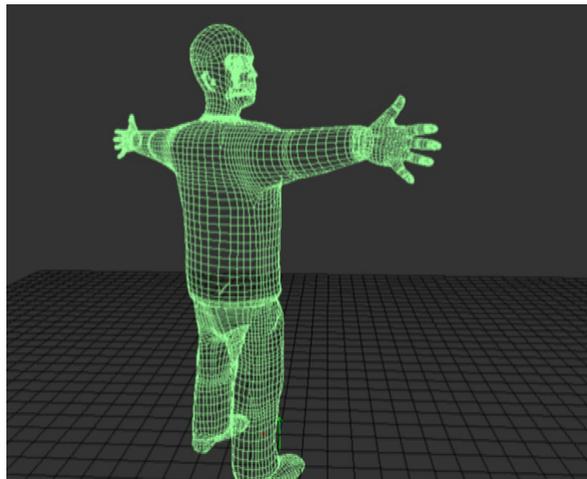


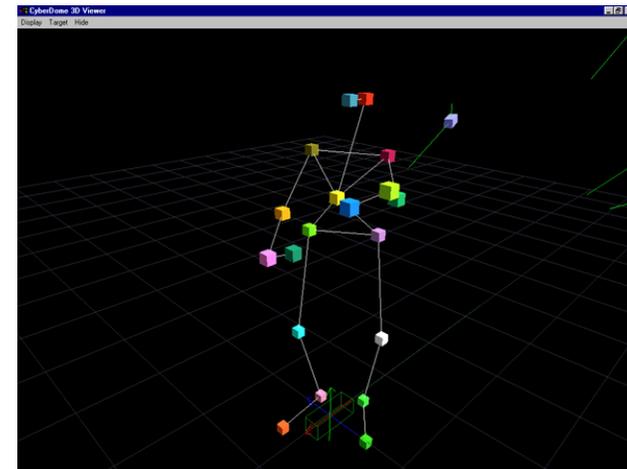
UE RSX205

Option Animation et Synthèse d'images avancée

L'animation d'humanoïdes



N



Alexandre Topol

Département Informatique
Conservatoire National des Arts & Métiers

2007-2008

Sommaire

- Définition
- Principes anatomiques et physiologiques du mouvement
- Constats – difficultés de l'exercice
- Technique de modélisation
 - Méthode
 - Motion capture ou capture de mouvements
- Applications
- Conclusion

Introduction

- Depuis les années 80 les techniques d'animation des humanoïdes n'a cessé de s'améliorer.
- De plus en plus accessible grâce à l'évolution constante des cartes graphiques équipant les ordinateurs familiaux.
- Ce développement rend accessible au plus grand nombre la 3D temps réelle.
- Cette technologie est utilisée dans le multimédia, mais aussi dans les longs métrages afin d'améliorer la productivité des séquences d'animation, mais aussi l'éducation, la formation, le milieu médical, le traitement du handicap etc...
- Dans la majorité de ces domaines, l'animation d'humanoïdes joue un rôle important puisque l'homme est au centre de toutes ces applications.

Introduction

- Problème : trouver un compromis entre le temps de calcul et le réalisme des mouvements
- 2 étapes :
 - Modélisation de l'humain
 - Animation du modèle
- Objectifs :
 - Précision médicale ?
 - Jeu vidéo ?
 - ...

Définitions

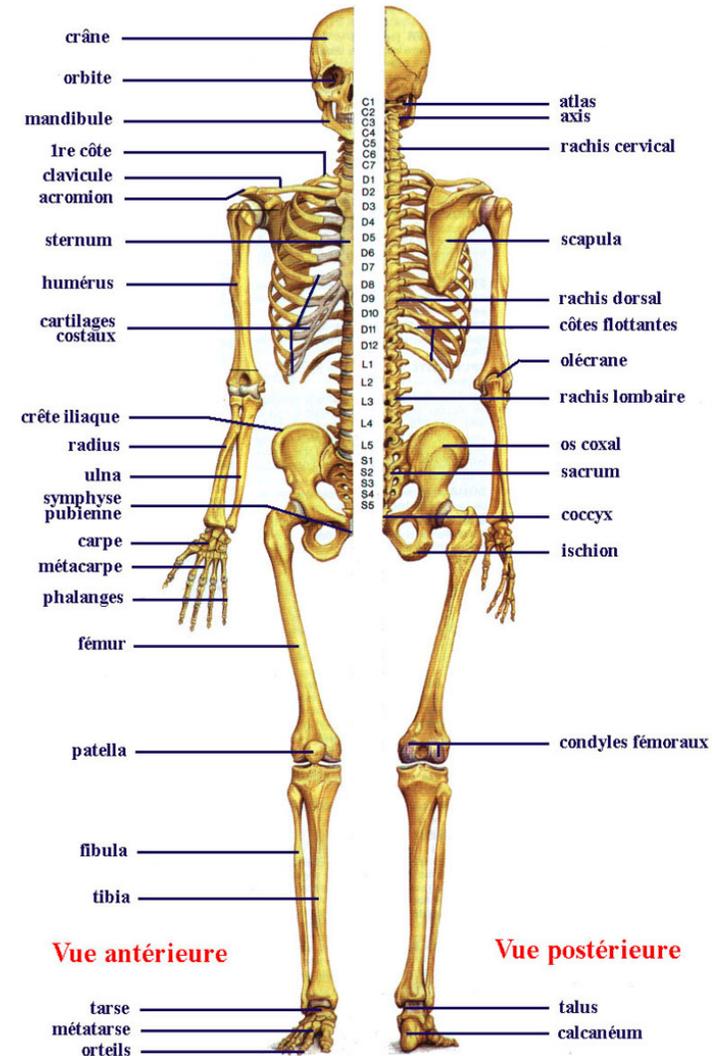
- **Humanoïde:** Du latin *humanus* et *-oïde* (*semblable à*), qui rappelle l'homme. Être voisin de l'homme.
- **Robot:** 1924 du tchèque *robota* « *travail forcé* », pour désigner des ouvriers artificiels. Machine à l'aspect humain, capable de se mouvoir et d'agir.
- **Cybernétique:** Science constituée par l'ensemble des théories relatives aux communications et à la régulation dans l'être vivant et la machine.
- **Animation:** Action, manière d'animer; de donner de la vie, le mouvement.

Anatomie de l'humain

- Le squelette

environ 206 os

charpente du corps



Vue antérieure

Vue postérieure

Anatomie de l'humain

- Le squelette

3 types différents :

- longs

(une dimension \gg 2 autres)



Anatomie de l'humain

- Le squelette

3 types différents :

- plats

(une dimension \ll 2
autres)



Anatomie de l'humain

- Le squelette

3 types différents :

- courts

(3 dimensions équivalentes)



