

## Modèles hiérarchiques

Nicolas Holzschuch  
Cours d'Option Majeure 2  
Nicolas.Holzschuch@imag.fr

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modélisation procédurale

- Comme le bonhomme de neige
- Problèmes :
  - Modèle de plus en plus complexe
  - Écrire le code sans erreurs
  - Modifier le modèle
  - Manipuler le modèle

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modèle hiérarchique

- Modèle divisé en morceaux
- Relations entre les morceaux
- Paramètres pour :
  - Forme des morceaux (écrasement)
  - Position des morceaux (inclinaison)
- Hiérarchie du modèle :
  - Base se déplace : tout suit
  - Torse se déplace : tête et boutons suivent
  - Tête se déplace : yeux et nez suivent

---

---

---

---

---

---

---

---

## Hiérarchie de nœuds

- Chaque nœud :
  - Transformation en coordonnées locales
  - Modèle simple en coordonnées locales
  - Dessin des enfants (qui héritent des coordonnées locales)
- Après le nœud :
  - Retour aux coordonnées locales précédentes
  - Couleur, matériau, style, etc. ?
    - Pas fixé

---

---

---

---

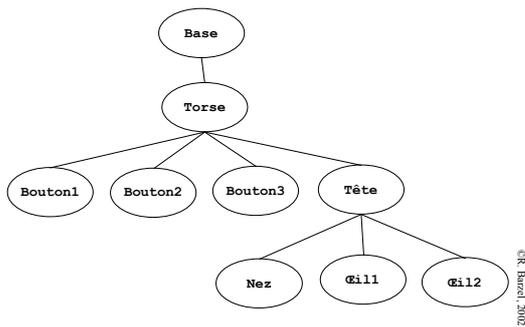
---

---

---

---

## Bonhomme de neige



---

---

---

---

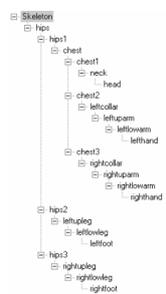
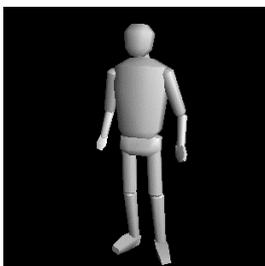
---

---

---

---

## Personnage



© 1998, Darwin 3D

---

---

---

---

---

---

---

---

## Descente de l'arbre

- Méthode simple:

```
void draw(node) {  
    glPushMatrix();  
    glTranslate(..., ...);  
    glRotate(..., ...);  
    drawGeometry(node);  
    for (i=0; i<numChildren; i++)  
        draw(children[i]);  
    glPopMatrix();  
}
```

- Convient bien aux langages à classe (Java, C++)

- Méthode de base object.draw(),...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Intérêts des arbres

- Structure hiérarchique sur l'objet

- Boîtes englobantes :

- Construites hiérarchiquement
- Collision, contact
- Affichage/LOD
- Sélection à la souris

- Édition interactive du modèle

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inconvénients des arbres

- Trop limité :

- Morceaux bien distincts
- Trous, pénétration, discontinuités
- Besoin de suivre toute la hiérarchie

- Deux extensions :

- Graphes de scène
- Squelette

---

---

---

---

---

---

---

---

## Graphes de scène

- Nœuds distincts :
  - Caméra
  - Sources lumineuses
  - Transformations
  - Groupes
  - Surfaces
  - Matériaux
- Surfaces simples
  - Sphère, cône, cylindre, cube...
  - Paramètres donnés par transformation précédente
- Instanciation multiple
  - Graphe acyclique dirigé (DAG)

---

---

---

---

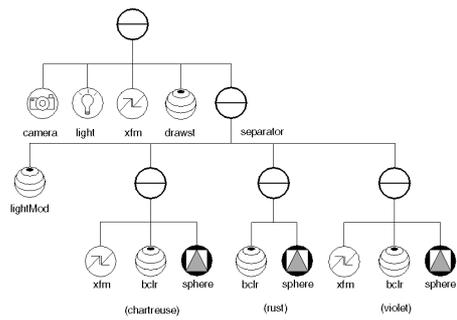
---

---

---

---

## Graphe de scène OpenInventor




---

---

---

---

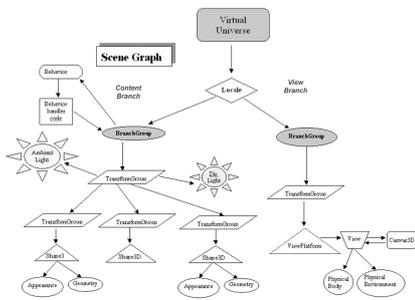
---

---

---

---

## Graphe de scène Java3D




---

---

---

---

---

---

---

---



## Squelette

- Manipulation directe
- Cinématique inverse
- *Skinning* pour construire le modèle

