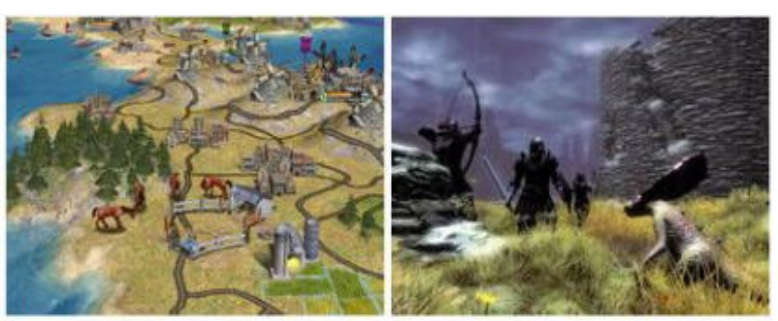
ECOLE NATIONALE
DU JEU ET DES MEDIAS
INTERACTIFS NUMERIQUES

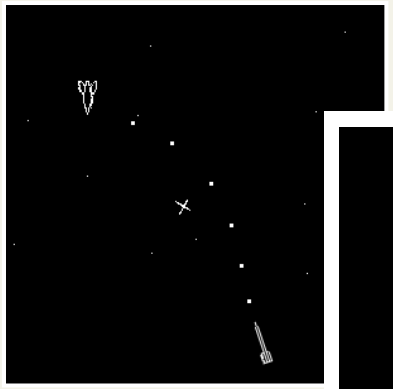
Les fonctionnalités d'un moteur de jeu (autres que le rendu graphique)



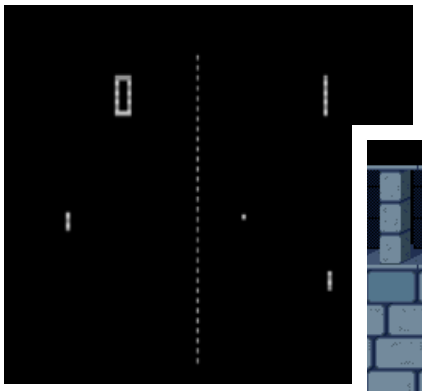
Alexandre Topol

ENJMIN
Conservatoire National des Arts & Métiers

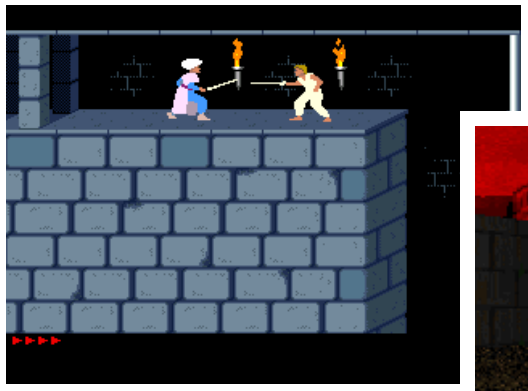
20 ans d'évolution ...



1961
Spacewar!
Steve Russel
(MIT)



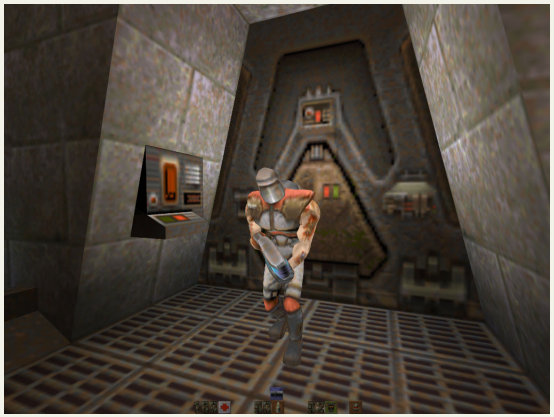
1972
PONG
Nolan Bushnell
(Atari)



1989
Prince of Persia
Jordan Mechner
(Brøderbund)

1993
Doom
John Carmack
(Id Software)

... des jeux ...



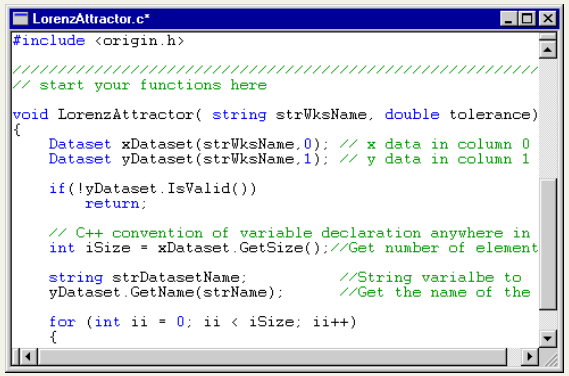
1997
Quake 2
Id Software
(Activision)

2004
Far Cry
Crytec
(UbiSoft)

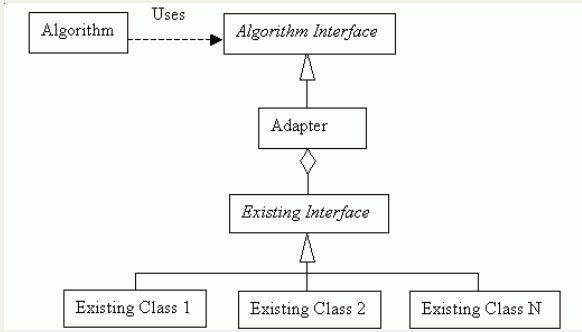
2008
Assasin's Creed
(UbiSoft)

... et des techniques ...

