


Partie 2
Animation

1. Animation par modèles descriptifs
2. **Animation par modèles générateurs**
 - Modèles physiques discrets et continus
 - **Détection et traitement des collisions**
 - **Techniques de contrôle du mouvement**
3. Objets complexes animés

Modèles physiques
Interactions entre objets

L'un des avantages de modèles physiques!


- Solution à temps continu
 - intersections des trajectoires
 - retour à l'instant du contact
- Solution à temps discret
 1. Détection des pénétrations
 2. Modélisation du contact
 3. Réponse aux collisions



2

Modèles physiques
Interactions entre objets

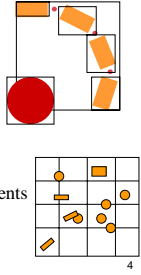
1. **Détection des interpénétrations**
 - Phase éloignée
 - Traitement éventuel par évènement
 - Utiliser des volumes englobants
 - Phase rapprochée
 - Intersection de la géométrie



3

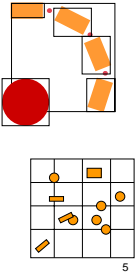
Modèles physiques
Interactions entre objets

1. **Détection : phase éloignée**
 - Hiérarchie de volumes englobants
 - Sphères
 - Boîtes parallèles aux axes (ABB)
 - Boîtes orientées (OBB)
 - Grille de l'espace
 - Chaque case donne la liste des objets présents
 - Tests: même case ou case voisine



4

Modèles physiques
Interactions entre objets

1. **Détection : phase rapprochée**
 - Pour chaque couple d'objets
 - Utiliser la géométrie
 - Intersections de facettes pour objets polygonaux ($O(n^2)$)
 - Tests point/fonction potentiel si l'un des objets est implicite ($O(n)$) (pour pts ou faces ds le vol englobant l'autre objet)
 - Méthodes récentes: hard graphique


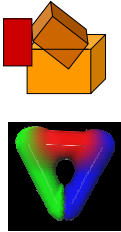
5

Modèles physiques
Interactions entre objets

2. **Modélisation du contact**
 - Objets rigides
 - Retour à une « configuration valide »
 - Inégalités exprimant la non pénétration
 - Objets mous
 - déformer les objets sans les déplacer

Méthode du « mur virtuel »

- afficher des copies en contact des objets



6

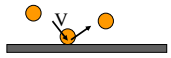

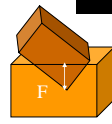
Modèles physiques Interactions entre objets

3. Réponse aux collisions

- Objets rigides :
 - Modification des vitesses (miroir + perte d'énergie)
- Objets mous
 - Forces de contact

Méthode de pénalité

- Force normale fct de la pénétration
- Forces de frottement (visqueux, sec)






ressort virtuel
 $F = kl$

7

Modèles physiques Contrôle ?

- Objets inertes : difficile
 - Effet imprévu des collisions !
 - Instable
- Modéliser un personnage : impossible ?
 - Donnée de forces et couples au cours du temps
 - Ex: animer un dinosaure qui descend un escalier
 - Plus de 150° de liberté (articulations) à synchroniser.
 - Maintien de l'équilibre

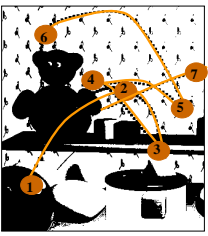


8

Contrôle du mouvement Ce que voudrait l'animateur

« Aide au réalisme »

- Rester maître du scénario
 - Trajectoires approximatives
 - Contrôle de certains DDLs, synchro
- Faire calculer par simulation
 - Mouvement des autres parties de l'objet
 - Traitement des collisions
 - Trajectoires plus réalistes (inertie, vitesse, virages)



9

Modèles physiques Contrôle du mouvement

Techniques pour combiner réalisme et contrôle ?

