

Contrôle du mouvement

SIA Ensimag 3A

Estelle Duveau

Plan

1 Introduction

2 Dynamique inverse

3 Optimisation

- Principe
- Application à la capture de mouvements

4 Contrôleurs

- Principe
- Synthèse de contrôleurs
- Utilisation de contrôleurs

5 Conclusion...

- ...du contrôle
- ...du cours

Plan

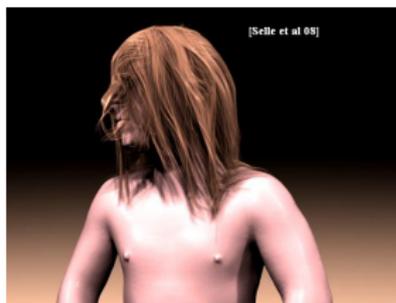
- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Animation 3D pour quoi?

- Crédibilité vs Expressivité



- Réalisme vs Contrôlabilité



Animation par modèles descriptifs

- Cinématique directe et inverse
- L'animateur **contrôle complètement** le mouvement
- **Long et difficile** d'atteindre le naturel du mouvement

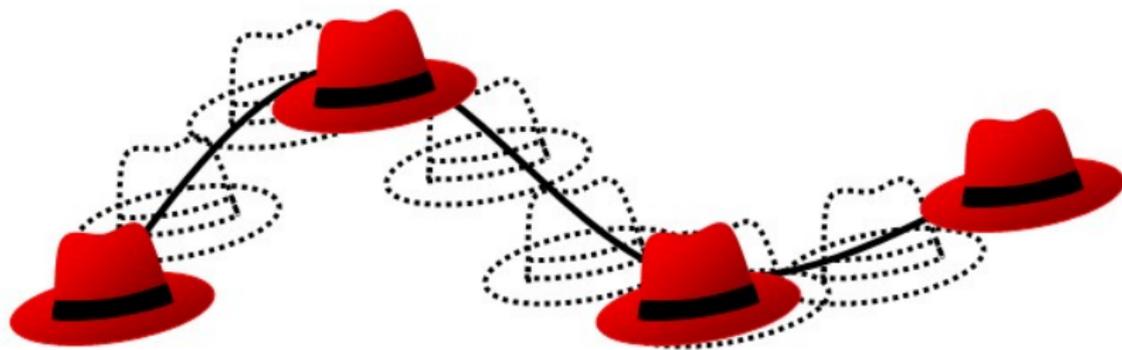
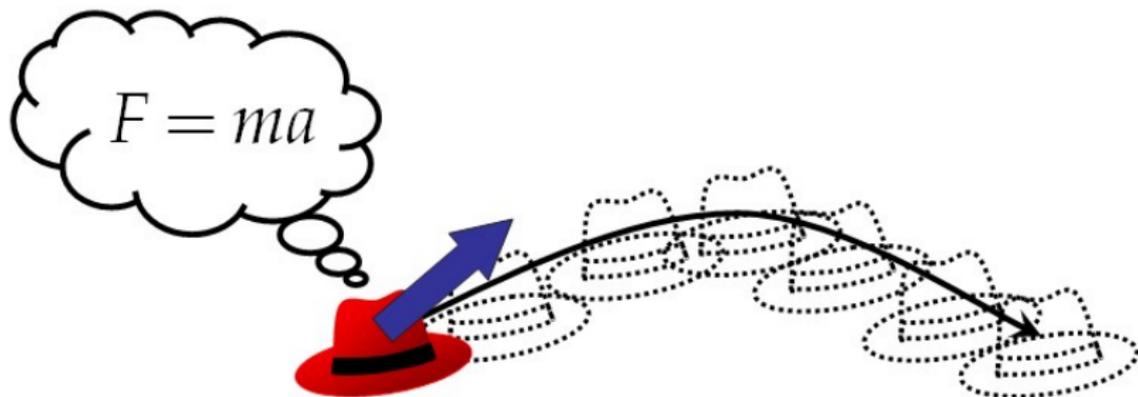


