Animation de personnages par skinning à volume constant

Damien ROHMER
Projet de fin d'études (CPE Lyon)
1er mars - 1er septembre 2007
Laboratoire Jean Kuntzmann, INRIA(EVASION), Grenoble

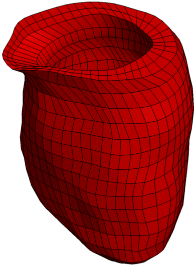
(10 juillet 2007)

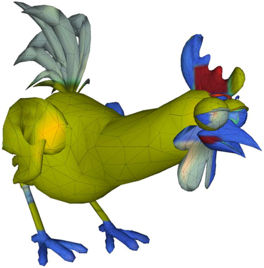
encadrants: Stefanie Hahmann (LJK-MGMI)
Marie-Paule Cani (LJK,EVASION-INRIA)

Table des matières

Les approches des déformations

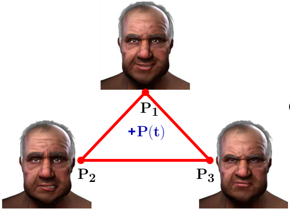
Basées sur la physique	Non basées sur la physique
• ⊕ Physiquement réaliste • ⊖ Long (EDP, FEM, ...)	• ⊕ Temps réel possible (GPU) • ⊖ Pas forcément correct physiquement



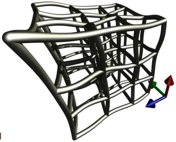


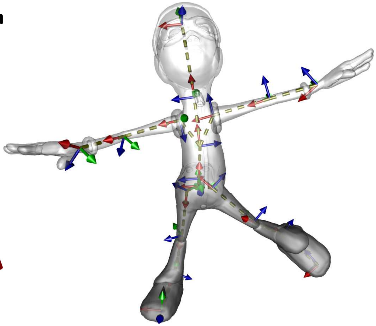
Les approches non physiques classiques

- **Morphing multi-cibles** (Shape Interpolation)
  - Animation de **visages** (et certains jeux vidéos).
  - ⊖ **Travail** pour l'artiste, beaucoup de **mémoire**.
- **Déformation de formes libres** (FFD)
  - ⊖ Contrôle de la **déformation spatiale**
- **Animation squelettique** (skeleton based skinning)
  - ⊕ **Rapide**, **Mémoire**, **Prise en main**
  - ⊖ Il faut un **squelette**



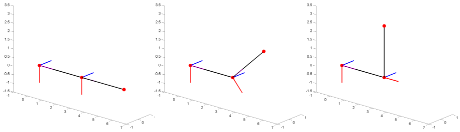
@maya



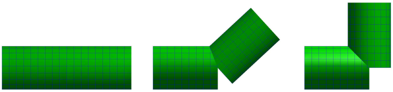


L'animation par squelette (I)

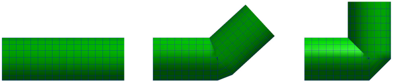
Le skinning rigide (l'ancêtre)



- Par bloc



- Un seul maillage

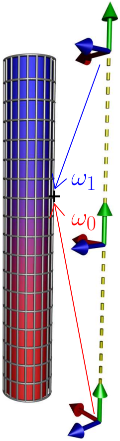


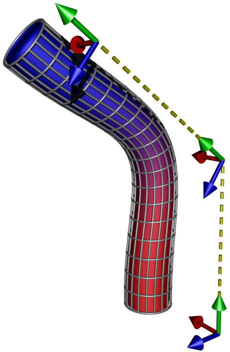
©Eidos

L'animation par squelette (II)

Le soft skinning

- Pour chaque **sommet**, on définit les **poids de skinning** ω_i





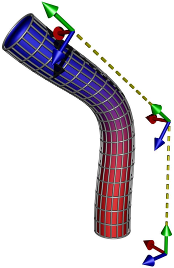
@Edios

L'animation par squelette (III)

Que nous faut t-il ?

- Une **surface** de départ (N_s sommets)
- Un **squelette** = Repères hiérarchiques (N_b repères)
- Les **matrices de transformation** : T_i (N_b matrices)
- Les **poids de skinning** ω ($N_s \times \mathcal{O}(N_b)$)

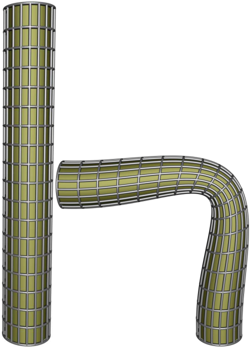
$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \\ 1 \end{pmatrix} = \left(\sum_{i=1}^{N_b} \omega_i^s \, \mathrm{T}_i(t) \right) \begin{pmatrix} x^0 \\ y^0 \\ z^0 \\ 1 \end{pmatrix}$$



