

Animation et images de synthèse

Gilles Debunne
DEA IVR
2004

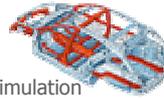
Domaines d'application



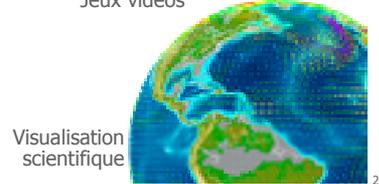
Audiovisuel



Jeux vidéos



Simulation



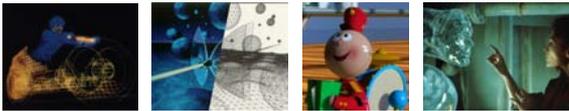
Visualisation scientifique

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

2

Images de synthèse et cinéma

- 1976 – Première apparition *Future World*
- 1982 - Durant tout le film *Tron* (MAGI)
- 1984 – Se veut réaliste *Last Star Fighter* (Gray)
- 1988 - Academy Award *Tin Toy* (Pixar)
- 1989 – Etre vivant *The Abyss* (ILM)



3

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Images de synthèse et cinéma

- 1993 - Créatures connues *Jurassic Park* (ILM)
- 1995 - Doublure d'acteur *Batman Returns* (D.D.)
- 1995 – Intégralement 3D CG *Toy Story* (Pixar)
- Maintenant...
102 dalmatiens, Final fantasy, Matrix...



4

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Les différentes techniques

- Interpolation entre positions clés
Très souple mais fastidieux
- Capture de mouvements
Grande qualité mais spécifique
- Édition de mouvement
Pratique mais limité et risqué
- Modèles générateurs
Automatique mais complexe

Idéalement, automatisé avec un
contrôle précis de l'animateur

5

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

En pratique

- Beaucoup de travail à la main
- Utilisation de maquettes, de robots
- Travail en postproduction, fonds verts
- Mélange de méthodes (et de logiciels)

- Il y a de la place
pour la recherche



6

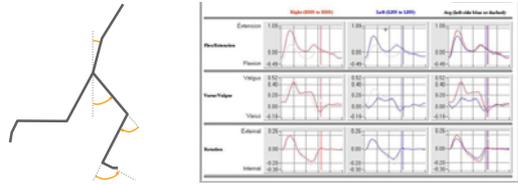
Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Plan du cours

- Introduction
- Interpolation entre positions clés
 - Méthodes d'interpolation
 - Ajouts d'effets
 - Cinématique directe et inverse
- Capture de mouvements
- Édition de mouvement
- Modèles générateurs
- Exemples pratiques

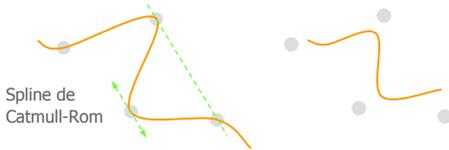
Interpolation de positions clés

- Compléter lorsqu'on a assez d'information
- Interpoler position, angle, forme, transparence...
- Demande une grande technique



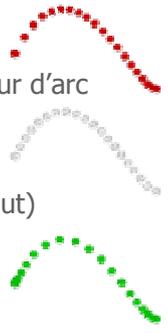
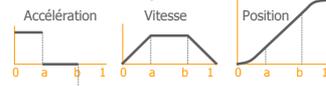
Fonctions d'interpolation

- Modifications des points de contrôle
- Influence plus ou moins locale
- Interpolation vs approximation
- Forte continuité ou points de rebroussement
- Dérivées réglables (tension)



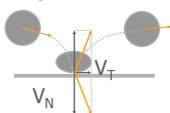
Paramétrisation de la courbe

- Vitesse non constante
- Reparamétrisation par la longueur d'arc
 - Calcul analytique ou discret
 - Vitesse réglable
- Départ et fin souples (Ease In/Out)
 - Très sensible pour la caméra



Effets

- Anticipation des mouvements
 - Rebonds, points d'inflexion
- $$V_T' = \alpha V_T$$
- $$V_N' = -\beta V_N$$
- Adapter la vitesse à la masse
 - Étirements / écrasements (volume constant)
 - Bruiter le mouvement

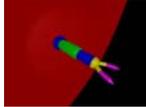


Effets



Cinématique directe

- Objet décomposé en une hiérarchie de repères
Humain, animaux, robots...
- Interpolation de positions
- Représentation des orientations
Matrice 3x3 et angles d'Euler mal adaptés
Utiliser les quaternions et l'interpolation par Slerps
- Composition depuis la racine