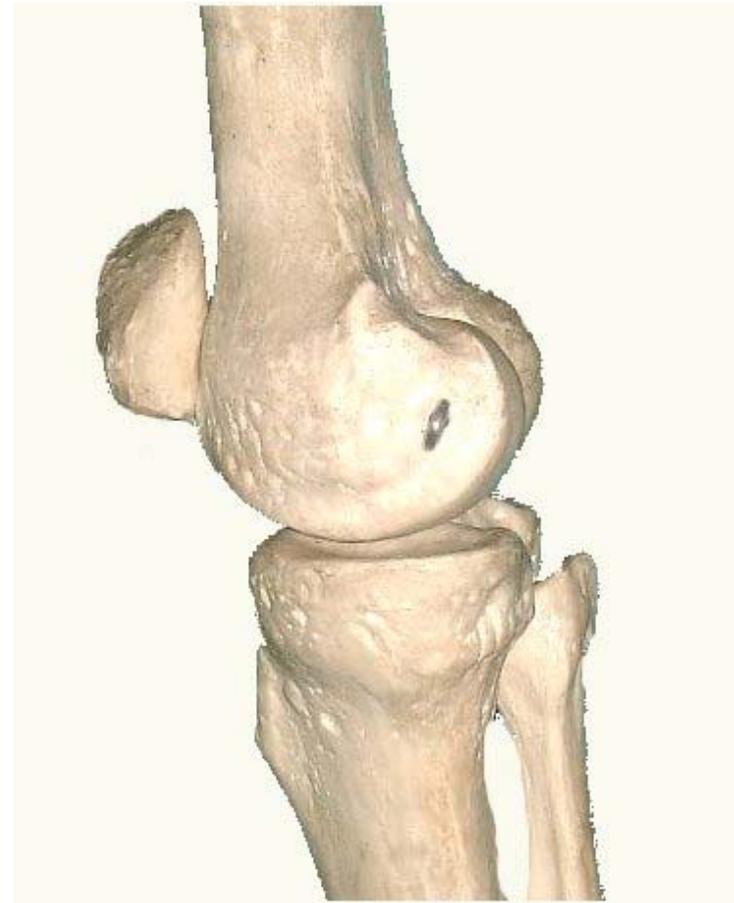
Anatomie de l'humain

- Le squelette

Articulations entre ces os
présentent de nombreuses
configurations.

Propriétés différentes :

1 degré de liberté (DL), 2 ou 3



Anatomie de l'humain



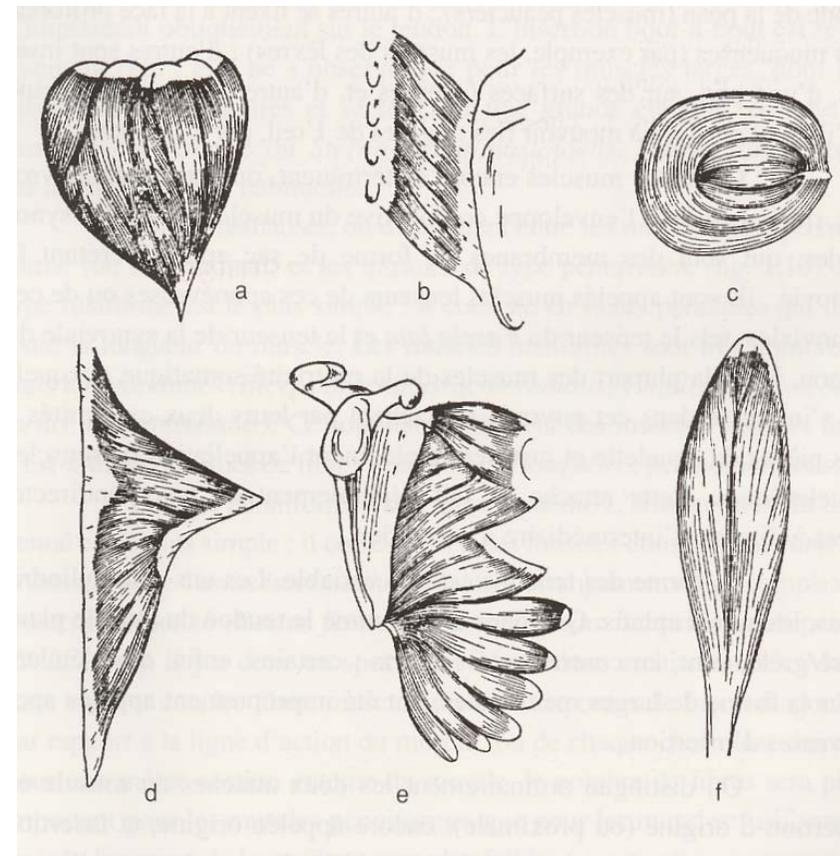
Anatomie de l'humain

- Les muscles

3 types (fonctionnels):

strié, lisse et cardiaque

Différentes formes

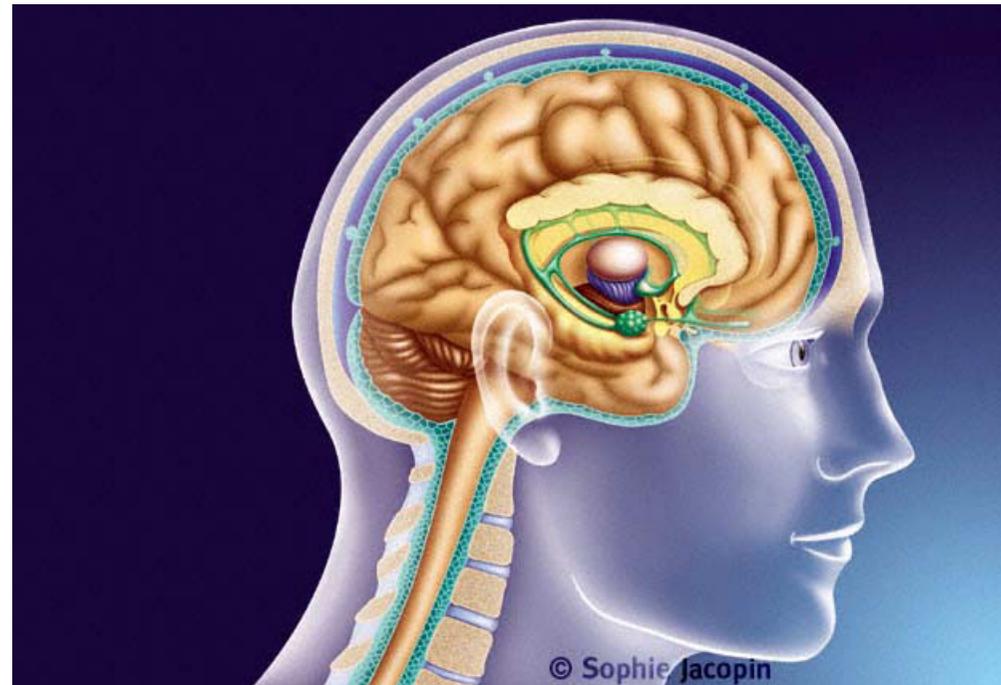


Anatomie de l'humain

- Le Système Nerveux Central

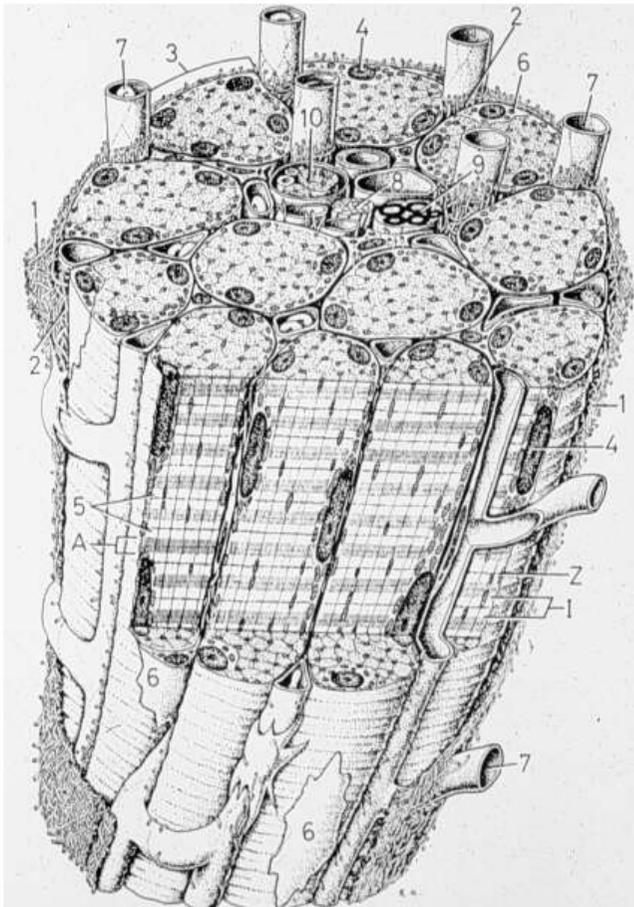
Cerveau et moelle épinière

Centre de décision et
de commande



Anatomie de l'humain

- Structure d'un muscle



Structure d'un faisceau musculaire (G=X 2000)