Illustration du MIT

Animation par modèles générateurs

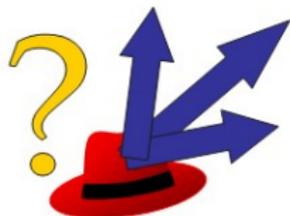
- **Lois du mouvement** définies par l'utilisateur
- Types de lois : procédures, physiques, comportementales
- Le système en dérive le mouvement
- **Contrôle indirect** du mouvement
- Si lois bien choisies, **réalisme**



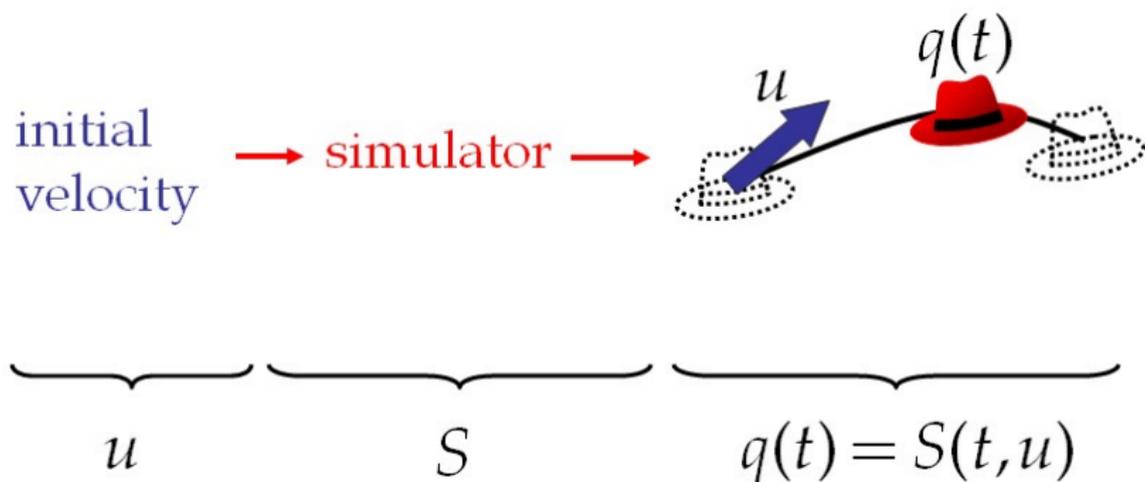
- **Objets** : effet imprévu des collisions
- **Personnages** : difficultés :
 - ▶ grand nombre de degrés de liberté
 - ▶ maintien de l'équilibre

Point de vue de l'animateur

- **But** : rester maître du scénario tout en laissant le mouvement être dicté par une simulation
- Rester maître du scénario :
 - ▶ trajectoires approximatives
 - ▶ contrôle de certains degrés de liberté
- Laisser le mouvement être dicté par une simulation :
 - ▶ trajectoires plus réalistes avec gestion des collisions par exemple
 - ▶ autres degrés de liberté obtenus par simulation