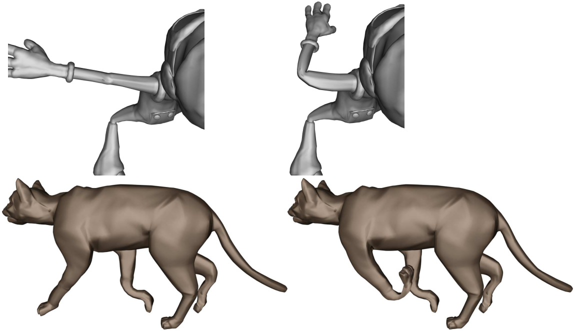
L'animation par squelette (IV)

Les limites

- Non **conservation du volume**
- ex. Collapsing Elbow



$\Delta V = 11\%$



Méthodes déjà publiées (I)

Non conservatives du volume

- Correction basées sur des **poses données**.
  - **Eigen Skin** [Kry *et al.*, 2002, SIGGRAPH]
  - Squelette et poids **automatiques** [James & Twigg, 2005, SIGGRAPH]
  - **Ajout de repères** [Mohr & Gleicher, 2003 SIGGRAPH]
  - **Multi-poids** $\overrightarrow{x} = \left(\sum \Omega \mathrm{M}\,\mathrm{D}^{-1}\right) \overrightarrow{x}_0$ [Wang & Phillips, 2002, SIGGRAPH]

  ⊖ Il faut les poses
- Axe médian. [Bloomenthal, 2002, EUROGRAPHICS]

  ⊕ Général, ⊖ Obtension de la surface médiane
- Limitation en angle. [Yang & Zhang, 2005, TSCG]

  ⊖ Non Général

Méthodes déjà publiées (II)

Basées sur la **Conservation du volume**

- **Minimisation** sous contrainte

  (FFD) [Hirota *et al.*, 1999, SIGGRAPH], [Sauvage *et al.*, 2005, SIAM]

$$\begin{cases} \text{min} & \|\overrightarrow{u}\|^2 \\ \text{contraint à} & V(\overrightarrow{x}+\overrightarrow{u})=V^0 \end{cases}$$

  ⊕ Général

- **Coordonnées Différentielles** [Sorkine *et al.*, 2004, SIGGRAPH], [Lipman *et al.*, 2004, SMI]

$$\min\left[\mathcal{L}(\overrightarrow{x}+\overrightarrow{u})-\mathcal{L}(\overrightarrow{x})\right]$$

- Déformation de l'**espace** (champs à divergence nulle, swirling sweepers)

  [Angelidis *et al.*, 2004, IEEE], [Von Funck, 2006, SIGGRAPH]

  ⊖ Contrôle de la déformation, Modelage plus qu'animation

Méthode : Notre choix

1. Application du skinning classique
2. Correction sur le volume (minimisation sous contrainte)

- $\oplus$ Très général
- $\oplus$ Le plus évident à priori ...
- $\ominus$ 2 étapes
- $\ominus$ Contrôle de la correction

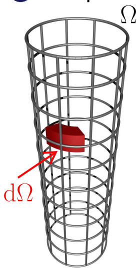
Expression du Volume d'un domaine (Cas Général)

Problème : Comment exprimer le Volume V d'un domaine Ω bordé par une surface fermée $\partial\Omega$.

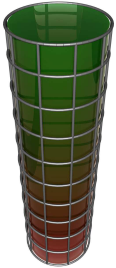
1. Volume $V = \int_\Omega \mathrm{d}\Omega$
2. Théorème de la divergence (Green-Ostogradski)

$$\int_\Omega \overrightarrow{\nabla} \cdot \overrightarrow{f} \, \mathrm{d}\Omega = \int_{\partial\Omega} \overrightarrow{f} \cdot \overrightarrow{n} \, \mathrm{d}(\partial\Omega)$$

3. On prend $\overrightarrow{f} = z \, \overrightarrow{u_z}$ $(\overrightarrow{\nabla} \cdot \overrightarrow{f} = 1)$



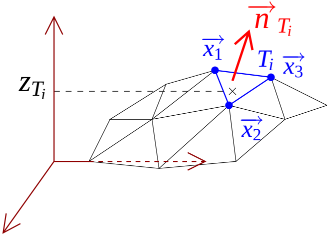
$$\Rightarrow V = \int_{(u,v)\in\partial\Omega} z(u,v) \, n^z(u,v) \, \mathrm{d}u\mathrm{d}v$$

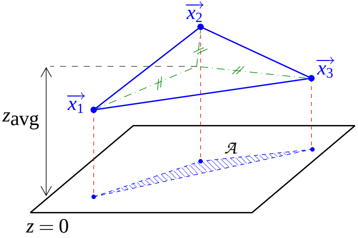


Expression du Volume d'un domaine (Cas Triangulé)