1. périnysium
2. endomysium
3. fibres musculaires
4. noyau
5. myofibrilles
6. cellules satellites
7. vaisseaux sanguins
8. fibres nerveuses amyéliniques
9. fibres nerveuses myéliniques
10. fuseau neuro-musculaire

A - bande sombre du sarcomère

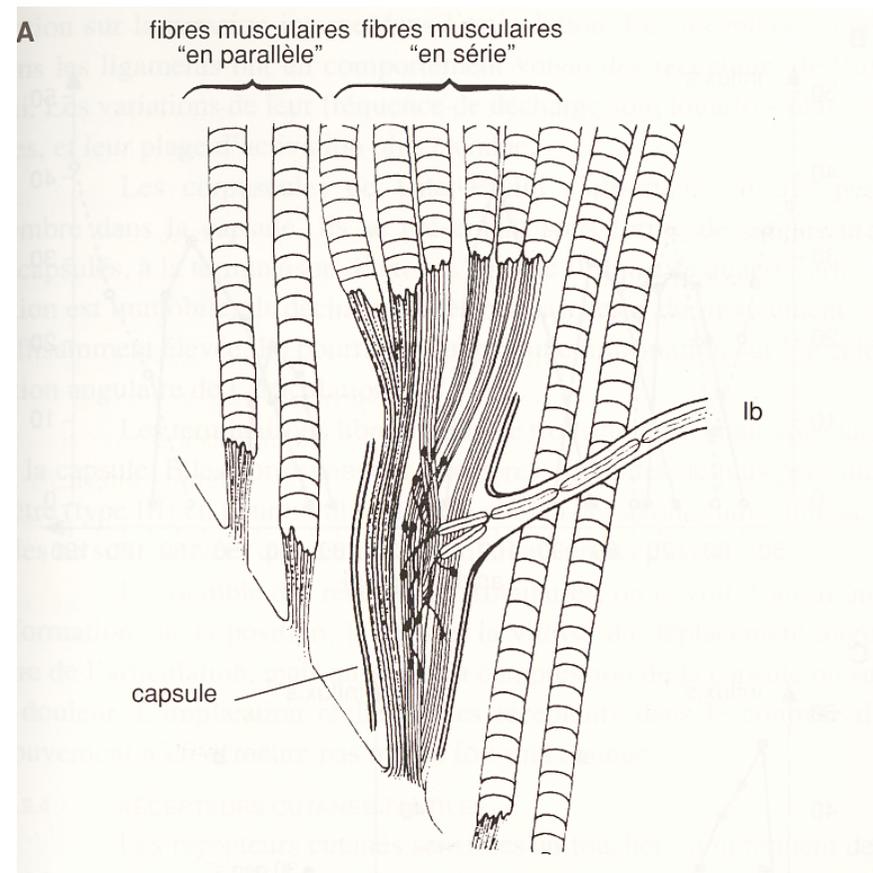
I - bande claire du sarcomère

Anatomie de l'humain

- Unité motrice

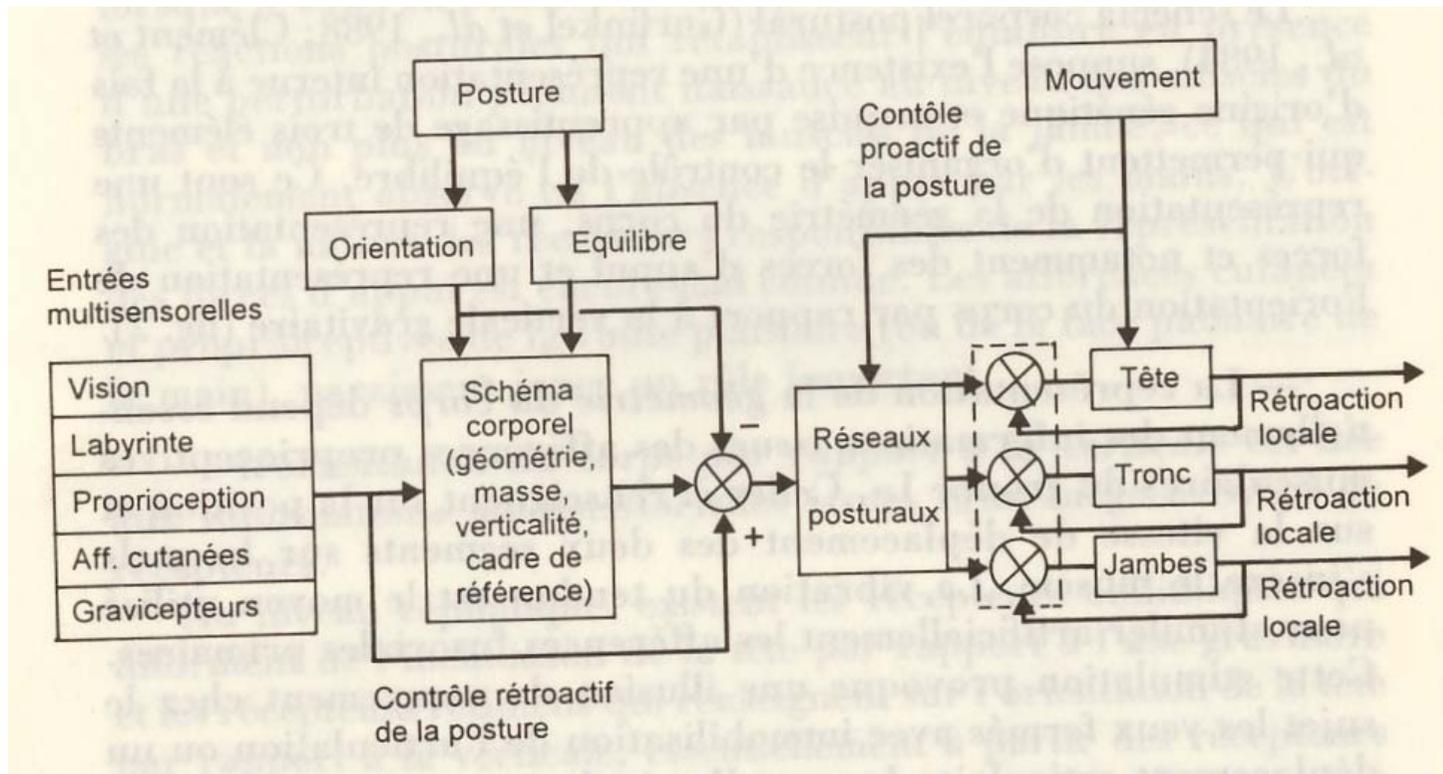
Un motoneurone innerve
plusieurs fibres musculaires

Pool de motoneurones pour
un muscle.



Principes physiologiques du mouvement

Posture / équilibre / mouvement



Difficulté de l'exercice

L'animation d'un humain virtuel pose des problèmes importants

- en nombre
- en complexité

Opposition forte entre

- facilité de réalisation d'un mouvement
- complexité de son organisation interne

Ex : gestes les plus simples (préhension, marche, orientation de la tête et du regard, ...)

Difficulté de l'exercice

=> Observateurs avertis

Expérience quotidienne.

Capable de discriminer un mouvement sain, pathologique ou artificiel à l'œil nu.

Hésitation, tremblement, trajectoire « originale », boitillement, problème de préhension.

