

**Département d'informatique**

**Cours de Master 1  
Image et Vie Artificielle (IVA)**

Module :  
**Animation, Réalité virtuelle et réalité  
augmentée**

**Pr. CHERIF Foudil**

# Programme

- **Code : ReViHV**
- ***Unité d'Enseignement : UE9***  
*(Fondamentale)*
- **Mode d'évaluation.**
- **50 % Examen + 50 % de Travail personnel (TP)**

# Programme

- **Introduction**
- **Historique de l'animation par ordinateur**
- **Animation par ordinateur**
  - ◆ **Animation image par image**
  - ◆ **Animation temps réel**
- **Les techniques de génération de mouvements**
  - ◆ **Capture de mouvement**
  - ◆ **Cinématique et dynamique**
  - ◆ **Systèmes de particules**
  - ◆ **Systèmes masses ressorts**

# Programme (suite)

- **Les modèles d'animation**
  - ◆ **Les modèles descriptifs**
  - ◆ **Les modèles générateurs**
  - ◆ **Les modèles comportementaux**
    - ★ **Transformations internes**
    - ★ **Transformations externes ( modèle de Reynolds)**
- **Animation comportementale**
- **Environnements virtuels**
- **Planification de chemin( A\*)**

# Programme (suite)

- **La simulation de foule d'humains virtuels**
- **Les modèles micro et macro-scopique**
- **Les domaines d'applications**
- **La réalité virtuelle**

# Objectifs du cours

- La partie concernant les entités intelligentes a pour but de fournir aux étudiants les notions pour concevoir des animations avec des objets complexes et des personnages, pilotés ou autonomes. Elle doit permettre de connaître les différents algorithmes et techniques en animation et en simulation comportementale.
- La partie relative à la réalité virtuelle de cette matière a pour objectif de donner aux étudiants les moyens d'appréhender les concepts de la Réalité Virtuelle et de la Réalité augmentée et de concevoir une application avec les matériels et les techniques d'interaction adéquats.

# Animation de personnages

- Pourquoi L'animation de personnages est très difficile?
- Comment faire bouger une personne en lui donnant un mouvement **naturel** (humain) ?
- Beaucoup de **degrés de liberté** à prendre en compte
- **Style** (manière) de bouger des humains difficile à modéliser
- Il existe beaucoup de techniques et de modèles, avec des avantages et des inconvénients

# Exemple de modélisation de personnage avec un modèle à couche

- **(1) Contrôle du squelette articulé**
- **(2) Déformations chair / peau**
- **(3) Vêtements, chevelure**
- **(4) Modèle de comportement**

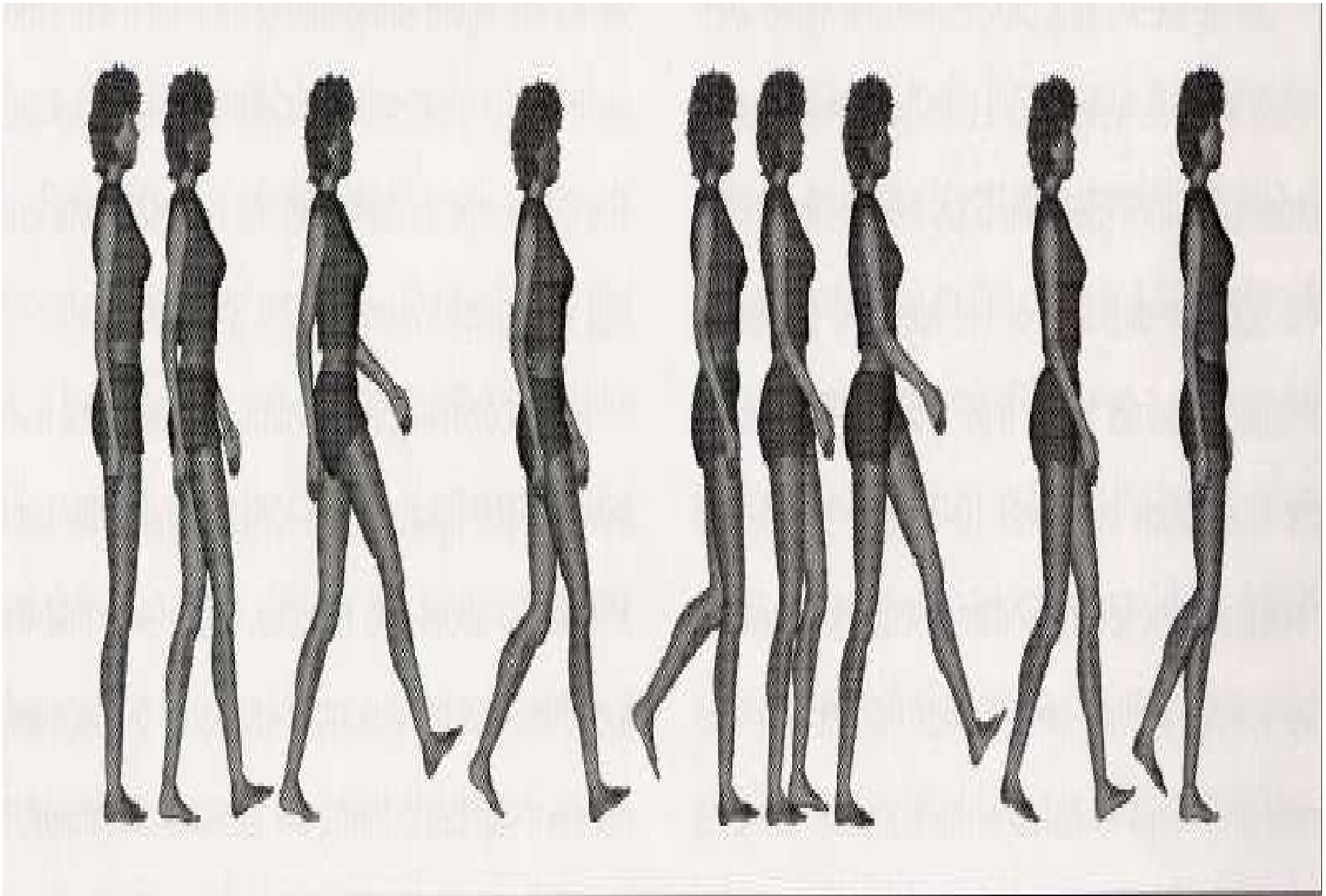


# Introduction à l'animation

- Il y a 40 ans, l'animation informatique a évolué pour devenir un outil artistique d'usage courant (cinéma, télévision, publicité).
- Ce domaine d'activité a attiré de nombreux informaticiens, artistes, animateurs, concepteurs et professionnels de la production des films.
- Aujourd'hui, on peut voir des films comportant des effets spéciaux qui combinent si parfaitement animation et prises de vues réelles qu'il devient impossible de les distinguer.
- Sous cette activité se cache un ensemble de concepts et de techniques, d'outils mathématiques, d'algorithmes et de méthodologies de programmation.

# Illusion du mouvement

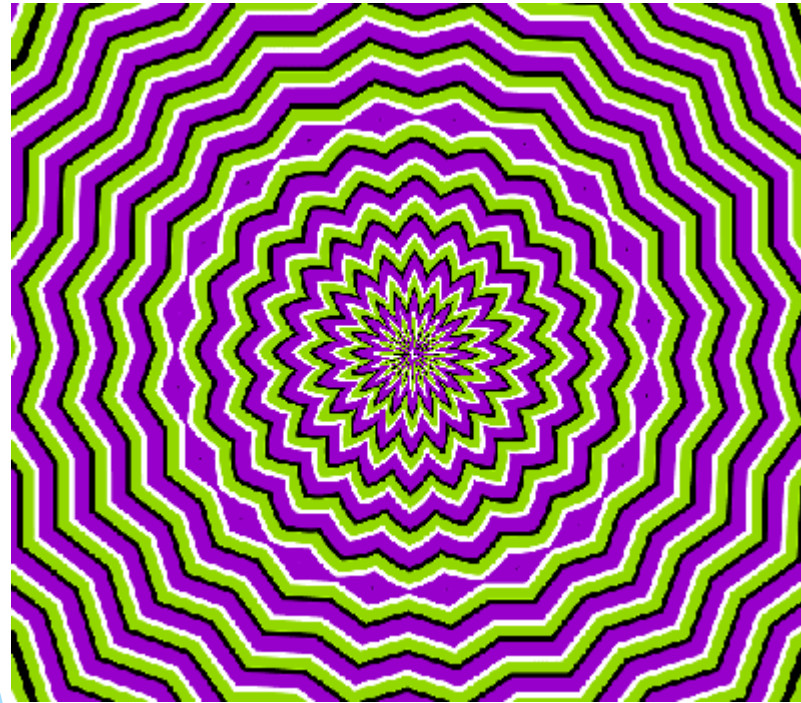
- En bref on peut dire que l'infographie et l'animation par ordinateur ont entraîné une révolution dans le domaine des effets visuels.
- Principe de l'animation consiste à projeter à une cadence rapide (12, 18 ou 24 images par seconde) une suite d'images **presque identiques** pour simuler un mouvement ou une transformation.



# Illusion du mouvement

- **L'animation repose sur une limitation des capacités de notre système visuel : si nous visualisons une série d'images fixes liées à un rythme rapide, notre cerveau les perçoit comme constituant un mouvement continu.**
- **A un seuil = 0.04 sec pour le temps séparant 2 images successives, plus que ça les éléments sont perçus individuellement**
- **Des vitesses plus élevées créent l'illusion d'un mouvement plus régulier; à des vitesses inférieures, le mouvement semble saccadé.**

# Illusion du mouvement: effet papillon



- En fixant le point central, nous sommes forcés de constater que l'image est en mouvement. Ce mouvement se caractérise par des ondulations, et est causée par l'alternance entre teintes sombres et claires et la symétrie des formes géométriques. Ces éléments, nombreux, circulent rapidement dans le champ visuel : les images se superposent au niveau de la rétine et cela crée un mouvement **imaginaire.**

10/03/2020 09:47

# Introduction à l'animation

**L'animation est la dernière phase des étapes de la synthèse d'images**

- **Modélisation ( paramètres et corrections)**
- **Texture ( paramètres et corrections)**
  - ◆ **Texture synthétique ou importée**
- **Rendu ( paramètres et corrections)**
  - ◆ **Sources lumineuses, nb, positions**
- **Affichage de la scène fixe**
- **Animation**

# Introduction à l'animation

- **Animation**: simulation du mouvement par la succession rapide d'images fixes
- **La boucle d'animation** permet d'une manière continue remettre à jour les paramètres de l'animation et réafficher la scène
- **Modélisation - affichage - contrôle**

# Introduction à l'animation

- L'animation donc ajoute la dimension du **temps** à l'infographie.
- Une animation consiste en la modification d'une scène au cours du temps.
- Animer : donner **vie**.





