

*Partie 2*  
*Animation*

1. Animation par modèles descriptifs
2. Animation par modèles générateurs
3. Objets complexes animés
  - Méthodologie: les modèles « à couches »
  - Etude de cas: Animation de personnages
  - Etude de cas: scènes naturelles animées

*Animation de personnage*

*Couvre des aspects très divers!*

- Simuler le comportement  
(avatar autonome dans un monde virtuel)
- Contrôler les mouvements
- Déformer les parties molles
- Ajouter les vêtements, la chevelure...



Exo: quel type de modèle prendriez-vous pour chaque aspect?

2

*Animation de personnage*  
*Modèle «à couches»*

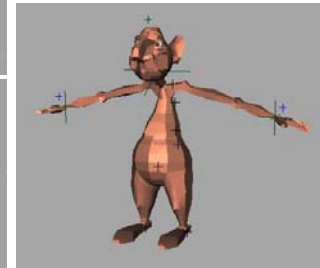
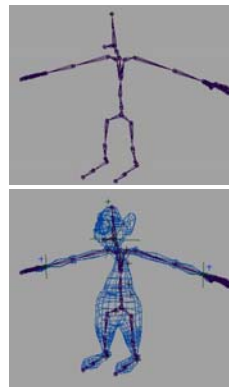
1. Modèle de comportement
2. Contrôle du squelette articulé
3. Déformations chair / peau
4. Vêtements, chevelure



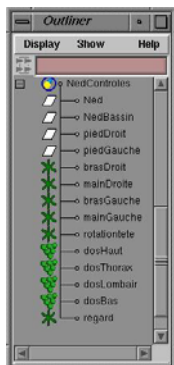
- Facilite conception et contrôle
- Calcul par habillages successifs
- Rétroaction possible, mais rarement utilisée

3

*Animation de personnage*  
*Exemple sous MAYA*



*Animation de personnage*  
*Exemple sous MAYA*



*1. Modèles de comportement*

- Systèmes de particules
  - Attraction vers l'objectif
  - Obstacles répulsifs
  - Eviter les inter-collisions
- Techniques de l'intelligence artificielle
  - Comportement individuel: règles, émotions, personnalité
  - Comportement des foules



6

## 2. Contrôle du squelette articulé

Si on part d'un modèle de comportement

1. Actions multiples à coordonner (par un automate par ex)
2. Actions élémentaires

Approches pour chaque mouvement

- Modèles descriptifs
  - Cinématique directe; inverse
  - **Capture du mouvement**
- Modèles générateurs
  - Modèles physique + contrôleur



## 2. Contrôle du squelette articulé

Utilisation de mouvements capturés

- Capture des courbes articuloitres
  - magnétique
  - Optique : batterie de caméras pour reconstruire malgré les occlusions
- Rejouer un mouvement similaire
  - Simple si le squelette animé correspond à celui de l'acteur!



Très utilisé dans les jeux vidéo de sport (BD de mvts types)

8

## 2. Contrôle du squelette articulé

Utilisation de mouvements capturés : pbs à résoudre

- Morphologie différente
  - Adaptation à des monstres (Golum), des aliens...
- Édition à différents niveaux de détail (splines)
  - ex : marche sur sol plat à rejouer sur sol accidenté
- Combinaison de mouvements
  - ex : marcher en baissant la tête
- Modification « physique » de ces mouvements

9

## 2. Contrôle du squelette articulé

Ex: Modification physique des mouvements capturés

[Popovic SIGGRAPH'99]

Outils

- Analyse multi-résolution (Fourier, ondelettes)

Idées de base

- On part d'un mouvement capturé, analysé en multires.
- L'utilisateur modifie la trajectoire grossière
- Optimiser pour la rendre physiquement réaliste
- Re-plaquer les détails (vibrations) sur la trajectoire finale

10

## 3. Déformations chair / peau

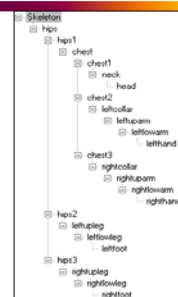
- Technologies existantes
  - Hiérarchie d'objets
  - Interpolation de formes
  - « Skinning » d'un squelette
  - Simulation anatomique



