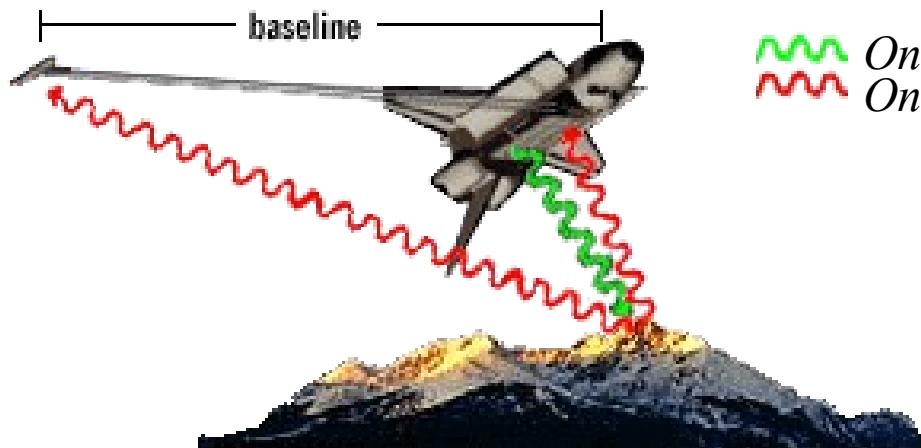
## Représentation informatique

Surface composée de triangles dont les coordonnées  $y$  des sommets sont donnés par l'altitude de ces points du terrain. On peut ensuite plaquer des images (ex: photos aériennes) pour obtenir un terrain 3D texturé.

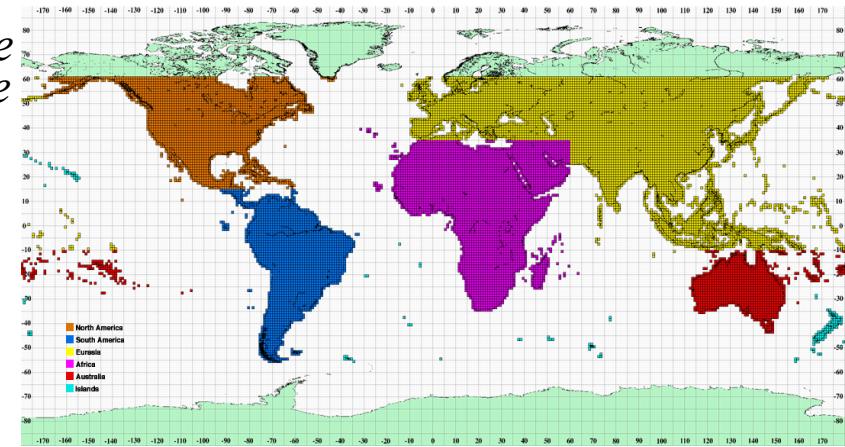


## 1) Crédation de MNT par l'acquisition d'informations réelles

- Par stéréoscopie.
- Par numérisation des courbes de niveau d'une carte.
- Par saisie directe des coordonnées (x, y, z) des points du terrain, mesurées par triangulation (par des géomètres) ou lasergrammétrie (technique permettant de capturer les coordonnées d'un point en x,y,z au moyen d'un laser).
- Par interférométrie radar :



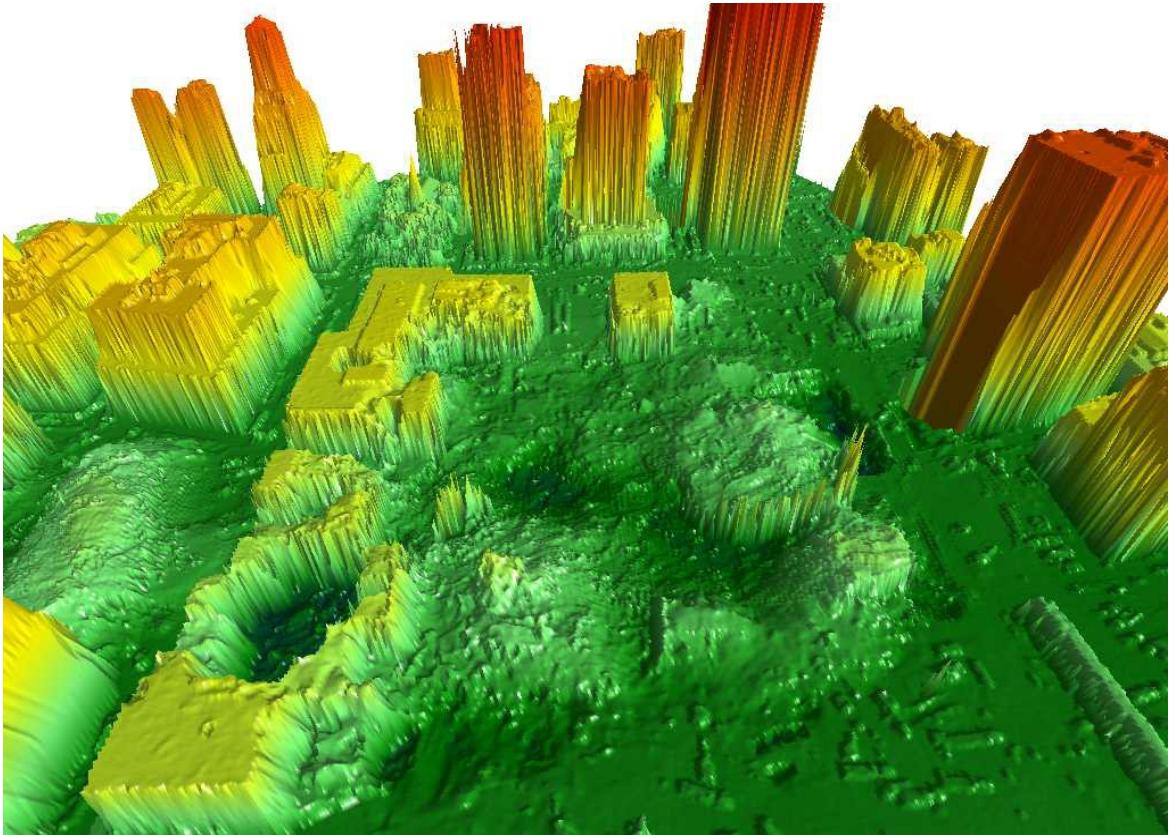
Onde émise  
Onde reçue



*La mission SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA a permis en 2000 de cartographier 80% de la Terre avec une résolution de 30m <http://srtm.usgs.gov>*

- Par système laser aéroporté LIDAR (Light Detection And Ranging)

Un télémètre laser embarqué dans un avion émet un rayonnement vers le sol. L'altitude est déduite de l'écart entre l'instant d'émission et de réception du signal. Le positionnement de l'avion est connu très précisément grâce à un GPS et une centrale de navigation inertiel INS.