1960
BASIC



1972
C

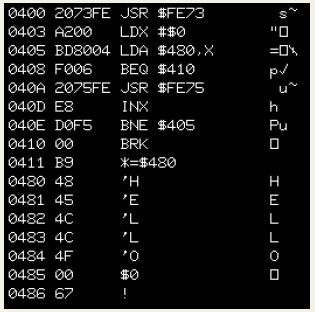


1983
C++

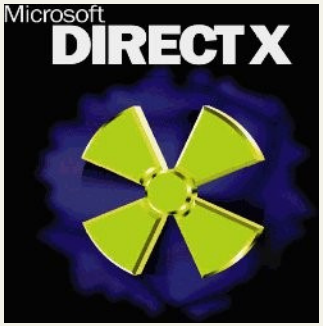
ECOLE NATIONALE
DU **JEU** ET DES **MEDIAS**
INTERACTIFS NUMERIQUES

... et méthodes pour les faire

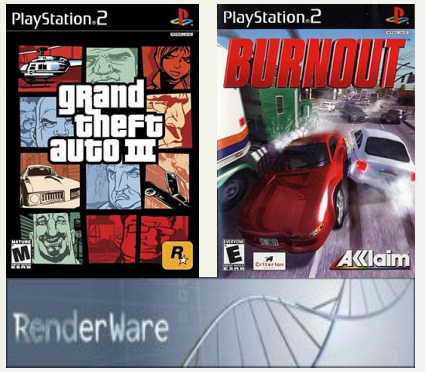
1993
Mods



1995
3dfx ASM

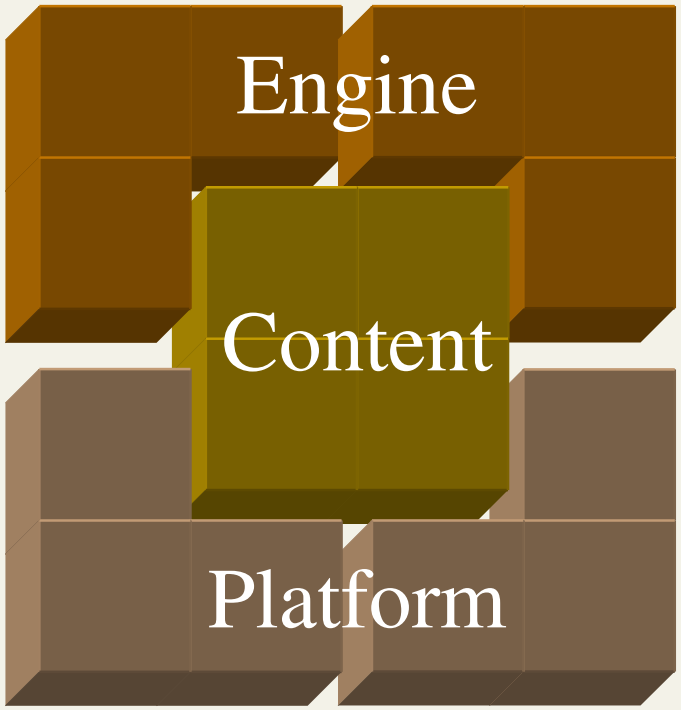


1995
DirectX 1.0

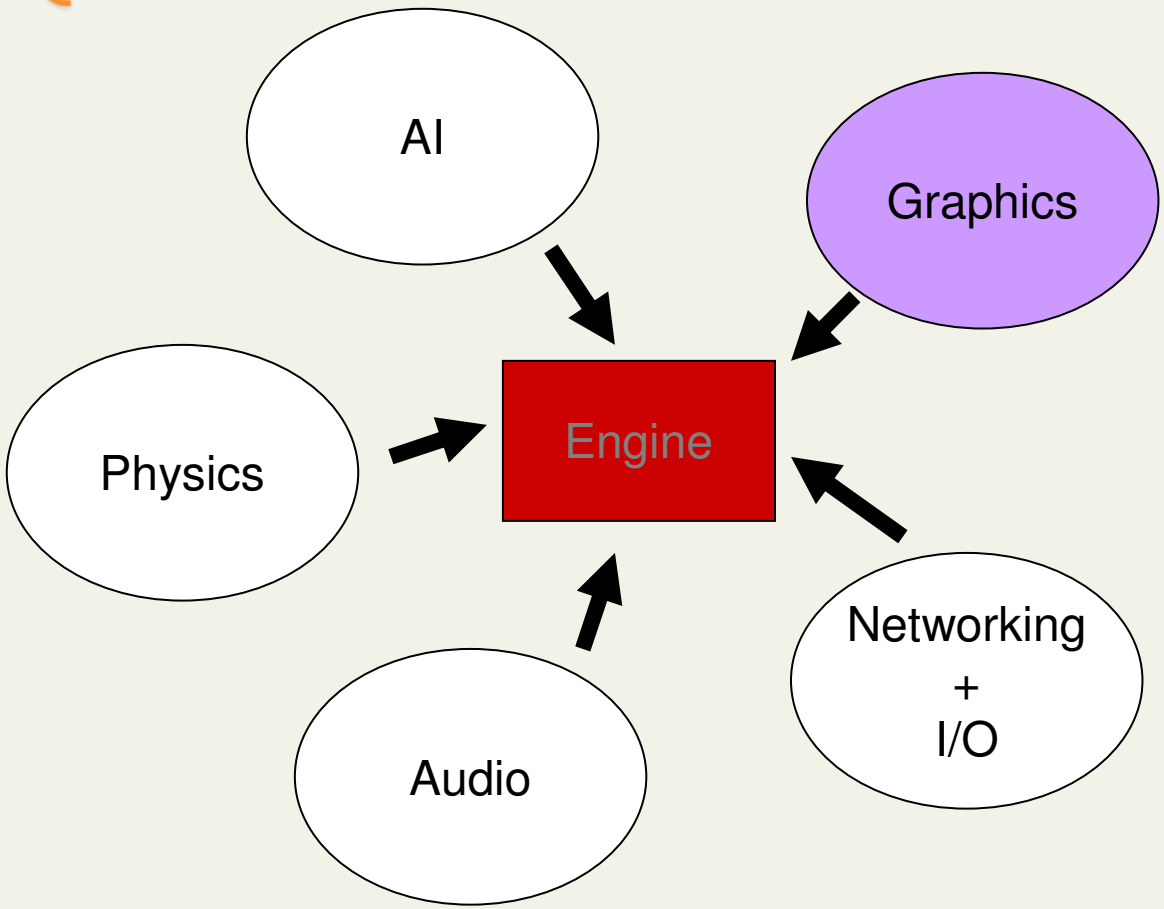


2002
Renderware

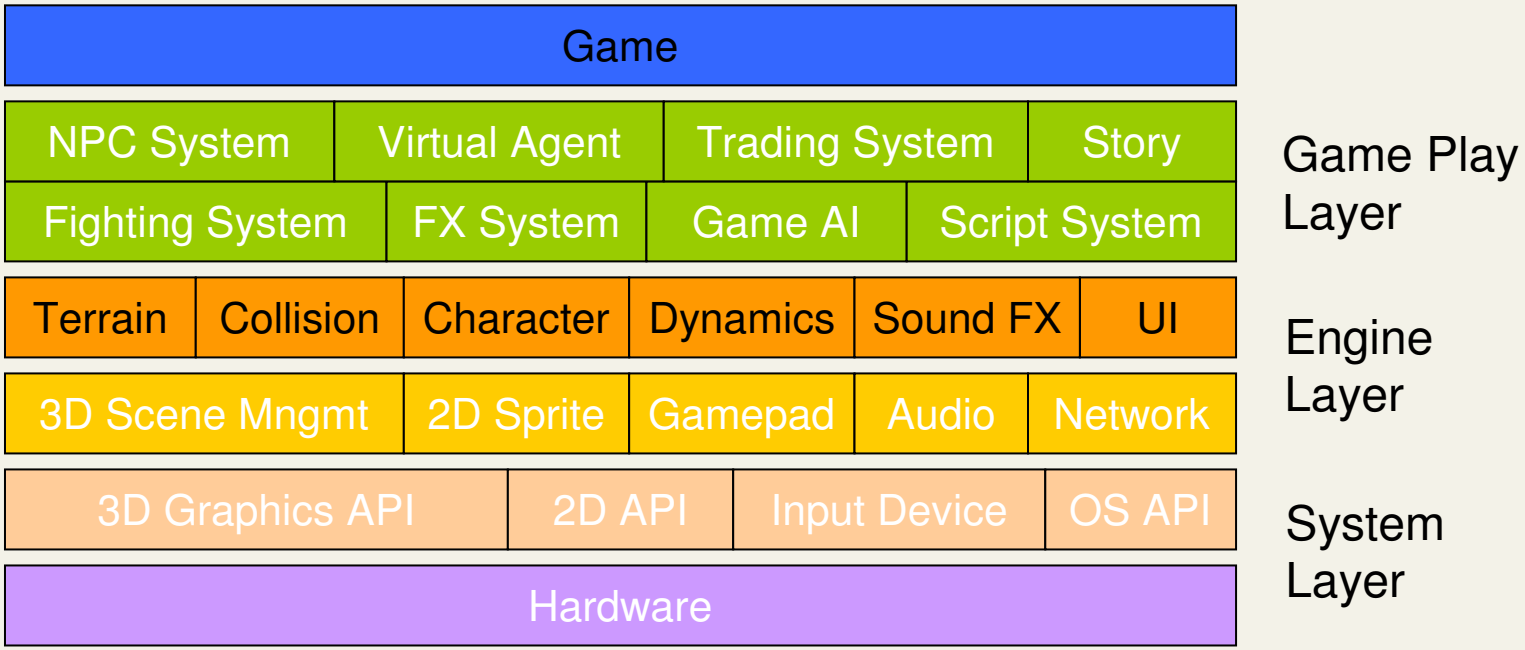
Les composants d'un jeu



Les composants d'un moteur de jeu



Moteur de jeu



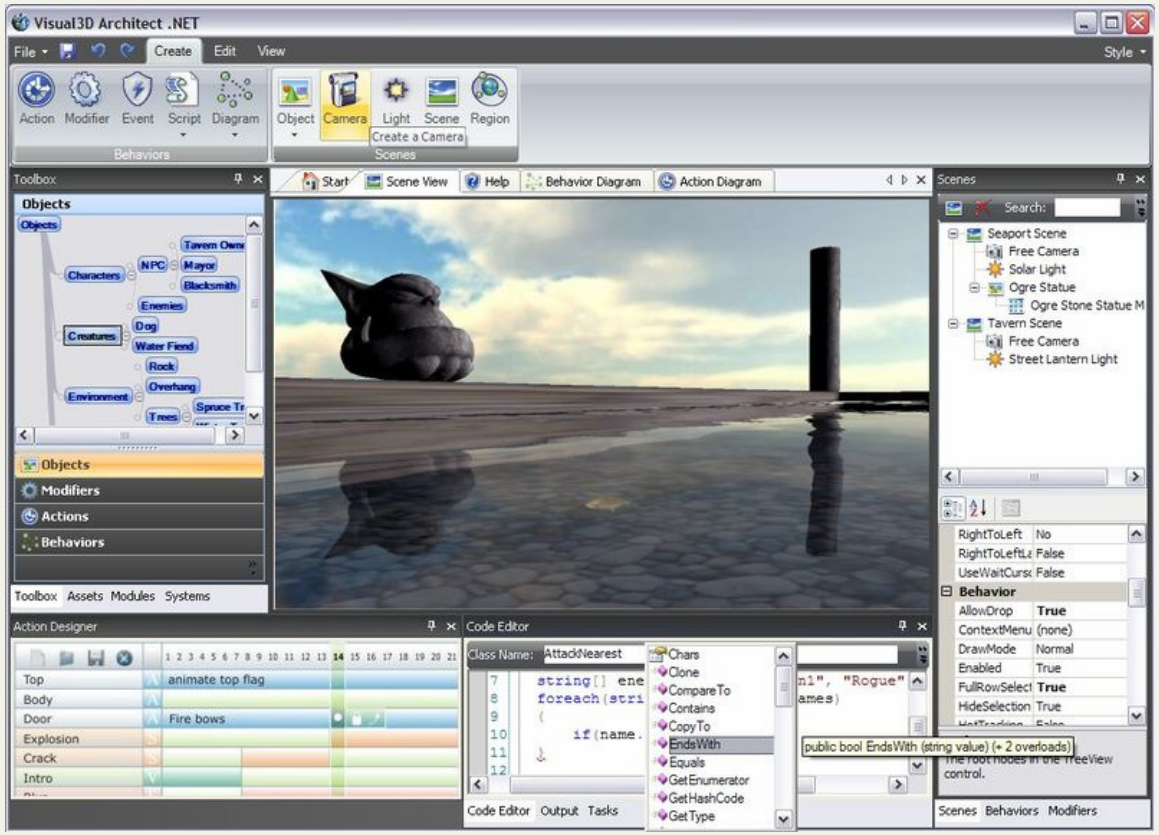
Moteur de jeu

- Les studios choisissent de l'acheter ou de le faire
  - Quake Source, Unreal engines
  - Renderware, Gamebryo middlewares
  - Ils ne sont pas que des APIs mais également des outils d'aide à la création
- Ou d'acheter certains éléments
  - Combien de personnes peuvent faire un moteur physique ?
  - Et combien de studios peuvent supporter le coût d'en faire un ?
  - Video codecs, etc
- Un moteur peut être spécilisé/optimisé pour un genre de jeu

Moteur de jeu

- 3D graphics tools
- Physics engine
- Audio
- Animation
- Character “AI”

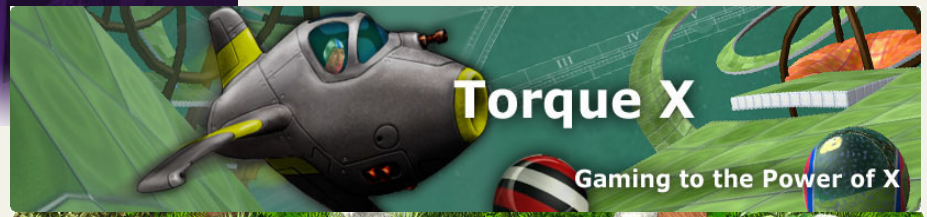
Coût: d’open source (CrystalSpace) à $100K+ (Unreal Engine)

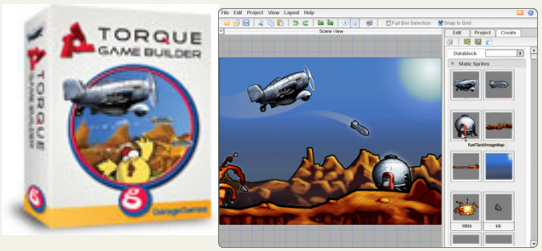


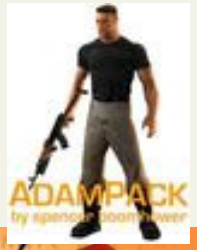
Visual3D Architect .NET Screenshot RealmWare Corporation

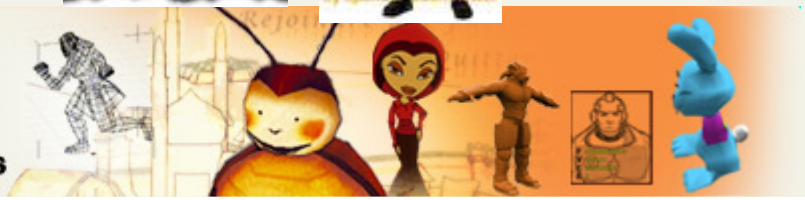
ECOLE NATIONALE
DU JEU ET DES MEDIAS
INTERACTIFS NUMERIQUES

Moteurs de jeu









ECOLE NATIONALE
DU JEU ET DES MEDIAS
INTERACTIFS NUMERIQUES

Moteurs de jeu

Unreal Engine 3

Overview

Unreal Engine 3 is a complete game development framework for next-generation consoles and DirectX9-equipped PC's, providing the vast array of core technologies, content creation tools, and support infrastructure required by top game developers.