13

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Cinématique inverse

- Mouvement fixé par la position d'une extrémité
- On résout la modification d'angle ($\omega^{\text{té sinon}}$)

$$\Delta x = J \Delta q$$

Jacobienne $J_{ij} = dx_i/dq_j$



- Système sous-contraint : pseudo-inverse

$$J^+ = (J^t J)^{-1} J^t \quad \Delta q = J^+ \Delta x$$

- Respect des contraintes morphologiques, boucles

14

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Plan du cours

- Introduction
- Interpolation entre positions clés
- Capture de mouvements (MoCap)
Systèmes de capture
Avantages et limitations
- Édition de mouvement
- Modèles générateurs
- Exemples pratiques

15

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Capture du mouvement humain

- Différents types de systèmes :

- Magnétique
Pas d'occlusions
Perturbé par le métal
Champ d'action réduit
Bruit de mesure



- Inertiel
Pas d'occlusions
Problème de dérive

16

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Capture du mouvement humain

- Mécanique
Exo-squelette
Encombrant



- Optique
Pas de fils : liberté de mouvement
Précis (selon le dispositif)
Occlusions : post-traitement



17

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Exosquelette

- Exosquelette anamorphique
Animaux et autres
Position clés principalement



- Gants (animation du visage)
Demande une grande dextérité



18

Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Plan du cours

- Introduction
- Interpolation entre positions clés
- Capture de mouvements
- Édition de mouvement
 - Types de traitements
 - Traitement du signal
 - Minimisation sous contraintes
- Modèles générateurs
- Exemples pratiques

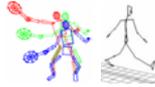
19

Édition du mouvement capturé

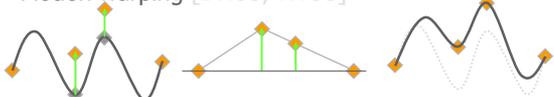
- Modification du mouvement
 - Conserver le style et le réalisme
 - Grande importance des hautes fréquences
- Différents types de traitement
 - Nettoyage des données
 - Cyclification
 - Transitions entre les mouvements
 - Capture de style (www.biomotionlab.ca/Demos/BMLwalker.html)
 - Changement d'échelle (morphologie différente)

20

Edition du mouvement



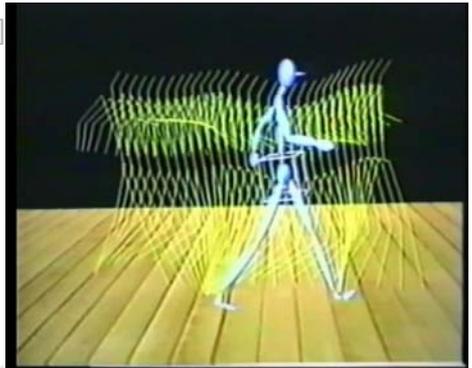
- Conversion MoCap vers positions clés
 - Faire correspondre courbe & points de contrôle
 - Récupérer les hautes fréquences ensuite
- Traitement du signal
 - Time scaling, time warping
 - Mélange des mouvements (transitions)
 - Motion warping [BW95, WP95]



21

Motion warping

[LS99]



22

Edition avec contraintes

- Ajout de contraintes
 - Morphologiques (angles limites)
 - Physiques (inertie, accélérations...)
 - Objectifs (passer par, au dessus de, avant...)
- Minimisation
 - Proche du mouvement original
 - Respectant les contraintes

23

Edition avec contraintes

- Adaptation à une nouvelle morphologie [Gle98]



24

Plan du cours

- Introduction
- Interpolation entre positions clés
- Capture de mouvements
- Édition de mouvement
- Modèles générateurs
 - Lois de comportement
 - Simulation physique
- Exemples pratiques

25

Principe

- Génération automatique du mouvement
- Utilisation d'une loi de comportement
 - Comportement de groupe, intelligence artificielle
 - Propagation d'informations
- Simulation des lois de la physique
 - Eau, fumée, corde, fracture, objet déformable...
- Réalisme possible
- Contrôle et applications limités

26

Dynamique du solide

- Principe Fondamental de la Dynamique

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Forces} &= \text{masse} \cdot \text{accélération} \\ \Sigma \text{ Couples} &= \text{Matrice d'inertie} \cdot \omega \end{aligned}$$

Couple = $\overline{GA} \wedge F$ ω : vecteur vitesse angulaire



$$dR/dt = \omega * R$$

- Matrice d'inertie I

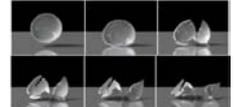
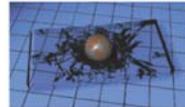
$$\begin{aligned} I_{xx} &= M \int_V (y^2 + z^2) dV \\ I_{xy} &= -M \int_V x y dV \end{aligned}$$