Difficulté de l'exercice

=> Corps dans son ensemble effectue un mouvement

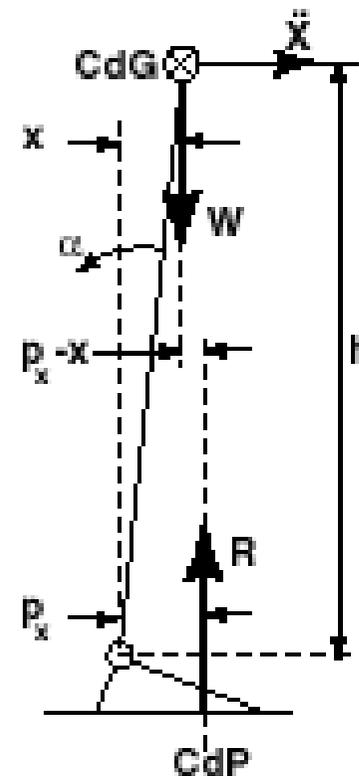
On ne peut dissocier le plus simple mouvement de l'organisation du reste du corps.

Relation posture / équilibre / mouvement

Difficulté de l'exercice

=> Corps dans son ensemble effectue un mouvement

Ex : Position « de repos »



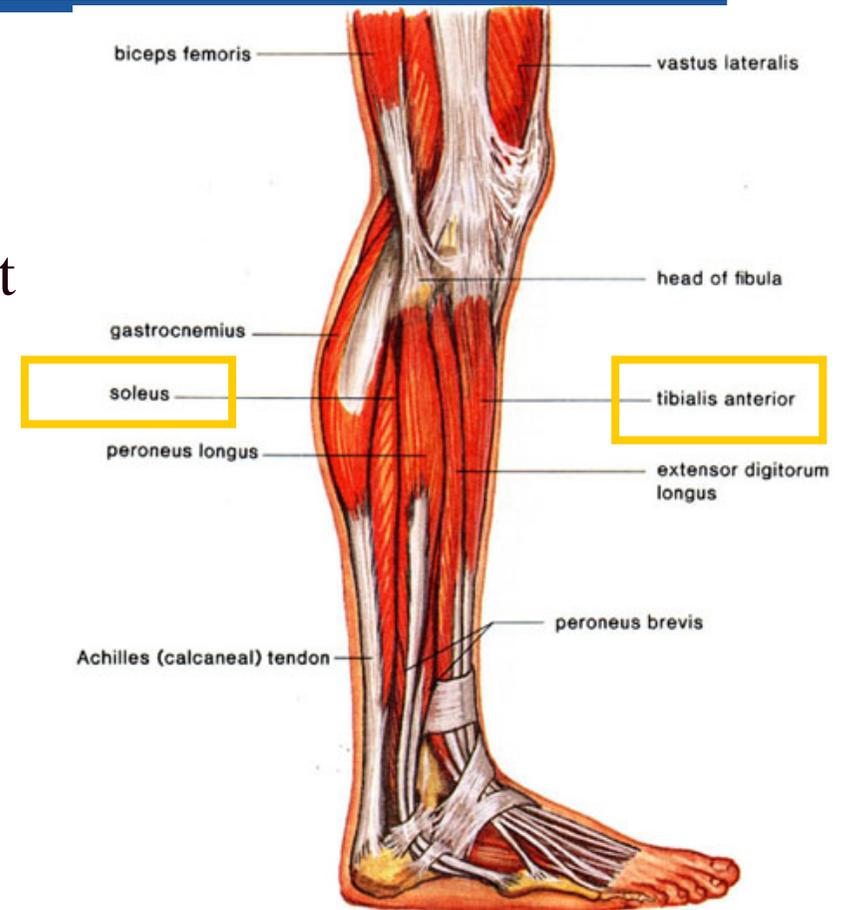
Difficulté de l'exercice

Ex: Saut vertical

étape 1 == déséquilibre vers l'avant

⇒ Ne pas partir en arrière

⇒ Pouvoir fléchir le genou

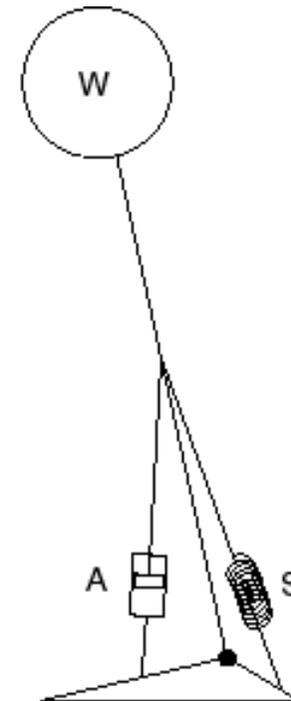


Difficulté de l'exercice

Ex: Saut vertical

Déséquilibre vers l'avant

=> désactivation du *soleus* /
activation du *tibialis anterior*



Le Pellec et al. , *Initiation of a vertical jump : the body's upward propulsion depends on control of forward equilibrium*, 2003.

Difficulté de l'exercice

=> Différentes personnes auront différentes manières d'effectuer une même action

Divergence d'organisation du mouvement liées ou non à des capacités intrinsèques différentes (anatomiques, physiologiques, articulaires, ...)

Vitesse de course, force, précision, etc...

Difficulté de l'exercice

Ex: Abduction d'une jambe

étape 1=> « déséquilibre » vers la jambe de terre

=> différentes stratégies suivant l'expertise des sujets
(danseurs vs. novices)

Mouchnino et al. , *Is the regulation of the center of mass maintained during leg movement*, 1996.

Difficulté de l'exercice

=> Notion de contexte et intervention de l'affect

Différents effets selon les sujets (inhibiteur ou moteur).

Sportif en compétition, chien menaçant, présence d'observateurs, obligation de résultat.

Difficulté de l'exercice

Mouvement humain =

matériel génétique (morphologique, physiologique)
+ conditions psychologiques (internes)
+ contexte (externe).

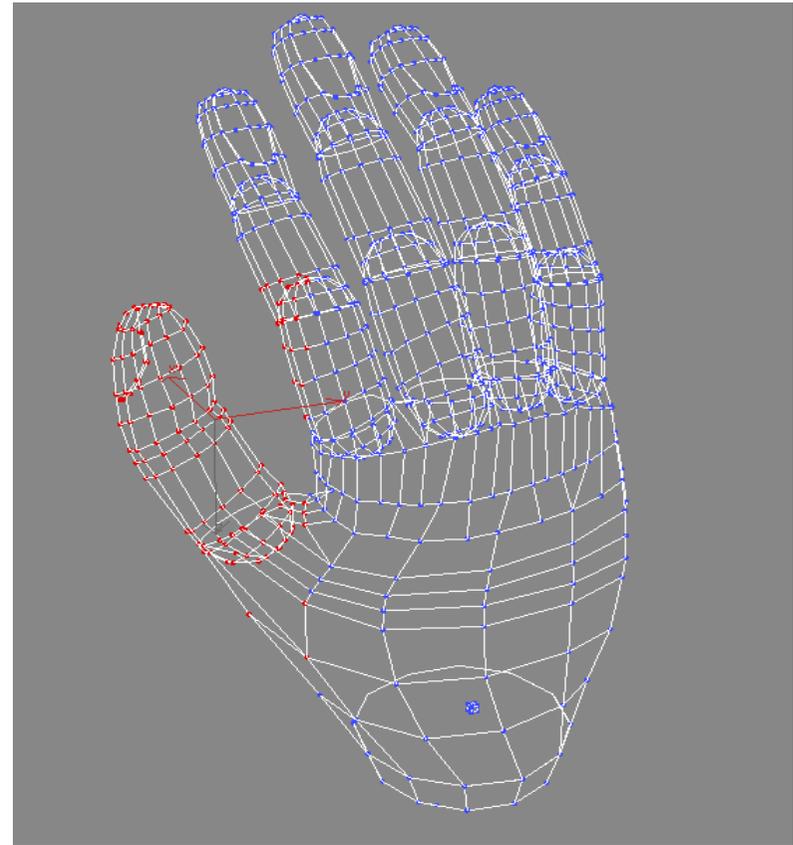
Le mouvement ne doit pas être restreint à sa composante formelle (visible).