1. Contraintes / dynamique inverse (85-87)
2. Contrôle de trajectoire – optimisation (88 –92)
3. Génération de contrôleurs (91-98)
4. Modification « physique » de mouvement capturés (96-05)
voir l'étude de cas « personnages »

10

Modèles physiques Contrôle du mouvement

1. Contraintes et dynamique inverse

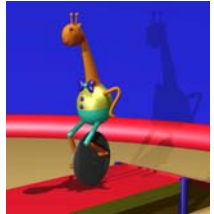
- Buts
 1. Mouvement imposé pour certains d° de liberté
 2. La simulation calcule le reste (modèle physique donné)
- Exemples
 - Nageur : on impose les rotations des bras,
 - Balançoire : on impose les rotations des jambes

11

Modèles physiques Contrôle du mouvement

1. Contraintes et dynamique inverse

- Techniques de résolution
 - Dynamique inverse (système matriciel) [IC87]
 - Forces de contraintes [BB88]
 - Déplacement itératifs [GC92]



12

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

1. Contraintes et dynamique inverse

Résultats

- Les objets bougent comme des marionnettes
- Pas d'aide au réalisme pour les mouvements imposés (pas de déviation dues aux collisions)

13

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

2. Optimisation « Space-time constraints » [WK88,C92]

- *Rester proches des positions clés*
 - l'utilisateur donne des contraintes (position/orientation + t)
- *La trajectoire est améliorée par optimisation*
 - Les lois de la mécanique donnent d'autres contraintes
 - un critère à minimiser est défini (exemple : l'énergie)

14

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

2. Optimisation « Space-time constraints » [WK88,C92]

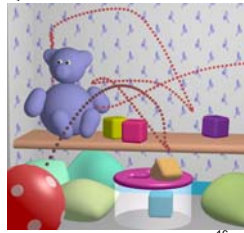
- *Méthode de résolution*
 - Discrétisation temporelle : inconnues X_p, F_i
 - Minimisation itérative sous contraintes
- *Résultat :*
 - Interpolation « physiquement réaliste », calculs lourds
 - Les collisions ne sont pas gérées automatiquement

15

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

2. Amélioration de trajectoire [GC94]

- *Utiliser des positions clés*
 - Modèle physique
 - Suivi d'une cible
 - Calculs collisions, vitesse...
- *Résultat*
 - L'objet est tiré (marionnette!)




16

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Utilisation de contrôleurs

- *Méthode inspirée de la robotique*
 - Utiliser une vraie simulation (ex: marche, équilibre, chute)
 - Les forces des muscles sont données par des « contrôleurs »



```

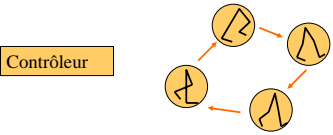
    graph TD
      Simulation[Simulation collisions] --> Courantes[Données courantes: x, v]
      Courantes --> Capteurs[Capteurs]
      Capteurs --> Contrôleur[Contrôleur]
      Contrôleur --> Effecteurs[Effecteurs]
      Effecteurs --> Simulation
    
```

17

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Utilisation de contrôleurs


- Les contrôleurs « tirent » l'objet vers une succession de poses
 - Contrôleurs « aveugles » (jouets mécaniques)
 - Contrôleurs réactifs : tiennent compte des contacts (capteurs)



18

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Utilisation de contrôleurs



Secret serpent

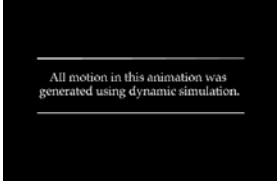

- Synthèse de contrôleurs
 - Manuelle : exemple de l'animation d'athlètes [Hod95]
 - Optimisation : tirage aléatoire, sélection, amélioration [VAP93-95]
 - Algorithmes génétique : population, croisements [NM93]

Trouver comment telle créature peut avancer!