27

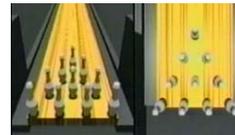
Dynamique du solide

- Détails et code dans la page web

- Fractures [OH99]



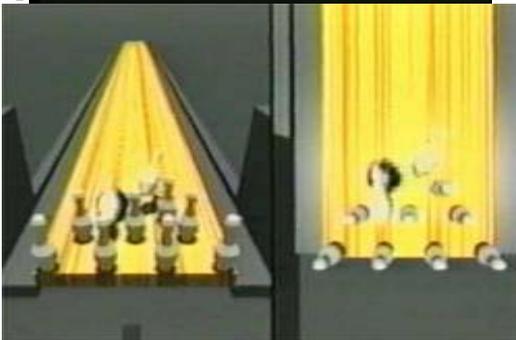
- Réglage des lois pour le contrôle [CF00]



28

Modification de la physique

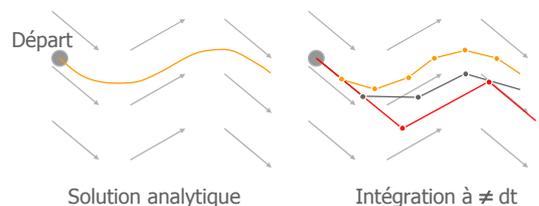
[CF00]



29

Intégration temporelle

- Discrétisation du temps
- Force supposée constante pendant dt
 - Exemple : déplacement dans un champ de force



30

Shémas d'intégration

- Shéma d'Euler (le plus simple, ordre 1)

$$\begin{aligned} v(t+dt) &= v(t) + a(t) dt \\ x(t+dt) &= x(t) + v(t) dt \end{aligned}$$

- Shémas d'ordre plus élevé
 - Point milieu (ordre 2), Runge Kutta 4...
- Divergence, fréquences vite élevées
- Temps réel vrai
 - Pas simplement beaucoup d'affichages !

31

Intégration Implicite

$$\begin{aligned} \text{Explicite : } x(t+dt) &= x(t) + f(t) dt \\ \text{Implicite : } x(t+dt) &= x(t) + f(t+dt) dt \end{aligned}$$

- Calcul de la dérivée à l'arrivée !
- $x(t+dt)$? : Approximation linéaire de df/dx

$$x(t+dt) = x(t) + df/dx(t+dt) dx dt$$

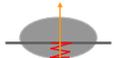
- Inversion de matrice, mais dt bien plus grand [BW98]



32

Collisions

- Détection de la collision
 - Temps discret : on détecte trop tard (retour arrière ?)
 - Boîtes englobantes, géométrie, ...
- Choc élastique
 - Conservation de la quantité de mouvement ($m \cdot v$) et de l'énergie cinétique ($1/2 mv^2$), action-réaction ($F_{1-2} = -F_{2-1}$)
- Réponse à la collision
 - Forces de pénalités
 - Impulsion (variation instantanée de la vitesse)



33

Collisions par impulsions

[Mir00]



34

Frottements visqueux

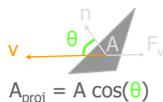
- Systèmes de particules seulement (en théorie)

$$F_v = -k_v \cdot v$$



- Résistance de l'air

$$F_v = 1/2 k_v \cdot d_{air} \cdot v^2 \cdot A_{proj}$$



- Formule plus physique possible
- Permet de stabiliser l'intégration temporelle

35

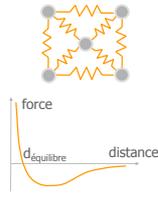
Plan du cours

- Introduction
- Interpolation entre positions clés
- Capture de mouvements
- Édition de mouvement
- Modèles générateurs
- Exemples pratiques
 - Système de particules
 - Objets déformables
 - Animation de personnages
 - Animation de fluides et de gaz

36

Systèmes de particules

- Dynamique de la position seulement
- Systèmes masses-ressorts
 - Simple. Réglage des raideurs
 - Mais dépend de la discrétisation
- Comportement émergent
 - Force arbitraire
 - Attraction-répulsion
- Grille pour trouver les voisins
 - Complexité $O(n)$ au lieu de $O(n^2)$

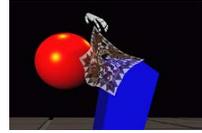


Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

Objets déformables

- Masses-ressorts

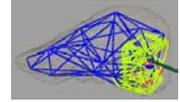
[BWK03]



[DSB99]



- Éléments finis [DDBC01]