# Applications

- Publicité
- Archéologie
- Architecture
- Art
- Chimie
- Education
- Engineering
- Divertissement
- Films
- Simulateurs de vol
- Médecine
- Militaire
- Multimédia
- Visualisation scientifique
- Simulation
- Exploration spatiale
- Télévision
- Vidéo

# *Simulation graphique et animation par ordinateur*

- **Importance du temps dans l'évolution des phénomènes (réactions chimiques, mouvement des fluides, gaz,...)  
Expérimentation souvent coûteuse, voire impossible (collision de voiture).**
- **Les simulations graphiques de phénomènes reposent sur les techniques d'animations.**

# *Simulation graphique de ces phénomènes*

**Différentes caractéristiques de la scène peuvent évoluer dans le temps :**

- **position (automobile)**
- **orientation (bras de robot)**
- **taille (croissance d'une plante)**
- **forme (cœur humain)**
- **couleur ou texture (visage qui rougit, plaque électrique qui chauffe)**
- **transparence (simulation de brouillard évoluant)**
- **la caméra (position de l'observateur, point d'intérêt, angle de vue)**
- **caractéristiques (intensité, position, ...) des sources lumineuses (diminution de l'éclairage)**
- **paramètres d'ombrage,**

# Deux types d'animation

## ■ Animation temps réel

- l'ordinateur calcule les mouvements et les transformations assez vite pour que l'utilisateur voit ces mouvements et ces transformations.
- on essaie de simplifier le paysage, précalculer des vues ou on utilise du matériel spécialisé.
- exemples : jeux vidéos ou simulateurs de vols.

## ■ Animation image par image

- correspond à l'animation traditionnelle.
- calculer les images, les enregistrer en une séquence, puis les visualiser ou projeter à une cadence rapide.
- le calcul des images peut prendre quelques secondes ou plusieurs heures.

# Modèles d'animation [Arnaldi et hegron 92]

- **Modèles descriptifs:**

Modèles s'intéressent à l'effet de mouvement et pas à sa cause (le mouvement étant une conséquence).

L'inconvénient : ne permet pas à l'objet d'agir par lui-même.

- **Modèles générateurs:**

Ces modèles permettent de décrire les causes donnant naissance au mouvement. Le problème réside dans la difficulté de déterminer les attributs physiques de l'objet.

→ le contrôle du mouvement est difficile.

# Modèles d'animation [Arnaldi et Hegron 92]

## ■ Modèles comportementaux :

- ❖ Ajoutent un niveau de contrôle complémentaire sur le mouvement: décrivent les réponses du système à des stimulus de l'environnement.
- ❖ L'animateur donne un aspect dynamique et cinématique de mouvement, mais il reste de nature très mécanique, pour cela il est nécessaire d'ajouter un aspect comportemental dans l'animation.
- ❖ L'animation comportementale modélise donc le comportement des personnages ou des acteurs (**Vie artificielle**).



# ■ Histoire de l'animation

# 1- Les débuts de l'animation «classique»

- En 1891, **Thomas Edison** inventa une caméra et un projecteur dans lequel l'image était vue par un **unique spectateur**.
- En 1895, **les frères Lumière** déposent le brevet d'une caméra et organisent la 1ère projection devant **une assemblée**, donnant naissance à l'industrie du cinéma.
- En 1906, J. S. Blackton a créé le 1e dessin animé.





# Les débuts de l'animation «classique»

- W. McCay, le producteur des premières animations à succès, connu surtout pour ses réalisations : *Little Nemo*(1911) et *Gertie the Dinosaur*(1914)→
- À partir de 1910, J. Bray a jeté les **bases de l'animation classique** telle qu'elle existe encore aujourd'hui.

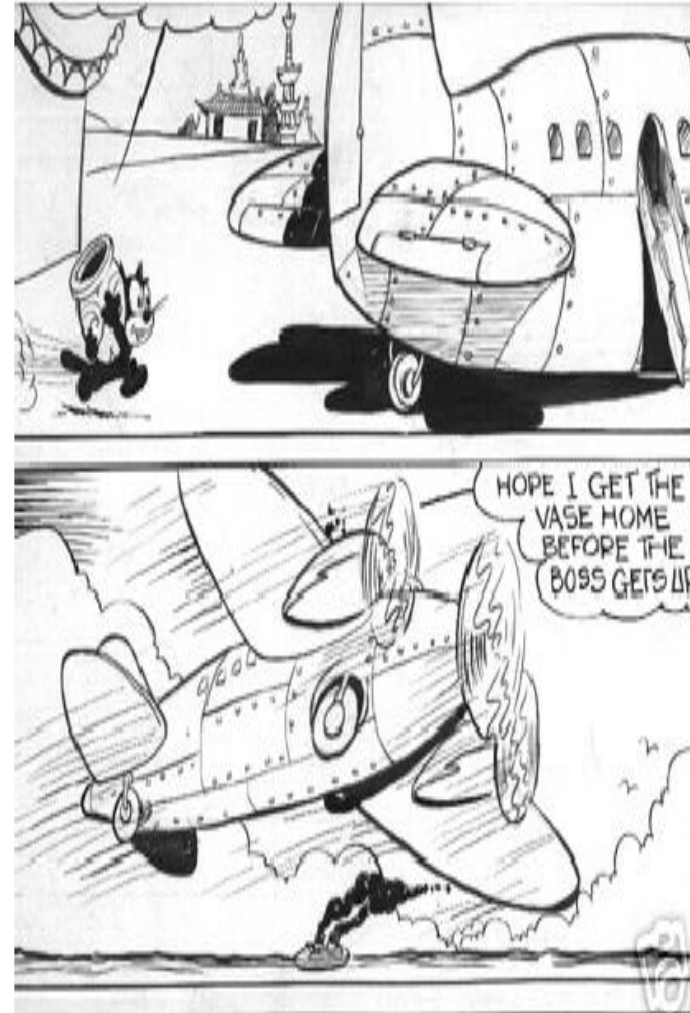


## Les débuts de l'animation «classique»

- À partir de 1914, E. Hurd a breveté les dessins en niveaux de gris et l'utilisation de celluloïds (cellulos) translucides pour la constitution de plusieurs couches de dessin qui forment l'image finale.

# Les débuts de l'animation «classique»

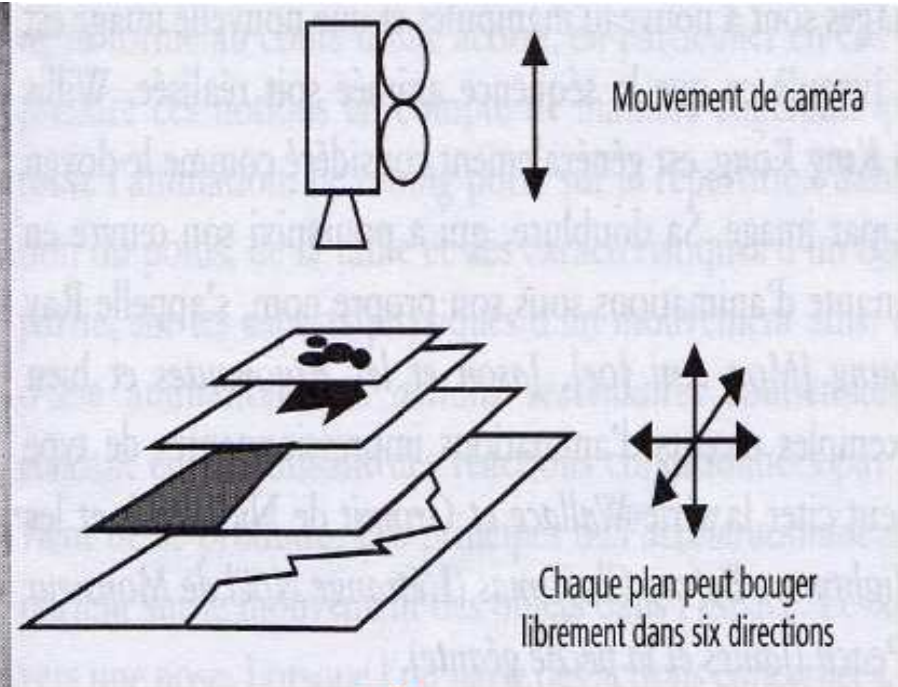
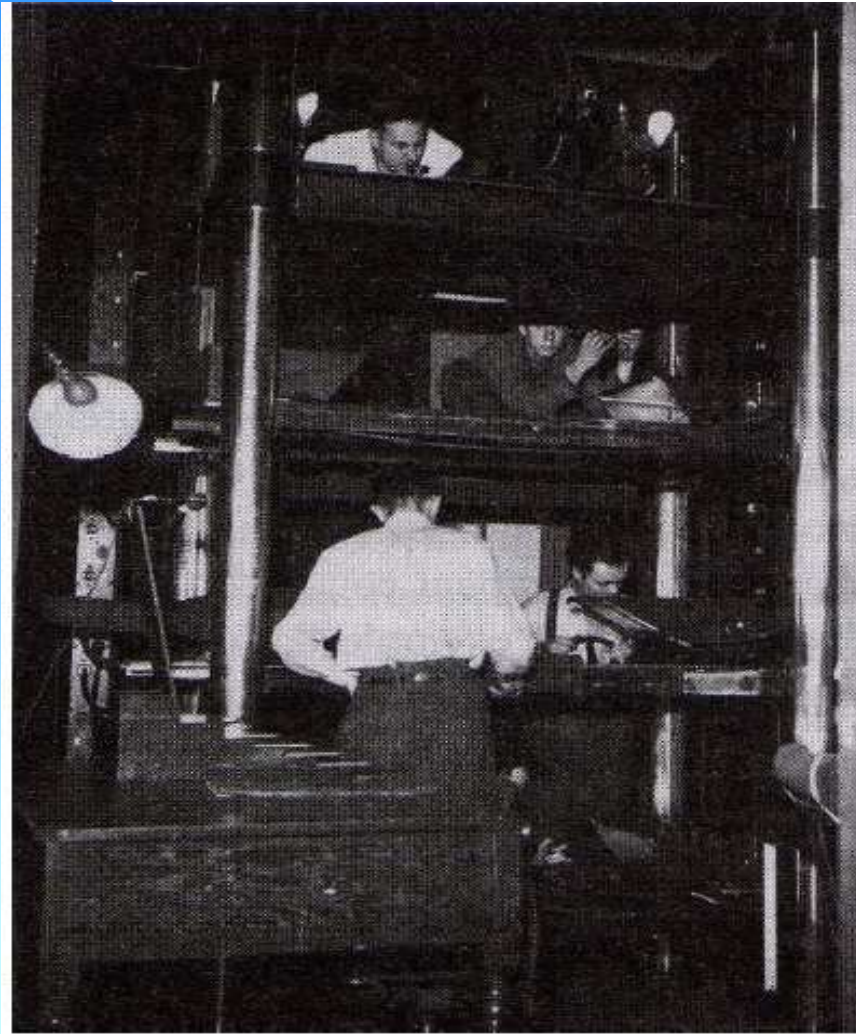
- En 1915, Fleisher a breveté la technique de la rotoscopie (le dessin d'images sur des celluloses superposés à des scènes réelles filmées antérieurement).
- En 1920, J. Bray a fait une première tentative avec la couleur dans le court métrage *The Debut of Thomas Cat*.
- Au milieu des années 20, **Félix le Chat** fut le 1er personnage animé doué d'une personnalité identifiable.