Moteurs de jeu

- *programmables :*
  - *Torque* – ***ensemble de moteurs (2D, 3D, 3D+Shaders), large communauté de développeurs, peu coûteux***
  - *3D Game Studio* – ***Hundreds of games, C-script, many libraries of pre-made games***
  - *OGRE* – ***Scene-oriented, 3D engine, open source, Basic Physics***
  - *Crystal Space* – ***Used for Modeling and Simulation, Physics engine***
  - ***Many others at http://www.devmaster.net/engines/***

- *MODS – scriptables:*
  - *Return to Castle Wofenstein / Enemy Territory* - **moteur quake**
  - *Quake III* – **Le moteur le plus utilisé/modifié à travers les mods.**
  - *Counter Strike* - **mod de half life**

Programmes interactifs & immersifs

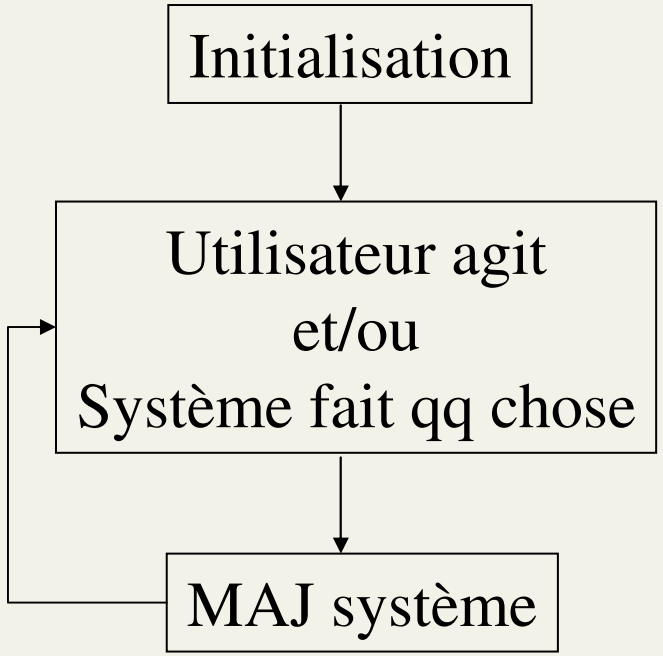
Battlefield 2

- Les jeux sont des simulations interactives
- Ils cherchent à immerger le joueur
- Fonctionnalités importantes pour les programmes interactifs ?
- Fonctionnalités importantes pour les simulations immersives ?

Fonctionnalités importantes

- L'utilisateur contrôle l'action/la narration
  - Le contrôle doit être direct et immédiat
- Le programme fournit des indications sur son état
  - L'utilisateur doit savoir et comprendre ce qu'il arrive
  - L'utilisateur doit obtenir une confirmation que ses actions ont été prises en compte par le programme

Structure d'un programme interactif



- Programmation événementielle
  - Toute réaction arrive en réponse à un événement
- Événements proviennent de :
  - L'utilisateur
  - Du système
- Les événements sont aussi appelés *messages*
  - Un événement produit l'envoi d'un message …
- 2 manières de gérer les événements : blocage ou non

Boucle temps-réel

- Le noyau central d'un système interactif :

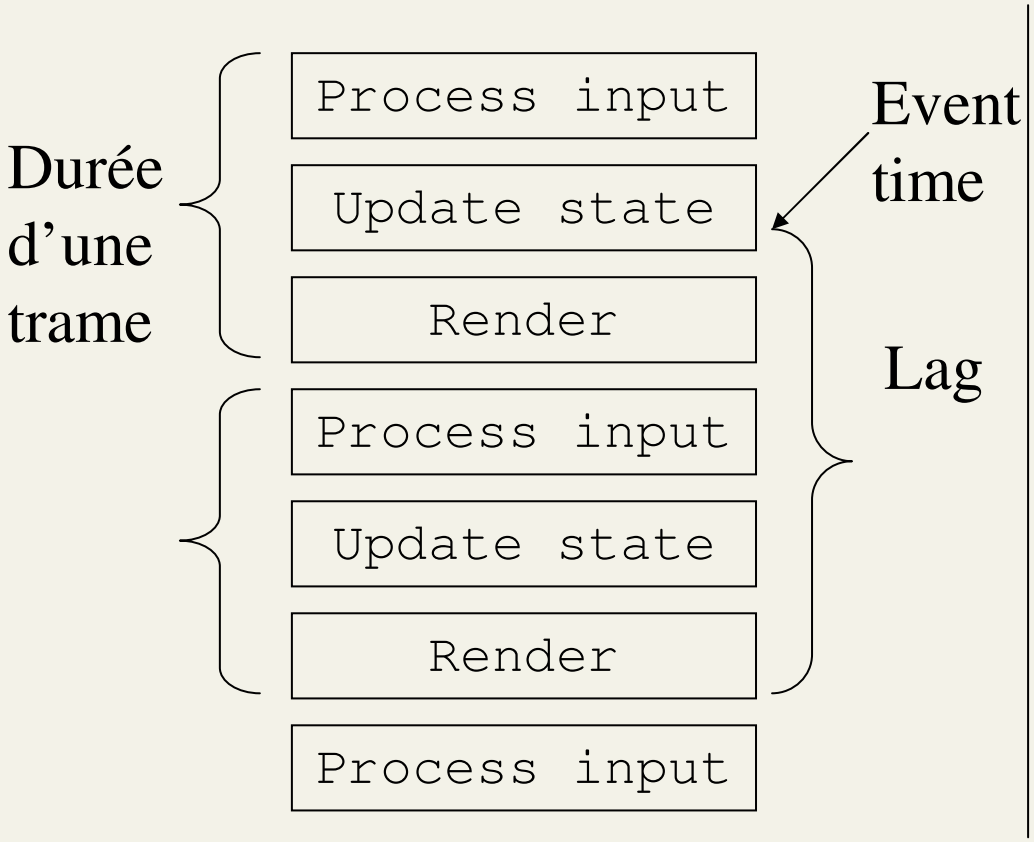
```
while ( true )
        process events
        update animation
        render
```

- Que peut-on (doit-on) faire d'autre dans cette boucle ?
- Le nombre d'exécution de cette boucle par seconde est le *framerate*
  - # frames per second (fps)

Lag (latence)

- Le *Lag* = laps de temps écoulé entre une action et la perception de son résultat
  - Trop de *lag* et la causalité est distordue
  - Si l'action est un mouvement dont la réponse est visuelle, trop de *lag* peut rendre certaines personnes malades
  - Trop de *lag* rend la vidée difficile (en général difficulté pour toute tâche de désignation)
- Une trop grande variabilité du lag rend également l'interaction difficile
  - Les utilisateurs peuvent s'adapter à un lag constant mais pas à une latence variable.
- D'un point de vue cognitif, le *lag* est la variable importante

Calcul du *Lag*

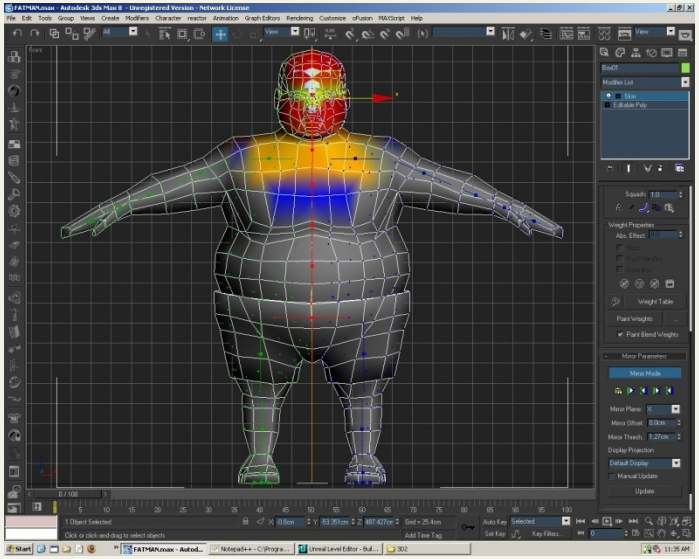


- La latence n'est pas le temps mis pour calculer une trame !

Réduire le *Lag*

- Réponse triviale : un matériel + rapide et des algos + efficaces
- En pratique
  - on peut définir un *framerate* cible et on essaye de faire le plus de chose pendant cette durée impartie
    - ⇨ Cela dépend très fortement du matériel
    - ⇨ D'où la nécessité de proposer des options à l'utilisateur
  - on gère le temps comme une ressource : combien de temps octroie-t-on pour chaque aspect du jeu (graphiques, IA, son, …
  - on sépare les calculs
    - ⇨ Le but est de libérer du temps de calcul pour garder un *lag* action utilisateur/notification acceptable
    - ⇨ Pour certains aspects un lag important peut être acceptable : la réaction d'un ennemi, un changement d'animation, …
    - ⇨ Technique : mettre à jour différentes parties à des rythmes différents :
      - Par exemple : graphique à 60fps, IA à 10, la physique à 30

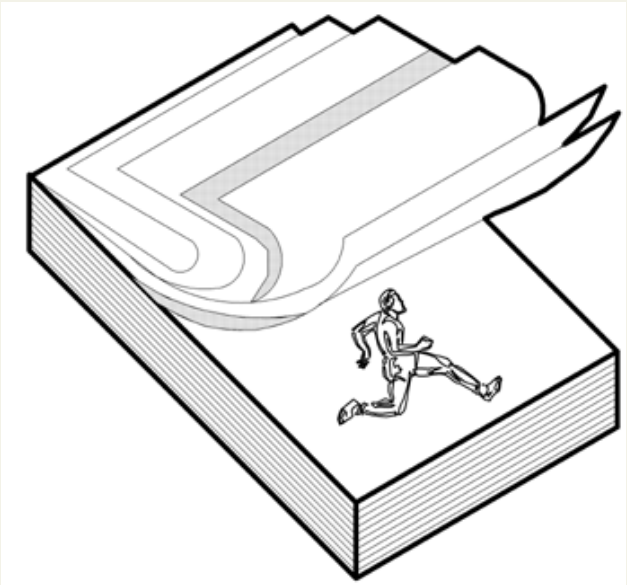
Animation



Jeff Lew

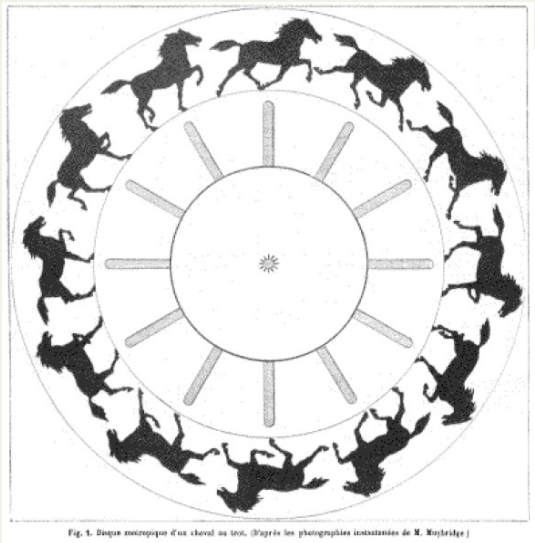
Qu'est-ce qu'une animation ?