*MNT du site du World Trade Center obtenu en 2001 par le NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) avec un système LIDAR d'une résolution de 30 cm.*

## 2) Crédit de MNT imaginaires

Création de terrains au moyen d'une surface composée de triangles dont les altitudes (coordonnée  $y$  des sommets) sont définies de manière pseudo-aléatoire avec différents algorithmes (fractales, bruit, turbulence de Perlin, ...).

Des textures (herbe, roche, sable, ...) sont ensuite appliquées sur les triangles.

Applications : cinéma, jeu vidéo.



*Tribes*



*Halo*

Certains logiciels permettent aussi de représenter de l'eau, de la végétation (arbres, herbes hautes, fleurs, ...), des effets climatiques (jour, nuit, pluie, neige, brouillard, nuages, ...).



## Logiciels

- Bryce <http://www.corel.com>
- Genesis <http://www.geomantics.com>
- Terragen <http://www.planetside.co.uk>
- Vistapro <http://www.vistapro.com>
- Vue d'esprit <http://www.e-onsoftware.com>
- World Builder <http://www.digi-element.com>

## Données

- SRTM <http://srtm.usgs.gov>
- IGN <http://www.ign.fr>

## 4. Traitement d'images, retouche

### 4.1 Traitement d'images

Amélioration de la qualité d'une image (supprimer du bruit, rehausser les détails, ...) au moyen de « filtres ».

Détection de contours, de points d'intérêt, etc.



*Original*



*Sharpen*



*Blur*



*Motion blur*



*Original*



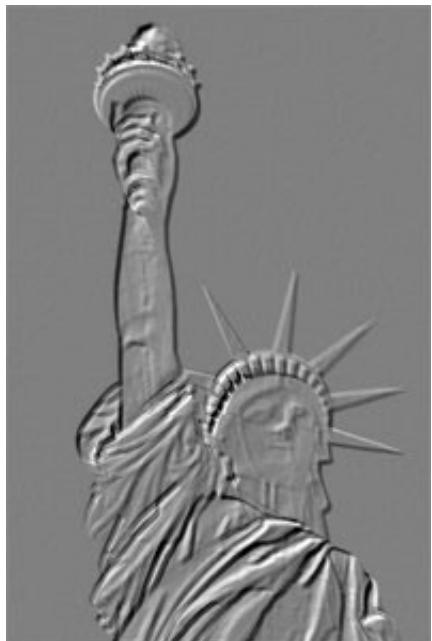
*Minimum*



*Maximum*



*Invert*



*Emboss*



*Halftone pattern*



*Chalk*



*Find edges*



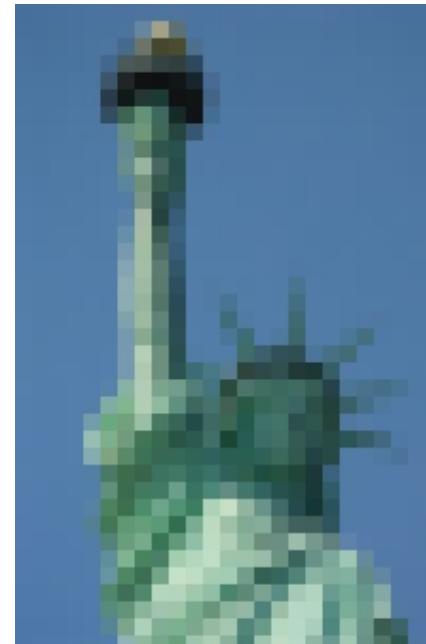
*Original*



*Photocopy*



*Plaster*



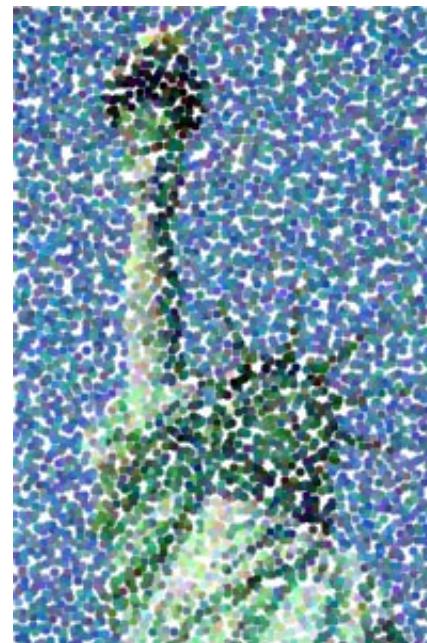
*Mosaic*



*Dry brush*



*Watercolor*



*Pointillize*

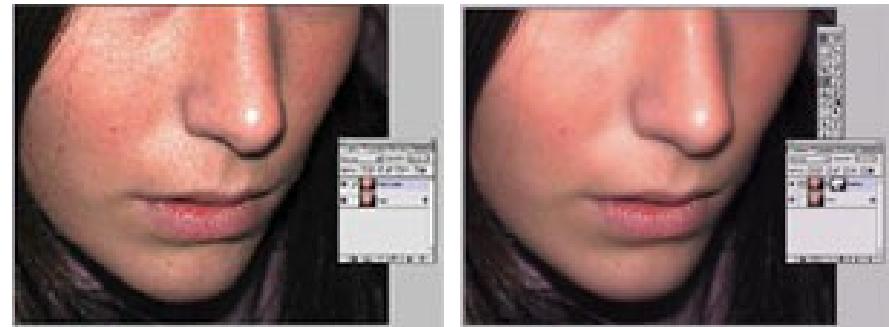


*Film grain*

## 4.2 Retouche d'images

Retouche esthétique pour la publicité, les magazines :

- Gommer les imperfections de la photo
- « Lifting » numérique
- Supprimer des objets
- Modifier les couleurs



# Suppression d'éléments

I with tie

awaiian

Back zip.

tton poplin.

•173-483

0.

in floral and

, surfer

st seaming

ported

2-656

I. The mini  
belt.

Brown (27).  
fiber.

•172-500

0.