## 2- L'apport de Walt Disney

- La force prépondérante de l'histoire de l'animation classique.
- Disney a fait progresser l'animation vers le statut d'art.
- Principales innovations apportées :
  - ◆ utilisation d'un «story-board» pour analyser l'histoire,
  - ◆ études au crayon pour définir le mouvement,
  - ◆ a fait œuvre de pionnier dans les domaines du son et de la couleur,
  - ◆ invention de la caméra multiplan,  
Cette caméra se compose d'un objectif monté au-dessus de plusieurs plans, chacun d'eux contenant un cellulo.
  - ◆ a perfectionné l'attribution de personnalités originales et attachantes à ses personnages (Mickey, Pluto, Dingo, ...).

# L'apport de Walt Disney



Possibilités directionnelles

← Caméra multiplan de Disney<sup>7</sup>

# L'apport de Walt Disney

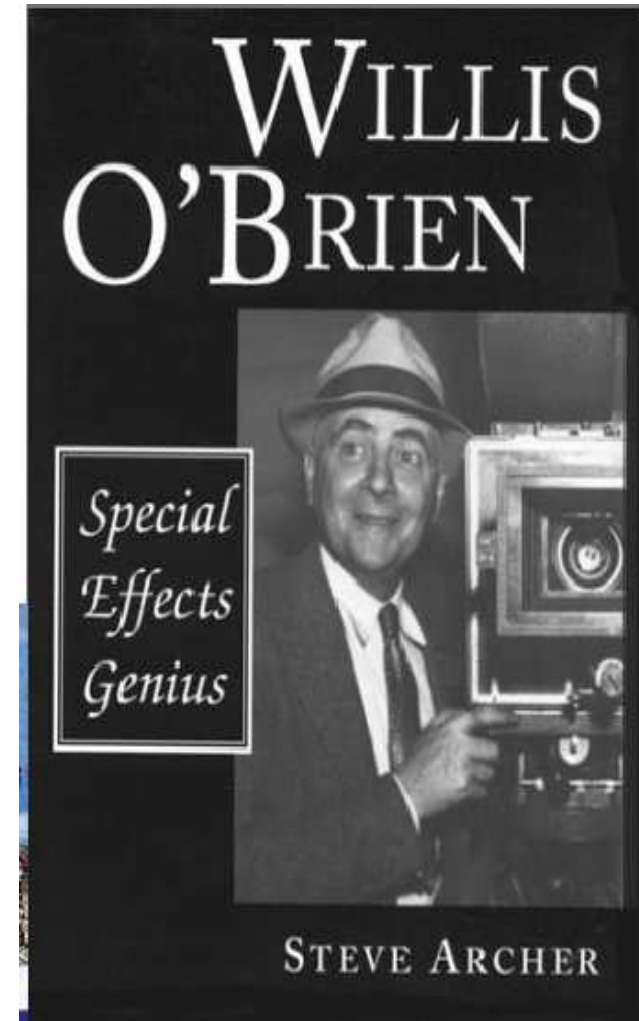


L'installation nécessaire pour filmer un dessin animé sur cellulo se présente ainsi. La caméra est située tout en haut de l'image. Elle peut descendre ou monter pour zoomer-dézoomer sur les celluloses, posés à plat sur la table.

### 3- Animation de marionnettes ou de figurines en pâte à modeler

#### W. O'Brien : **doyen de ce type d'animation**

- Au lieu du dessin à la main, on fabrique des personnages 3D qui servent à bâtir un environnement 3D.
- Une caméra est positionnée de façon à cadrer cet univers et à enregistrer cette image.
- Les personnages et/ou la caméra sont déplacés.
- Une autre image est enregistrée. etc.



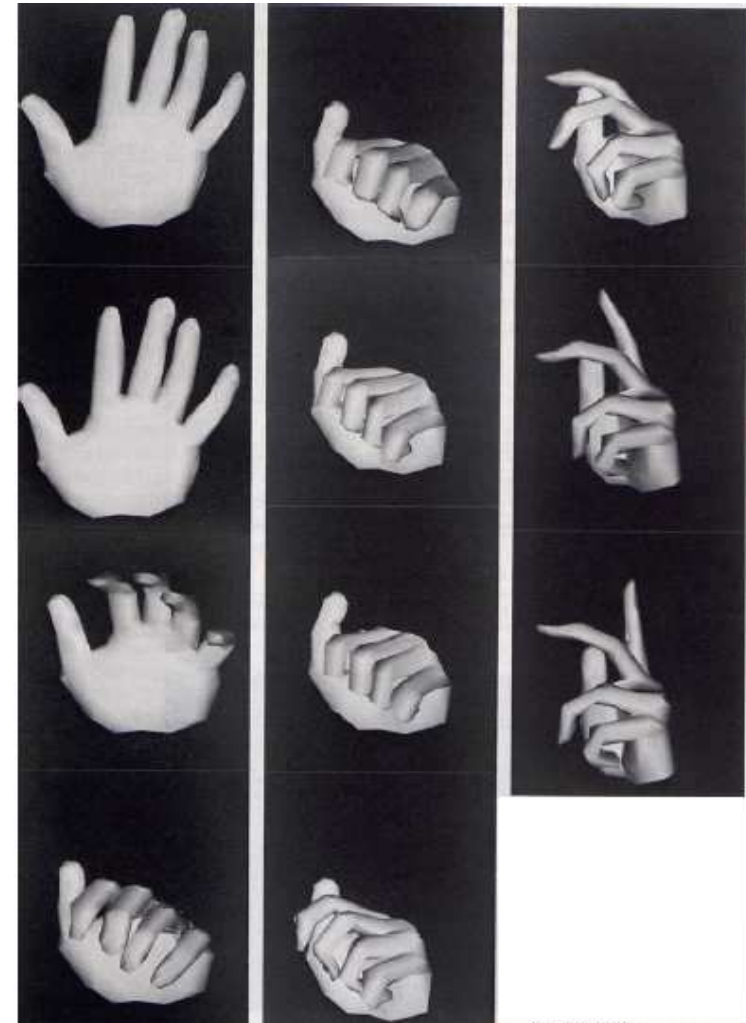
## 4-La rotoscopie

- Quelques autres inventions sont venues renforcer l'emprise du dessin animé sur cellulo sur le cinéma d'animation ;
- la rotoscopie brevetée par les frères Fleischer en 1915, la technique fait appel à des acteurs humains pour améliorer le réalisme et la fluidité dans les mouvements des personnages des dessins animés.
- *La rotoscopie est presque l'ancêtre de la motion-capture*
- Les acteurs sont filmés tandis qu'ils jouent la scène, puis les animateurs décalquent leurs contours image par image sur les fameux celluloses.
- la rotoscopie permet de passer des prises de vues réelles au dessin animé. Parmi les films qui ont bénéficié de cette technique figurent le premier long-métrage Disney, *Blanche-Neige et les Sept Nains* (1938), puis *Alice au pays des merveilles* (1951), ou encore *Pocahontas* (1995).



## 5- Brève histoire de l'animation

- Main développée Par Ed Catmull(72)
- Les premières animations informatiques remontent à la fin des années 60 et au début des années 70.



