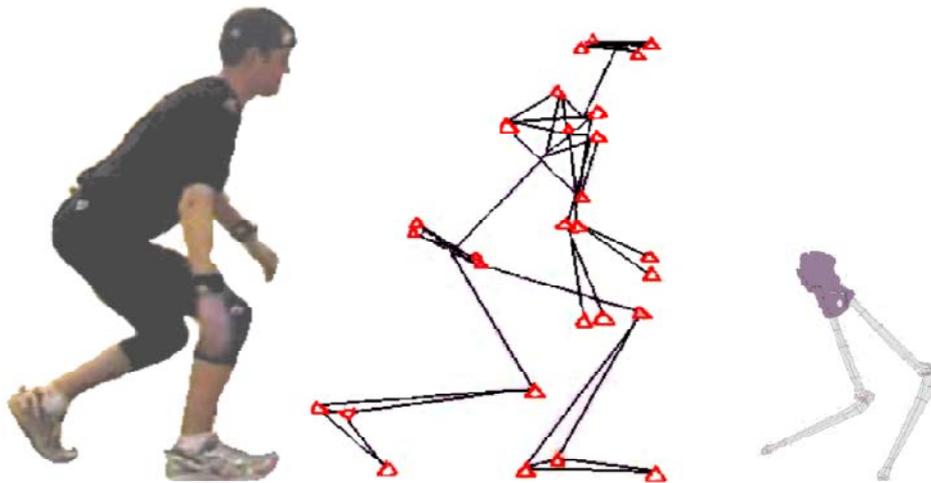

Congrès Industriel de Belfort 2004

Modélisation et calcul de mouvement pour l'humanoïde virtuel - Une application paléoanthropologique



Nicolas PRONOST

IRISA-SIAMES, Campus Universitaire de Beaulieu, 35042 Rennes cedex

Plan de l'exposé

- Environnement et projets
- Modéliser et simuler une locomotion d'humanoïde
- Notre problématique anthropologique
- Méthodologie appliquée
- Résultats et perspectives

Environnement et projets



L'IRISA

- Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires (UMR 6074)
- Regroupement CNRS – Université de Rennes 1 – INRIA – INSA Rennes
- 468 Personnes dans 26 équipes
 - 173 chercheurs et enseignants-chercheurs
 - 153 chercheurs doctorants
 - 81 ingénieurs, techniciens, administratifs
 - 61 divers (ingénieurs expert, post-doc, chercheurs invités, membres associés...)
- <http://www.irisa.fr>



Le Projet SIAMES

- Synthèse d'Image, Animation, Modélisation et Simulation

- 8 chercheurs et enseignants chercheurs
- 7 ingénieurs
- 15 doctorants

- <http://www.irisa.fr/siames>



- OpenMASK

- Plate-forme de développement et d'exécution d'applications modulaires
- <http://www.openmask.org>



Ma thèse

- Définition et réalisation d'un outil de modélisation et de calcul de mouvement pour des humanoïdes virtuels
- Encadrement :
 - ARNALDI Bruno
 - DUMONT Georges
- Contexte
 - Réalité virtuelle
 - Animation d'humanoïdes
 - Compréhension de phénomènes biomécaniques
 - Simulation d'un humain virtuel contrôlable
- Principe
 - Modéliser le mouvement
 - Effectuer un calcul paramétré sur ce modèle

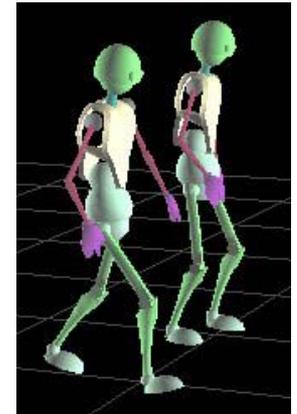
Le Projet ATIP - CNRS

● L'Action Thématique et Incitative sur Programme :