E.

for ease.

r a cami.

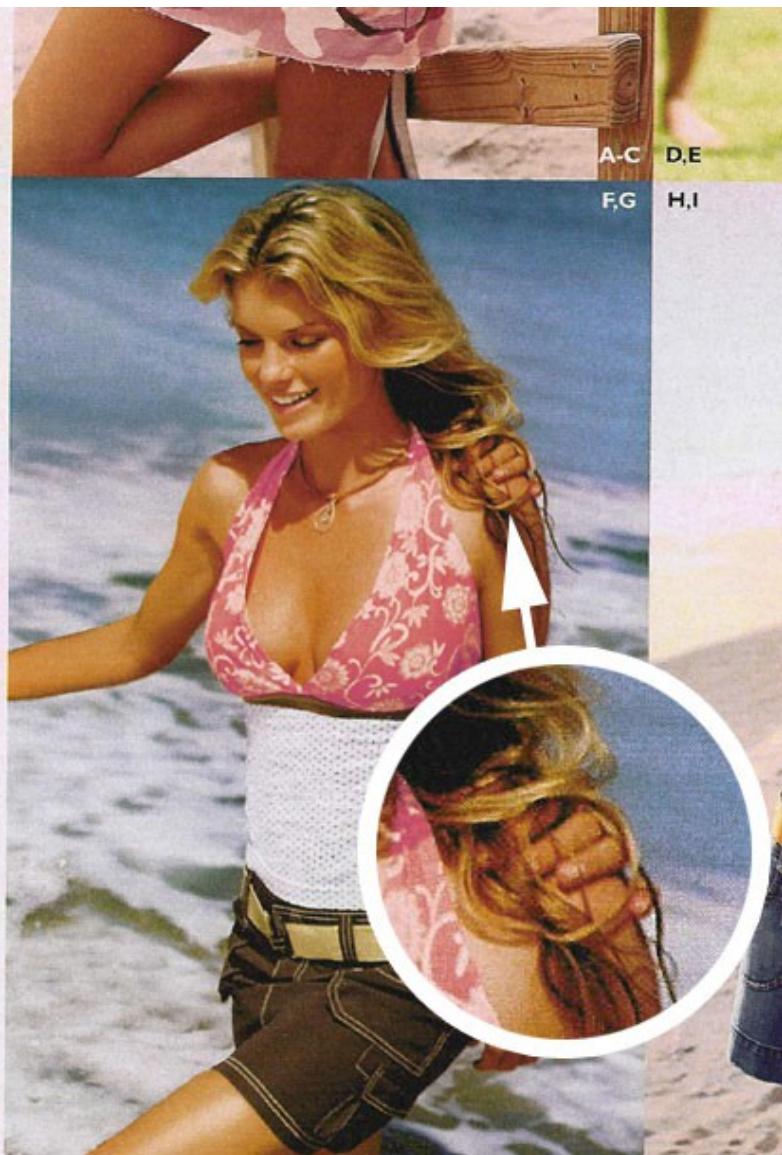
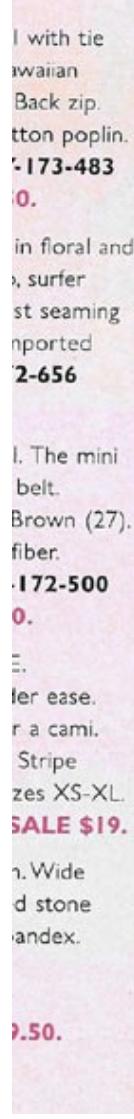
Stripe

zes XS-XL.

**SALE \$19.**

n. Wide  
d stone  
andex.

9.50.



## Restauration de photos anciennes, colorisation



→ Dangers : manipulation de la réalité avec des photomontages.

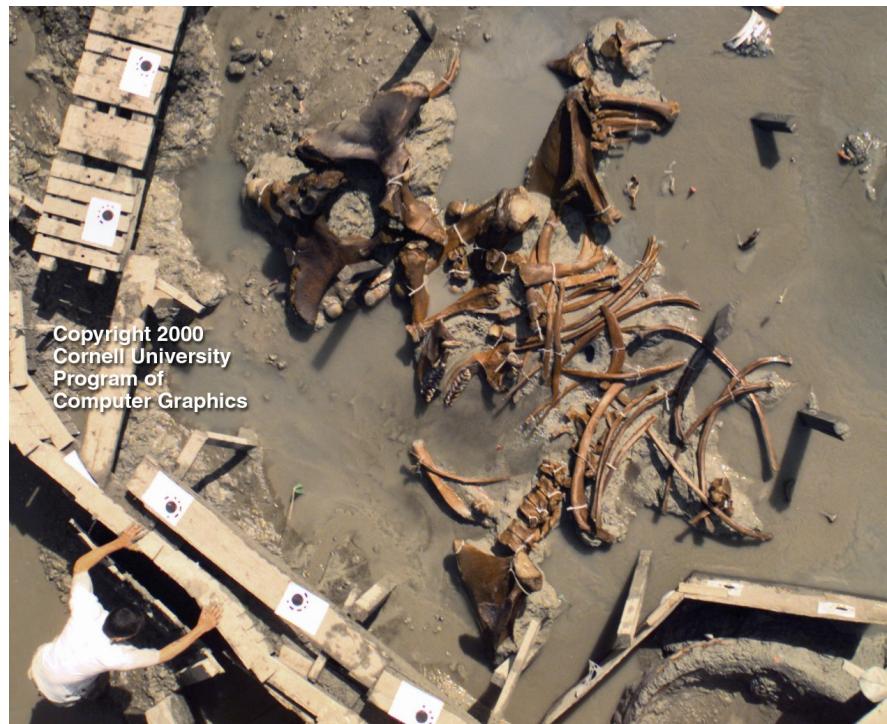
*Rencontre avec le président Kennedy dans le film « Forrest Gump ».*



*Photo de camp de réfugiés en Irak publiée dans le L.A. Times.*



*Découverte d'un squelette de géant dans le désert en Arabie !*



*...mais qui est un photomontage avec une photo de fouilles véritables (squelette de mammouth)*

# 5. Reconnaissance d'images

## 5.1 OCR (*Optical Character Recognition*)

Reconnaissance optique de caractères : analyse d'une image bitmap (provenant du scan d'un document, ou écrit sur un écran tactile, ...) pour reconnaître des lettres et les transformer en texte.

