

Partie 2 Animation

1. Animation par modèles descriptifs

- Cinématique directe
- Cinématique inverse

2. Animation par modèles générateurs

- Modèles physiques discrets et continus
- Collisions, contrôle du mouvement

Histoire de l'animation

- Dessin animé
 - Animateur confirmé : dessins « clés »
 - Aides animateurs : dessins secondaires (30 dessins / sec)
- Utiliser l'ordinateur pour interpoler ?
 - des positions
 - des orientations
 - des formes

Modèle « descriptif »

L'animateur reste maître du mouvement

2

Modèle « descriptifs » versus modèle « générateur » ?

- Définir les « lois du mouvement », plus ou moins complexes

Exemples :

- une procédure à exécuter (équation de la trajectoire)
- les lois de la physiques
- des lois comportementales


- Laisser le système **engendrer le mouvement**

Modèle « générateur »

- Décrit une « famille de mouvements »
- Contrôle indirect!

Modèles générateurs Historique : Méthodes procédurales

- Systèmes de particules
 - Points cinématiques : X, V
 - V donné par une loi de mouvement
 - Vie / mort de particules
- Exemples:
 - Animation procédurale de l'océan
 - Feu, fumée procédurale
 - Bancs de poissons, hordes

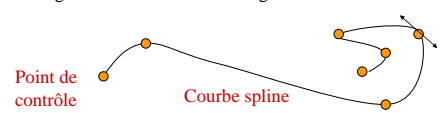


4

Revenons aux modèles descriptifs! Rappel : techniques d'interpolation

Courbes paramétriques

- définition à partir de points « de contrôle »
- contrôle local
- raccords de segments de courbes polynomiaux
- degré 3 et classe C¹ ou C² en général.

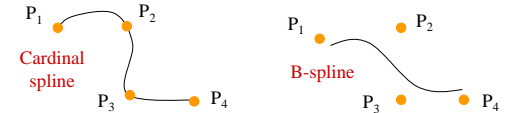


5

Courbes splines

- Segment de courbe

$$Q_i(u) = (u^3 \ u^2 \ u \ 1) M_{spline} [P_{i-1} \ P_i \ P_{i+1} \ P_{i+2}]^T$$
- Interpolation ou approximation



6

Courbes splines

$Q_i(u) = (u^3 \ u^2 \ u \ 1) M_{spline} [P_{i-1} \ P_i \ P_{i+1} \ P_{i+2}]^t$

$$M_{Cardinal} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Cardinal spline


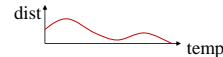
$$M_{B-spline} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

B-spline

7

Modèles descriptifs Cinématique directe

- Interpolation de positions clés
 - splines d'interpolation Hermite ou Cardinal spline
 - Permettre les points d'inflexion!
- contrôle de la vitesse de parcours
« Graphe des vitesses »

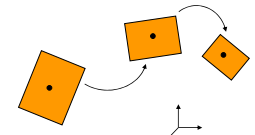



8

Modèles descriptifs Cinématique directe

- Interpolation des orientations
Bien choisir la représentation !

- Matrice de rotation
- Angles d'Euler
- Vecteur rotation
- Quaternion



9

Matrices de rotation

- Représentation : **matrice orthogonale**
 - chaque orientation = 9 coefficients
- Interpolation :
 - interpoler les coefficients terme à terme
 - re-ortho-normaliser

Coûteux et mal adapté :

- $M = k M_1 + (1-k) M_2$ peut être dégénérée
- Ortho-normalisation impossible dans ce cas

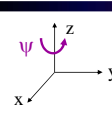
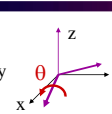
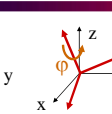
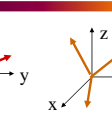
Exemple:
Axe x, angle α

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}$$

Exemple:
 $M_1 = Id$
 M_2 : axe x, $\alpha = \pi$

10

Angles d'Euler

Représentation : trois angles (ψ, θ, ϕ)

- Intuitif : $R(V) = R_{z,\psi}(R_{x,\theta}(R_{z,\phi}(V)))$

- Interpolation peu coûteuse, mais non invariante par rotation
- Si $(\theta = 0)$, perte d'un degré de liberté

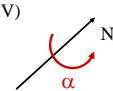
*Hint from Geoff to present Euler angles:
earth sphere + rotation along own axis, to be done first*

11

Vecteur rotation

Représentation : $V_{rot} = \alpha N$, où N axe unitaire

- Appliquer la rotation (formule de Rodrigues)
 - $R(V) = V + \sin(\alpha) (N \wedge V) + (1 - \cos(\alpha)) N \wedge (N \wedge V)$
 - Petites rotations
 - $R(V) \approx V + \alpha (N \wedge V)$
- Composer deux rotations
 - Petites rotations : somme des vecteurs rotation
- Interpoler ??