Problème : Appliquer la formule au cas de surfaces fermées triangulées.

$$\Rightarrow V = \frac{1}{6} \sum_{\text{Triangles}} (z_1 + z_2 + z_3) \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & x_3 - x_1 \\ y_2 - y_1 & y_3 - y_1 \end{vmatrix} = \sum_{\text{Triangles}} z_{\text{avg}}\, \mathcal{A}$$





Utilisation de la trilinéarité

$$V = \frac{1}{6} \sum_{\text{Triangles}} (z_1 + z_2 + z_3) \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & x_3 - x_1 \\ y_2 - y_1 & y_3 - y_1 \end{vmatrix}$$

- Déterminant Bilinéaire en (x,y)
- Volume trilinéaire suivant (x,y,z)

$$\Rightarrow V = \sum_{(i,j,k)} \beta_{ijk}\, x_i y_j z_k$$

- Expression par produit scalaire

$$V = < \overrightarrow{V}^{YZ}, \overrightarrow{x} > = < \overrightarrow{V}^{XZ}, \overrightarrow{y} > = < \overrightarrow{V}^{XY}, \overrightarrow{z} >$$

Minimisation à résoudre

- On recherche $\overrightarrow{u} = (u^x, u^y, u^z)$ tel que

$$\begin{cases} \text{min} & \sum_i \|\overrightarrow{u_i}\|^2 \\ \text{contraint à} & V(\overrightarrow{x} + \overrightarrow{u}) = V^0 \end{cases}$$

- Utilisation des **multiplicateurs de Lagrange**

$$E = \sum_i \|\overrightarrow{u}\|^2 + \lambda \left[V(\overrightarrow{x} + \overrightarrow{u}) - V^0 \right]$$

- On doit résoudre

$$\begin{cases} \forall i, & \dfrac{\partial E}{\partial u_i^x} = 0, \dfrac{\partial E}{\partial u_i^y} = 0, \dfrac{\partial E}{\partial u_i^z} = 0 \\ & \dfrac{\partial E}{\partial \lambda} = 0 \end{cases}$$

Résolution en trois parties

On suppose que l'on corrige 1/3 du volume sur chaque axe.

1. On corrige pour uniquement suivant $x \Rightarrow V(x+u^x, y, z)$.
2. On corrige ensuite suivant $y \Rightarrow V(x+u^x, y+u^y, z)$.
3. On corrige ensuite suivant $z \Rightarrow V(x+u^x, y+u^y, z+u^z)$.

$$(\overrightarrow{u^x}, \overrightarrow{u^y}, \overrightarrow{u^z}) = \frac{\Delta V}{3}\left(\frac{\overrightarrow{V}^{YZ}}{\|\overrightarrow{V}^{YZ}\|^2}, \frac{{}^*\overrightarrow{V}^{XZ}}{\|{}^*\overrightarrow{V}^{XZ}\|^2}, \frac{{}^{**}\overrightarrow{V}^{XY}}{\|{}^{**}\overrightarrow{V}^{XY}\|^2}\right)$$

$$\begin{cases} V(x+u^x, y, z) & = & < {}^*\overrightarrow{V}^{XZ}, \overrightarrow{y} > \\ V(x+u^x, y+u^y, z) & = & < {}^{**}\overrightarrow{V}^{XY}, \overrightarrow{z} > \end{cases}$$

Trois calculs sont nécessaires (trois parcours des sommets)

Résulats

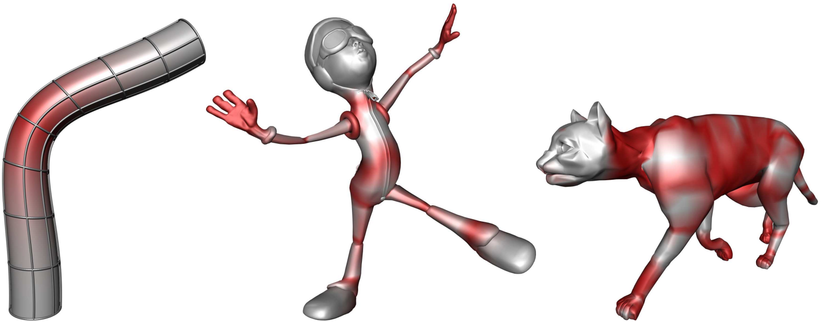
- Facile, rapide, précis ($<$ 1% erreur ou exact)
- Mais ...

Pondération des sommets

- Problème due à l'**homogénéité**
- Prise en compte du **skinning** ?