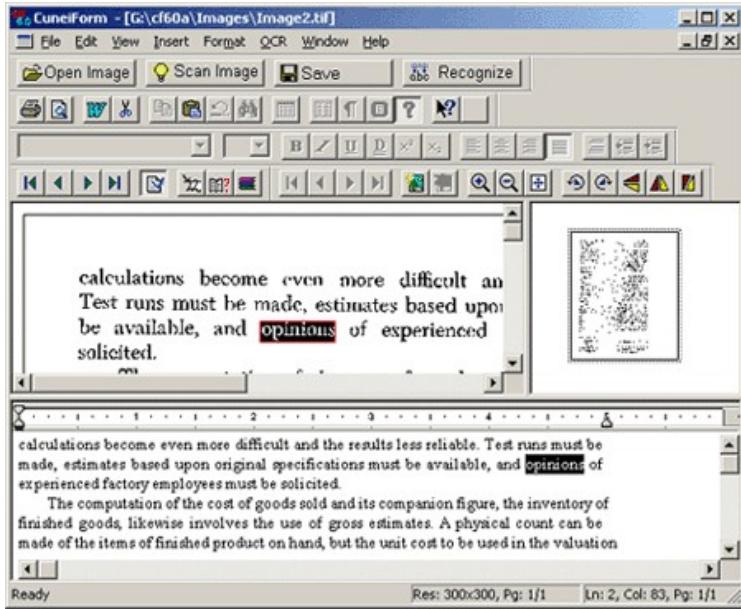


*Image bitmap*

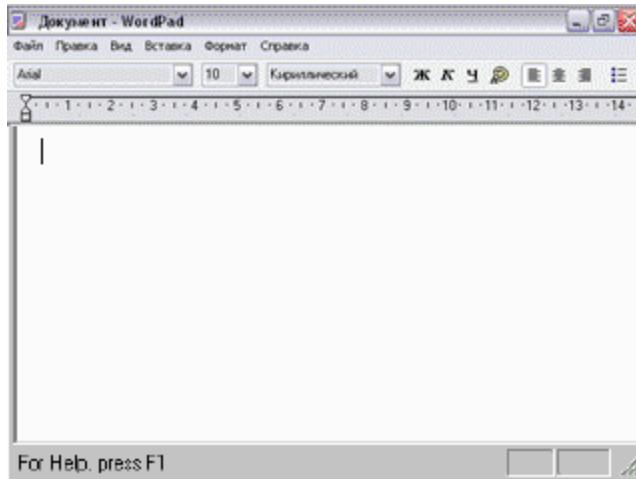


« du texte »

*Texte ASCII*



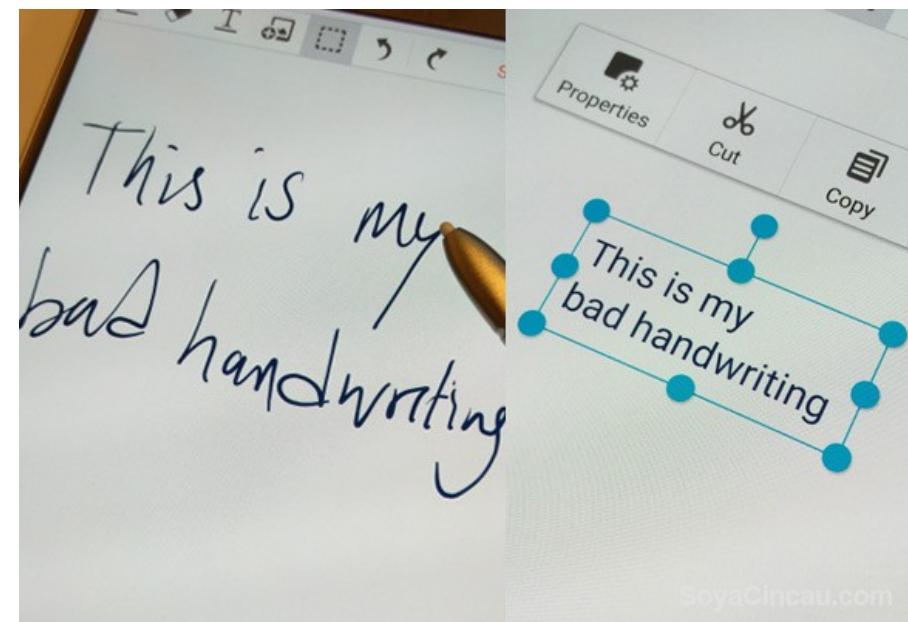
## Transformation de texte



## Reconnaissance d'écriture manuscrite



## Analyse de code-barre



## Écriture manuscrite sur un smartphone

## 5.2 Reconnaissances biométriques

L'identification d'une personne peut se faire grâce à :

- *Ce qu'elle sait* : un mot de passe, un code à 4 chiffres, ...
- *Ce qu'elle a* : une clé, une carte, un passe magnétique, ...

Mais cela n'assure pas que cette personne est présente et qu'elle est le propriétaire authentique.

→ Utilisation de la **biométrie**, qui repose sur :

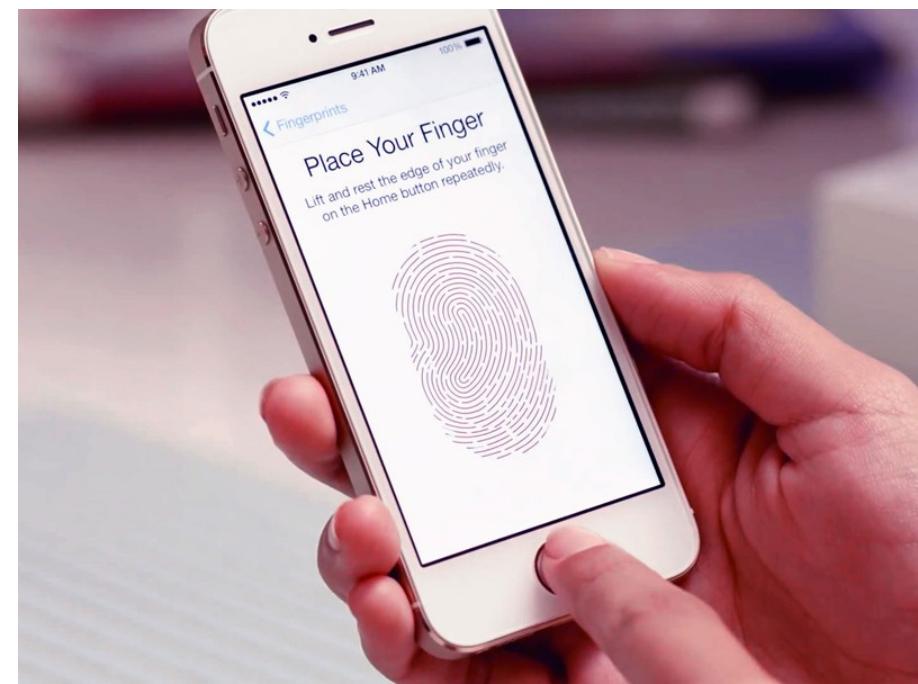
- *Ce qu'elle est* : une caractéristique anthropométrique.