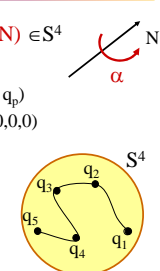


12

Quaternions

Représentation : $q = (\cos(\alpha/2), \sin(\alpha/2)N) \in S^4$

- Algèbre des quaternions
 - $p \cdot q = (p_r q_r - p_p q_p + p_r q_p + q_r p_p + p_p \wedge q_p)$
 - $q^{-1} = (q_r, -q_p) / q_r^2 + q_p q_p$ $I = (1, 0, 0, 0)$
- Appliquer une rotation
 - $R(V) = (0, V) q^{-1}$
- Composer deux rotations : $p \cdot q$
- Interpoler : splines sur S^4

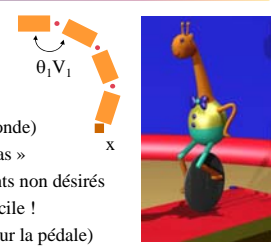


13

Modèles descriptifs Cinématique directe

Squelettes articulés

- Hierarchie de repères
 - (racine dans le repère du monde)
- Mise au point « de haut en bas »
 - compenser les mouvements non désirés
- Contrôle des extrémités difficile !
 - (exemple : pied horizontal sur la pédale)



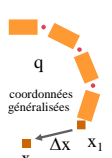
14

Modèles descriptifs Cinématique inverse

- Contrôle de l'extrémité d'une chaîne
 - calcul automatique des autres orientations ?
 - $x_1 = f(q)$ $x_2 = f(????)$

Méthode issue de la robotique

- inversion d'un système non linéaire
 - $\Delta x = J \Delta q$, avec $J_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial q_j}$, Jacobienne J
- système sous-contraint, donc pseudo-inverse : $J^+ = (J^T J)^{-1} J^T$
- $\Delta q = J^+ \Delta x$ (Tâche secondaire: $\Delta q = J^+ \Delta x + (I - J^+ J) \Delta z$)



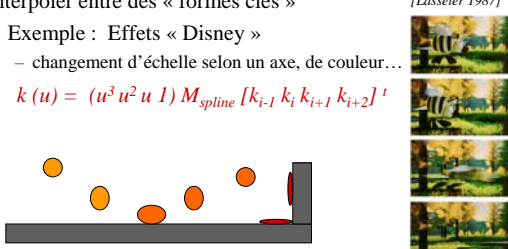
15

Modèles descriptifs Déformations

Interpoler entre des « formes clés »

[Lasseter 1987]

- Exemple : Effets « Disney »
 - changement d'échelle selon un axe, de couleur...

$$k(u) = (u^3 u^2 u 1) M_{spline} [k_{i-1} k_i k_{i+1} k_{i+2}]^t$$


Modèles géométriques et animation

- Animer un modèle = animer ses paramètres

Surfaces splines, de subdivision

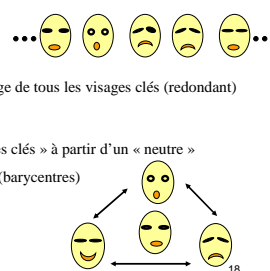
- Formes intermédiaires
 - Engendrées par les trajectoires des points de contrôle
 - Bien adaptées aux objets structurés (topologie constante)
- Volumes englobants (collisions ...)
 - enveloppe convexe des points de contrôle si B-spline

17

Interpolation temporelle versus multi-cible

Exemple d'un visage animé

- Interpolation au cours du temps
 - Coût de modélisation et de stockage de tous les visages clés (redondant)
- Interpolation « multi-cible »
 - Modélisation de quelques « visages clés » à partir d'un « neutre »
 - Intermédiaires calculée à la volée (barycentres)



18