11

## 3. Déformations chair / peau Hiérarchie d'objets

- Personnage = union d'objets rigides assemblés dans une hiérarchie



### 3. Déformations chair / peau Hiérarchie d'objets

- Avantage : Faible coût mémoire  
Seules les transformations sont stockées  
Palette de mouvements importante

- Inconvénients
  - On voit le raccord entre les objets!  
(ajouter des sphères de jonction)
  - Peu convaincant visuellement

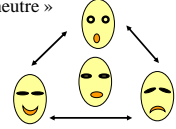
→ Utiliser un seul maillage ?



### 3. Déformations chair / peau Interpolation de formes (dite « multi-cible »)

Très utilisé pour l'animation faciale

- Expressions modélisées en déformant un « masque »
  - Maillage représentant l'expression « neutre »
  - Base de poses extrêmes
- Animation
  - Intermédiaires calculée à la volée  
(trajectoire dans un espace barycentrique)



14

### 3. Déformations chair / peau Interpolation de formes

Avantages

- rapidité de l'interpolation
- Évite de modéliser une séquence d'expressions répétitives



### 3. Déformations chair / peau Interpolation de formes

- Peut être utilisé aussi pour la chair  
Exemple avec muscles scannés

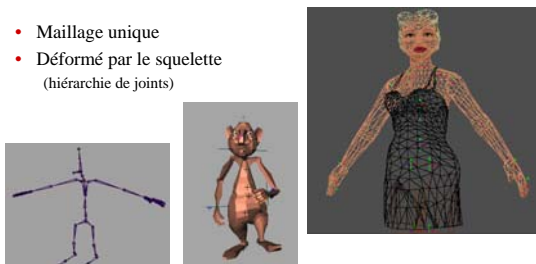
- Inconvénients
  - Impossible de créer de nouveaux mouvements
  - Difficile à combiner avec une animation du squelette



16

### 3. Déformations chair / peau « Skinning » de squelette

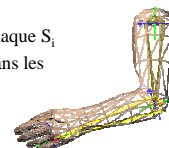
- Maillage unique
- Déformé par le squelette  
(hiérarchie de joints)



17

### 3. Déformations chair / peau « Skinning » de squelette

- Pour chaque point du maillage
  - « Poids » de skinning  $k_i$  vis à vis chaque  $S_i$
  - Moyenne pondérée des positions dans les différents repères
- Avantages
  - Création de l'animation à la volée
  - Faible coût mémoire
  - Animation secondaire



18

### 3. Déformations chair / peau « Skinning » de squelette

- Inconvénients
  - Coût en temps de calcul assez élevé
  - Choix des poids? (peints à la main par un spécialiste...)
  - Problèmes quand les déformations sont importantes

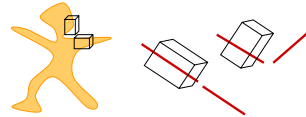


19

### 3. Déformations chair / peau Simulation de la chair élastique

Premier modèle « à couches » [Chadwick Parent SIGGRAPH 89]

- Boîte FFD pour contrôler les déformations des muscles
- Déformation fonction de l'angle au joint
- Ressorts entre les points de contrôle pour animer la chair



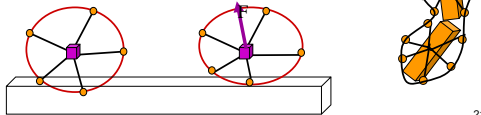
Pas de  
rétroaction de  
la chair vers le  
squelette

20

### 3. Déformations chair / peau Simulation de la chair élastique

Modèle à trois couches avec rétro-action [1991]

- Ressorts en étoile vers les points de contrôle
- Détection des collisions avec la « peau »
- Déformations locales de la chair (volume constant)
- Forces de réaction transmises au squelette