On peut s'en servir comme authentification d'accès (banque, bâtiment sensible, etc.) ou pour déverrouiller un smartphone, un ordinateur.

(Plus d'informations sur <http://biometrics.mainguet.org/>)

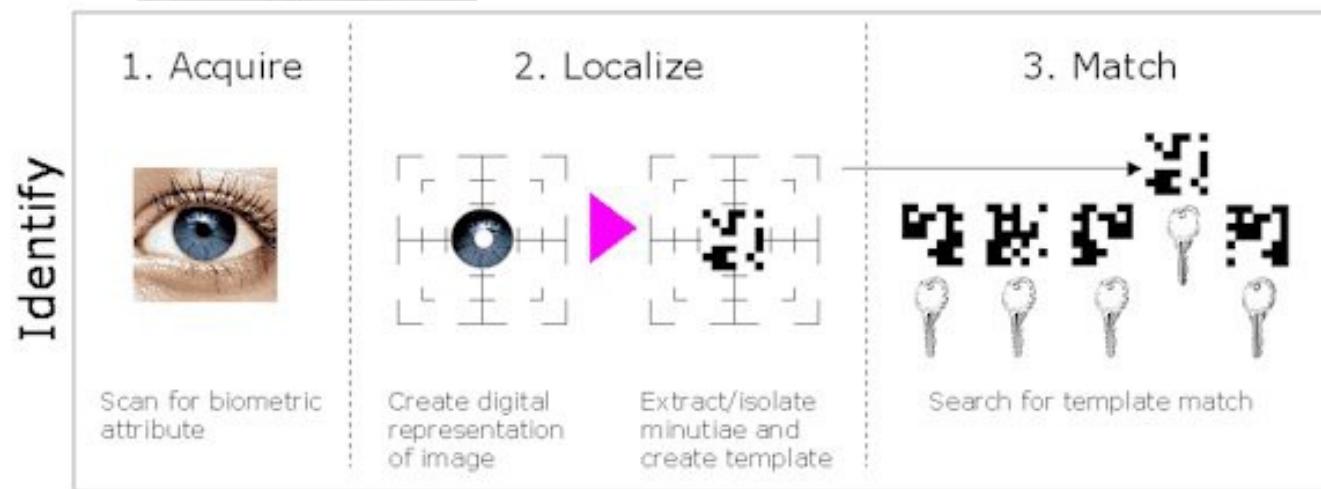
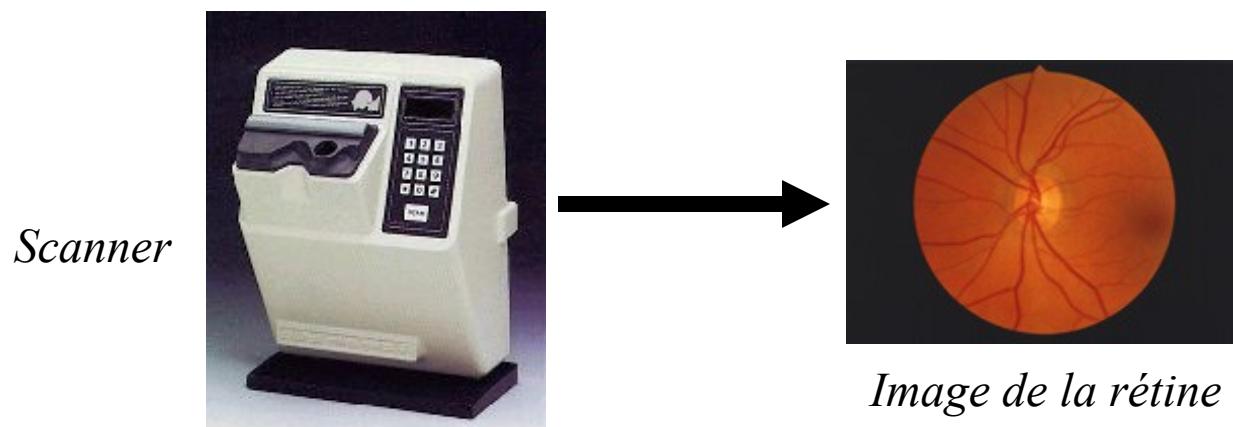
## – **Empreintes digitales**

Analyse d'empreintes digitales pour y extraire un certain nombre de points caractéristiques (bifurcations, arrêts, ...) qui constituent la **signature** (unique) de l'empreinte.



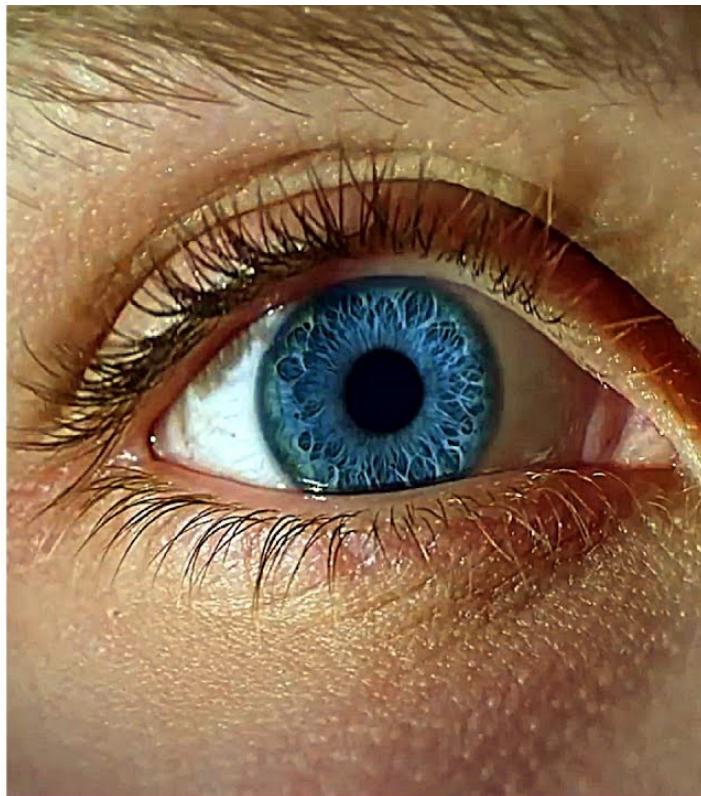
## – **Rétine**

Chaque individu peut être identifié grâce à l'apparence de sa rétine, qui est unique.