19

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Synthèse de contrôleurs: manuelle

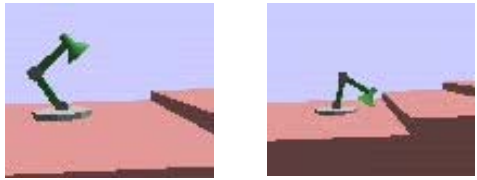


[Miller 89] Athletics [Hodgins 95]

20

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Synthèse de contrôleurs: automatique




[Van de Panne 93-2000]

21

Modèles physiques
Contrôle du mouvement

3. Utilisation de contrôleurs



- Mouvements complexes
 - Graphes de transitions entre contrôleurs
Ex: marcher, équilibre, tomber, se relever
 - Chaque contrôleur est lui même un graphe

Rôle essentiel des données « capteur »


22

Partie 2
Animation

1. Animation par modèles descriptifs
2. Animation par modèles générateurs
3. **Objets complexes animés : études de cas**
 - Les modèles « à couches »
 - Ex: Les personnages
 - Ex: Animation de phénomènes naturels

Objets complexes animés

- La prairie agitée par le vent, écrasée sous les pieds
- Les nuages
- Les personnages



24

Objets complexes animés

Solution : modèles « à couche »

- Facilite conception et contrôle
- Habillages successifs
- Rétroaction possible



25

Objets complexes animés

Mise au point d'un modèle à couches

1. Identifier les sous-phénomènes à reproduire
2. Les représenter indépendamment
 - choisir le meilleur modèle
physique, cinématique, géométrie, textures
 - utiliser si nécessaire différentes échelles de temps
3. Coupler les modèles
 - simulation cohérente

26

Objets complexes animés

Exemple : objet flexible dynamique

1. Mouvement et déformations
2. Surface lisse à afficher
3. Représentation pour les collisions



Exo

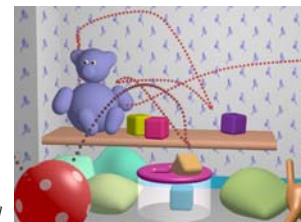
- Ecrire la boucle d'animation. Y a-t'il la rétroaction ?
- Discuter différents modèles pour chaque couche

27

Exemple: Surfaces implicites animées Objets déformables structurés

- Modélisation implicite à squelettes

- Squelettes animés
- Surface implicite



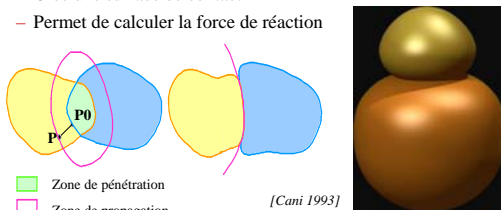
[Lamouret, Cani, Gascuel 1993]

28

Exemple: Surfaces implicites animées Objets déformables structurés

- Modélisation du contact : Potentiel de déformation

- Crée une surface de contact
- Permet de calculer la force de réaction



[Cani 1993]

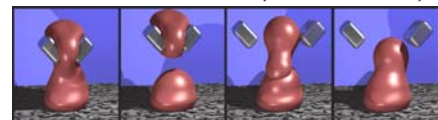
29

Exemple: Surfaces implicites animées Substances très déformables

- Surfaces implicites à squelettes

- système de particules (attraction / répulsion)
- surface implicite dont les squelettes sont les particules
- volume constant
- collisions

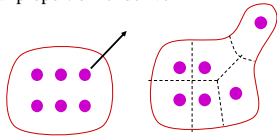
[Cani-Desbrun 1995- 1997]



30

Exemple: Surfaces implicites animées
Substances très déformables

- Surfaces à squelettes (approche constructive)
 - Contrôle local du volume
 - Échantillonnage des « territoires »
 - Contrôleur proportionnel dérivé



31

Exemple: Surfaces implicites animées
Substances très déformables



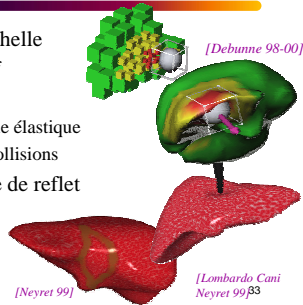
[CD 97]



32

Exemple : chirurgie virtuelle (temps réel)

- Déformations à grande échelle
 - modèle élastique adaptatif
- Surface
 - facettes couplées au modèle élastique
 - détection temps-réel des collisions
- Texture répétitive, texture de reflet
- Brûlures, saignements
 - textures animées



[Debunne 98-00]

[Neyret 99]

[Lombaro Cani
Neyret 99]B3