Les paramètres intrinsèques et contextuels doivent intervenir dans la démarche de modélisation/animation.

Modélisation

Première possibilité :

Un maillage complet.

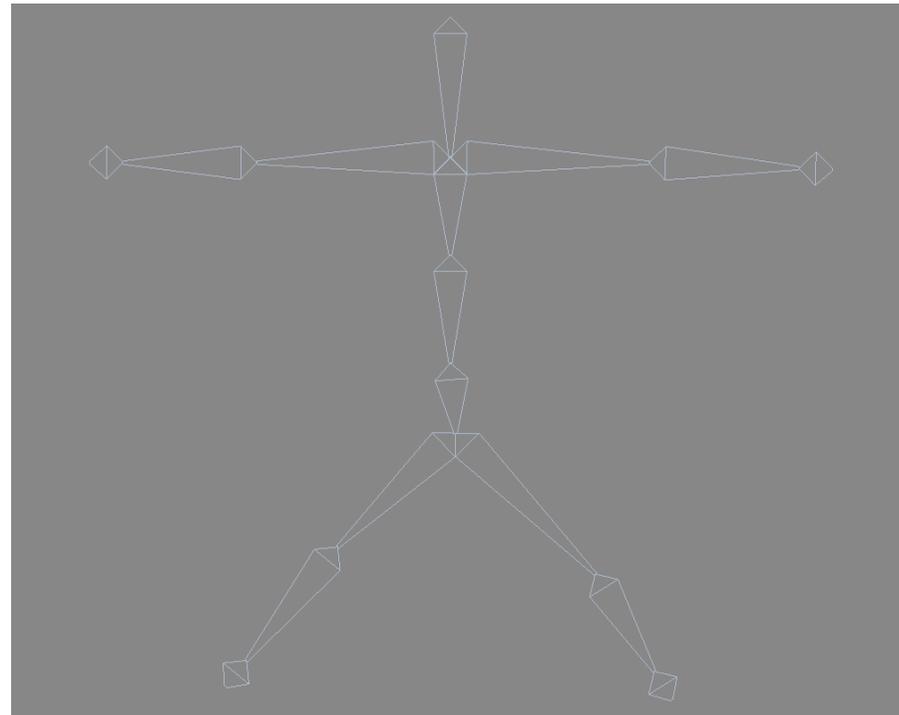


Problème : animer chaque point ou groupe de points manuellement (...)

Modélisation

Idée :

Une structure (squelette)
que l'on anime et qui est
liée au maillage



Modélisation

Autre problème :

La modélisation (simplification)
entraîne des choix.

Ex :

Pronation /supination main.

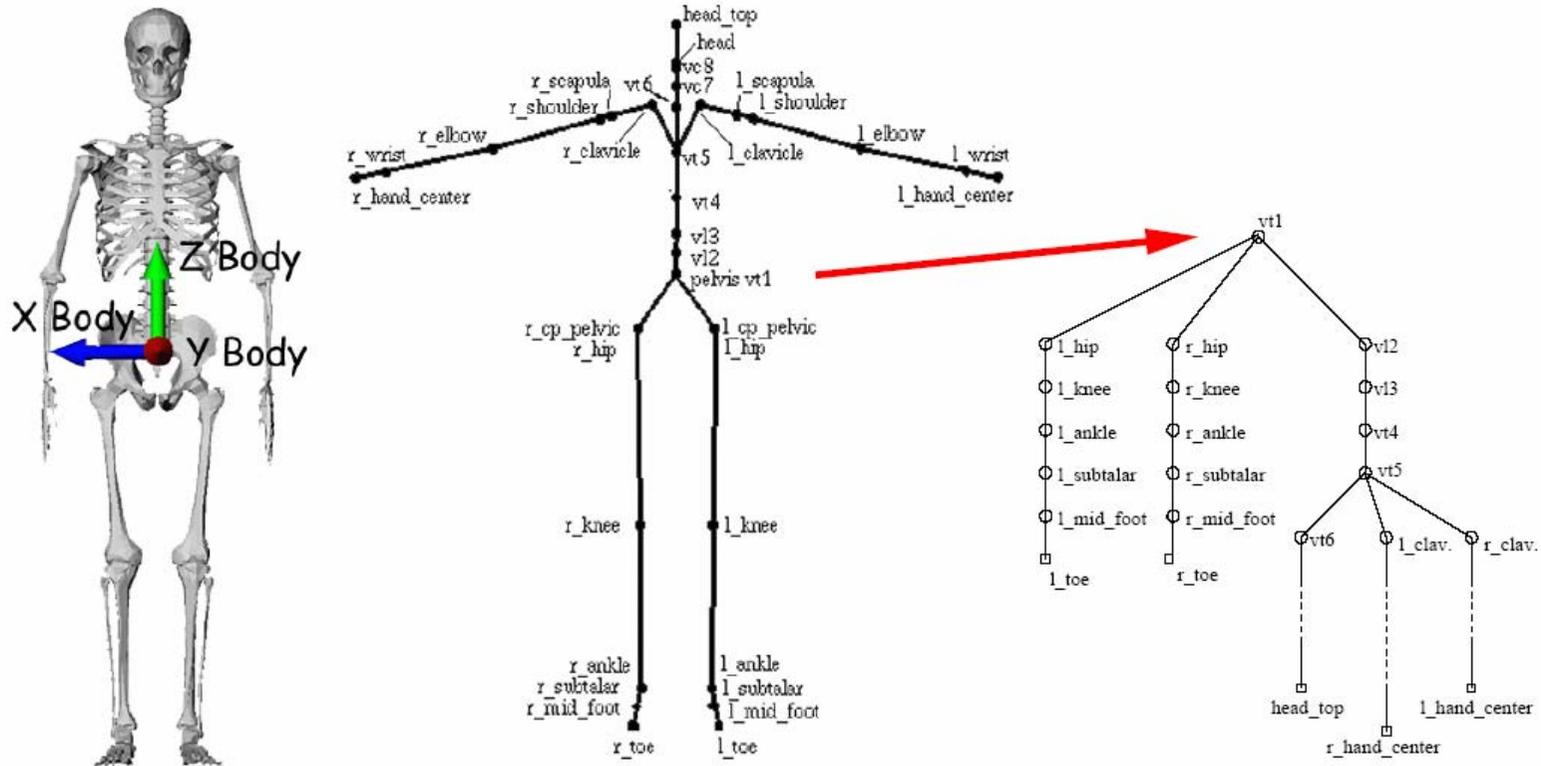
Rotation radius autour du cubitus (2
points de mobilité : coude + poignet).

Choix informatique : coude ou poignet ?