# Brève histoire de l'animation

- **Visage parlant par Fred Parke(74)**
- **Personnage humain marchant et parlant Barry Wessler (Not Just Reality, 1973)**
- **Le logiciel Jack a été développé.**



Visage parlant par Fred Parke(74)

# Brève histoire de l'animation

- **La première animation proposée pour un Oscar a été produite par René Jodoin, réalisée et animée par Peter Foldès.**
- **Hunger est le premier dessin animé à exploiter les techniques de l'animation par ordinateur. Hunger (La Faim) (1974)**



# Exemples

10/03/2020 09:47

Animation et réalité virtuelle

36

# Exemples

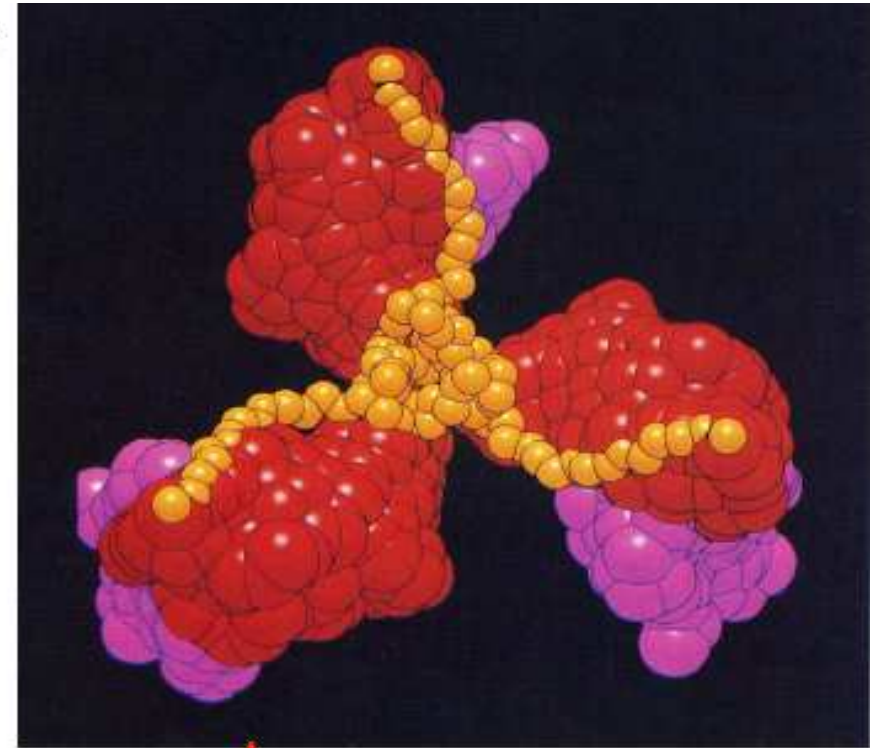
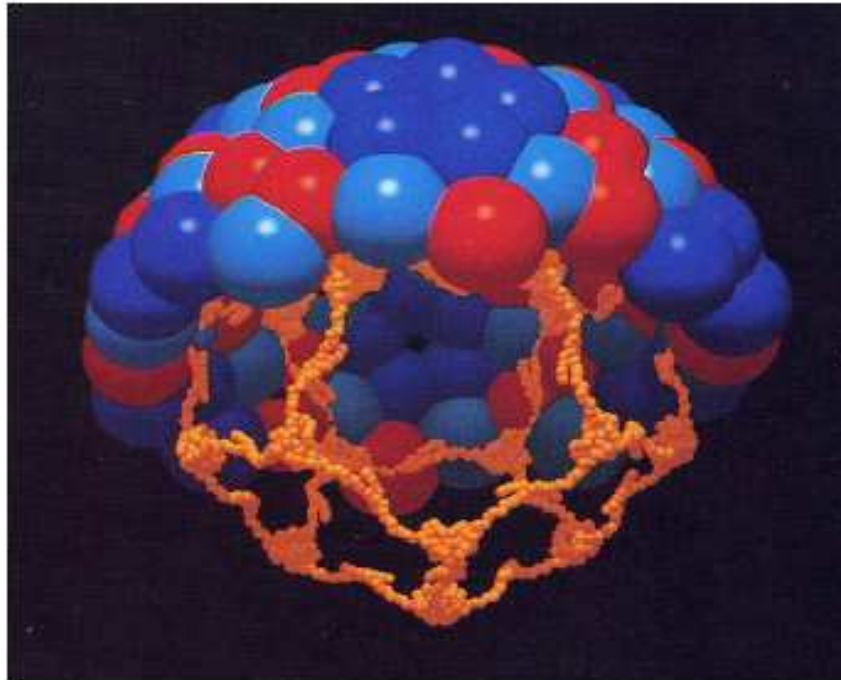
Ce projet d'un film long métrage entièrement généré par ordinateur exploitant l'animation 3D n'a jamais abouti.



Extrait de *The works* (fin des années 70) montrant un rendu de haute qualité, des personnages articulés et des objets interactifs.

12

Turned Whitted introduisit le lancer  
de rayon lissé  
(*The Complete Angler*, 1980)

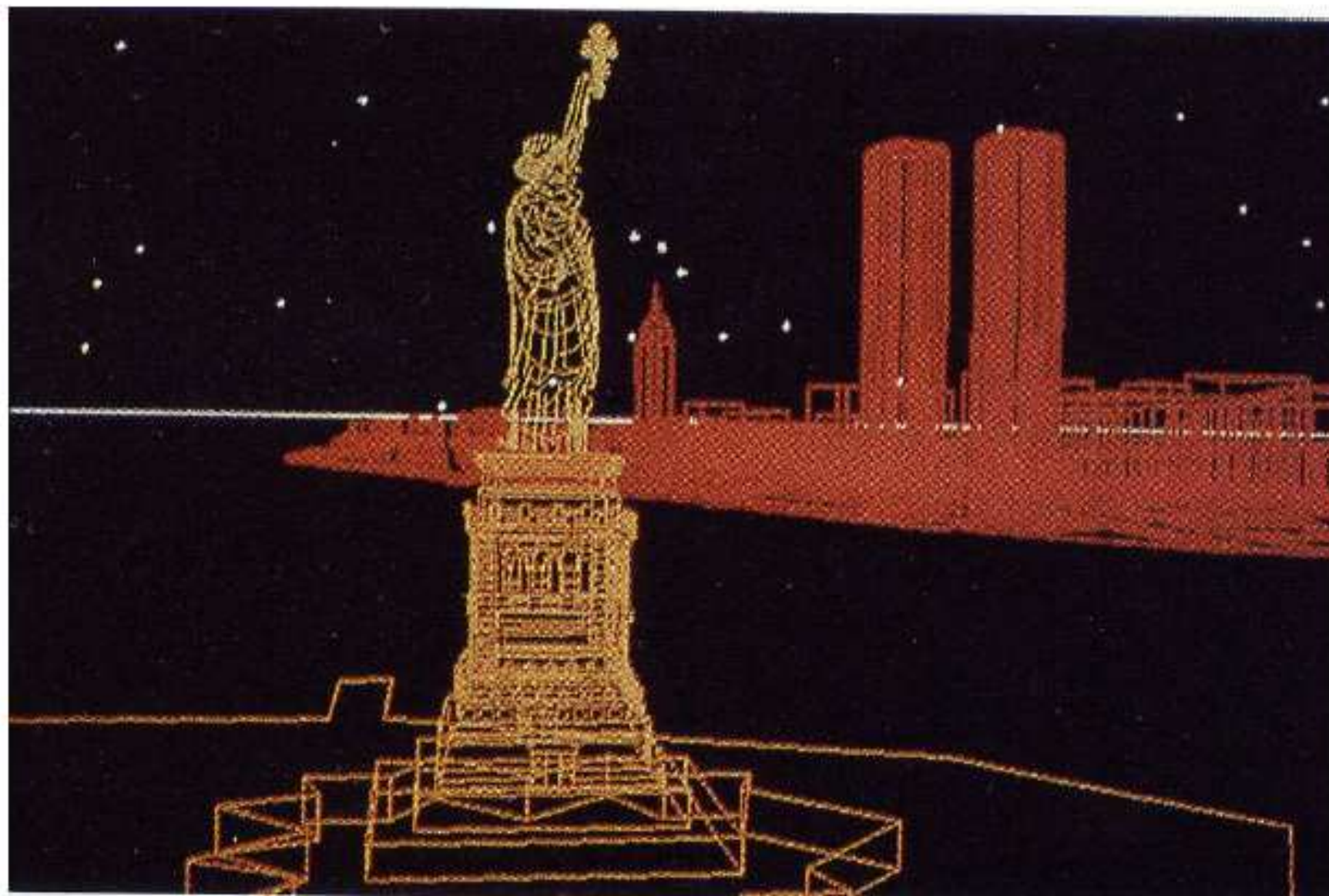


← Nelson Max a produit plusieurs  
films sur des molécules (80).

13



Nelson Max a produit l'un des premiers films comportant une animation de vagues (*Carla's Island*, 81).



Dessin animé *Vol de rêve* par N. Magnetat-Thalmann & D. Thalmann (82)





Survol d'un terrain fractal *Vol Libre* par Loren Carpenter (82)

16

## Utilisation de systèmes de particules pour la création d'effets spéciaux



Star Trek II : La Colère de Khan (82, Lucasfilm) dans lequel un mur de feu balaie la surface d'une planète

17

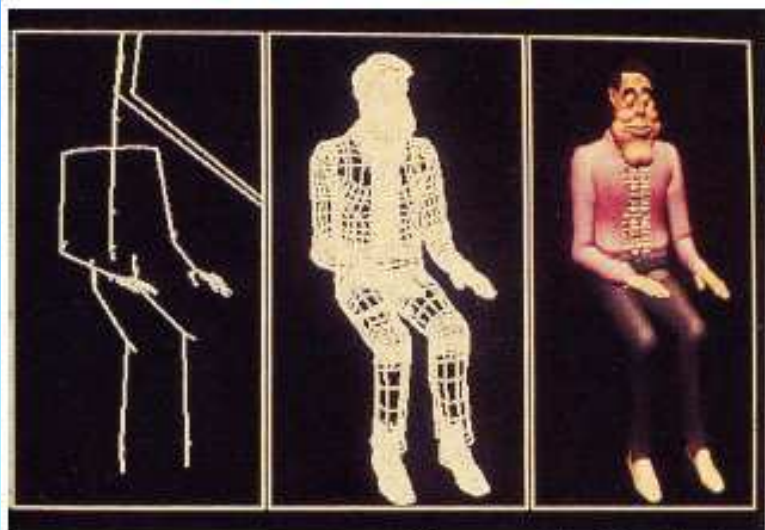
L'une des premières utilisations de l'infographie au cinéma a été la modélisation et l'animation de vaisseaux spatiaux.