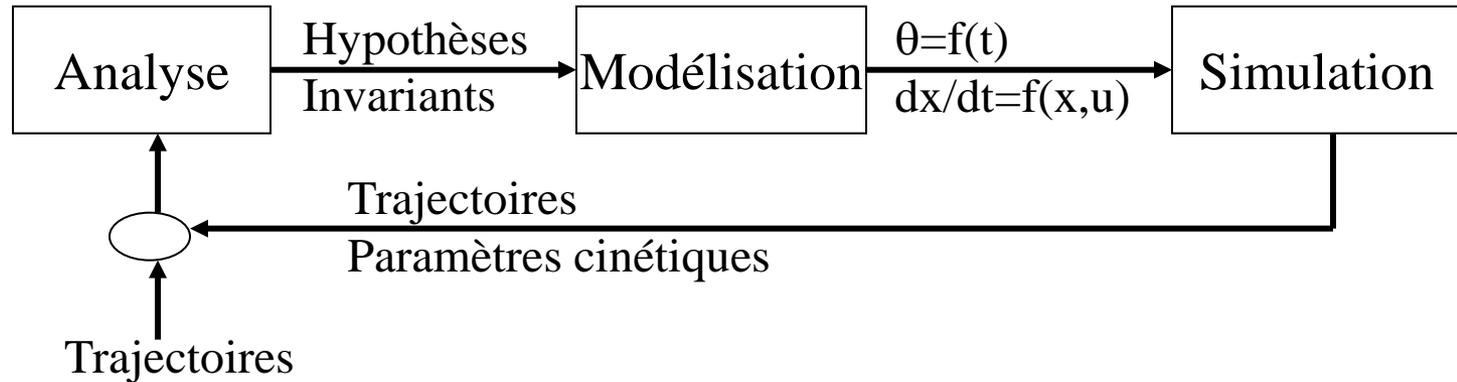
- UPR 2147 CNRS, Dynamique de l'Évolution Humaine : Individus, Populations, Espèces (Paris)
- UMR 5809, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé (Bordeaux)
- UMR 6074, Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires, Projet SIAMES (Rennes)
- UFR-APS, Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de l'Exercice Musculaire (Rennes)

Modéliser et simuler une locomotion d'humanoïde



Introduction

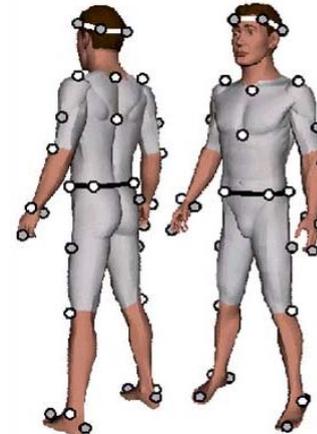
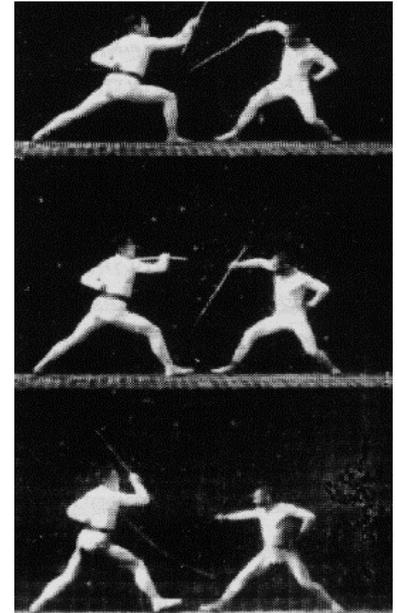
- Compréhension des phénomènes (approche analyse/synthèse)



- Domaines d'application nombreux
 - Rééducation / handicap
 - Robotique (robot bipède Honda)
 - Animation par ordinateur
 - Anthropologie

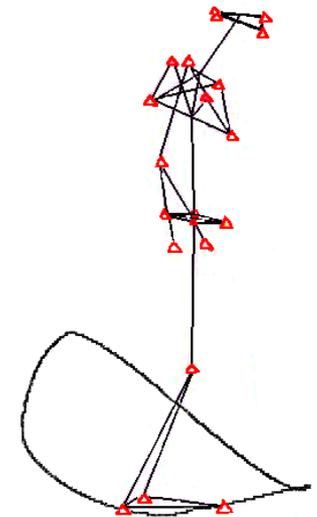
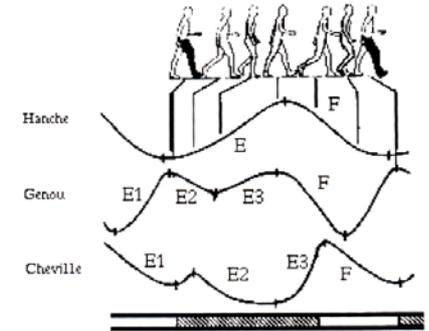
Biomécanique de la locomotion humaine

- Représentation du mouvement par une succession de postures [Marey 1894]
- Capture du mouvement
 - Caméras infrarouges synchrones à 60Hz
 - Principe de stéréovision
 - Marqueurs infrarouges placés sur des repères anatomiques externes