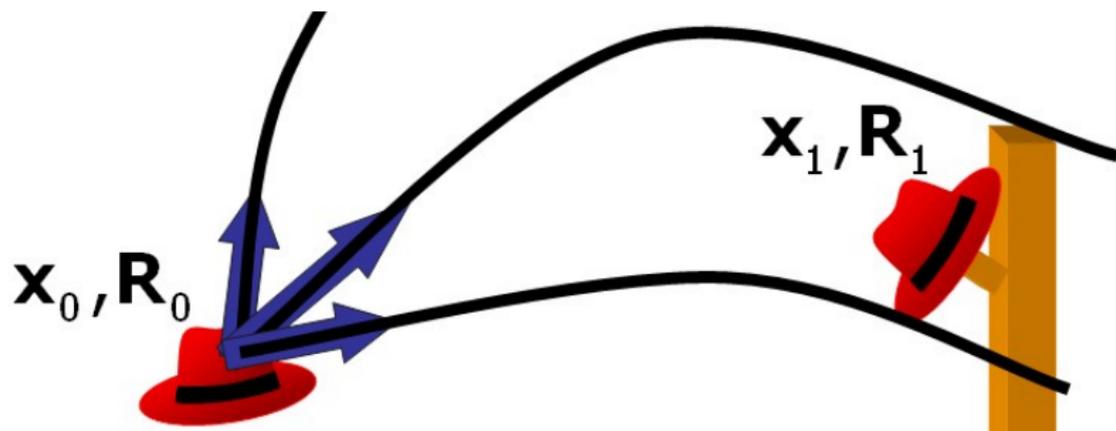
Simulation



S calculé en utilisant

$$X(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ R(t) \\ P(t) \\ L(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(t) \\ R(t) \\ Mv(t) \\ I(t)\omega(t) \end{pmatrix}$$

Contrôle de la simulation?



Quelles conditions initiales donner pour avoir le résultat escompté?

Techniques pour combiner réalisme et contrôle

- ① Contraintes/Dynamique inverse
- ② Contrôle de la trajectoire/Optimisation
- ③ Génération de contrôleurs

Plan

- 1 Introduction
- 2 **Dynamique inverse**
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Contraintes et dynamique inverse

- Mouvement imposé pour certains degrés de liberté
- La simulation calcule le reste
- Semblable à de la cinématique inverse
- Exemples :
 - ▶ Nageur : on impose les rotations des bras, la simulation engendre le mouvement des jambes
 - ▶ Balançoire : on impose les rotations des jambes, on en déduit le reste du corps

Techniques de résolution

- Dynamique inverse (système matriciel)
- Forces de contraintes
- Déplacements itératifs

Conclusion

- Les objets bougent comme des marionettes
- Pas d'aide au réalisme pour les degrés de liberté imposés
- Exemple : pas de déviation dues aux collisions

Plan

1 Introduction

2 Dynamique inverse

3 **Optimisation**

- Principe
- Application à la capture de mouvements

4 Contrôleurs

- Principe
- Synthèse de contrôleurs
- Utilisation de contrôleurs

5 Conclusion...

- ...du contrôle
- ...du cours

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation**
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Space-time constraints

- Witkin et Kass 88 : la simulation physique manque de contrôle
⇒ re-écrire les lois de la physique comme une **optimisation**
- Rester proche des degrés de libertés spécifiés : **contraintes** définies par l'utilisateur
- **Améliorer** la trajectoire par optimisation :
 - ▶ Contraintes : lois de la mécanique
 - ▶ Critère de minimisation : forces, énergie, etc

Améliorations de trajectoires

Trajectoire d'une particule avec une force de propulsion f entre 2 positions a et b :

- $m \frac{d^2x}{dt^2} - f - mg = 0$
- Discrétisation : $x_0 = x(t_0) = a$, $x_n = x(t_n) = b$,
 $x_i = x(t_0 + \frac{i}{n}(t_n - t_0))$
- Trouver f_i , x_i tel que
 - ▶ $\sum_{i=1}^n f_i$ soit minimal
 - ▶ $m \frac{x_{i+1} - 2x_i + x_{i-1}}{h^2} - f_i - mg = 0 \forall i$
 - ▶ $x_0 = a$ et $x_n = b$

Simulation physique entre 2 positions clés qui sont des contraintes de pose
 \Leftrightarrow key-frames plus intuitives