---

---

---

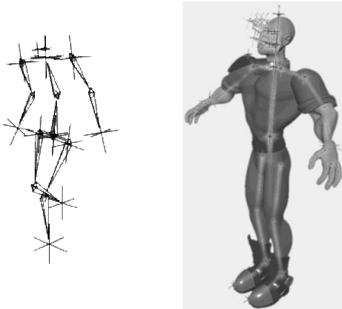
---

---

---

---

## Skinning



---

---

---

---

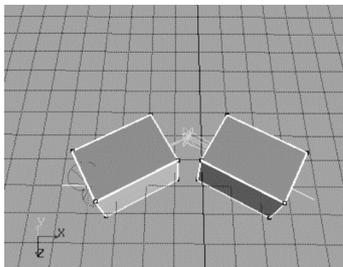
---

---

---

## Skinning

- Un objet autour de chaque « os » :



Gap

© 1998, Darwin 3D

---

---

---

---

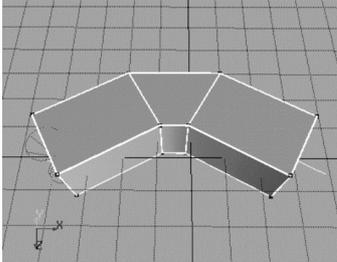
---

---

---

## Skinning

- Joindre les objets :



Étirement

© 1998, Darwin 3D

---

---

---

---

---

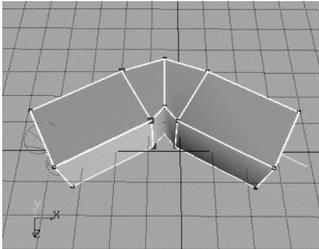
---

---

---

## Skinning

- Sommets intermédiaires



- 50/50 pour chaque os
- Pincement visible

© 1998, Darwin 3D

---

---

---

---

---

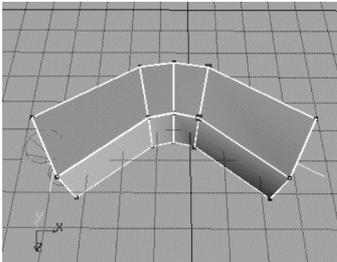
---

---

---

## Skinning

- Sommets intermédiaires



Poids :  
33/66, 50/50 et 66/33

© 1998, Darwin 3D

---

---

---

---

---

---

---

---

## Skinning: les maths

- Modèle 3D plus squelette
- Chaque sommet est attaché à un ou plusieurs os
  - Somme des poids = 1
- Pose « au repos »
  - Modèle non déformé
- Pose « animée »
  - Position squelette donnée
  - trouver position des sommets

---

---

---

---

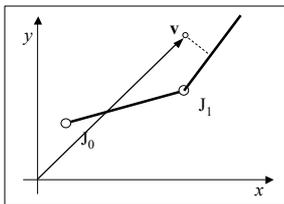
---

---

---

## Comment ça marche (1)

- Sommet  $v$ , attaché à l'os  $J_1$ . Au repos :



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

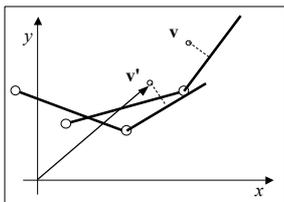
---

---

---

## Comment ça marche (2)

- Nouvelle position du squelette
  - Trouver nouvelle position du sommet



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

---

---

### Comment ça marche (3)

- On transforme le sommet  $v$  :
  - De l'espace du modèle
  - Dans l'espace lié à l'os
- Le sommet est *fixe* par rapport à l'os
  - Donc on peut bouger le squelette
- Re-transformation dans l'espace du modèle
  - Donne nouvelles coordonnées du sommet,  $v'$