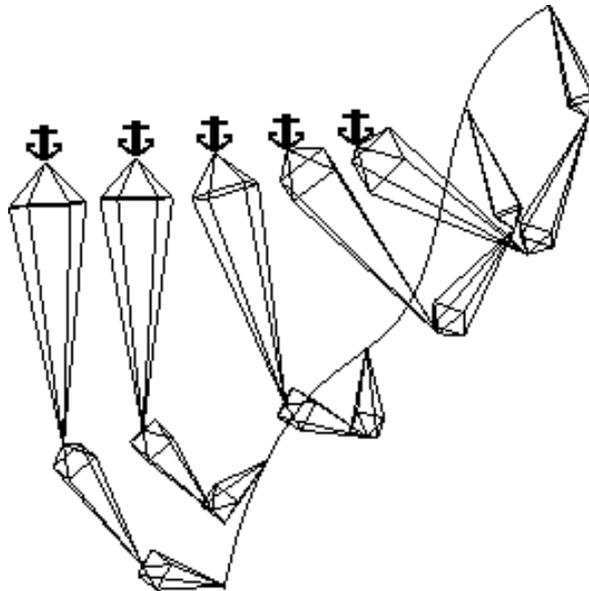
Phases, décomposition et articulations

- Phases définies par des événements de début/fin
- Décomposition fine par articulation
 - Phases d'extension/flexion
 - Formes caractéristiques
 - Influence de divers paramètres [Nilsson 85]
- La poulaine : représentation compacte



Simulation cinématique

- La cinématique directe
 - Calcul des positions (x,y,z) en fonction des angles
- La cinématique inverse
 - Calcul des angles $(\theta_1, \theta_2, \dots)$ en fonction des positions



Simulation dynamique

- Équations de Lagrange

W Travaux extérieurs
 Ec Énergie cinétique

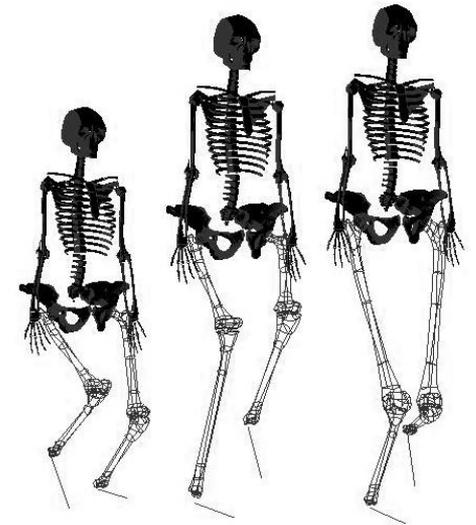
$$-\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial Ec}{\partial \dot{q}} \right) + \frac{\partial Ec}{\partial q} + \frac{\partial W}{\partial q} = 0 \quad \text{soit} \quad [M] \left\{ \ddot{q} \right\} + [C] \left\{ \dot{q} \right\} + [K] \left\{ q \right\} = \{F\}$$

- Principe fondamental de la dynamique

$$\begin{Bmatrix} \vec{F}_i \\ \vec{C}_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \ddot{\vec{x}}_i \\ m \ddot{\vec{x}}_i \\ \dot{\vec{\omega}}_i \\ \vec{\omega} \wedge \vec{\omega} \end{Bmatrix}$$