Plan

1 Introduction

2 Dynamique inverse

3 **Optimisation**

- Principe

- **Application à la capture de mouvements**

4 Contrôleurs

- Principe

- Synthèse de contrôleurs

- Utilisation de contrôleurs

5 Conclusion...

- ...du contrôle

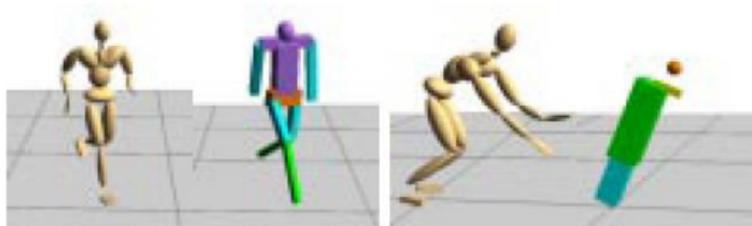
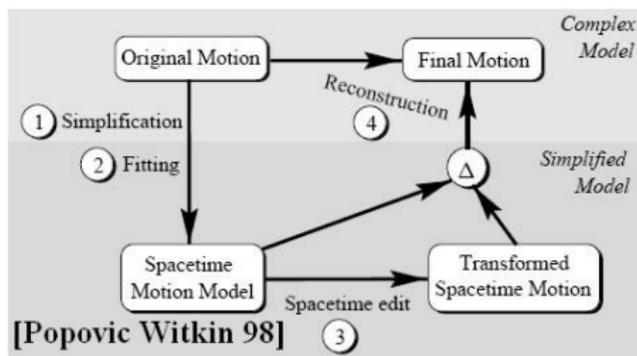
- ...du cours

Optimisation

- Degrés de liberté du squelette d'animation $q(t)$
- Contraintes :
 - ▶ Pose C_p
 - ▶ Mécanique C_m
 - ▶ Dynamique C_d
- Minimiser l'énergie $E(q(t))$ sous contraintes de C_p , C_m , C_d

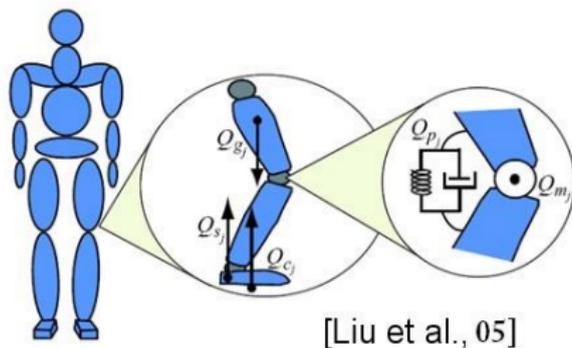
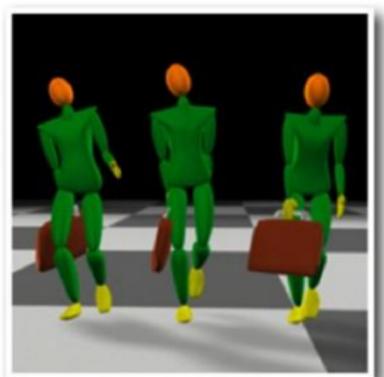
Space-time constraints et MoCap

- Les key-frames sont prises comme contraintes de pose
- Estimation des couples sur un modèle physique simplifié
- **Edition du mouvement** en changeant un paramètre physique