- Animation = séquence d'images fixes affichées successivement
- Peut être fait de différentes manières :
  - En dessinant toutes les images
  - En laissant l'ordinateur calculer certaines transitions
  - En laissant l'ordinateur calculer tout



comment animer ?

- Image par image

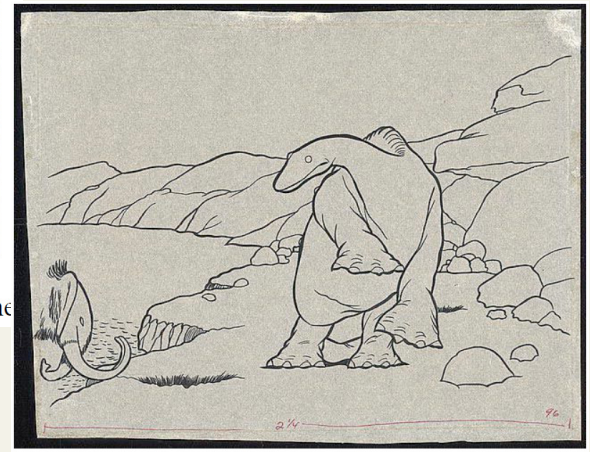


revue *La Nature* http://cnum.cnam.fr

E. MUYBRIDGE - Zoopraxinoscope

http://www.institut-lumiere.org/

1895 - Auguste et Louis LUMIERE (Lyon)- Le cinématographe



http://www.loc.gov/rr/print/swann/artwood/aw-animation.html

ca 1910 - Windsor McCAY - Gertie the dinosaur

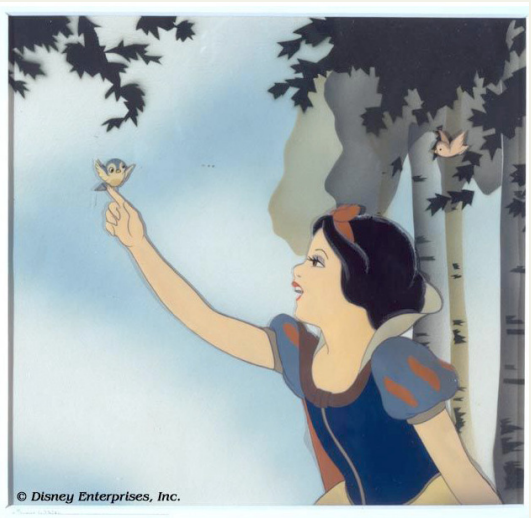
ECOLE NATIONALE
DU JEU ET DES MEDIAS
INTERACTIFS NUMERIQUES

Comment animer ?

- Célluloides

http://frames.free.fr/cello.htm

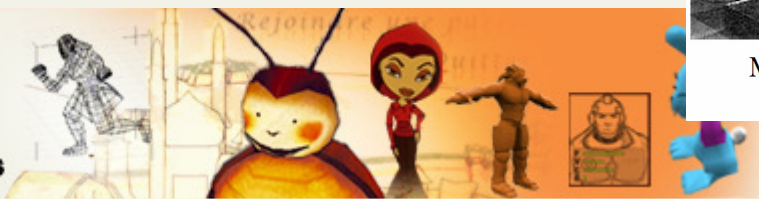
1915 - Earl HURD - Les calques en celluloïde (« cellulos », « cel »)



1937 - Walt DISNEY - Snow White

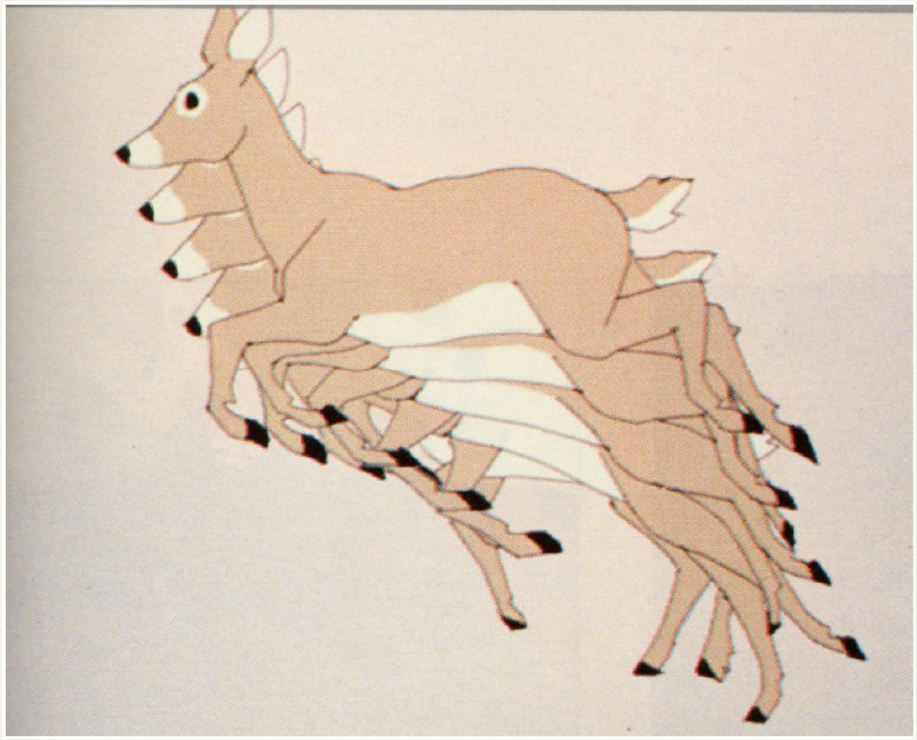
Multiplane camera

(musée du Walt Disney studio, Burbank)



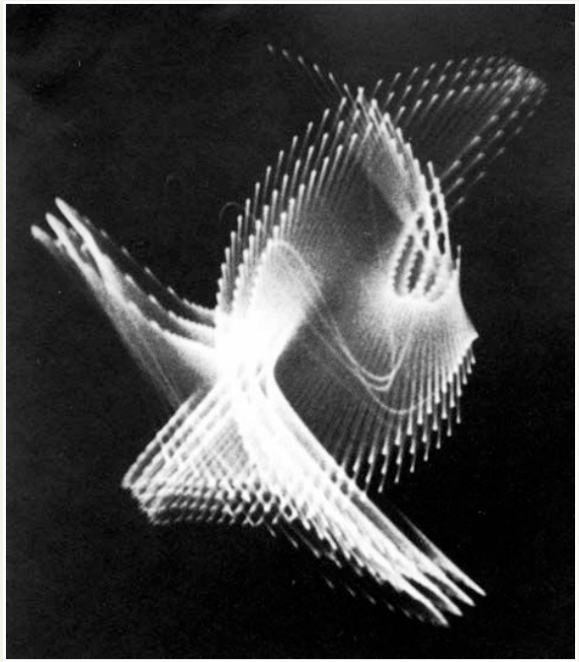
Comment animer ?

- *Keyframing* analogique

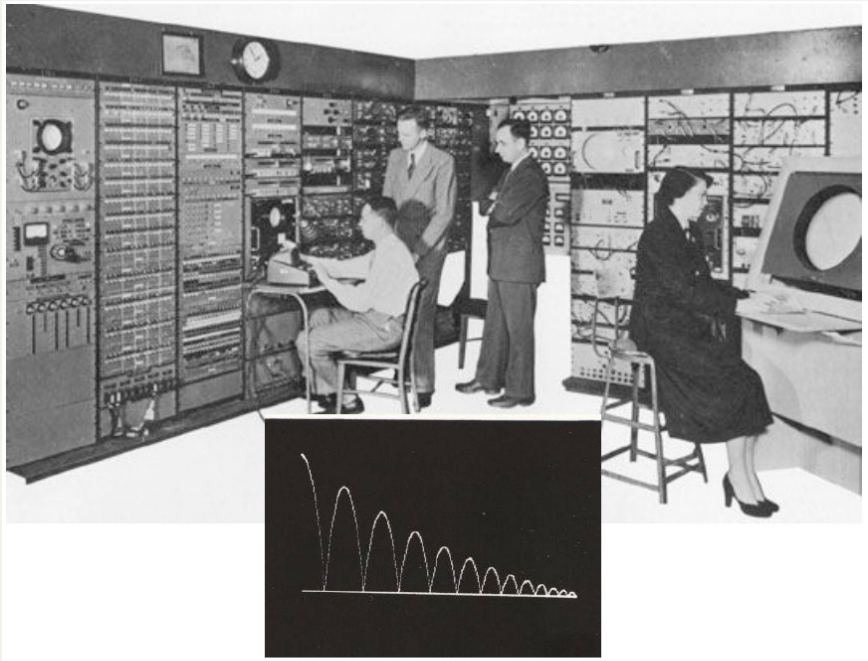


Comment animer ?

- Les première animations (elles étaient procédurales !)