Avantages :

- modèles faciles à éclairer,
- environnement relativement dépouillé,
- animation simple de corps rigides,
- les vaisseaux : formés de figures géométriques simples.

The Last  
Starfighter  
(84)



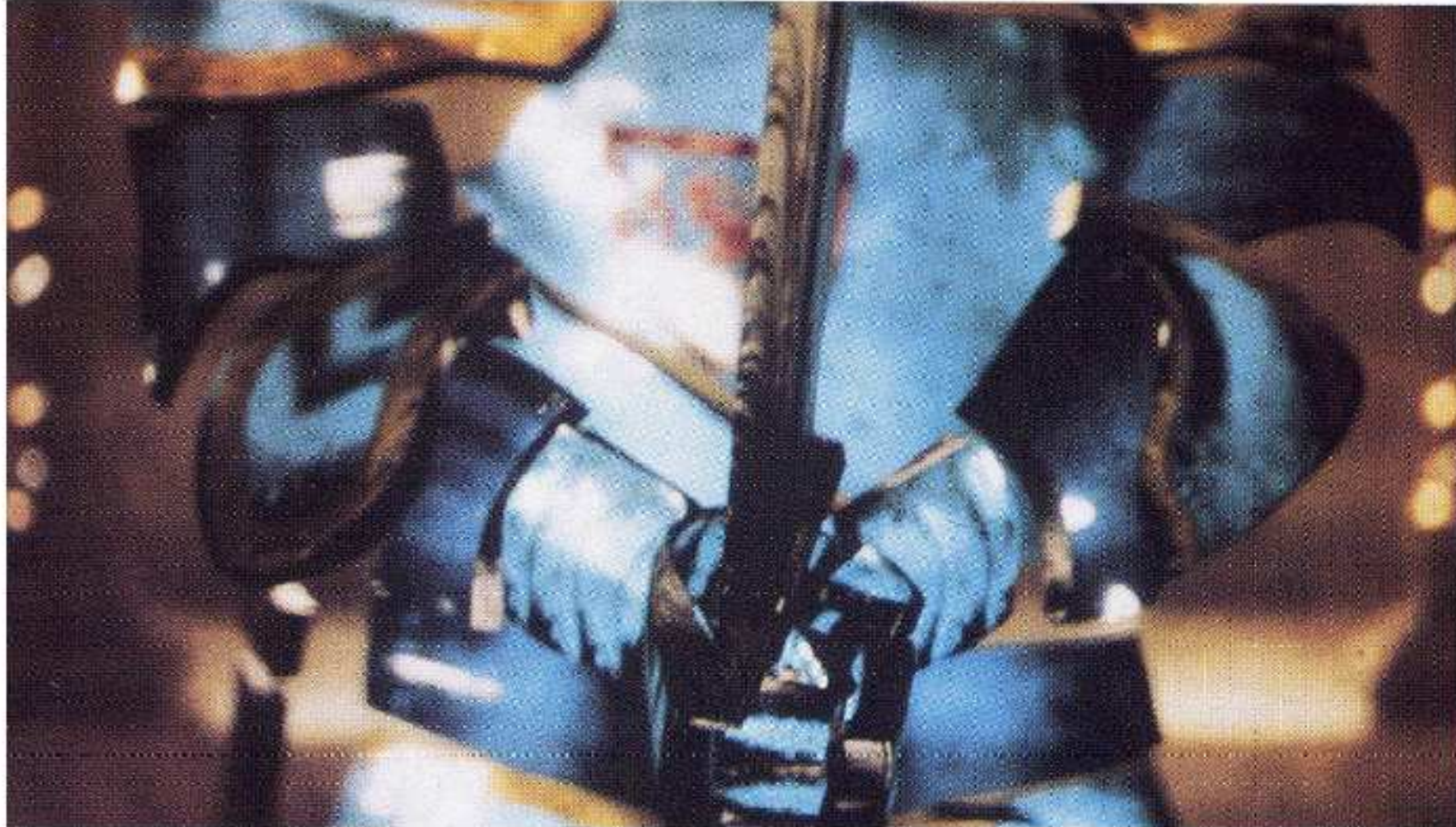


- (a) Modélisation de la tête de Tony de Peltrie
- (b) Tony de Peltrie tel qu'il apparaît dans le film
- (c) Modèles en fil de fer

Tony de Peltrie (P. Bergeron, 85)

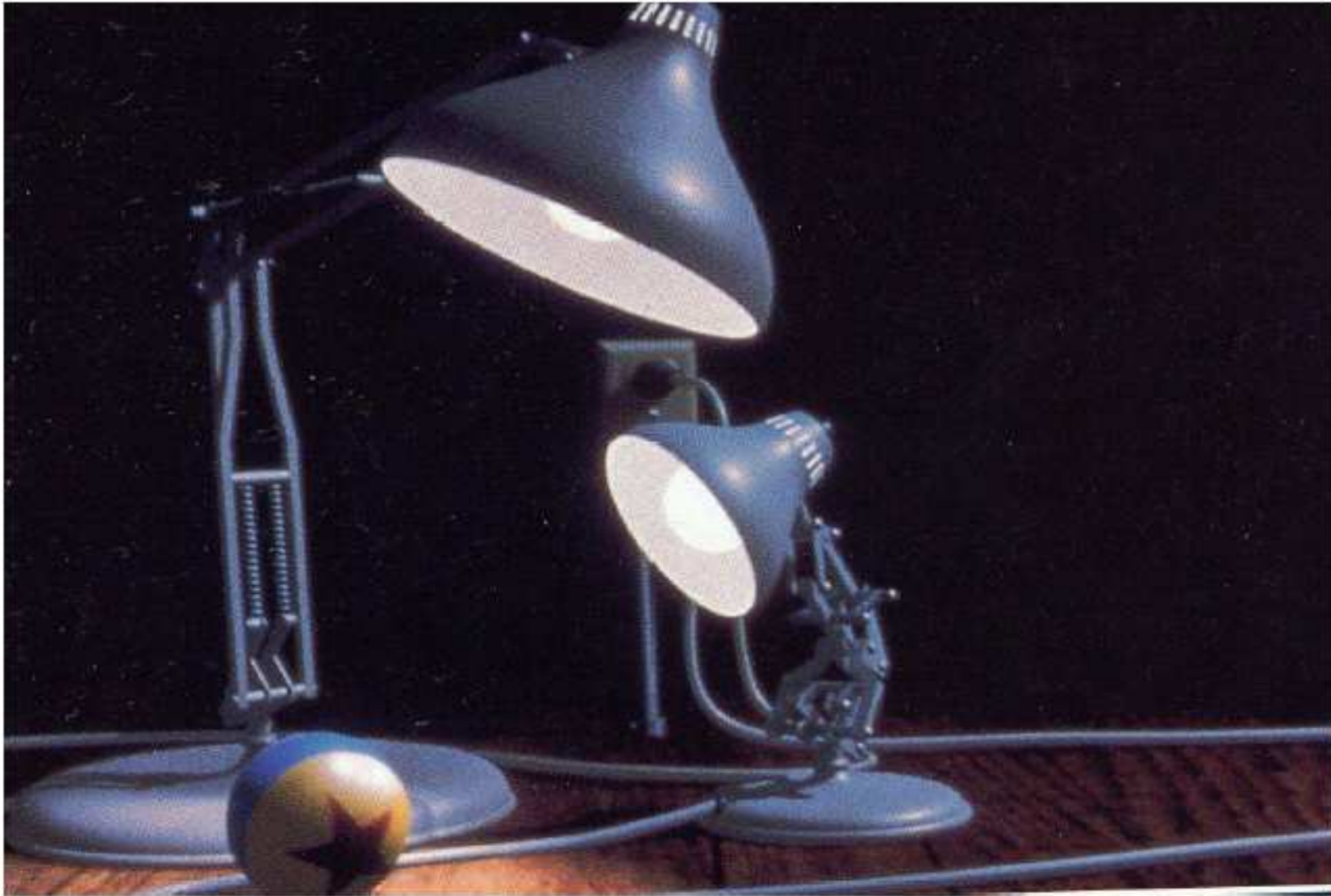
20

Premier film à introduire un personnage en images de synthèse dans un long métrage d'action.



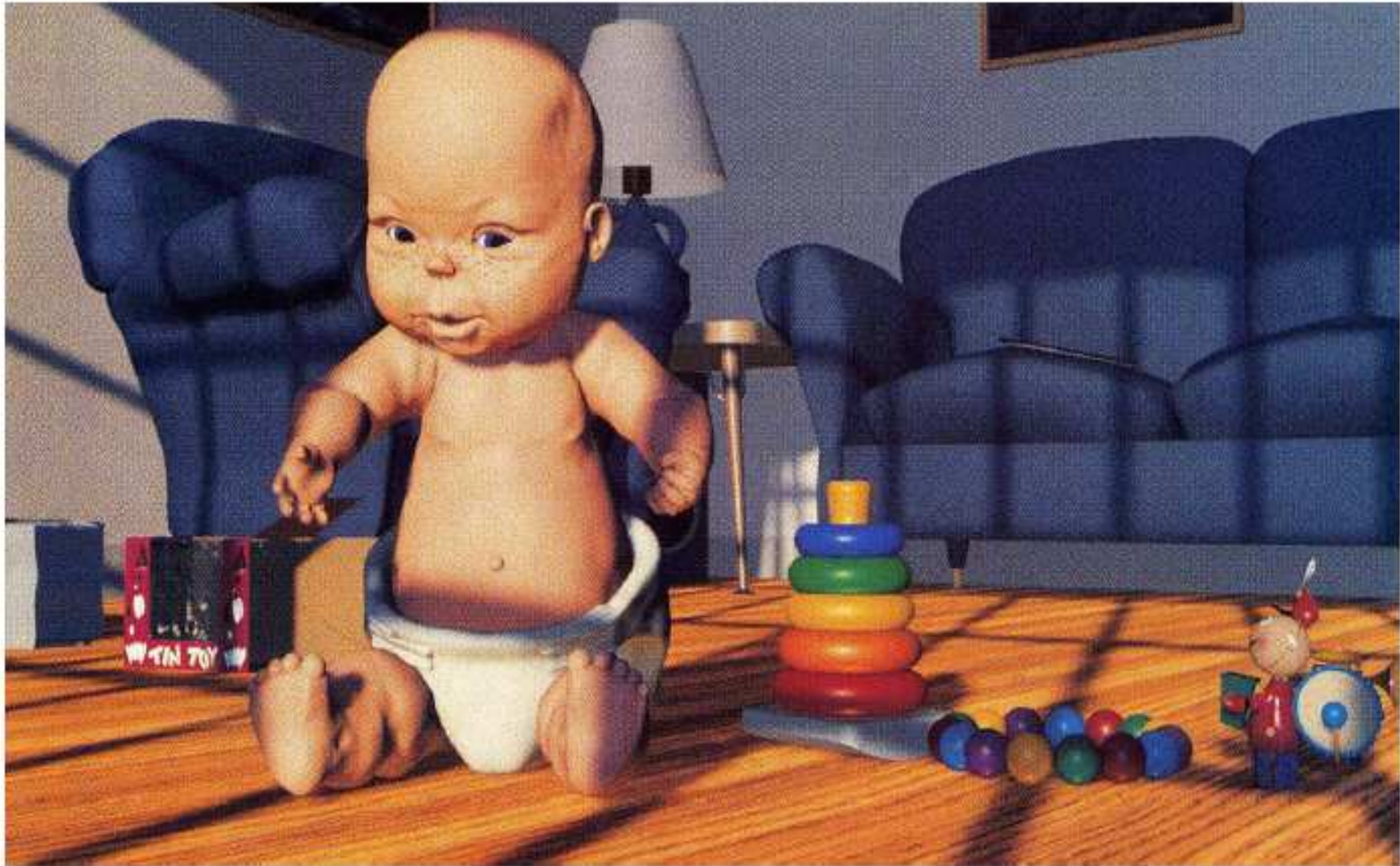
Young Sherlock Holmes (Le Secret de la pyramide, 86)