Modélisation

Modèle VRML (EPFL)

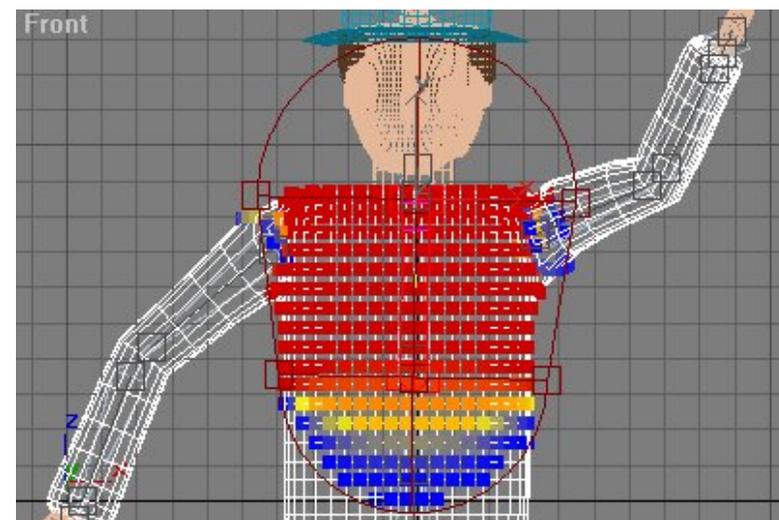
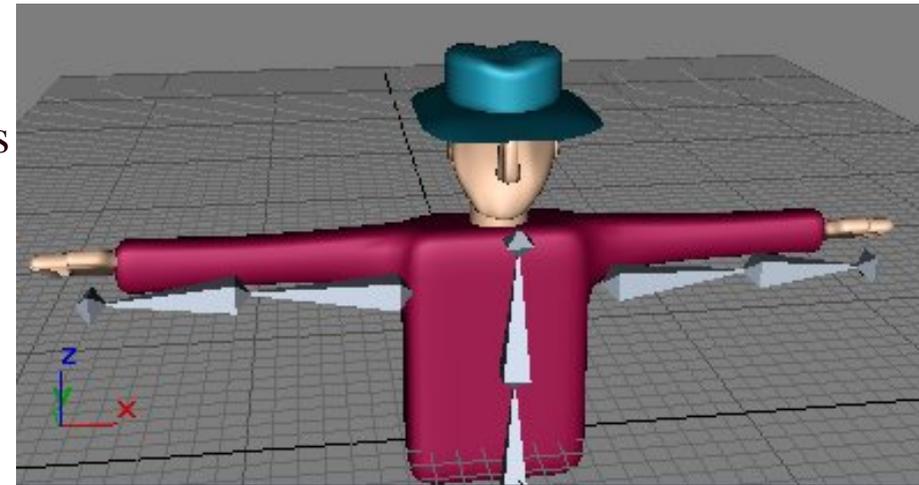
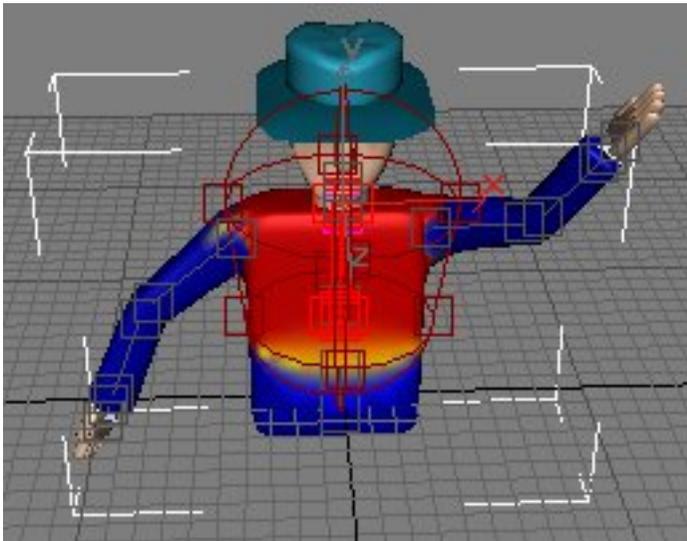


C. Babski, D. Thalmann, *Define Virtual Humans On The Web*, 2000.

Modélisation

Seconde étape :

A chaque structure est associée un groupe de vertex qui seront affectés par le déplacement de cette structure.



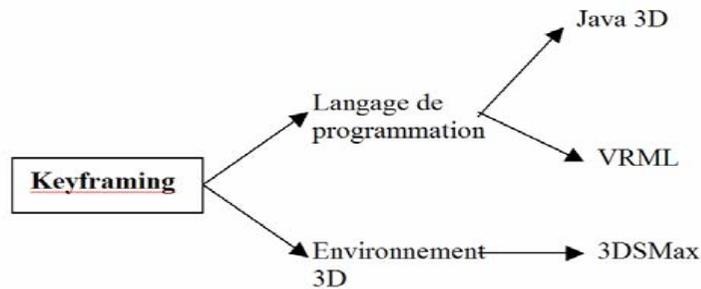
Avantage : animation plus simple à contrôler

Problème : ne suffit pas ...

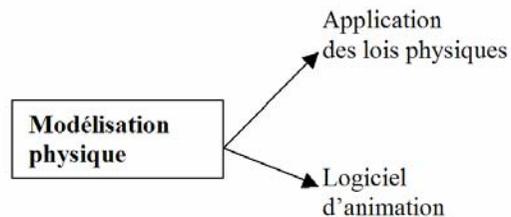
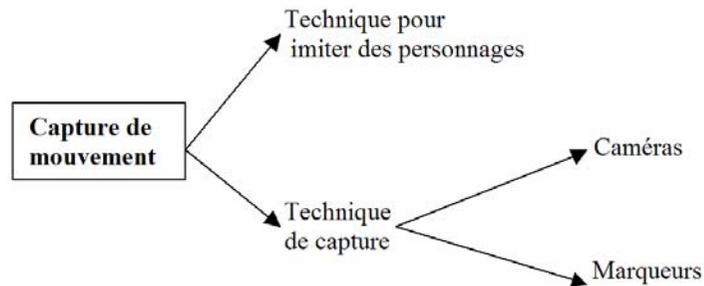
Animation

1. Keyframing > animation par calcul d'image clé
2. Bones and Skin
3. Capture de mouvement (motion capture)
4. Modèle physique (définir le mouvement et permettre au programme de reproduire le mouvement)

Animation



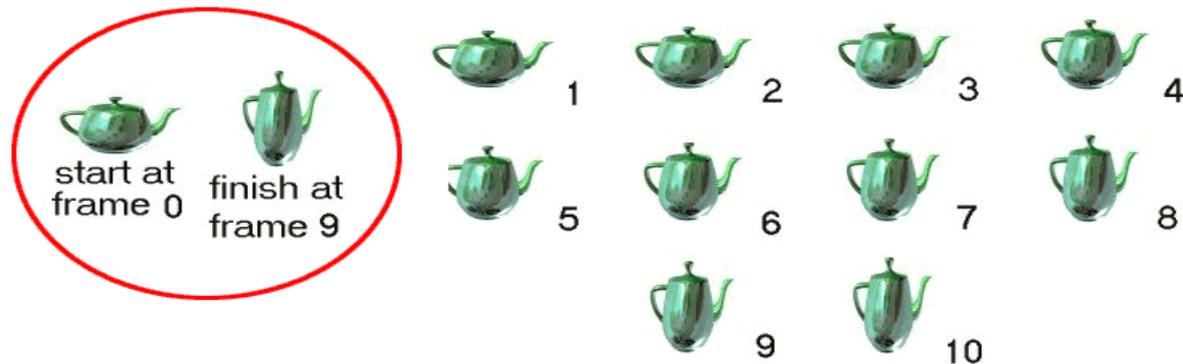
Différentes techniques existantes pour la création des mouvements