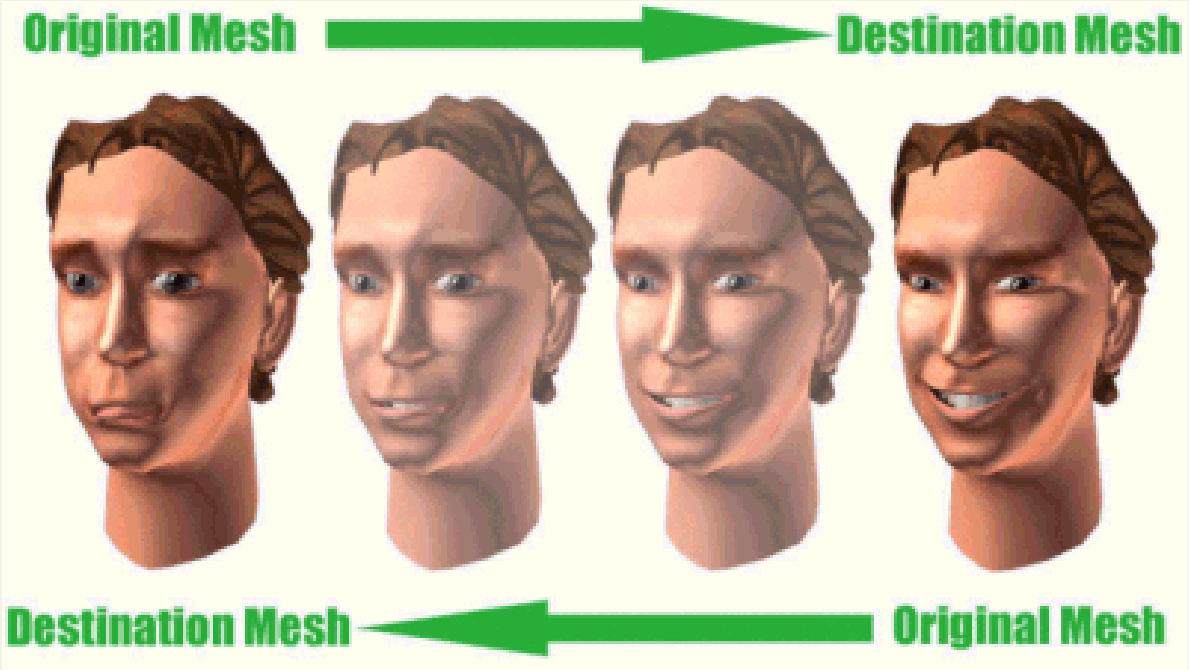
1950 - Ben Laposky



1949-51 - Projet WHIRLWIND

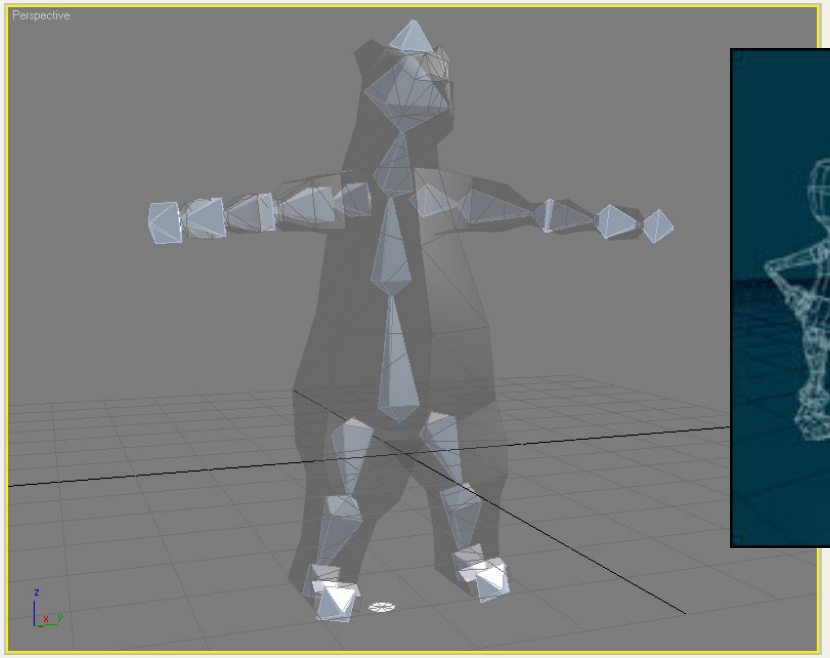
Animation par ordinateur

- *Keyframing*
  - → Interpolation de valeurs (positions, couleurs, textures, …)



Animation par ordinateur

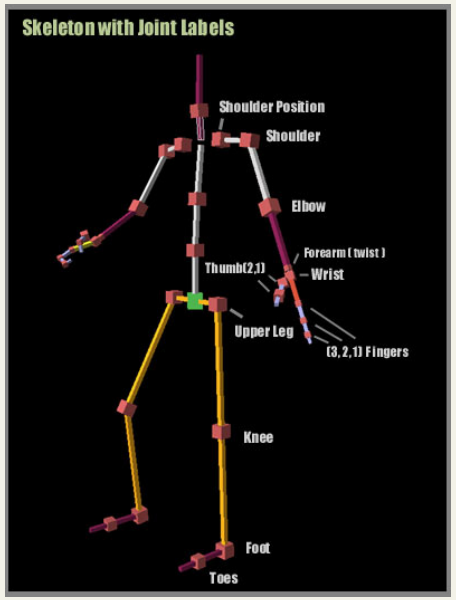
- *Boning & skinning*
  - → Associer un squelette avec un maillage
  - → Bouger un os du squelette bouge la portion du maillage associée

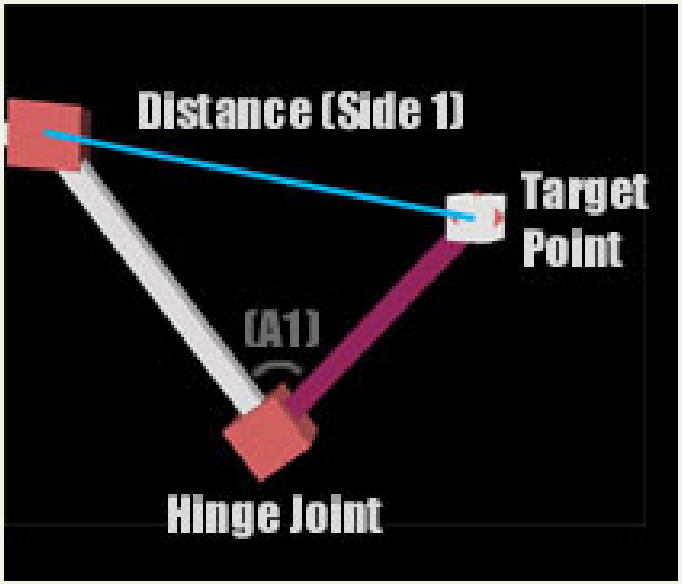


Jeff Lew

Animation par ordinateur

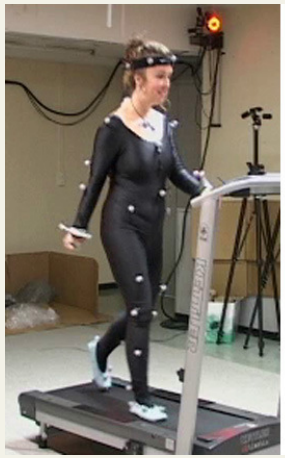
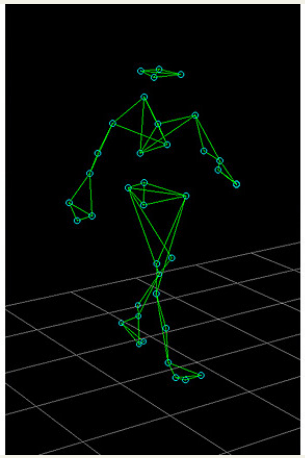
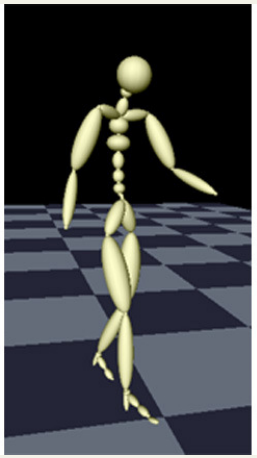
- *Inverse Kinematics*
  - → Etant donnée une position finale, calcule les angles entre les os
  - → Prise en compte de degrés de liberté et de contraintes

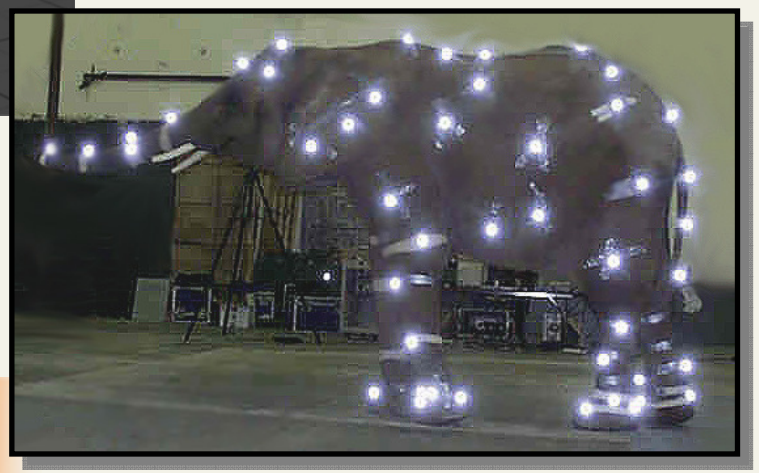




Animation par ordinateur

- Motion Capture
  - → Enregistrement de mouvements

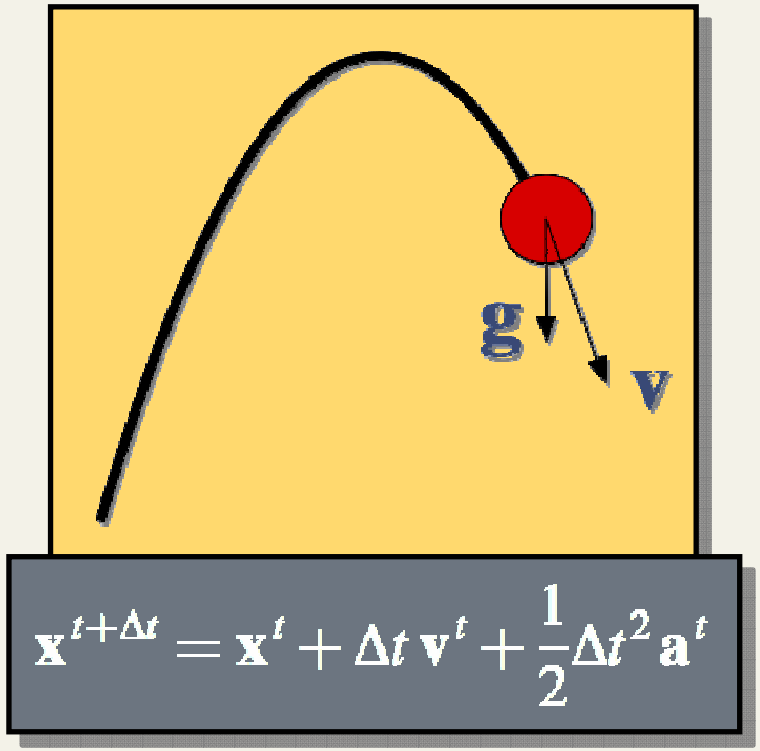



Animation procédurale

- Réduire le nombre d'animations à créer
  - Parce que c'est coûteux
  - Parce qu'elles ne sont pas facilement réutilisables (morphologies, jeux différents)
  - La physique, les émotions nécessitent une quasi infinité d'animations
- Comment ?
  - Principalement physique :
    - ⇨ Corps rigides
    - ⇨ Particules
    - ⇨ Masses-ressorts
    - ⇨ Rag-dolls
  - Mais aussi IA
    - ⇨ Pathfinding
    - ⇨ Émotions
    - ⇨ Foule