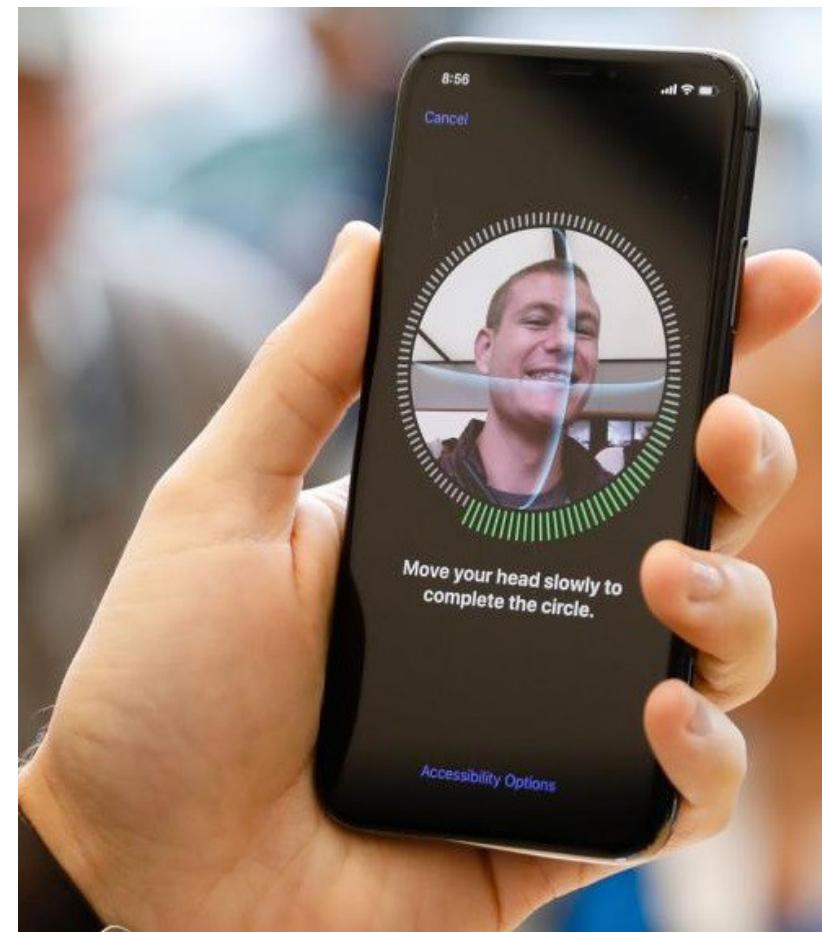
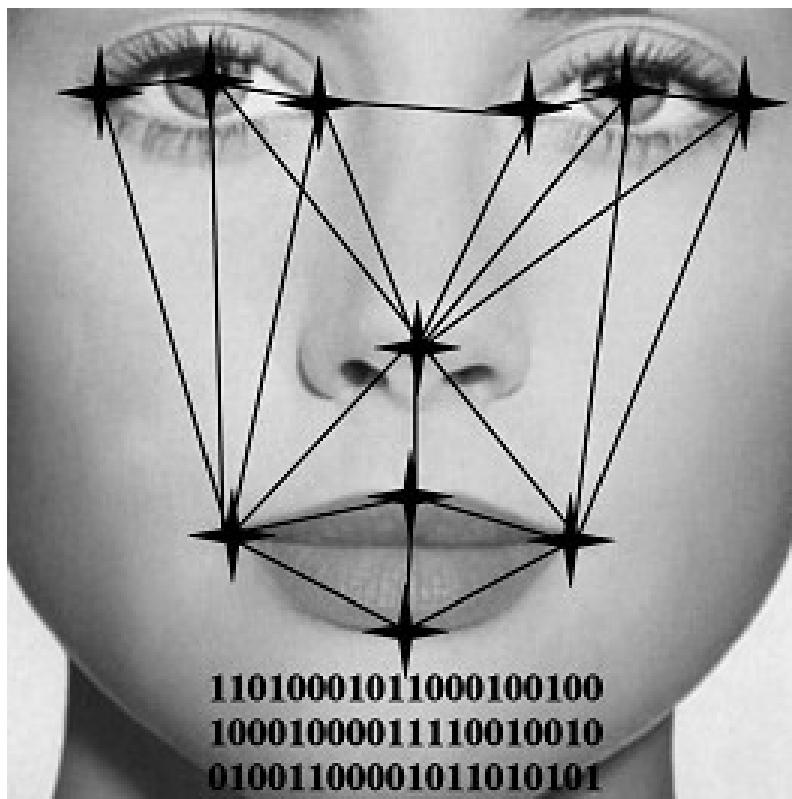
## *– Iris*

L'iris de l'oeil a une forme unique pour chaque individu et peut aussi être utilisé comme moyen d'authentification.