21



Luxo Jr. (86) : film nominé pour un Oscar.

22



Tin Toy(1988) : la première animatique à obtenir un Oscar

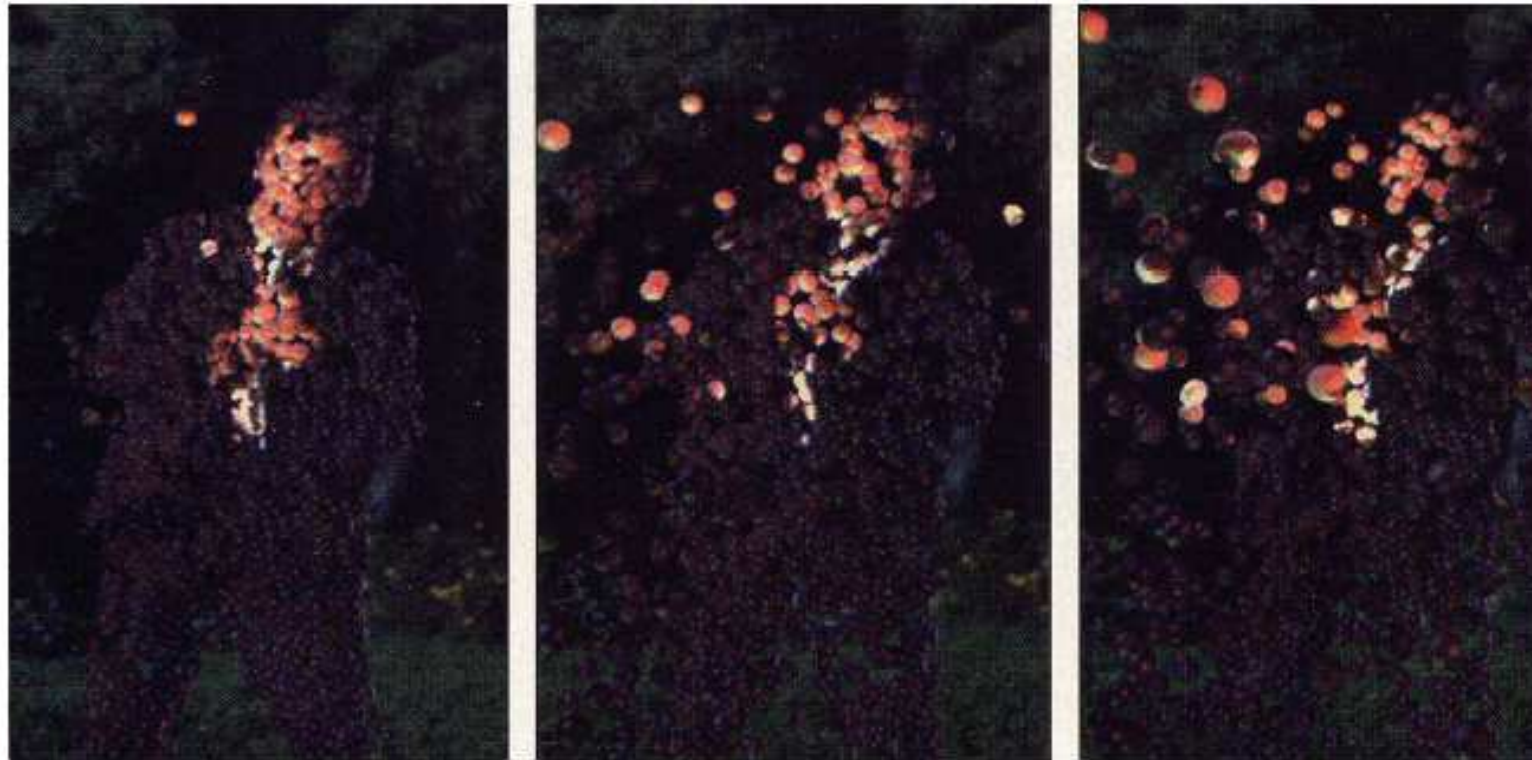
Création d'une créature étrange qui donne l'impression d'être constituée d'eau



Abyss (89)



Des systèmes de particules sont utilisés dans lequel un personnage se désintègre en un tourbillon de petites sphères.



The Lawnmower Man (Le Cobaye, 1992)

- Modélisation d'une queue de comète dans la séquence d'ouverture de la série télé Star Trek : Deep Space Nine (1993-).<sup>27</sup>

Création de modèles réalistes de créatures  
(toutefois, le public n'a pas une connaissance parfaite de l'aspect des dinosaures)



Intégration images réelles et images de synthèse - Jurassic Park (93) <sup>28</sup>

Scènes de foules dans de longs métrages : la scène des animaux sauvages.



Le Roi Lion (94, Disney)

30

Des systèmes de particules sont utilisés pour simuler une tornade.



Twister (96)

Des créatures en images de synthèse sont utilisées.



Men in Black (97)

Scène de foule : personnages en images de synthèse remplissant le pont du navire  
(filmés de loin )



*Titanic (© Lightstorm Entertainment)*

Titanic (98)

36

- Premier film d'animation long métrage en 3D entièrement généré par ordinateur



Toy Story (Pixar)

- **Personnage Jar-Jar de *La Guerre des étoiles : Épisode 1 (99)***

Premier acteur humanoïde en images de synthèse totalement articulé faisant partie intégrale d'un film.

37

# 5- Conclusion

- L'infographie et l'animation par ordinateur ont entraîné une révolution dans le domaine des effets visuels.
- L'utilisation du numérique, l'avènement de l'informatique et de la vidéo de bureau à bas prix font en sorte que l'animation est à la portée d'un plus grand nombre de personnes qu'auparavant.