Animation procédurale

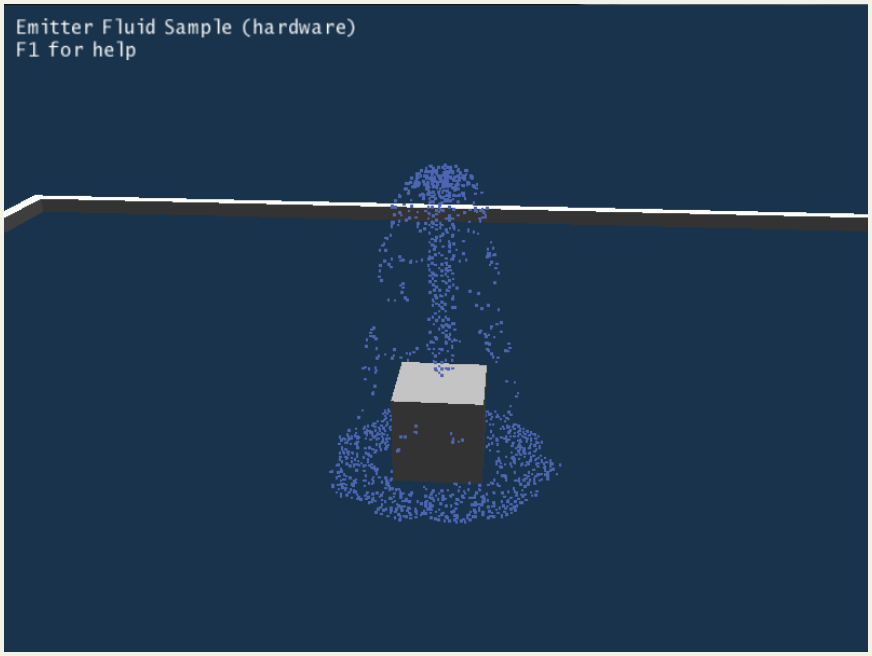
- Corps rigide = taille constante, pas de déformation
  - Ils suivent la 2ème loi de Newton



$$\mathbf{x}^{t+\Delta t} = \mathbf{x}^t + \Delta t\,\mathbf{v}^t + \frac{1}{2}\Delta t^2\,\mathbf{a}^t$$

Animation procédurale

- Particules = solides indéformables (sans collisions)
  - Mêmes lois physiques (i.e. gravitation-attraction-repulsion)



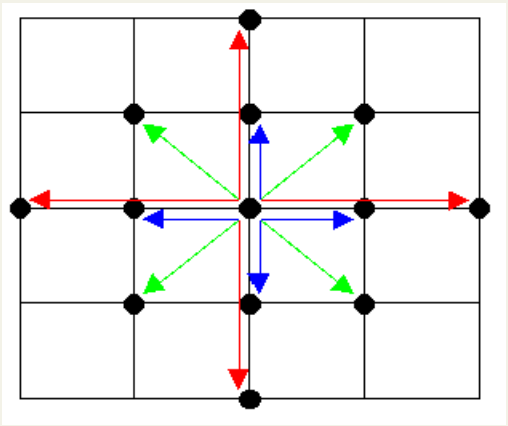
© NVidia – PhysX SDK

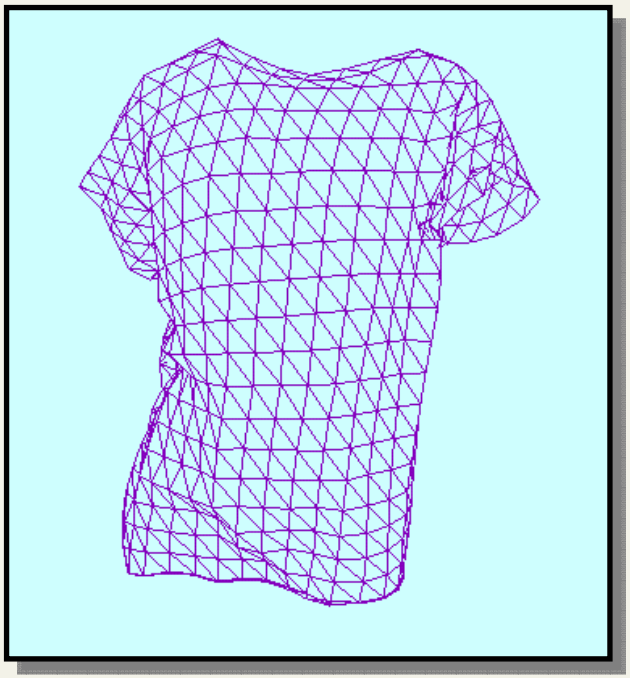
Animation procédurale

ECOLE NATIONALE
DU JEU ET DES MEDIAS
INTERACTIFS NUMERIQUES

Animation procédurale

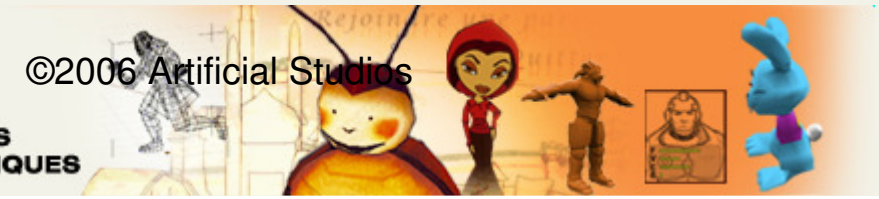
- Systèmes masses-ressorts = particules liées les unes aux autres





- Permettent d'animer les cheveux, les vêtements, et objets déformables

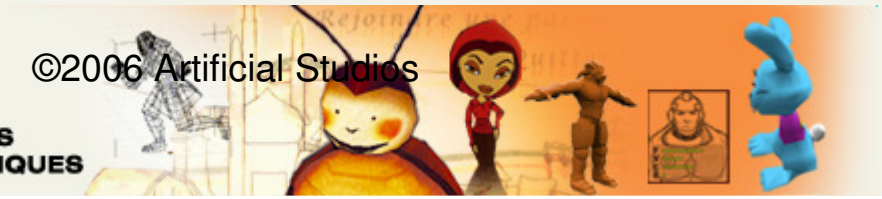
Animation procédurale



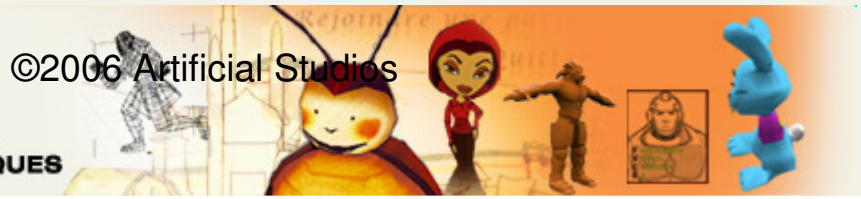
Animation procédurale

- *Rag-dolls* = les os du squelette sont gérés comme des solides
  - Ils sont reliés par des jointures qui ont des contraintes
- Simplifications :
  - Calculs pour certains os
  - Calculs pour certains DDL
- *Blending* facile entre une animation KF, IK et une animation physique *ragdoll*

© Ubisoft – Assassin's creed

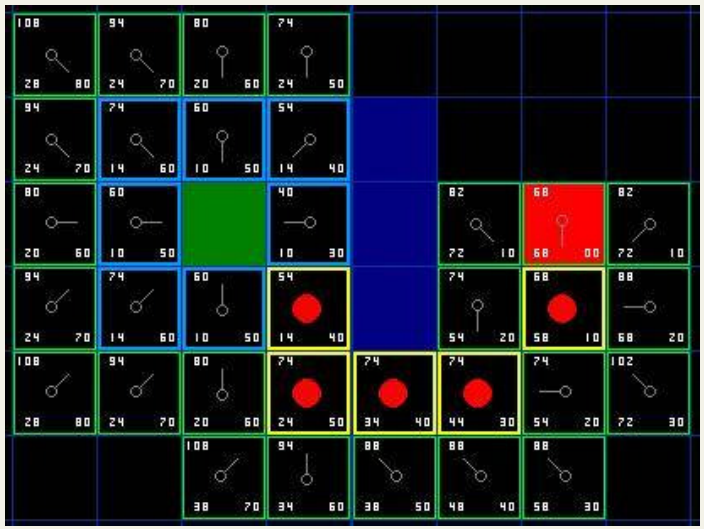


Animation procédurale



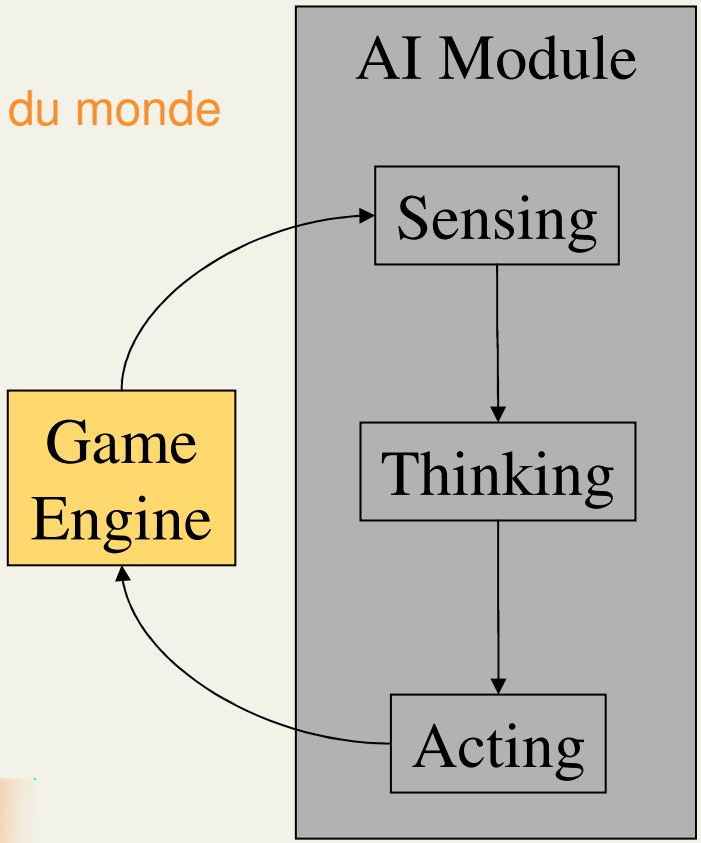
Animation procédurale

- IA
  - Path finding : trouver son chemin dans un labyrinthe
  - Comportements adaptatifs (Black & White, Creatures): utilisation des événements passés pour accommoder les réactions
  - Foule : mouvoir automatiquement plusieurs PNJ



Intelligence artificielle

- L'IA fait partie de la boucle de jeu. Les calculs sont faits après les actions du joueur et avant l'affichange
- Elle se décline en 3 phases :
  - La captation permet d'établir l'état du monde
  - Ca peut être très simple puisqu'on peut considérer les événements
  - Ou complexe si l'on veut une sémantique de plus haut niveau
- La phase de réflexion décide ce qu'il y a à faire
- La phase d'action donne les ordres d'animations