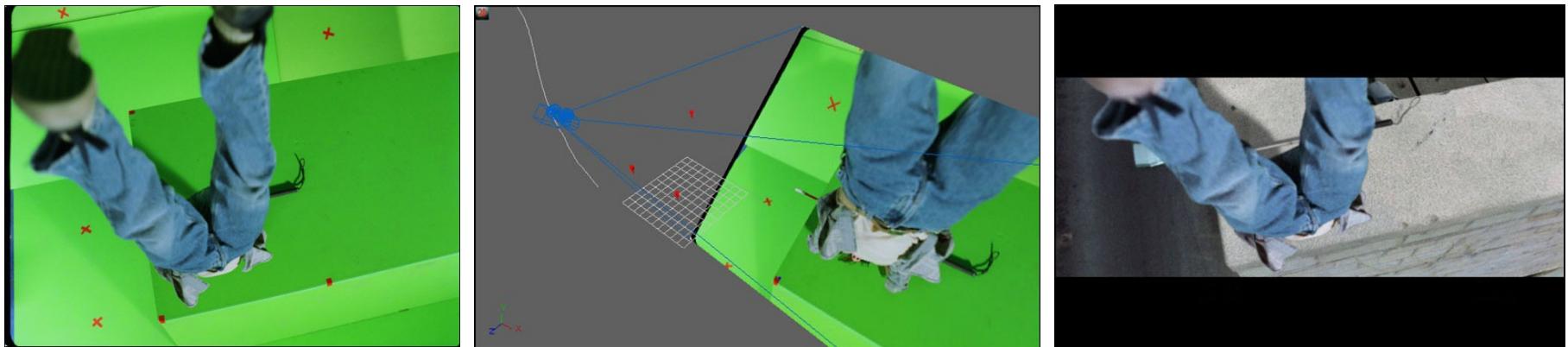
## – Reconnaissance faciale

On peut utiliser les distances entre des points caractéristiques du visage pour en tirer une signature qui sera propre à chaque individu (FaceID de Apple).



## 5.3 Motion tracking

Le *tracking* est l'identification d'une forme dans une image d'une vidéo, et son repérage dans les images suivantes pour suivre son mouvement au cours du temps.



Exemples :

- Tracking du visage d'une personne pour lui appliquer du flou.
- Tracking de points pour déterminer la position de la caméra et recaler des images réelles dans un décor virtuel 3D vu sous le même angle de caméra.

- ***Vidéo surveillance***

Le motion tracking est utilisé pour suivre automatiquement des personnes ou des véhicules sur une vidéo tournée par une caméra de surveillance.

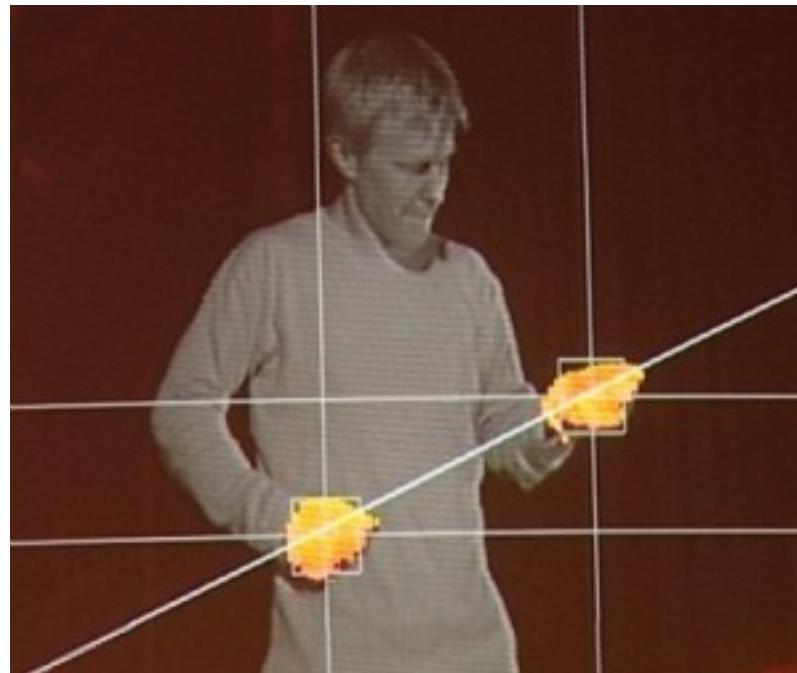


## – Jeu vidéo

La *Kinect* de Microsoft (Xbox, PC) et le *Eye Toy* de Sony (PS2) sont des caméras qui filment les gestes du joueur. Une analyse d'image permet de déterminer l'emplacement du joueur et d'interagir avec lui au cours de jeux.



Le projet *Virtual Air Guitar* consiste à analyser la position des mains du joueur et à synthétiser des sons de guitare électrique en conséquence.



Helsinki University of Technology  
<http://airguitar.tml.hut.fi/index.html>

## Logiciels

- AfterEffects <http://www.adobe.com>
- Boris Red <http://www.borisfx.com>
- Boujou <http://www.boujou.com>
- Combustion <http://www4.discreet.com/combustion/>
- Commotion <http://www.pinnaclesys.com>
- Match Mover <http://www.realviz.com>
- ...