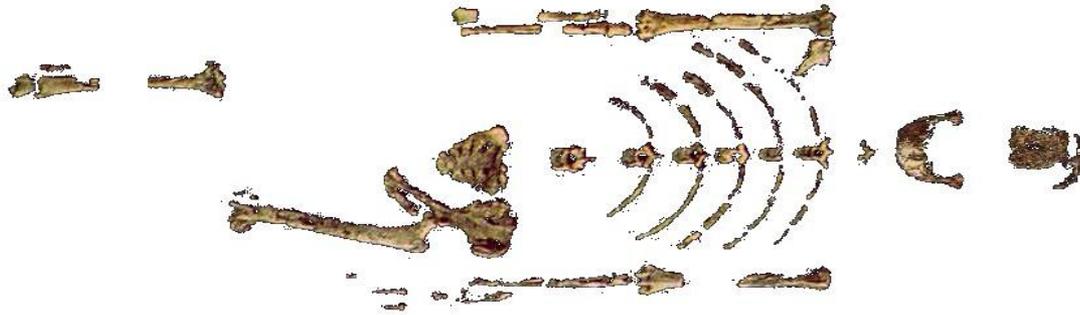
- Dynamique inverse

Notre problématique anthropologique

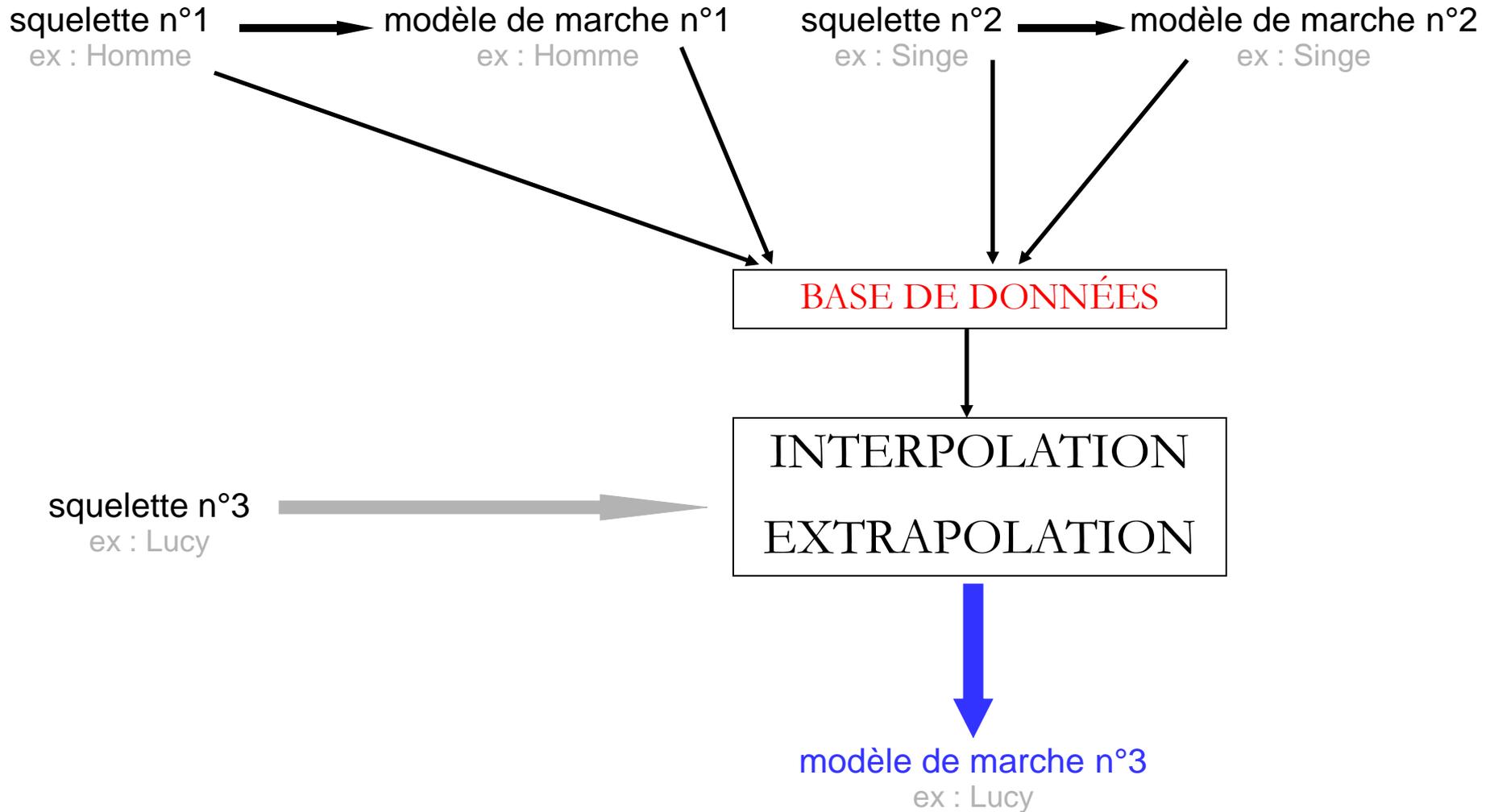


Contexte et objectifs

- Reproduction et compréhension de phénomènes biomécaniques naturels
- Simulation de mouvement de marche
- Retargetting et modification de mouvement
- Un outil de tests d'hypothèses