Source: Sujet de thèse de N'Dri AHOUA CEDRIC/CNAM Paris

Animation par keyframing

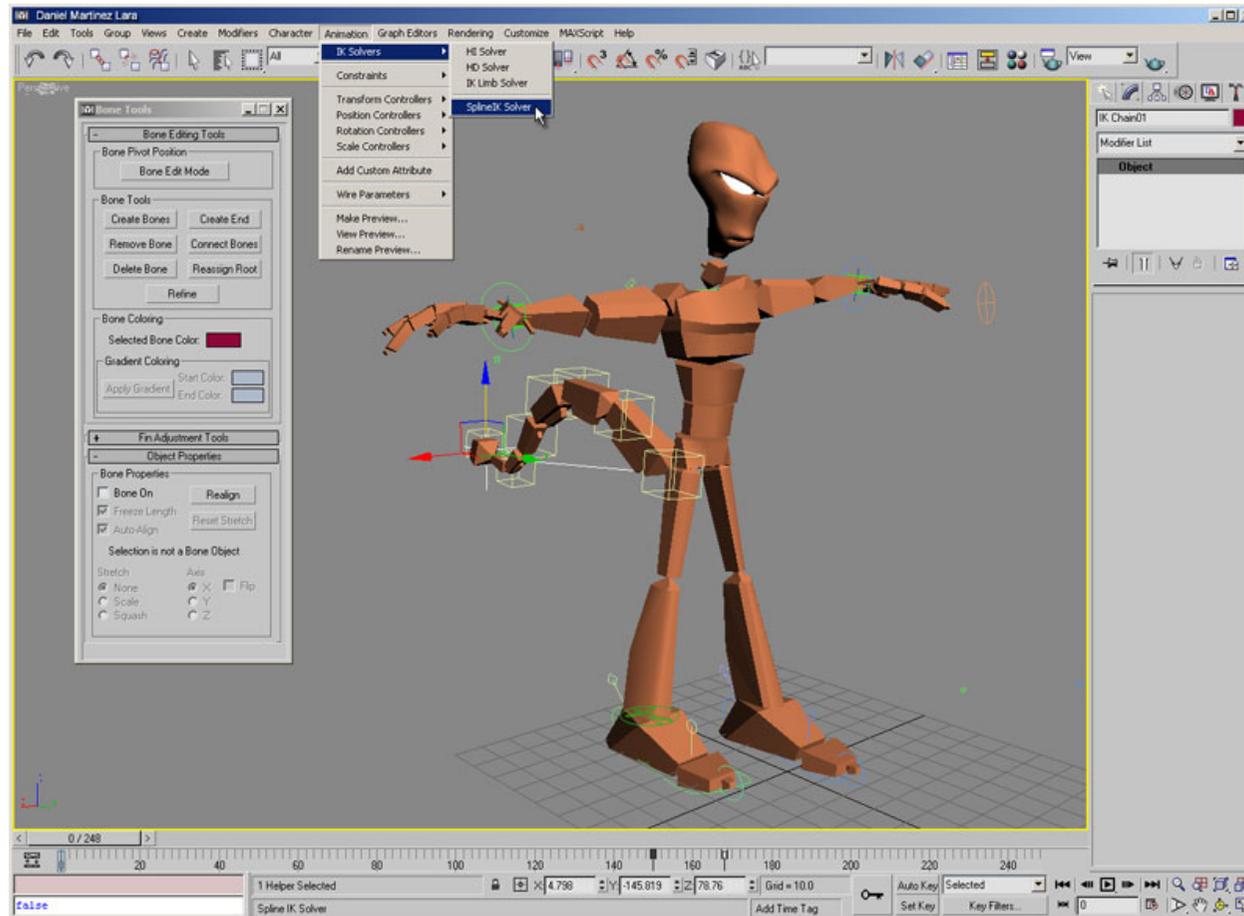
- **Procédé traditionnel** développé par Walt Disney (images clés dessinées par les artistes principaux et les transitions par des « petites mains »).
- Sur ordinateur, le programme se charge de calculer les images intermédiaires par interpolation.
- Ex: le *morphing* est une interpolation de forme



Animation par keyframing

- Utilisé avec les langages
 - VRML (Virtual Reality Modeling Language), langage de description de scenes 3 D adapté au web (voir **Humanoid–Animation Working Group**)
 - Java 3 D (utilisation de bibliothèque graphique 3 D existantes (open GL, direct 3D))
- Environnement 3 D
 - 3 DS Max / Maya etc... (Logiciel de création et d'animation d'objets et de scènes en 3D)

Animation par bones



Animation

D'un point de vue utilisateur (animateur) :

Peu maniable (trop ?)

Nécessité de contraindre un minimum les DLs aux articulations

=> Données anthropométriques (amplitudes articulaires)

Animation

D'un point de vue utilisateur (animateur) :

Toujours pas suffisant.

Agir articulation par articulation pose des problèmes.

Solutions de CI (cf cours PC)

Animation

D'un point de vue rendu :

Déformations choquantes



Animation

Une solution :

Travail d'animateur \Rightarrow retouche manuelle sur les vertex

Peut être très fastidieux (image par image !)

Vrai seulement pour la 3D calculée.

Animation

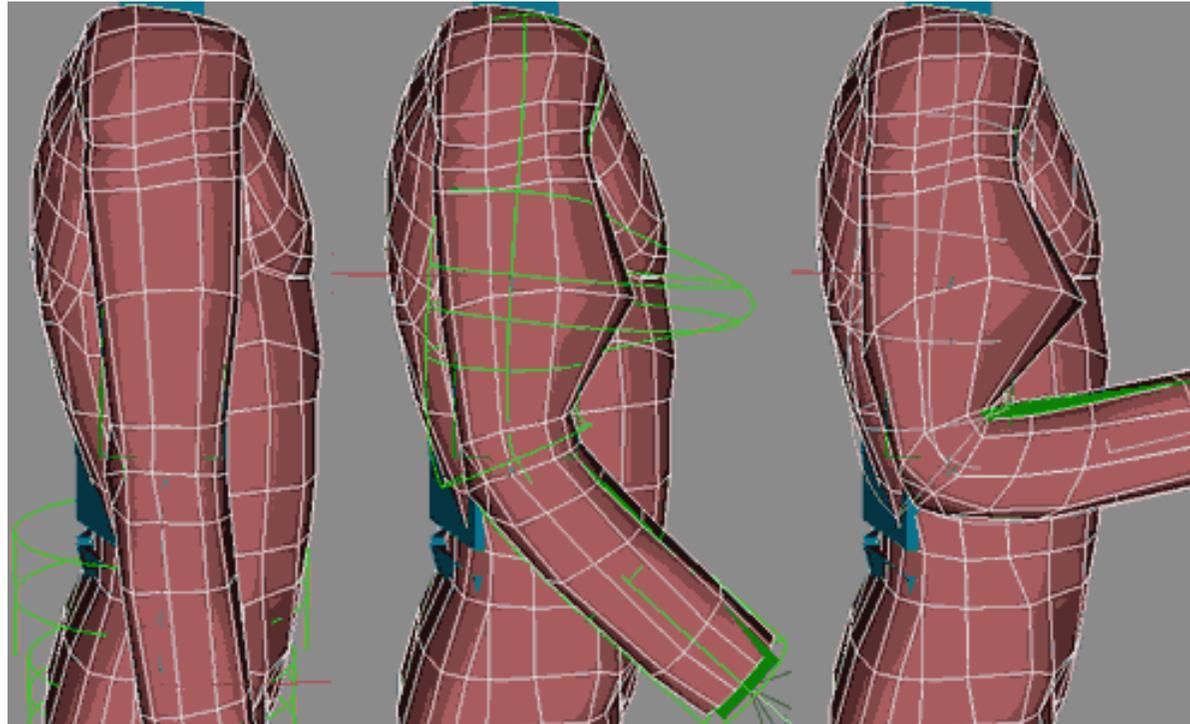
Autre solution :

Utilisation de déformations interpolées en $f(\text{angle articulaire})$

Ex :

3DS Max – Character studio

Animation - Déformations



Animation

Construction de l'animation :

Travail artistique ?

Commande interne ou import de donnée externes ?