21

### 3. Déformations chair / peau Simulation de la chair élastique

Utilisation des éléments finis  
[Capell et al. SIGGRAPH 03]

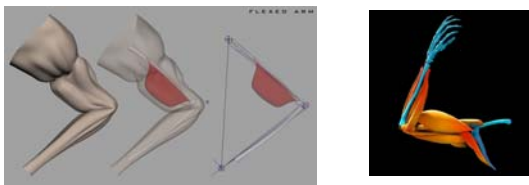
- Associer chaque cellule du maillage FEM avec des os
- Elasticité linéaire pour chaque os, puis mélange des résultats
- Contraintes de recollement



22

### 3. Déformations chair / peau Simulation anatomique

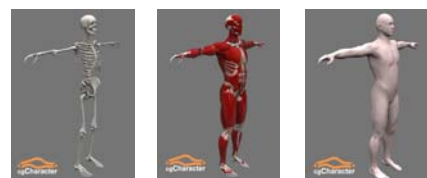
- Modélisation de toutes les interactions entre os, squelette et peau, basés sur les propriétés anatomiques



23

### 3. Déformations chair / peau Simulation anatomique

- Avantage : réalisme
- Inconvénient : temps de calcul!

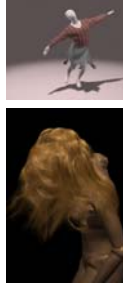


24

#### 4. Vêtements et chevelures

Modèles physiques

1. Difficultés pour les vêtements
  - Collisions entre objets fins
  - Tissus in-extensibles pour obtenir des plis
  - Intégration numérique de ressort « raides »
2. Difficulté pour les cheveux
  - 100 000 cheveux
 Exploiter la cohérence spatiale!



#### 4. Vêtements Intégration implicite

[Baraff and Witkin 98]

Large steps in cloth simulation

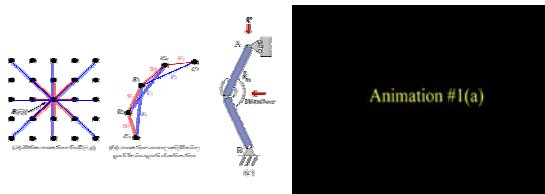


26

#### 4. Vêtements Faciliter la formation des plis

[Choi and Ko 02] Stable but responsive cloth

- Modèle spécifique de formation de plis lorsque une force s'applique le long du tissu



#### 4. Chevelures

- Difficultés
  - 100 000 cheveux
  - Importance des interactions
  - Objets fins
  - Effet parfois continu, parfois non



#### 4. Chevelures Modèles « continus »

- Voir la chevelure comme un volume continu
  - Cheveux directeurs interpolés
  - Physique des fluides...

Inconvénients

- Collisions difficiles à traiter!
- Effet très lisse



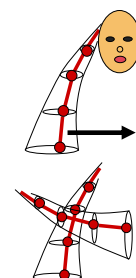
[Anjyo, SIGGRAPH 1992]

29

#### 4. Chevelures Modèles « à mèches »

Sous-modèles : structurer en mèches

- Dynamique, inertie
  - squelettes de mèche
- Interactions au sein d'une mèche
  - volume visqueux
- Interactions entre mèches
  - collisions anisotropes
- Rendu
  - cheveux individuels



30

### 4. Chevelures Modèles « à mèches »

[Plante Cani Poulin  
EG CAS 01]

3h de calcul  
par animation

### 4. Chevelures Modèles « à mèches »

**Animation adaptative**

- Arbre de mèches
- Fusion/subdivision dynamiques

4 mn par  
animation

[Bertails Kim Cani Neuman SCA'03]

### 4. Chevelures Super hélices

- Nouveau modèle mécanique de cheveu individuel
- Raccordement de morceaux d'hélices

(collaborations avec labo de mécanique et l'Oréal)

### 4. Chevelures Super hélices

**a) Validation**

- Short, straight and clumpy hair
- Fast head shaking motion

[Bertails, Audoly, Cani, Querleux, Lévêque, Leroy, SIGGRAPH'06]

34