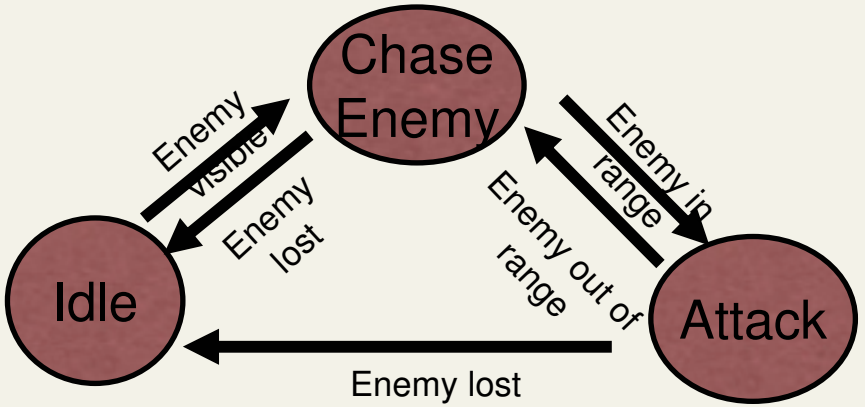


Intelligence artificielle

- 2 modes d'appels du moteur d'IA :
  - *À une fréquence fixée (polling)*
  - En fonction d'événements (*event driven)*
- Programmer une IA, c'est chercher à satisfaire ces critères :
  - Recherche de solution – décider d'une stratégie et fait en sorte de l'appliquer
  - Réactive – répond immédiatement aux changements
  - Gérer l'expérience – engrange des connaissances
  - Développement rapide et efficace
  - Utilisation faible du CPU et de la mémoire

  ➔ Ils sont antagonistes en général
- Grand nombre de solutions :
  - Machines à états finis, graphes de décisions, réseaux neuronaux, logique floue, …

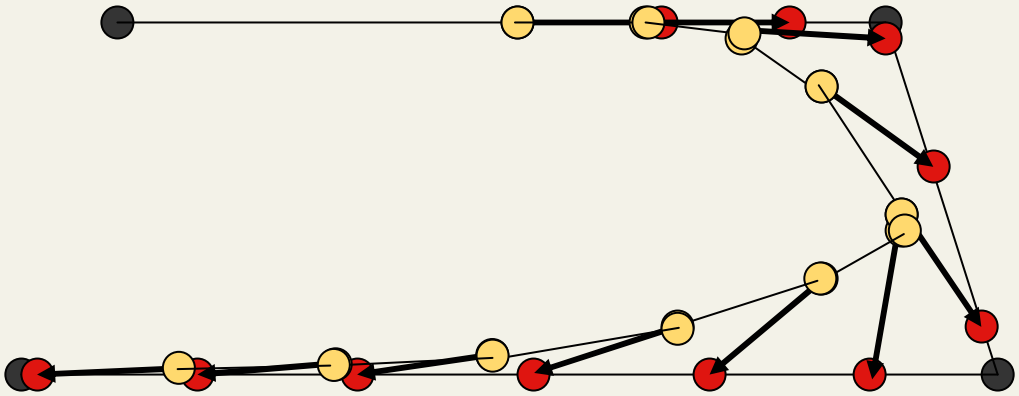
Intelligence artificielle



- Les machines à états finis
  - Un ensemble d'états dans lequel peut être l'agent
  - Connectés par un ensemble de transitions dépendant des changements dans le monde
- Exemple : les quake bots
  - Se balader aléatoirement si je ne perçoit aucun ennemi
  - Si voit un ennemi, attaque
  - Quand entend un ennemi, le rechercher
  - Quand meurt, renaît
  - Quand niveau de vie bas et voit ennemi bat en retraite

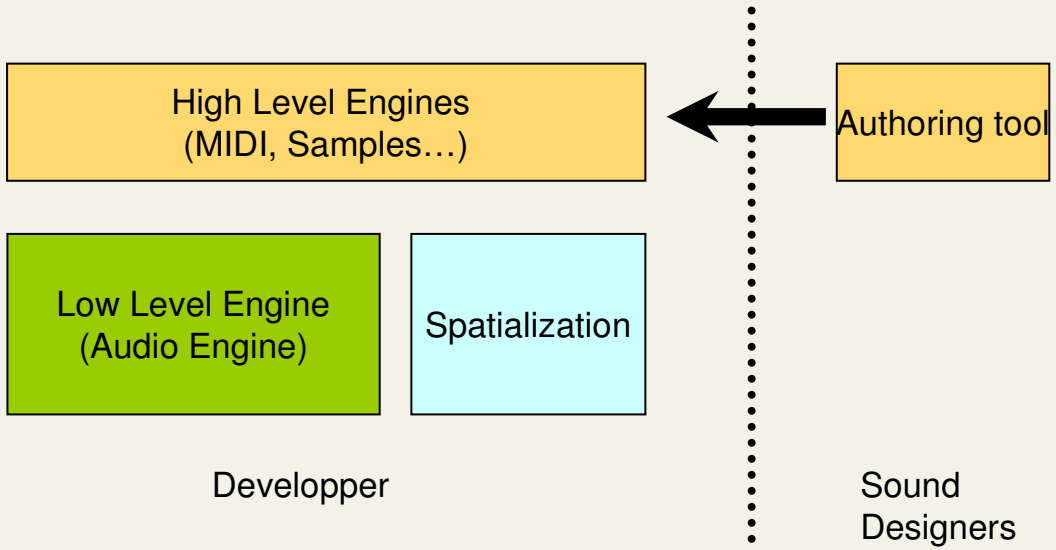
Intelligence artificielle – *Path finding*

- Problématique très courante dans les JV :
  - Dans un FPS : comment un PNJ va de salle en salle ?
  - Dans un RTS : le joueur donne l'ordre à des unités d'aller quelque part. Comment y vont-elles ? Comment s'évitent-elles ?
- A* est l'algorithme générique généralement choisi
  - Il permet de minimiser une valeur : généralement la distance ou le temps pour aller d'un point A à un point B
  - Mais ne suffit pas pour avoir un résultat rapide et efficace
- *Chase the point* : les agents vont vers une cible qui se déplace le long du chemin trouvé par A*