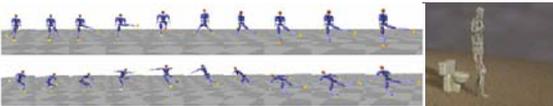


Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

38

Animation de personnages

- MoCap, positions clefs
- Mélange de mouvements [Sig'02]
- Modification par cinématique inverse
- Prise en compte de la physique [LP02]
- Déplacement par Intelligence Artificielle (jeux)
- Mouvement défini par contrôleur [FPT01]



Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

39

Mouvement défini par contrôleur

[FPT01]



Animation et images de synthèse

40

Contrôleur + lois physiques

[HWBO95]



Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

41

Animation de visages

- Positions clefs ou MoCap
- Mouvement d'après les mains
- Avec ou sans synchronisation des lèvres
- Phonème → visème (16) + interpolation
- Plaquage d'expressions

[NN01]



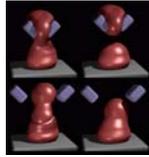
Animation et images de synthèse © Gilles Debienne 2004

42

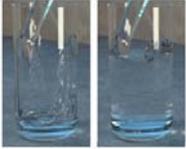
Animation de fluides et de gaz

■ Surfaces implicites

Topologie arbitraire
[DC95]



■ Phénomènes naturels



[EMF02]



[NFJ02]

43

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Fluides et gaz : Navier Stokes

[YOH00]



44

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Fluides et gaz : lois simplifiées

[FSJ01]



45

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Pistes de recherche

- Automatiser le travail manuel fastidieux
- MoCap : occlusion, lip-sync, sur le tournage...
- Simulation physique encore balbutiante
- Combinaison des différentes techniques
MoCap édité avec des lois physiques
- Préserver le contrôle total de l'animateur

www-imagis.imag.fr/~Gilles.Debunne/Enseignement/

46

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Références des vidéos



[LS99]



[Gle98]



[CF00]



[Mir00]



[LP02]



[FPT01]



[YOH00]



[FSJ01]



[EMS02]

47

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Références



- [BW95] Motion Signal Processing
A. Bruderlin, L. Williams, *Siggraph 1995*
- [BW98] Large Steps in Cloth Simulation
D. Baraff, A. Witkin, *Siggraph 1998*
- [BWK03] Untangling cloth
D. Baraff, A. Witkin, M. Kass, *Siggraph 2003*
- [CF00] Sampling Plausible Sol. to Multi-Body Constraint Pbs
S. Chenney, D. Forsyth, *Siggraph 2000*
- [DC95] Animating Soft Substances with Imp. Surfaces
M. Desbrun, M.-P. Cani, *Siggraph 1995*
- [DDBC01] Dynamic Real-Time Deform. Adaptive Sampling
G. Debunne, M. Desbrun, M.-P. Cani, A. Barr, *Siggraph 2001*
- [DSB99] Interactive Anim. of Structured Deformable Objects
M. Desbrun, P. Schröder, A. Barr, *Graphic Interface 1999*

48

Animation et images de synthèse © Gilles Debunne 2004

Références



- [EMF02] Anim. And Rendering of Complex Water Surfaces
D. Enright, S. Marschner, R. Fedwik, *Siggraph 2002*
- [FPT01] Composable controllers for Physics-Based Char. Anim.
P. Faloutsos, M. van de Panne, D. Terzopoulos, *Siggraph 2001*
- [FSJ01] Visual Simulation of smoke
R. Fedwick, J. Stam, H. Wann Jensen, *Siggraph 2001*
- [Gle98] Retargeting motion to new characters
M. Gleicher, *Siggraph 98*
- [HWBO95] Animating Human Athletics
Hodgins, Wooten, Brogan, O'Brien, *Siggraph 1995*
- [LS99] A Hier. Approach to Interactive Motion Editing
J. Lee, S. Y. Shin, *Siggraph 1999*

49

Références



- [LP02] Synthesis of Complex Dynamic Character Motion...
C. K. Liu, Z. Popovic, *Siggraph 2002*
- [Mir00] Timewarp rigid body simulation
B. Mirtich, *Siggraph 2000*
- [NFJ02] Phys. Based Modeling and Animation Of Fire
D. Nguyen, R. Fedwik, H. Jensen, *Siggraph 2002*
- [NN01] Expression Cloning
J. Noh, U. Neumann, *Siggraph 2001*
- [OH99] Graph. Model and Animation of Brittle Fracture
J. O'Brien, J. Hodgins, *Siggraph 2000*
- [WP95] Motion Warping
A. Witkin, Z. Popovic, *Siggraph 1995*

50