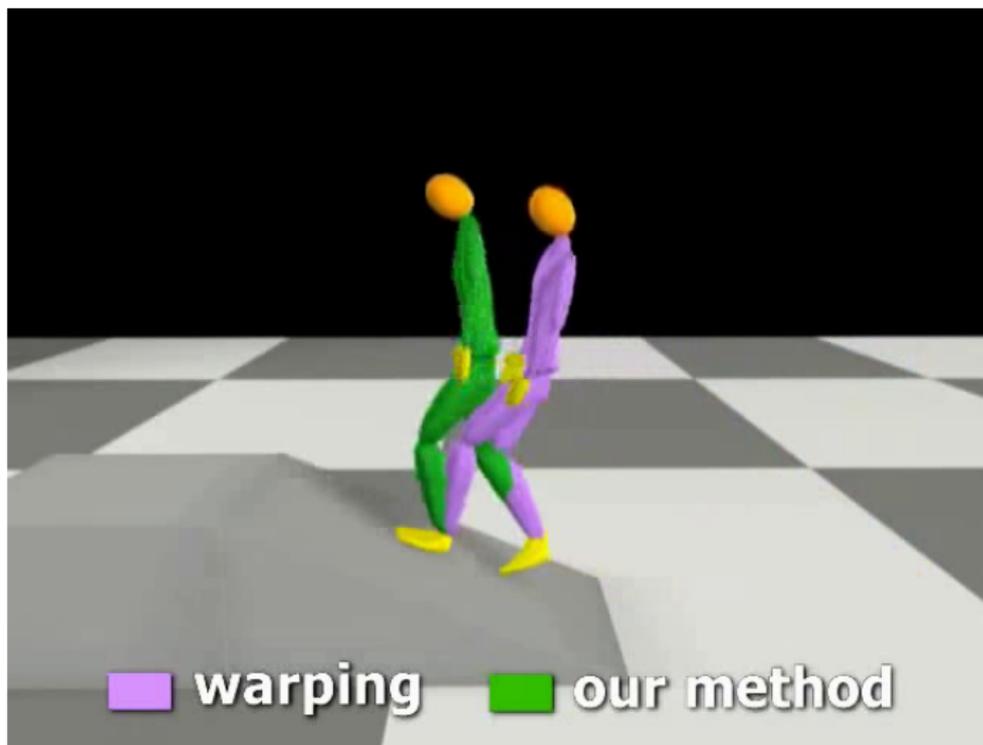


Space-time constraints et MoCap

- Les key-frames sont prises comme contraintes de pose
- Estimation de tous les paramètres physiques
- **Edition du mouvement** en changeant un paramètre physique



Space-time constraints et MoCap



Capture de mouvements

- On peut :
 - ▶ **éditer** le mouvement,
 - ▶ le **combiner** avec d'autres données,
 - ▶ ajouter des **contraintes**,
 - ▶ le **concaténer** avec un autre,
 - ▶ **réagir** à de l'inattendu (jeux vidéos)

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 **Contrôleurs**
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

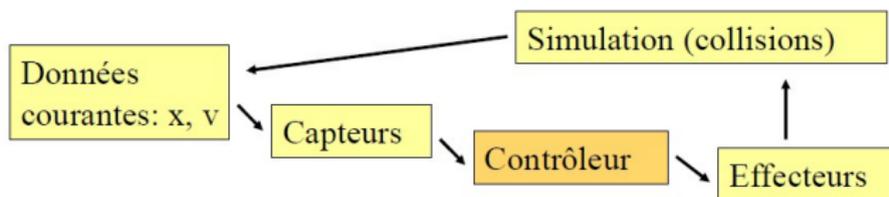
Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs**
 - Principe**
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Inspiration

- Méthode inspirée de la **robotique**
- Comment contrôler un robot pour le faire marcher ou courir?
- L'activation des muscles est donnée par des **contrôleurs**

Principe



Contrôleurs :

- Les contrôleurs tirent l'objet vers une succession de poses
- Contrôleurs **aveugles** : jouets mécaniques
- Contrôleurs **réactifs** : tiennent compte des contacts, réagissent à de l'inattendu

Plan

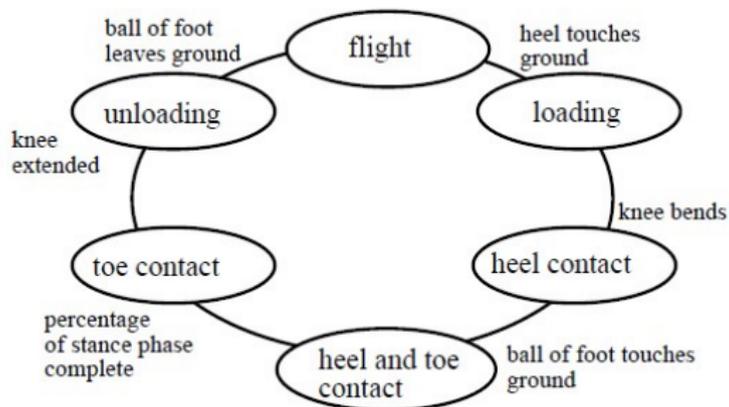
- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 **Contrôleurs**
 - Principe
 - **Synthèse de contrôleurs**
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Synthèse de contrôleurs

- **But** : modéliser la manière de se déplacer de la créature à animer
- **Manuelle** : animation, biomécanique...
- **Optimisation** : tirage aléatoire, sélection, amélioration
- **Algorithmes génériques** : population, croisements