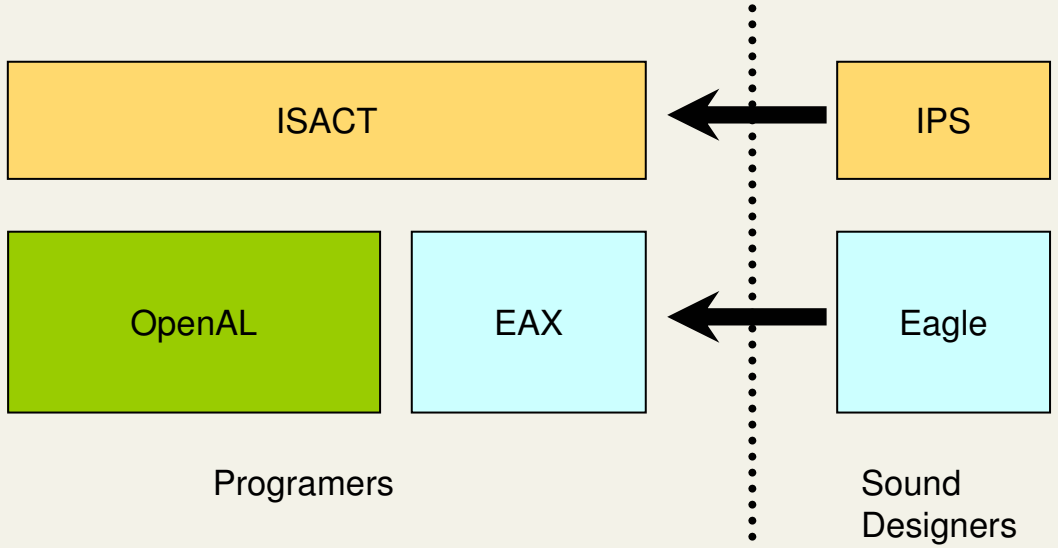
Audio

- Generic Engine



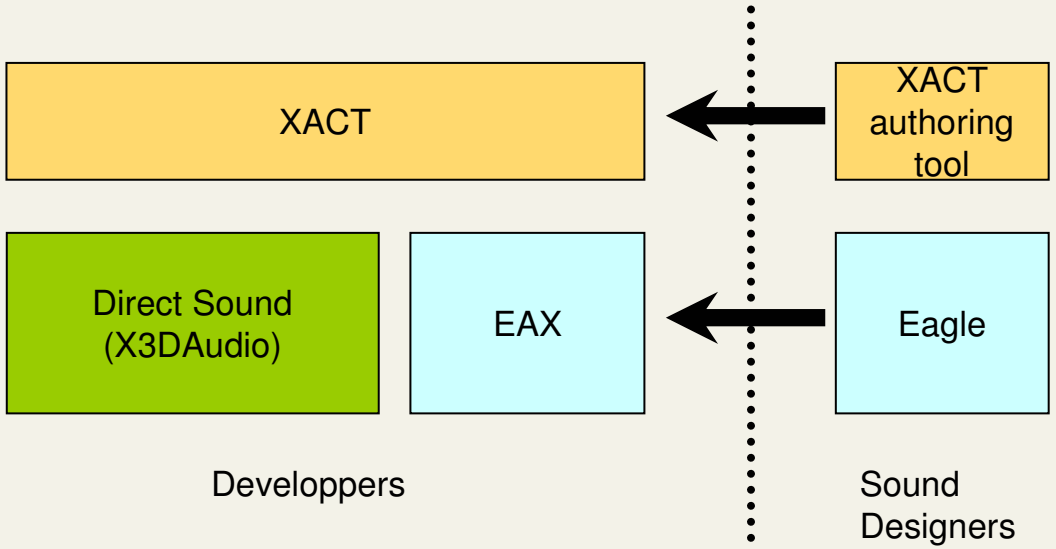
Audio

- Creative Labs



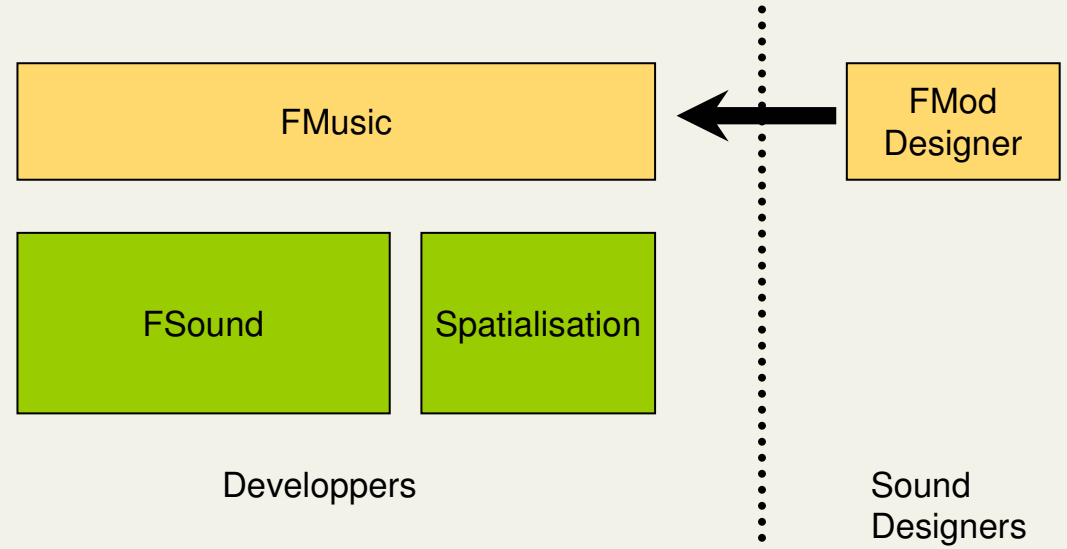
Audio

- Microsoft



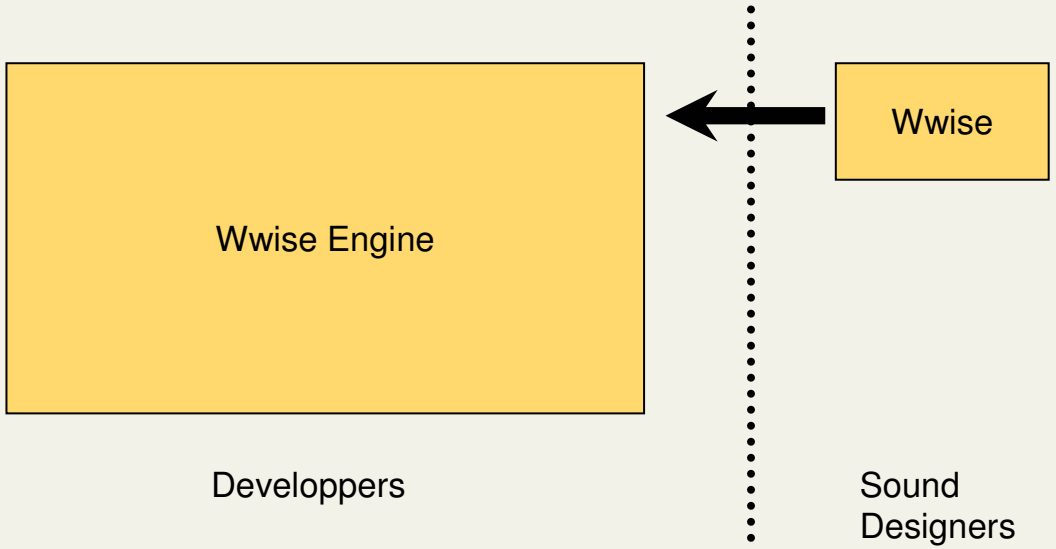
Audio

- Firelight



Audio

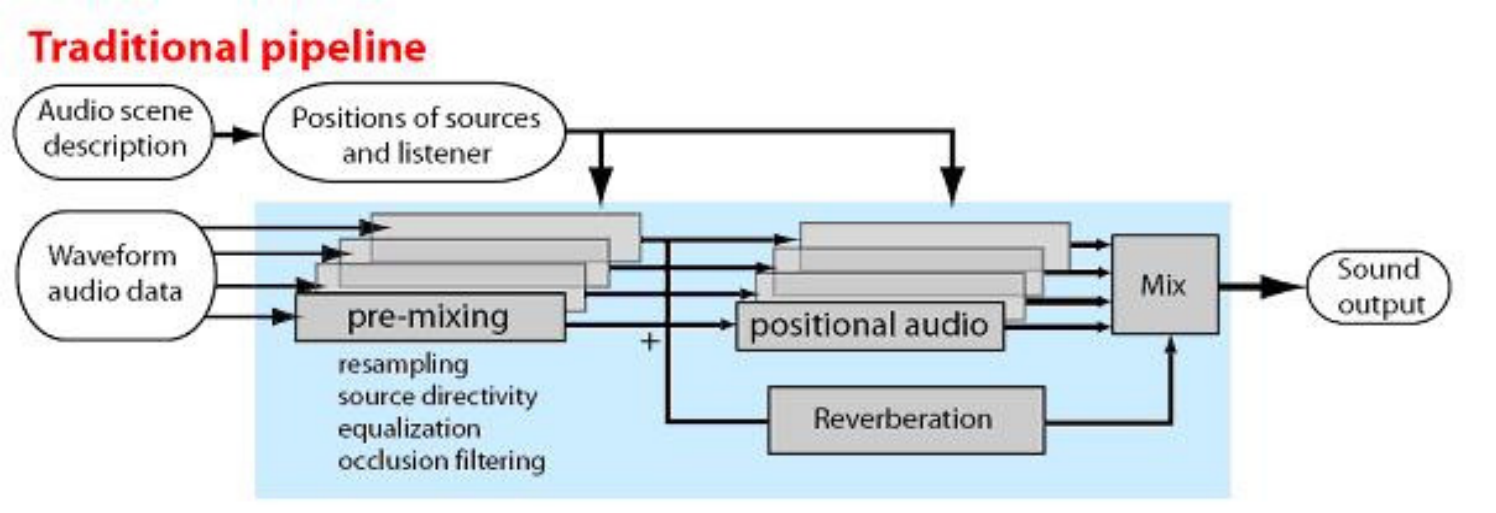
- Audiokinetic



Audio

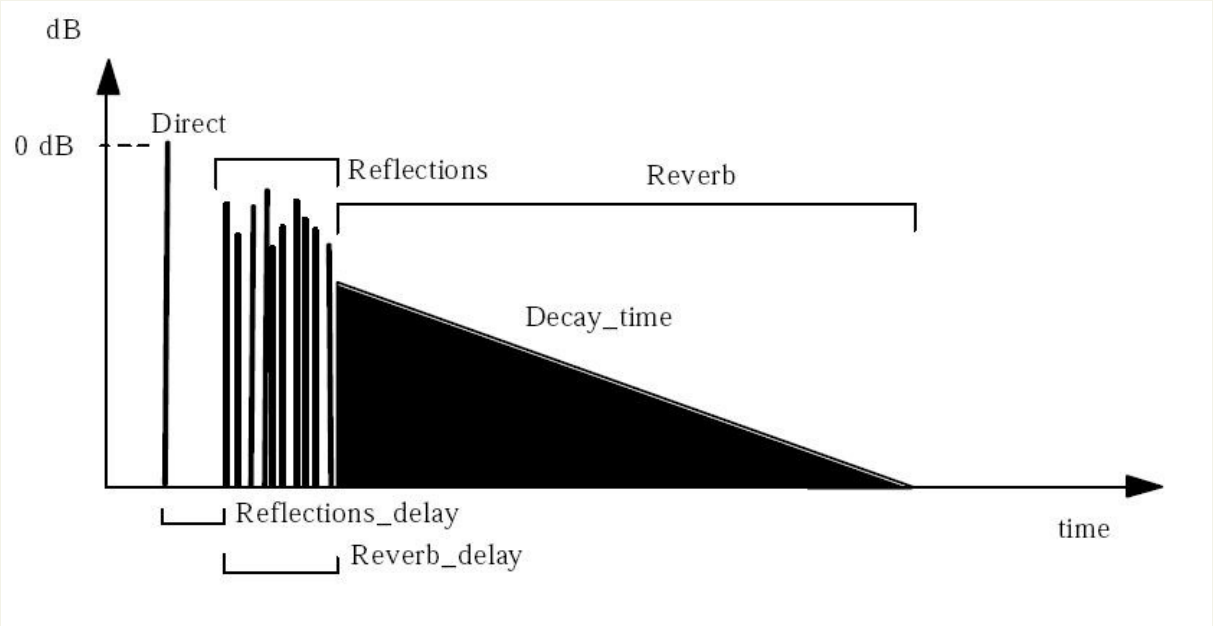
- APIs basées sur un modèle psycho-accoustique (vs physique)
- Mêmes fonctionnalités :
  - Chargement des samples
  - Positionnement des sources sonores
  - Positionnement du listener
  - Mixage
  - Réverbération
  - Occlusion

Audio


Traditional pipeline
Audio scene description
Positions of sources and listener
Waveform audio data
pre-mixing
resampling
source directivity
equalization
occlusion filtering
positional audio
Reverberation
Mix
Sound output

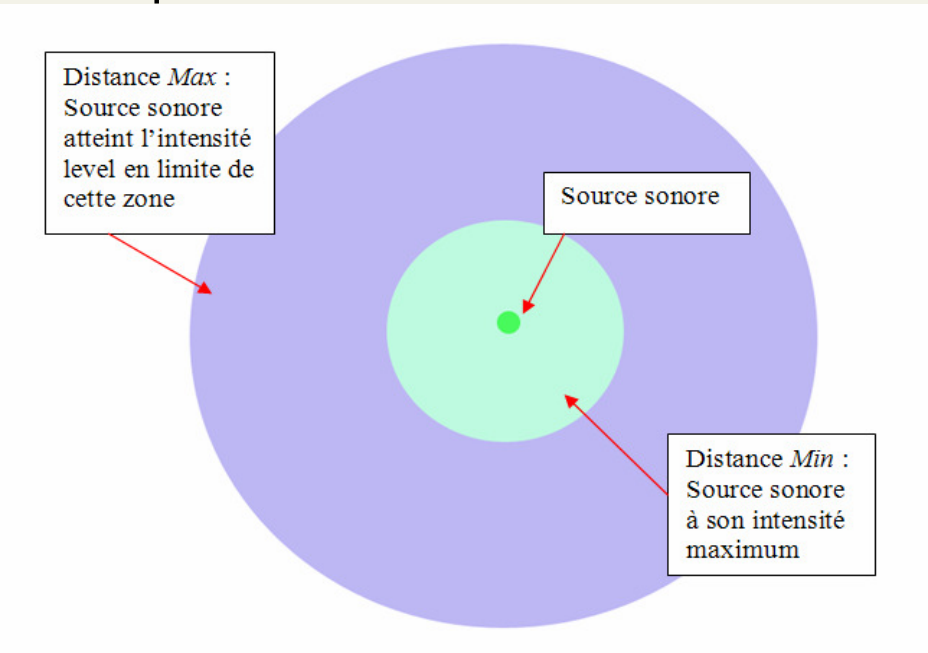
Audio

- Reverbation



Audio

- Audible sphere



Audio

- Occlusions and obstructions