# 6. Animation

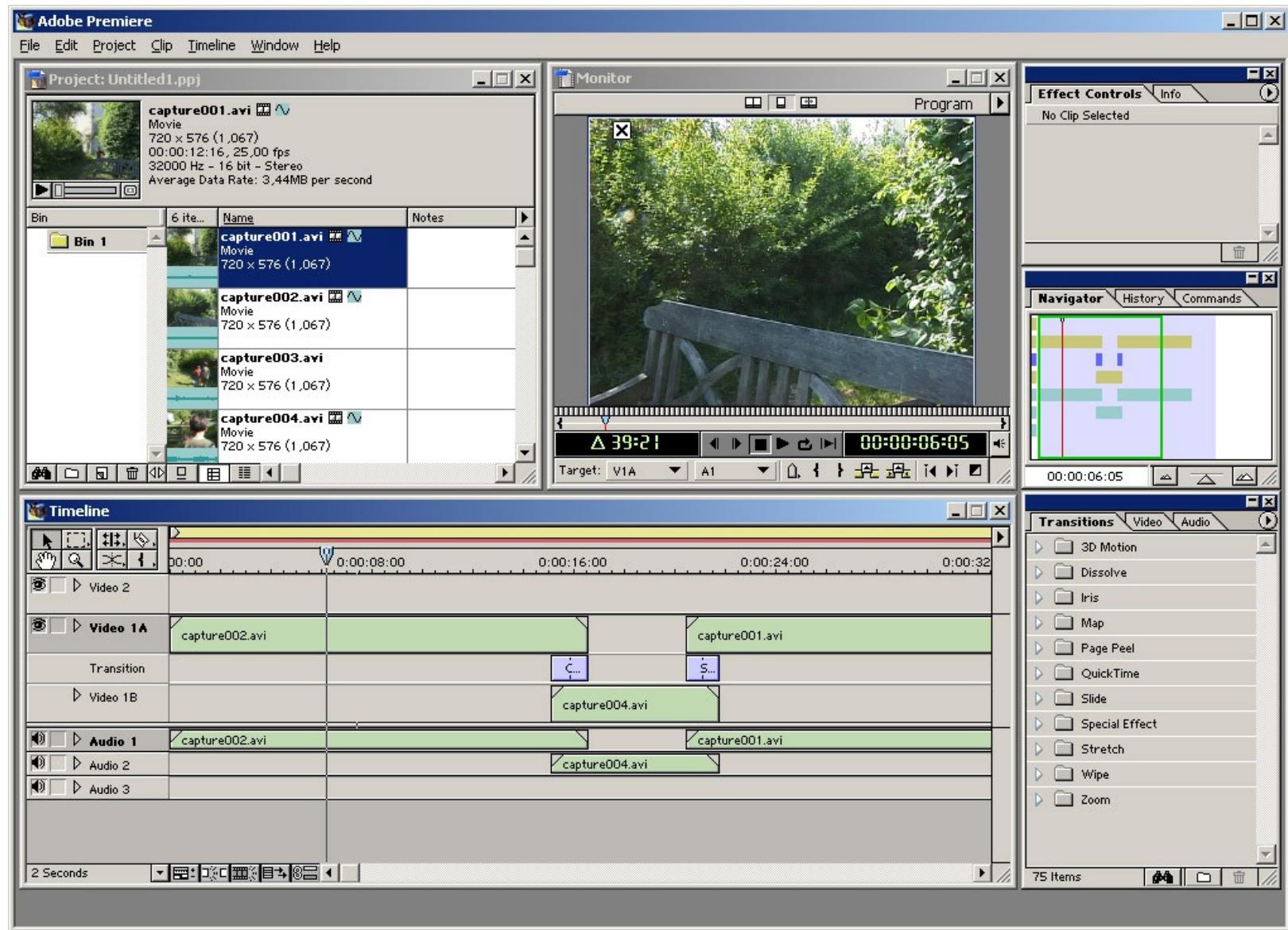
## 6.1 Montage

Une fois le tournage d'un film terminé, on a un ensemble de « **rush** », de séquences correspondant aux différentes prises. Il faut maintenant mettre bout à bout ces séquences lors de l'étape du **montage** pour réaliser le film.

Les outils de montage informatique ont remplacé les ciseaux et la colle, ce qui permet plus de flexibilité, le droit à l'erreur et l'expérimentation.

Ils permettent de superposer un nombre « infini » de pistes vidéo et audio.

# Interface type (ici, celle de Adobe Premiere) :



## Logiciels :

- Adobe Premiere <http://www.adobe.com>
- Avid Xpress <http://www.avid.com>
- Final Cut Pro <http://www.apple.com>
- MediaStudio Pro <http://www.ulead.com>
- Vegas Video <http://www.sonicfoundry.com>
- VirtualDub <http://www.virtualdub.org>
- ...

Ces logiciels peuvent être étendus au moyen de plugins.

## 6.2 Postproduction

La postproduction est l'étape où un film a été tourné et nécessite de modifier les images, pour étalonner les couleurs, modifier des détails ou incruster des effets spéciaux.

- Étalonnage couleur
- Ajout de grain
- Fond bleu
- Sky replacement
- Pluie
- Neige
- Ajout de textes, logos
- Effet vieux film
- Effet nuit
- Effacement de câbles
- Explosions
- Éclairs d'armes à feu

## – ***Effacement de câbles*** (« *wire removal* »)

De nombreuses cascades acrobatiques sont exécutées en retenant l'acteur par des câbles (cinéma de Hong-Kong, *Tigre et dragon*, *Charlie's Angels*, *Kill Bill*, *Matrix*, ...). Ces câbles sont ensuite supprimés numériquement.



## Remarque

Des algorithmes similaires à ceux permettant d'effacer des câbles sont utilisés pour restaurer des vieux films, en supprimant les rayures.



*Image originale, détériorée*



*Image restaurée*

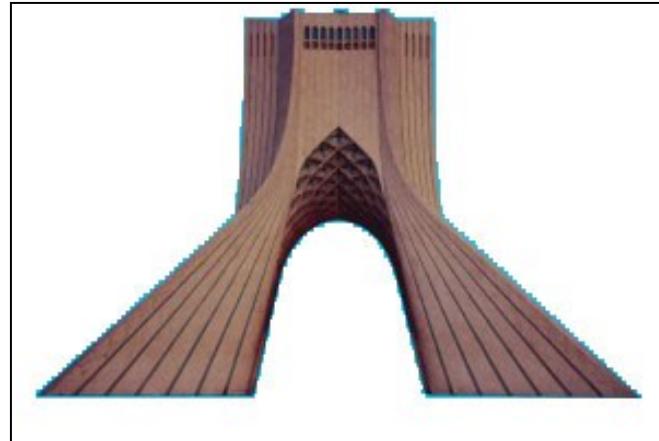
## – ***Matte painting*** (*depuis 1925*)

Il est courant d'avoir besoin au cinéma de montrer des décors très vastes. Il serait ruineux pour la production du film de devoir construire tous ces décors.

Seuls les décors en contact direct avec les acteurs sont donc construits et le reste est réalisé en peinture par un artiste sur une plaque de verre (« *Matte painting* »). La plaque est placée entre la caméra et le plateau de tournage.



*Plateau de tournage*



*Matte painting*



*Film résultant*

De nos jours, les « peintures sur verre » sont toutes réalisées sur ordinateur. Ceci permet de les incorporer avec plus de facilité après le tournage en post-production.

Deux sortes de *matte painting* numériques :

- **2D** : c'est l'équivalent des peintures sur verre traditionnelles, mais avec des images dessinées sur ordinateur (souvent des montages photographiques) et intégrées numériquement au film.
- **3D** : une partie du décor est entièrement créée en 3D. Permet des changements de perspective, contrairement à la 2D. Le décor 3D est incrusté dans le décor réel en suivant les mouvements de la caméra réelle grâce à du *motion tracking*.

## Matte painting 2D



*Photo originale*



*Matte painting prolongeant le couloir*



*Matte painting incrusté avec un fond vert*



*Matte painting crée à partir d'une photo réelle*  
<http://www.seb4d.com>



Sky Extension

## Matte painting 3D



*Great Expectations (1998)*



*The Truman Show (1998)*

## Logiciels :

- AfterEffects <http://www.adobe.com/products/aftereffects/main.html>
- Combustion <http://www4.discreet.com/combustion/>
- Commotion <http://www.pinnaclesys.com>
- Flame <http://www4.discreet.com/flame/>
- Inferno <http://www4.discreet.com/inferno/>
- ...