Synthèse de contrôleurs - Manuelle

Hodgins 1995 - Animating human athletics



Synthèse de contrôleurs - Automatique

A partir de données de capture de mouvement

Van De Panne 2007 - SIMBICON (code disponible)

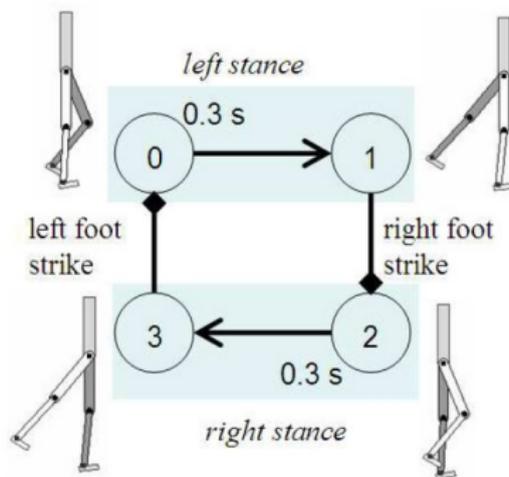
SIMBICON: Simple Biped Locomotion Control

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs**
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs**
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Principe

- **Graphes de transition** entre contrôleurs
- Différents contrôleurs : marche, équilibre, chute, etc
- Chaque contrôleur est lui-même un graphe, une machine à états finis



Exemple : SIMBICON

SIMBICON - Coros 2010 - Generalized Biped Walking Control

Generalized Biped Walking Control

Stelian Coros

Philippe Beaudoin

Michiel van de Panne

University of British Columbia

(Part 1 of 2)

Exemple : SIMBICON

SIMBICON - Coros 2011 - Locomotion Skills for Simulated Quadrupeds

Locomotion Skills for Simulated Quadrupeds

Stelian Coros^{1,2} Andrej Karpathy¹ Ben Jones¹
Lionel Reveret³ Michiel van de Panne¹

¹University of British Columbia

²Disney Research Zurich

³INRIA, Grenoble University, CNRS

Exemple : Adaptation

Martin de Lasa 2010 - Feature-Based Locomotion Controllers

Feature-Based Locomotion Controllers

Martin de Lasa

Igor Mordatch

Aaron Hertzmann

University of Toronto

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Contrôle du mouvement

- But : rester **maître** du scénario tout en laissant le mouvement être dicté par une **simulation**
- Dynamique inverse
- Space-time constraints
- Contrôleurs

Plan

- 1 Introduction
- 2 Dynamique inverse
- 3 Optimisation
 - Principe
 - Application à la capture de mouvements
- 4 Contrôleurs
 - Principe
 - Synthèse de contrôleurs
 - Utilisation de contrôleurs
- 5 Conclusion...
 - ...du contrôle
 - ...du cours

Problèmes traités 1/2

- Comment animer des **objets complexes**?

Un corps a 150 degrés de liberté : impossibilité de les animer tous à la main tout en maintenant le réalisme!

- **Imposer le mouvement d'un certain nombre de degrés de liberté** et laisser la simulation faire le reste

- ▶ dynamique inverse, cinématique inverse
- ▶ + : facile
- ▶ - : n'aide pas au réalisme ni aux mouvements inattendus

Problèmes traités 2/2

- **Améliorer les trajectoires données** : rester proches des positions clés tout en améliorant la trajectoire par optimisation
 - ▶ capture de mouvements + physique
 - ▶ + : grande qualité, pratique
 - ▶ - : limité, risqué
- **Utiliser de contrôleurs de mouvements** :
 - ▶ inspiré par la robotique
 - ▶ utiliser une vraie simulation,
 - ▶ déterminer les contrôleurs,
 - ▶ utiliser les contrôleurs

Modèles à couches

- **Idéal** : **automatiser** le travail manuel fastidieux tout en préservant le **contrôle** total de l'animateur
- Mélange de méthodes : **modèle à couches** :
 - ① Identifier les sous-phénomènes à reproduire
 - ② Les représenter indépendamment en choisissant le meilleur modèle
 - ③ Coupler les modèles pour avoir une simulation cohérente