---

---

---

---

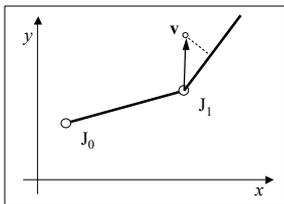
---

---

---

### Comment ça marche (4)

- Sommet, dans l'espace lié à l'os :



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

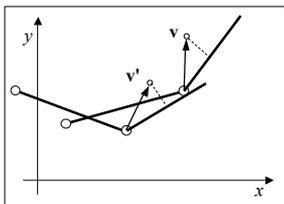
---

---

---

### Comment ça marche (5)

- Sommet toujours dans la même position, quelle que soit la position du squelette



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

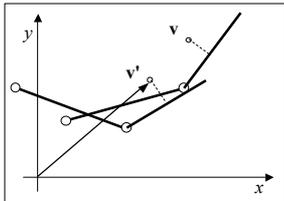
---

---

---

### Comment ça marche (6)

- Retour à l'espace du modèle, position du sommet



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

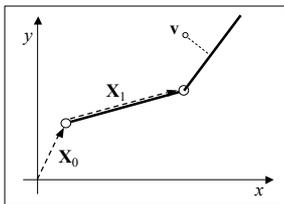
---

---

---

### Avec des maths

- $X_i$  position de la base de l'os  $i$  (translation)



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

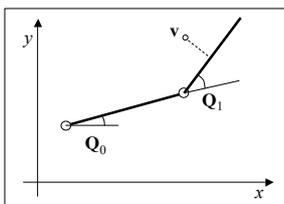
---

---

---

### Avec des maths (2)

- $Q_i$  rotation de l'os  $i$



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (3)

- Position à l'équilibre de l'os  $J_i$ 
  - Produit matriciel des translations et rotations depuis la racine :

$$\mathbf{B}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{X}_i \mathbf{Q}_i$$

---

---

---

---

---

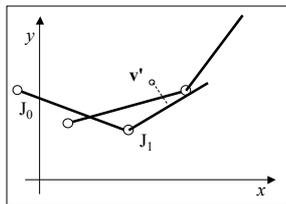
---

---

---

### Avec des maths (4)

- On déplace le squelette (animation) :



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

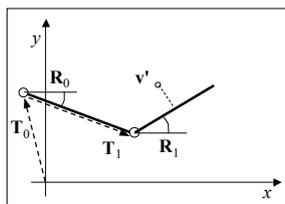
---

---

---

### Avec des maths (5)

- $\mathbf{T}_i$  la translation pour l'os  $i$ ,  $\mathbf{R}_i$  sa rotation :



© J. Gregory, 2003

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (6)

- Pose *actuelle* décrite par matrice :

$$\mathbf{P}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{T}_i \mathbf{R}_i$$

similaire à la matrice de la pose *au repos* :

$$\mathbf{B}_j = \prod_{i=0}^j \mathbf{X}_i \mathbf{Q}_i$$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (7)

- Multiplication de  $v$  par  $\mathbf{B}_j^{-1}$  pour se ramener dans l'espace lié à l'os (au repos)
  - Une fois pour toutes
- Puis multiplication du résultat par  $\mathbf{P}_j$  pour se ramener dans l'espace du modèle, dans la pose actuelle

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (8)

- Ce qui nous donne :

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \prod_{i=0}^j \mathbf{P}_i \prod_{i=0}^j \mathbf{B}_i^{-1} \mathbf{v} \\ \mathbf{v} &= \prod_{i=0}^j \mathbf{P}_i \prod_{i=j}^0 \mathbf{B}_i^{-1} \mathbf{v} \\ \mathbf{v} &= \mathbf{P}_0 \mathbf{P}_1 \mathbf{B}_1^{-1} \mathbf{B}_0^{-1} \mathbf{v} \end{aligned}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (9)

- Calculs effectués pour chaque sommet du modèle
- Tracé des sommets obtenus
- Interpolation des positions pour les sommets qui dépendent de plusieurs os

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avec des maths (10)