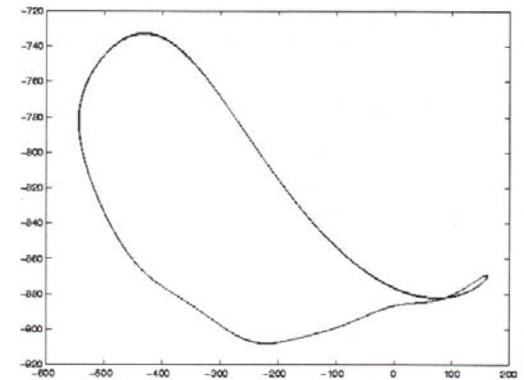


Synopsis



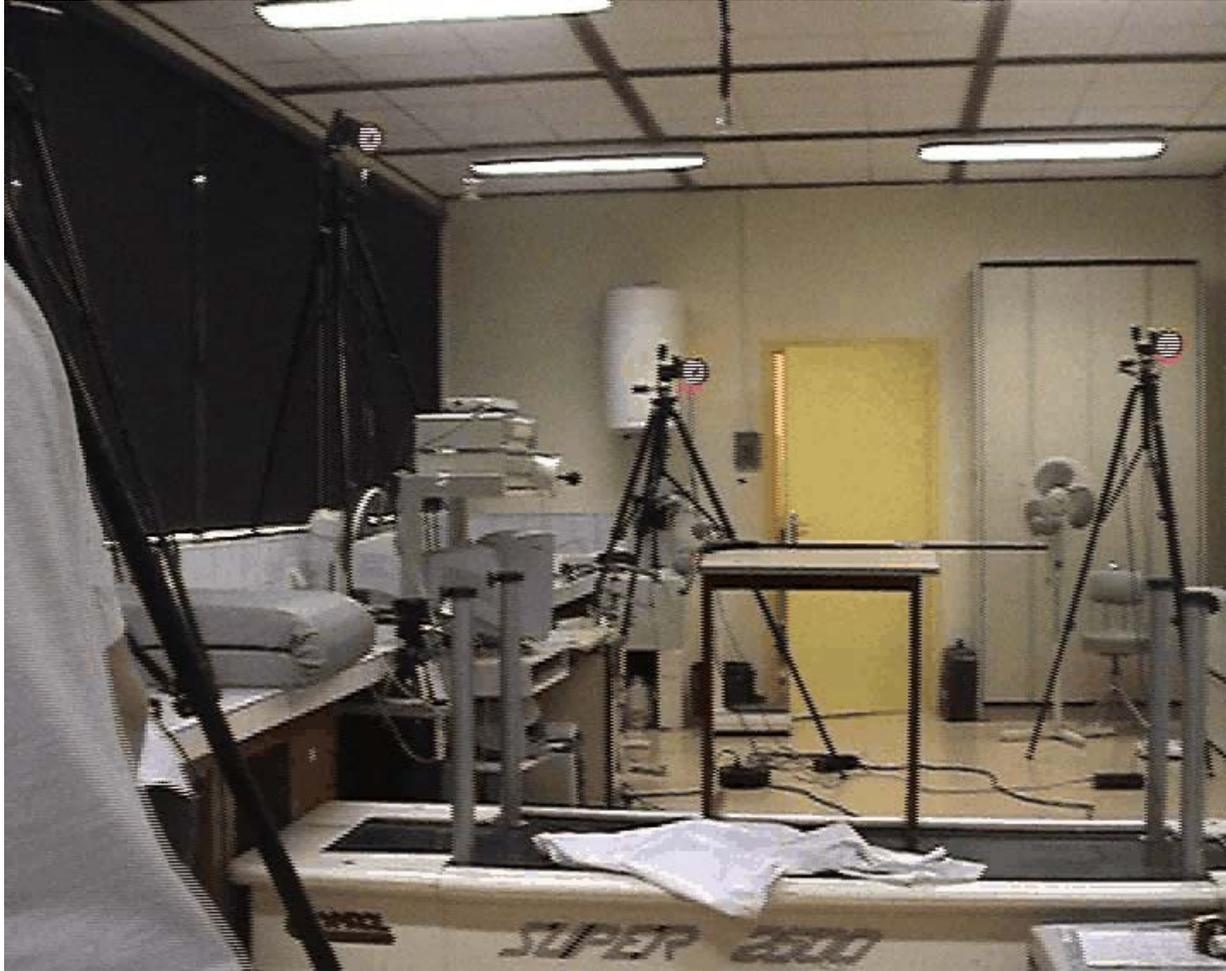
Méthodologie utilisée

1- Modélisation des trajectoires

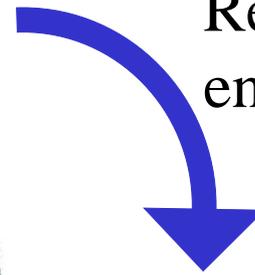