# Illusion de mouvement

10/03/2020 09:47

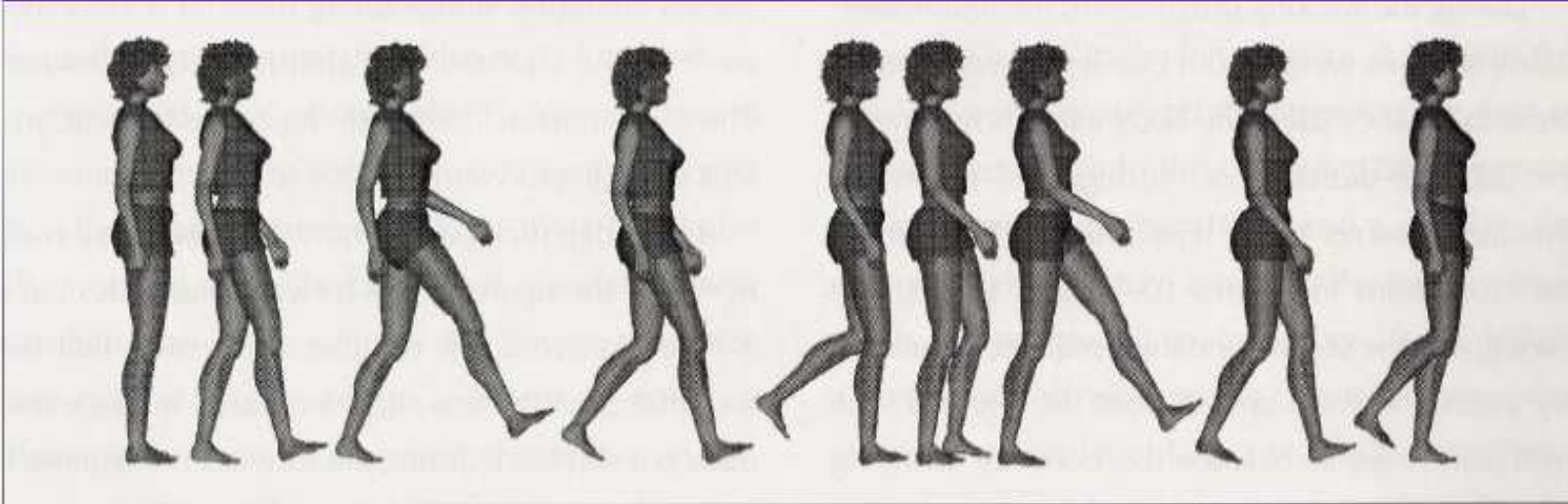
Animation et réalité virtuelle

57

# Illusion du mouvement

## ANIMATION

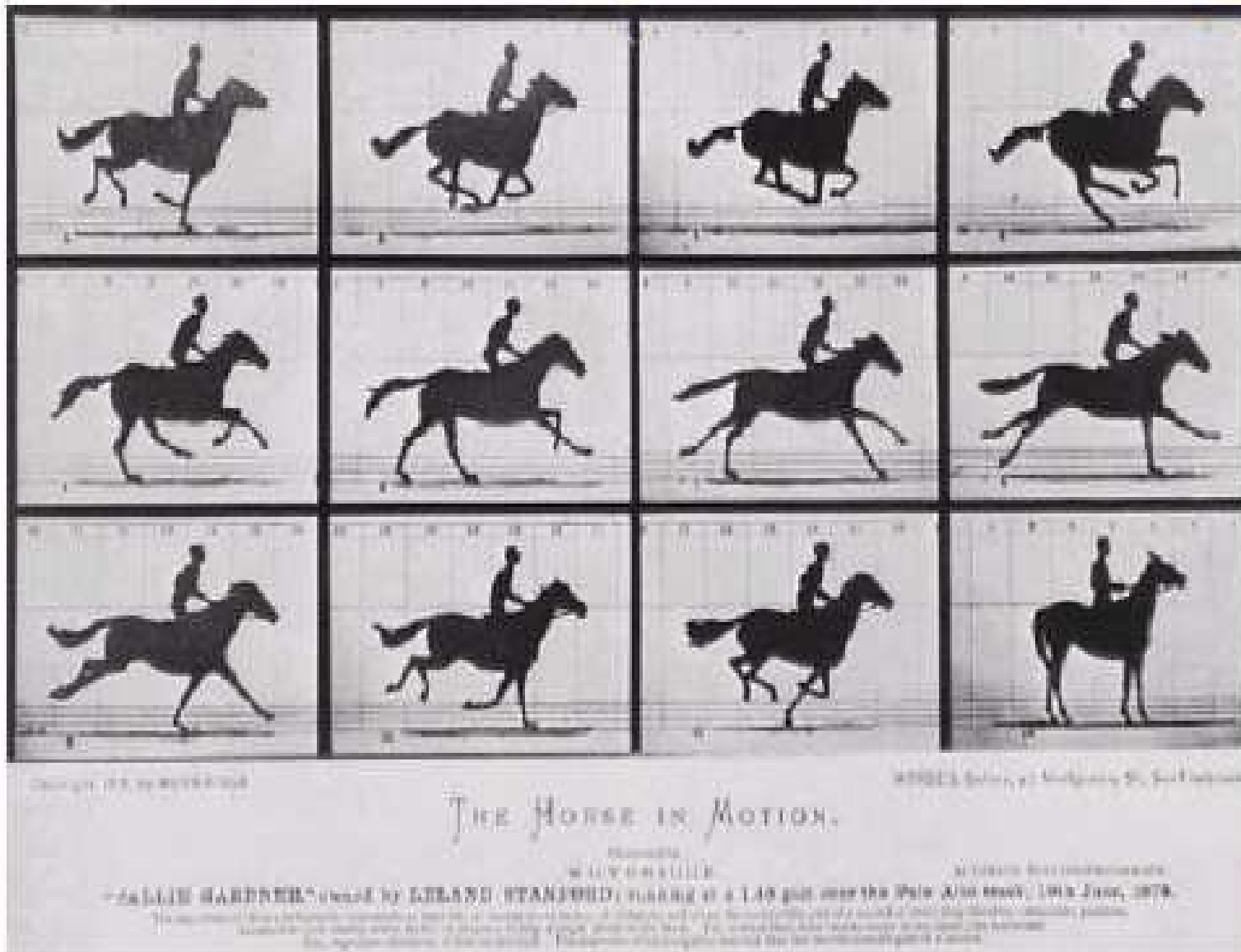
Principe consistant à projeter à une cadence rapide (12, 18 ou 24 images par secondes) une suite d'images presque identiques pour simuler un mouvement ou une transformation.



Peter Ratner, *Human Modeling and Animation*. Wiley, 1998, p. 297.

**Note :**

L'animation repose sur une limitation des capacités de notre système visuel : si nous visualisons une série d'images fixes liées à un rythme rapide, notre cerveau les perçoit comme <sup>39</sup> constituant un mouvement continu.



Synthèse d'Images par Ordinateur

8

## Illusion du mouvement

- $\exists$  un seuil ( $\approx 0.1$  sec.) pour le temps séparant 2 images successives, en deçà duquel les éléments sont perçus individuellement.
- Des vitesses plus élevées créent l'illusion d'un mouvement plus régulier;

à des vitesses inférieures, les images tremblotent ou le mouvement semble saccadé.

## Animation traditionnelle

- Travail manuel réalisé en plusieurs phases :

- Description de l'histoire du film

Les documents suivants sont produits :

- un synopsis : un résumé court de l'histoire du film,
- un scénario : un texte comprenant une description complète de l'histoire du film, i.e. la rédaction des épisodes d'un film, sans aucune indication technique,
- un esquisse (« story-board ») : des illustrations représentant des moments clés du film avec des sous-titres appropriés,
- séquence : suite d'images définissant une action spécifique, même si elles ne se présentent pas dans le même décor,
- scène : identifiée à un décor ou à un lieu donné où se passe l'action,
- prises de vue : l'enregistrement d'images sur un film.



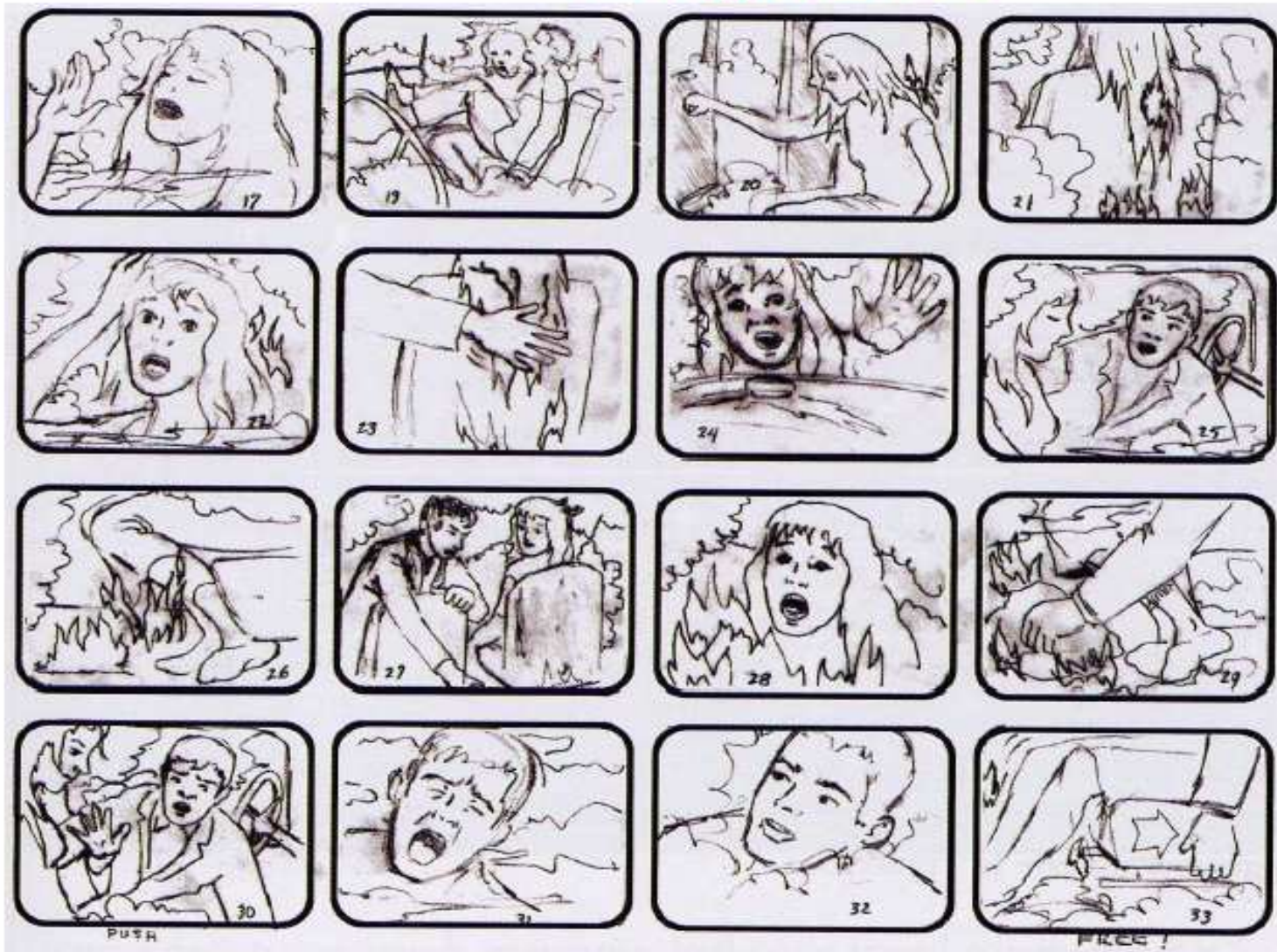
# Animation traditionnelle

10/03/2020 09:47

Animation et réalité virtuelle

62

# Esquisse



Dan Ablan, [animation 3D] CINÉMATOGRAPHIE & MISE EN SCÈNE. CampusPress, 2003, p. 27.

42

## Animation traditionnelle

- Création des différents dessins  
(objets du décor ou dessins de base qui seront ensuite animés)
  - Chaque image dessinée individuellement par un artiste exige beaucoup d'habileté et de patience.
  - Le support utilisé est un celluloïde (« cello ») permettant de visualiser par transparence les autres images.

**Difficulté :** Il est nécessaire de produire plusieurs images pour un grand film (250 000 dessins individuels).

Peut représenter une trentaine d'années de travail s'il est réalisé par une seule personne.