- Interpolation pour les sommets qui dépendent de plusieurs os :

$$\mathbf{v}_j = \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^j \mathbf{P}_i \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^j \mathbf{B}_i \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^i \mathbf{v}$$

$$\mathbf{v}_k = \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^k \mathbf{P}_i \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^k \mathbf{B}_i \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}^i \mathbf{v}$$

$$\mathbf{v} = w_j \mathbf{v}_j + w_k \mathbf{v}_k$$

where  $w_j + w_k = 1$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Pause DVD

---

---

---

---

---

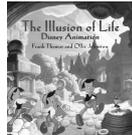
---

---

---

## Principes de l'animation

- Tiré de :  
“Principles of Traditional Animation  
Applied to 3D Computer Animation”  
John Lasseter, ACM Computer Graphics, 21(4), 1987
- Qui lui-même... :  
“The Illusion of Life”



---

---

---

---

---

---

---

---

## Méthodes de base

- Squash and stretch
- Timing
- Anticipation
- Staging
- Follow-through and overlapping action
- Slow-in, slow-out
- Arcs
- Exaggeration
- Secondary action
- Appeal

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2 petits films

- Pixar Animation Studios
- The adventures of André and Wally B.
- Luxo Jr.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Squash and stretch

- Montre le caractère souple de l'objet
  - Degré de souplesse
- Volume constant
- Motion blur

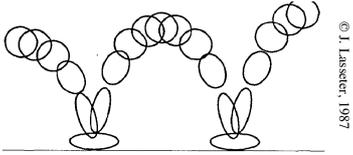


FIGURE 2. Squash & stretch in bouncing ball.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Squash and stretch

- Marche aussi avec solides assemblés

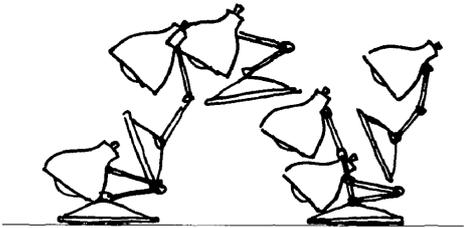


FIGURE 3. Squash & stretch in Luxo Jr.'s hop.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Squash and stretch: motion blur

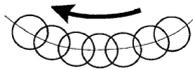


FIGURE 4a. In slow action, an object's position overlaps from frame to frame which gives the action a smooth appearance to the eye.



FIGURE 4b. Strobging occurs in a faster action when the object's positions do not overlap and the eye perceives separate images.

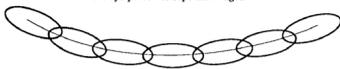


FIGURE 4c. Stretching the object so that its positions overlap again will relieve the strobging effect.

© J. Lasseter, 1987

---

---

---

---

---

---

---

---

## Timing

- Préparation de l'action
- Perception par le public
- Sensation de masse, inertie
- Émotions
  - gauche-droite/# inbetweens

---

---

---

---

---

---

---

## Anticipation

- Préparation à l'action
- Sens anatomique (reculer pour sauter)
- Préparation du public
  - L'objet va bouger
  - Quelque chose va apparaître (Luxo)
  - Action rapide (Wally B.)
- Objets/personnages très lourds

---

---

---

---

---

---

---

## Staging

- Placement dans la scène
  - Perception de ce qui se passe
- Position de la caméra
- Une idée à la fois
  - Un seul personnage qui bouge à la fois (Luxo)
  - Une seule action à la fois
- Contraste avec le reste de la scène
  - Immobile/mobile

---

---

---

---

---

---

---

### Follow-through and overlapping action

- Follow-through :
  - Déplacement « cartoon »
  - Continuer le mouvement
  - Notion de masse/inertie des objets (Wally B.)
- Overlapping action :
  - Deux actions qui se suivent
  - Recouvrement temporel (léger)

---

---

---

---

---

---

---

### Secondary action

- Causée par une action principale
- Maintenir l'intérêt du spectateur
- Subordonnée à l'action principale
  - Cordon de Luxo Jr

---

---

---

---

---

---

---

### Autres méthodes

- Slow-in et slow-out
- Arcs
- Exaggeration
  - cartoon
  - Faire passer l'émotion
  - Mais sans excès (rester réaliste)
- Appeal
  - Charme, agréable, charisme

---

---

---

---

---

---

---

## Contenu du cours

- Modèle hiérarchique
  - transformations
- Squelettes
  - Animation
  - *skinning*
- Techniques d'animation

---

---

---

---

---

---

---