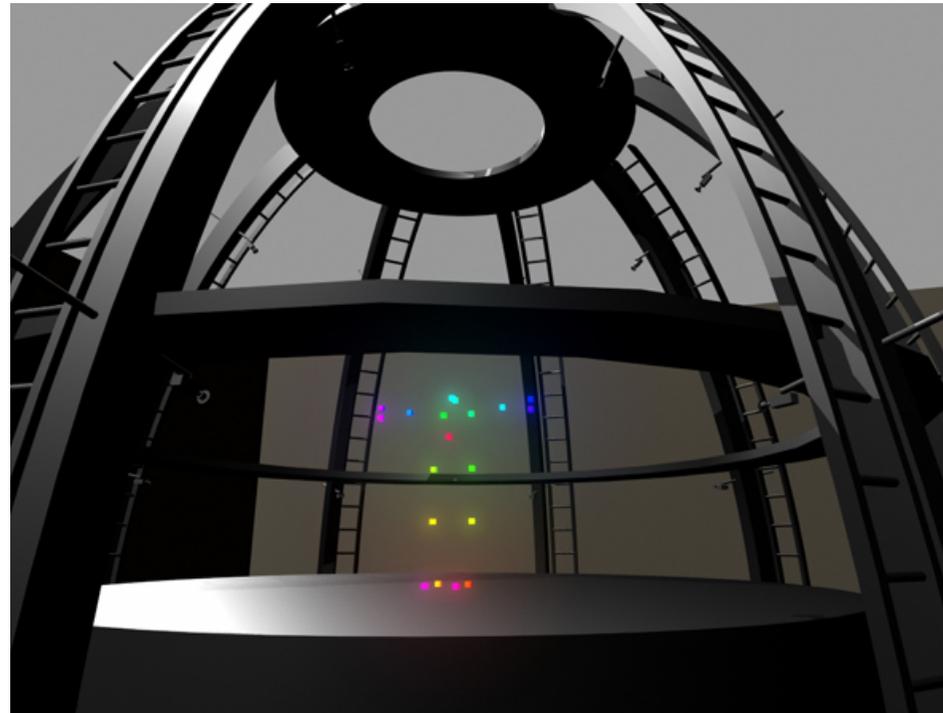
Modèle paramétrable ou mo-cap ?

Déformation musculaire conséquente du mouvement ou l'inverse ?

Animation – Mo-cap

Soit temps réel

Soit récupérée puis appliquée à une structure



Animation – Mo-cap

Motion capture



Animation – Mo-cap

- 3 techniques:
 - la capture magnétique
 - L'Émetteur génère un champs electro magnétique détecté par les récepteurs . Capture temps-réel, mais délivrant des courbes d'animation parfois très bruitées.
 - La capture optique
 - Le sujet est doté de capteurs situés aux niveaux des articulations et entouré d'un ensemble de caméras qui retransmette la scène qui sera interprété par un ordinateur Technique précise. Jolie courbe mais gourmande en calculs
 - La capture mécanique niveau
 - Exosquelette émetteur potentiomètre fixé aux articulations, pas de perturbations du à l'environnement, problèmes de translation.

Exemples

Exemple ANIMATIQUE

Tendre le bras et saisir un objet

Préhension : orientation du poignet en f(forme et dimension objet =>Massion).

Séquencement/parallélisme des deux

Exemples

Exemple ANIMATIQUE

Déplacements des appuis

MAIS mouvements du bassin, des épaules, des bras, ...

Gestion de l'équilibre en parallèle.

Exemples

Exemple ANIMATIQUE

Modélisation du visage.

Très complexe : nombre de muscles, finesse des activités, coordination précise, analyse par composantes extrinsèque (observation des expressions et pas EMGs ou EMGi)

Exemples

Exemple ANIMATIQUE

Modélisation du visage.

Expression de l'affect, combinaisons (content et surpris, ...)

Animation – Moteur Physique

Utilisation des lois de la physique pour affiner l'animation.

Notions de forces motrice, de frottement, d'inertie, etc...

Moteur physique (Karma – cf cours PC 10/03)

=> TEMPS REEL - Exemples

Animation – Moteur Physique

Ex : jeux vidéo (Rainbow 6 – Entr – Nett Pi 3)

Limité cependant aux impacts de balles.

Ne concerne pas les déplacements.

Exemple !

Animation – Moteur Physique

Idéalement :

Toute l'animation serait basée sur des relations de forces.

Complexification du modèle virtuel.

Génération interne des forces musculaires toniques et phasiques (de posture, d'équilibre et de mouvement), réaction avec le sol, collisions.

Animation musculaire

Intérêt :

- mouvement généré par les muscles (...)
- déformation musculaire (donc rendu visuel)
correspondant et réaliste
- calcul des forces résultantes pour la physique (cf slide préc) grâce aux niveaux d'activations.

Animation musculaire

Problème 1:

Modéliser un muscle :

Différentes formes, insertions, déformations.

Animation musculaire

Problème 2 :

Rendu crédible \Rightarrow Modéliser tous les muscles

Nombre, notion de couches (profonds/superficiels), niveau de participation de tel muscle dans un mouvement (0, partiel, total, quantification), collisions entre masses musculaires, patterns d'activation pour un mouvement donné.

Animation musculaire

Travaux récents :

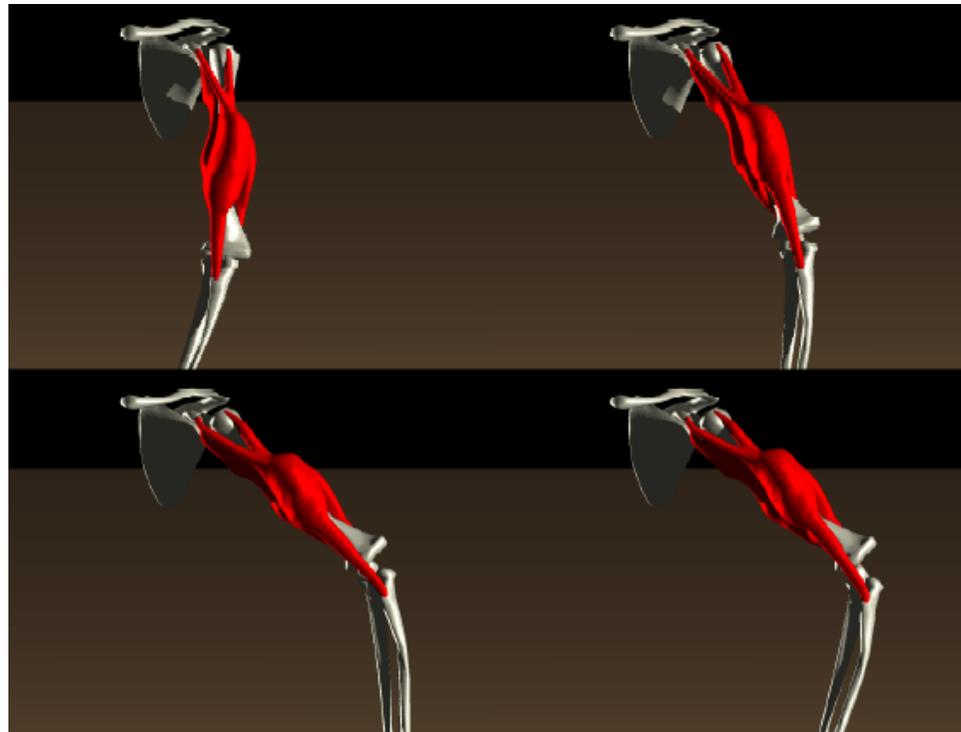
Raisonnement à l'inverse

Point de départ : position des os

Déduit les forces musculaires impliquées

Calculent le niveau d'activation et donc la déformation.

Animation musculaire



J. Teran et al. , *Finite Volume Methods for the Simulation of Skeletal Muscle*, 2003.

Conclusion

Grand nombre de problèmes restent encore à résoudre

Choix des modèles, techniques de rendu, application des lois de la physique, etc ...

Qualité hardware atteinte => plus (moins) de limitation

Sources

J.Massion, Cerveau et motricité, PUF, 1997.

A.Berthoz, Le sens du mouvement, ed. Odile Jacob, 1999.

R.Parent, Animatique, Vuibert, 2003.

<http://www.discreet.com/>

<http://www.blender3d.com/>

<http://ligwww.epfl.ch/>