Idée : **Pondération** sur les sommets **éloignés des joints**

$$\gamma = (1 - (\omega_{\mathrm{max}})^q)^p$$



Pondération des sommets (résolution)

On autorise le déplacement des sommets de la jointure.

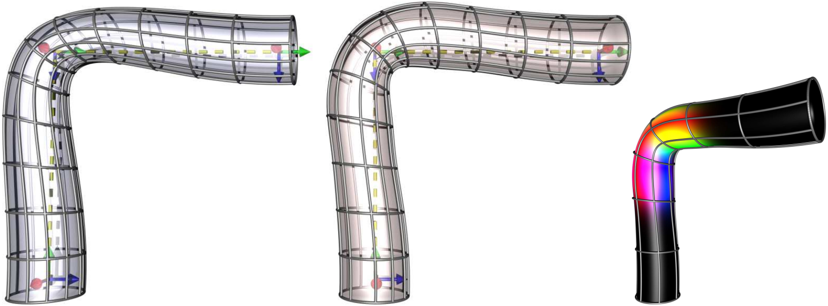
$$\begin{cases} \min & \displaystyle\sum_i \frac{\|\overrightarrow{u_i}\|^2}{\gamma_i} \\ \text{contraint à} & V(\overrightarrow{x} + \overrightarrow{u}) = V^0 \end{cases}$$

- Résolution identique !

$$u_i^x = \frac{\Delta V}{3} \frac{\gamma_i V_i^{YZ}}{\displaystyle\sum_j \gamma_j (V_j^{YZ})^2}$$

- Aucun surcoût de mise en oeuvre.

Pondération des sommets (résultats)



Pondération des sommets (influence des exposants)

$$\gamma = (1 - (\omega \mathrm{max})^q)^p$$

- $(p = q) = 0.2, 5, 10, 15$

Déplacement normal

- Pourquoi fixer 1/3 de la correction en x,y et z ?
- Déplacement normale à la surface
  - ⊕ Localement adaptée à la surface
  - ⊕ Plus naturel

On recherche $\overrightarrow{u} = \rho \overrightarrow{n}$.

$$\begin{cases} \text{min} & \displaystyle\sum_i \frac{\|\rho \overrightarrow{n}\|^2}{\gamma_i} \\ \text{contraint à} & V(\overrightarrow{x} + \rho \overrightarrow{n}) = V^0 \end{cases}$$

Déplacement normal (Résolution)

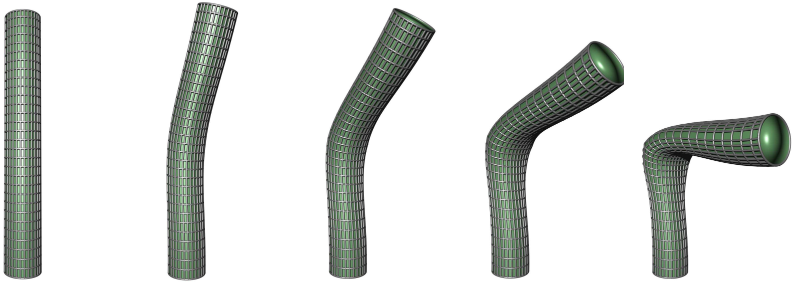
- On perd la trilinéarité $\Rightarrow$ **linéarisation** de la contrainte

$$V(x + \rho n^x, y + \rho n^y, z + \rho n^z)$$
$$\simeq V(x, y, z) + V(\rho n^x, y, z) + V(x, \rho n^y, z) + V(x, y, \rho n^z)$$

$$\Rightarrow \rho_m = \Delta V \frac{\gamma_m < \overrightarrow{n}_m, \overrightarrow{v}_m >}{\sum_i \gamma_i < \overrightarrow{n}_i, \overrightarrow{v}_i >^2}$$

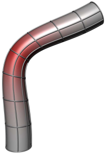
$$\overrightarrow{v}_i = (V_i^{YZ}, V_i^{XZ}, V_i^{XY})$$

Déplacement normal (Résultats)



- Effet de "caoutchouc"
- Due à la pondération radiale.

Travail Futur



- Pondération différente
  - ⊕ Régions adipeuses, muscle qui gongle
- Coordonnées Laplacienne (minimise $\|\overrightarrow{u}\|^2 + \mu\|\mathcal{L}(\overrightarrow{u})\|^2$).
  - ⊕ Prise en compte du voisinage
- Modification des poids de skinning
  - ⊕ Plus qu'une seule étape

Conclusion

- Correction de volume **temps-réel** possible.
- **Correction pondérée** suivant la position des sommets.
- Dépend des **paramètres du skinning** (poids ω).
- **Direction** de correction **adaptée à la surface** (déplacement normale).

Mais

- Mais un contrôle de la déformation à régler !

Merci de votre attention