Utilisation de données réelles

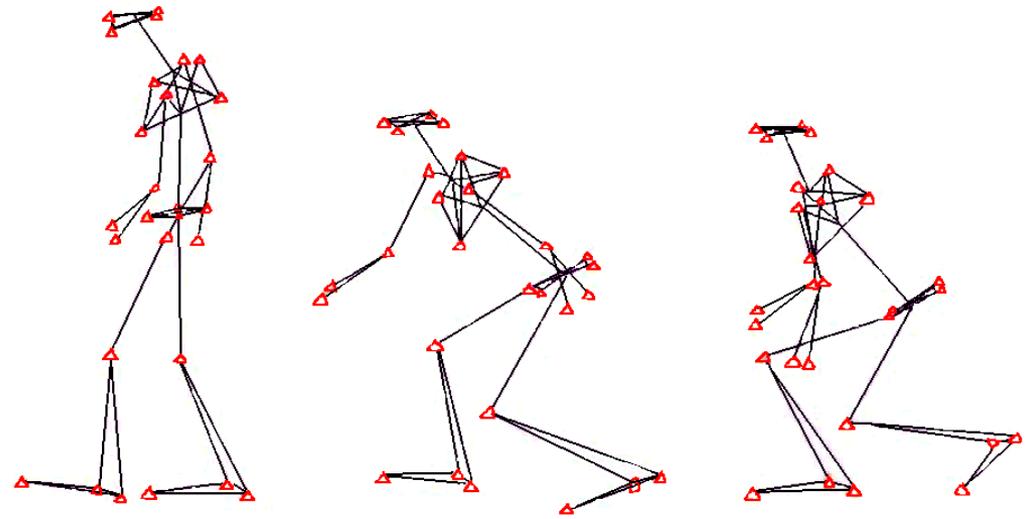
- Captures de mouvements de marches



Représentation 3D



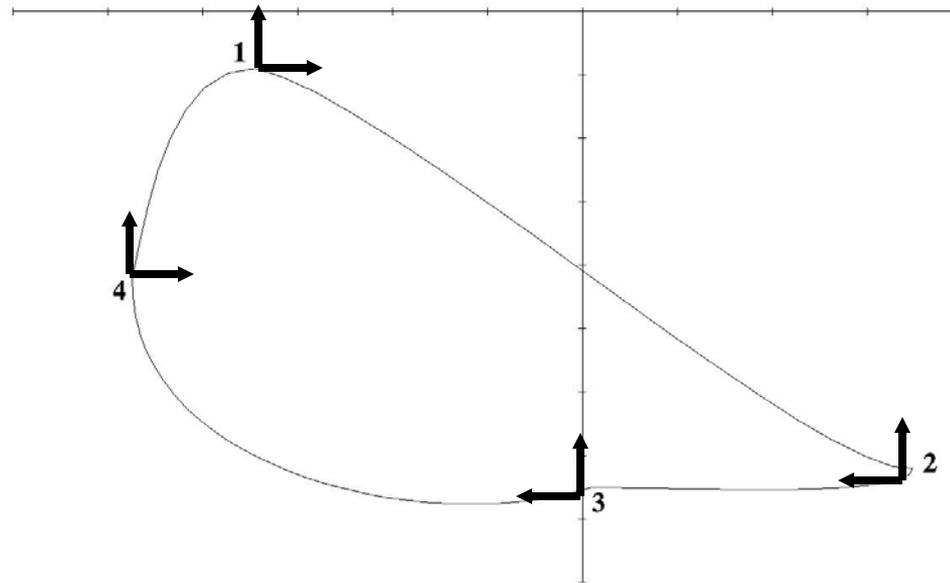
Représentation 3D en environnement virtuel