En pratique, cela est réalisé par toute une équipe

- d'artistes (dessins des images clés) et
- d'assistants (dessins des images intermédiaires).



## Animation traditionnelle

Note :

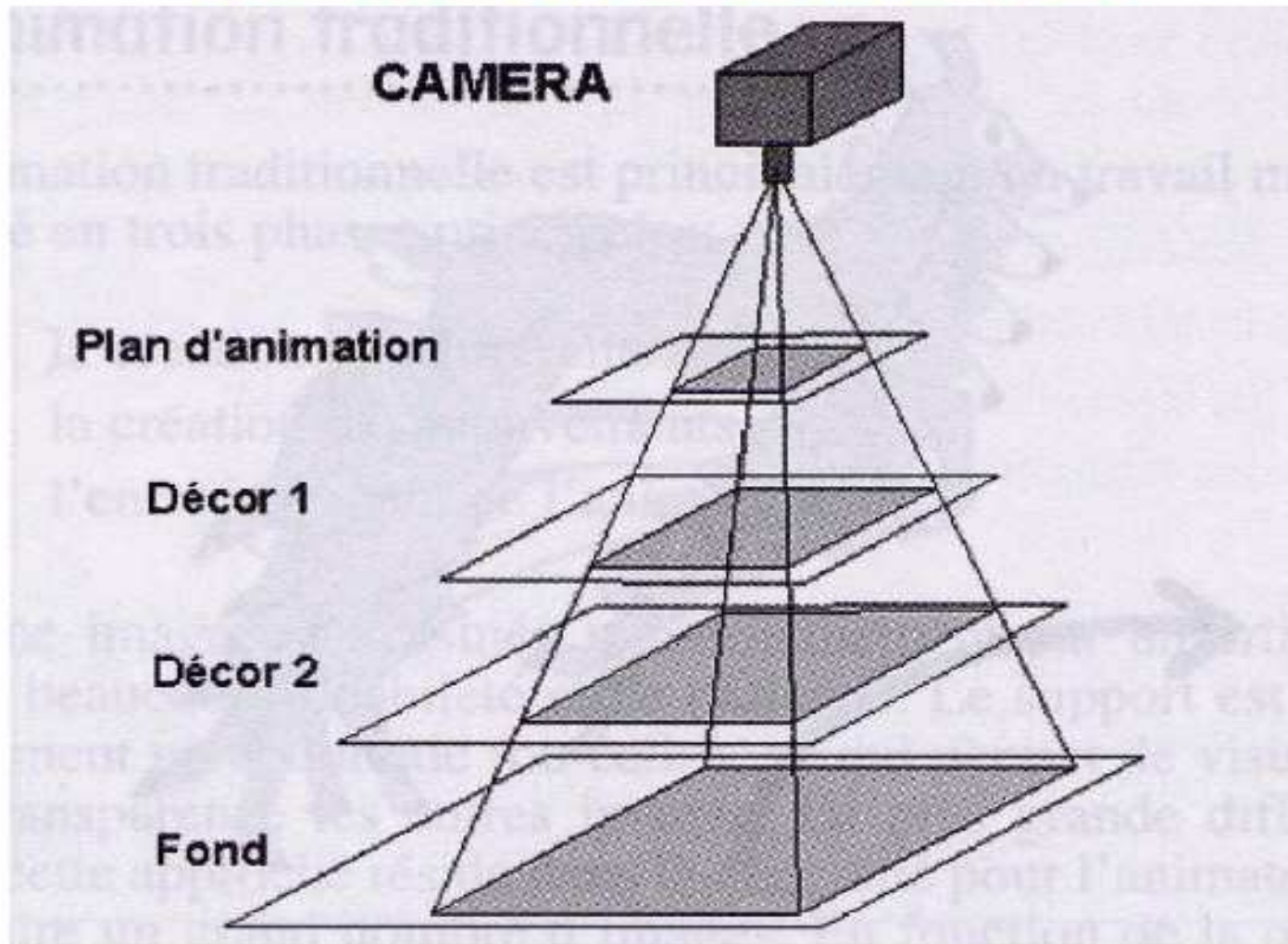
Pour éviter de devoir redessiner en entier chaque image, elle peut être dessinée sur plusieurs cellos superposés :

- l'arrière-plan peut être dessiné sur un cello,
- les éléments statiques sur un autre,
- les éléments animés encore sur un autre, etc.

- Création des mouvements et des transformations de dessins à partir de dessins de base en plaçant ceux-ci dans le temps et en créant de nouveaux dessins intermédiaires.
- Tournage de films
  - simple prise de vue de chaque image ou
  - déplacements simples : on déplace le dessin devant la caméra à chaque prise de vue ou
  - situations plus complexes : des systèmes multiplans comprenant une caméra qui peut pivoter et différents plans d'animation et de décors qui peuvent se déplacer verticalement et horizontalement.

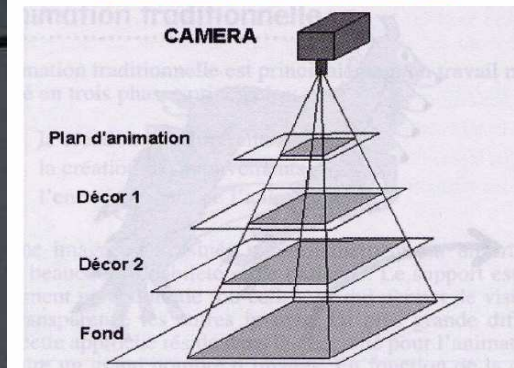
 suivante

# Animation traditionnelle





### Animation traditionnelle



L'installation nécessaire pour filmer un dessin animé sur cellulo se présente ainsi. La caméra est située tout en haut de l'image. Elle peut descendre ou monter pour zoomer-dézoomer sur les cellulés, posés à plat sur la table.



# Animation assistée par ordinateur

10/03/2020 09:47

Animation et réalité virtuelle

68

## Animation assistée par ordinateur

- Dans le cas de la production d'un film contenant 250,000 images individuelles, l'automatisation de certaines parties du processus d'animation peut être très productive.

Exemple : La production des dessins intermédiaires.

- L'ordinateur intervient ici comme une aide à l'animation traditionnelle et permet d'améliorer la vitesse, le coût et la précision des techniques utilisées.
- L'ordinateur peut jouer différents rôles dans l'animation :
  - dans la création des dessins,
  - dans la création des mouvements,
  - dans le coloriage,
  - dans le tournage du film,
  - dans la postproduction.
- Toutefois, ce cours traitera de l'animation générée par ordinateur.<sup>46</sup>



# Animation générée par ordinateur

10/03/2020 09:47

Animation et réalité virtuelle

70

## Animation générée par ordinateur

- L'ensemble de la production du film est réalisé sur ordinateur :
  - de la modélisation des objets d'une scène aux mouvements de caméras en passant par la mise en couleur, l'éclairage, ...
  - la prise en compte du temps dans l'évolution des phénomènes:
    - Mouvement de systèmes électromécaniques (robots)
    - Réactions chimiques (fruit en décomposition)
    - Mouvements de fluides, de gaz (nuages, chute d'eau)
    - Conduction de la chaleur (plaque de cuisinière qui chauffe)
- L'expérimentation de ces phénomènes est souvent coûteuse, voire impossible
  - Collision d'objets (collision de véhicules)
  - Phénomènes naturels (explosions)
  - Objets déformables (verre qui éclate en morceaux)
  - Modélisation humaine (patinage artistique)
  - etc.
- Il peut être plus facile et plus rentable de procéder à des simulations graphiques des phénomènes.

47

## Simulation graphique de ces phénomènes

- La simulation graphique repose sur les techniques d'animation.

Une animation représente donc une scène évoluant dans le temps.

- Différentes caractéristiques de la scène peuvent évoluer dans le temps :
  - position (automobile)
  - orientation (bras de robot)
  - taille (croissance d'une plante)
  - forme (cœur humain)
  - couleur ou texture (visage qui rougit de gêne)
  - transparence (brouillard qui va en s'épaississant)
  - paramètres d'ombrage,
  - la caméra (position de l'observateur, point d'intérêt, angle de vue)
  - caractéristiques (intensité, position, ...) des sources lumineuses (diminution de l'éclairage)
  - etc.

48



## Animation en temps réel et animation image par image

Animation en temps réel :

L'ordinateur calcule les mouvements suffisamment vite pour les montrer à la bonne vitesse sur la station graphique.

Exemple : Jeux vidéos, simulateurs de vol.

Pour y arriver, - on simplifie les décors ou  
- on utilise du matériel souvent très coûteux ou  
- on opte pour une animation simple (2D par ex.)

Note : Grâce aux recherches dans le domaine du parallélisme, l'idéal devient de plus en plus la réalité.

**Synthèse d'images**

49

## **Animation en temps réel et animation image par image**

**Animation image par image en temps différé :**

Calcul des images + enregistrement sur bande vidéo, film, cd-rom, ...  
+ projection à une cadence rapide.

**Note :** Les images calculées peuvent prendre une fraction de seconde à plusieurs heures.

# Exemple 1 (temps réel )

- Prenons un exemple:
- on veut déplacer le long de l'axe X, une automobile placée en  $\langle 5,0 \rangle$  de 100 mètres en 5 secondes.
- On suppose que l'on tourne la séquence en 25 images par seconde, ce qui donne 125 images pour les 5 secondes. On pourra donc programmer cette animation de la façon suivante:

```
PASX:=100 / 125;  
créer AUTO;  
placer AUTO ( $\langle 5,0 \rangle$ );  
dessiner AUTO;  
pour IMAGE:=1 a 125  
    attendre;  
    effacer AUTO;  
    traduire AUTO ( $\langle \text{PASX}, 0 \rangle$ );  
    dessiner AUTO;
```

## Exemple 2 (image par image )

- La seule différence est  
L'enregistrement de  
l'image

```
PASX:=100 / 125;  
créer AUTO;  
placer AUTO (<5,0>);  
dessiner AUTO;  
pour IMAGE:=1 a 125  
    enregistrer l'image;  
    attendre;  
    effacer AUTO;  
    traduire AUTO (<PASX, 0>);  
    dessiner AUTO;
```