Modélisation des trajectoires

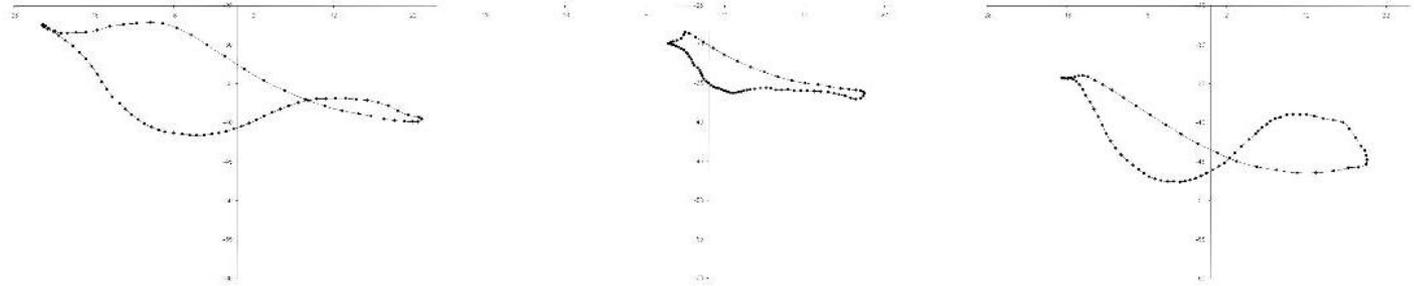
● La poulaine

- Représentation de la démarche
- Paramétrable
- Utilisation de la cinématique inverse
- Points caractéristiques

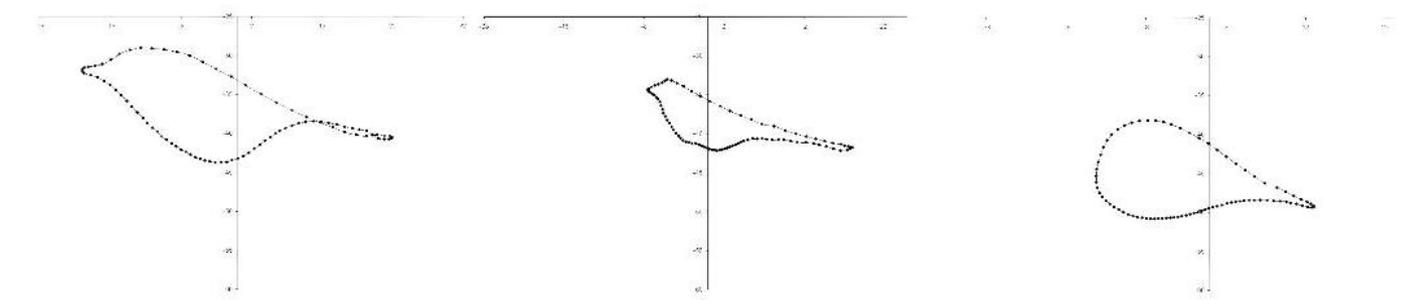


Une première base de données

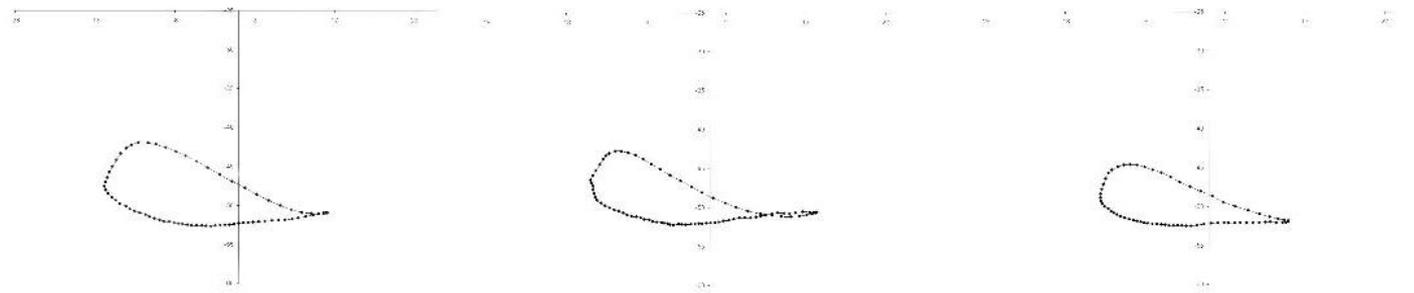
Singe



Intermédiaire



Normal



Sujet 1

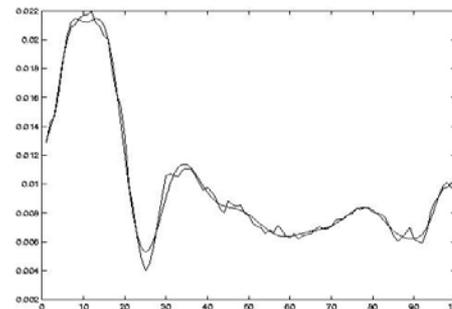
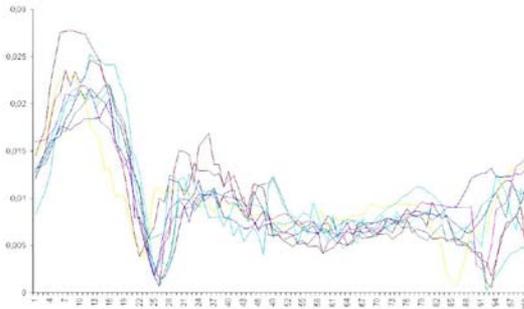
Sujet 2

Sujet 3

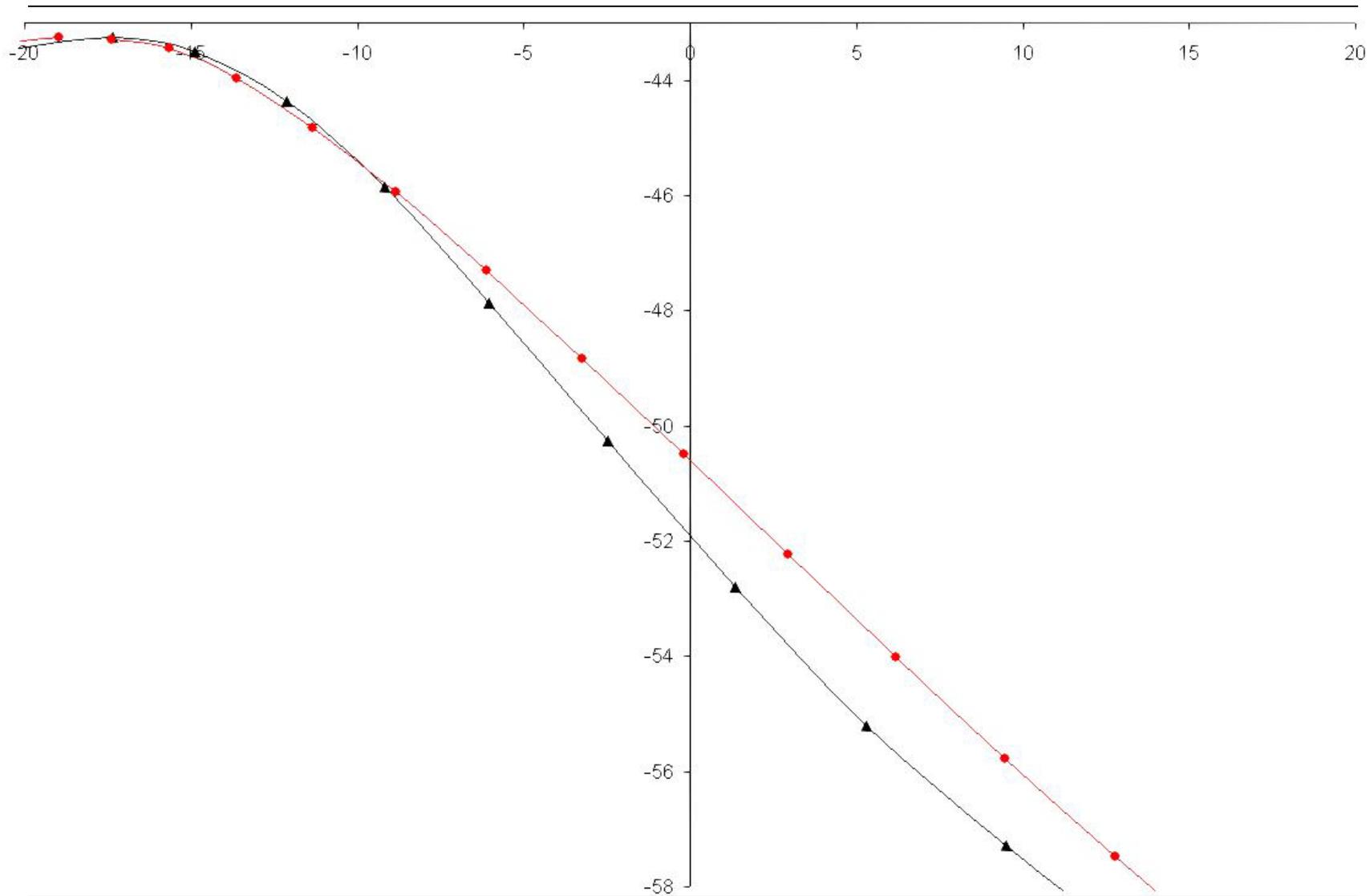


Contrôle de la vitesse

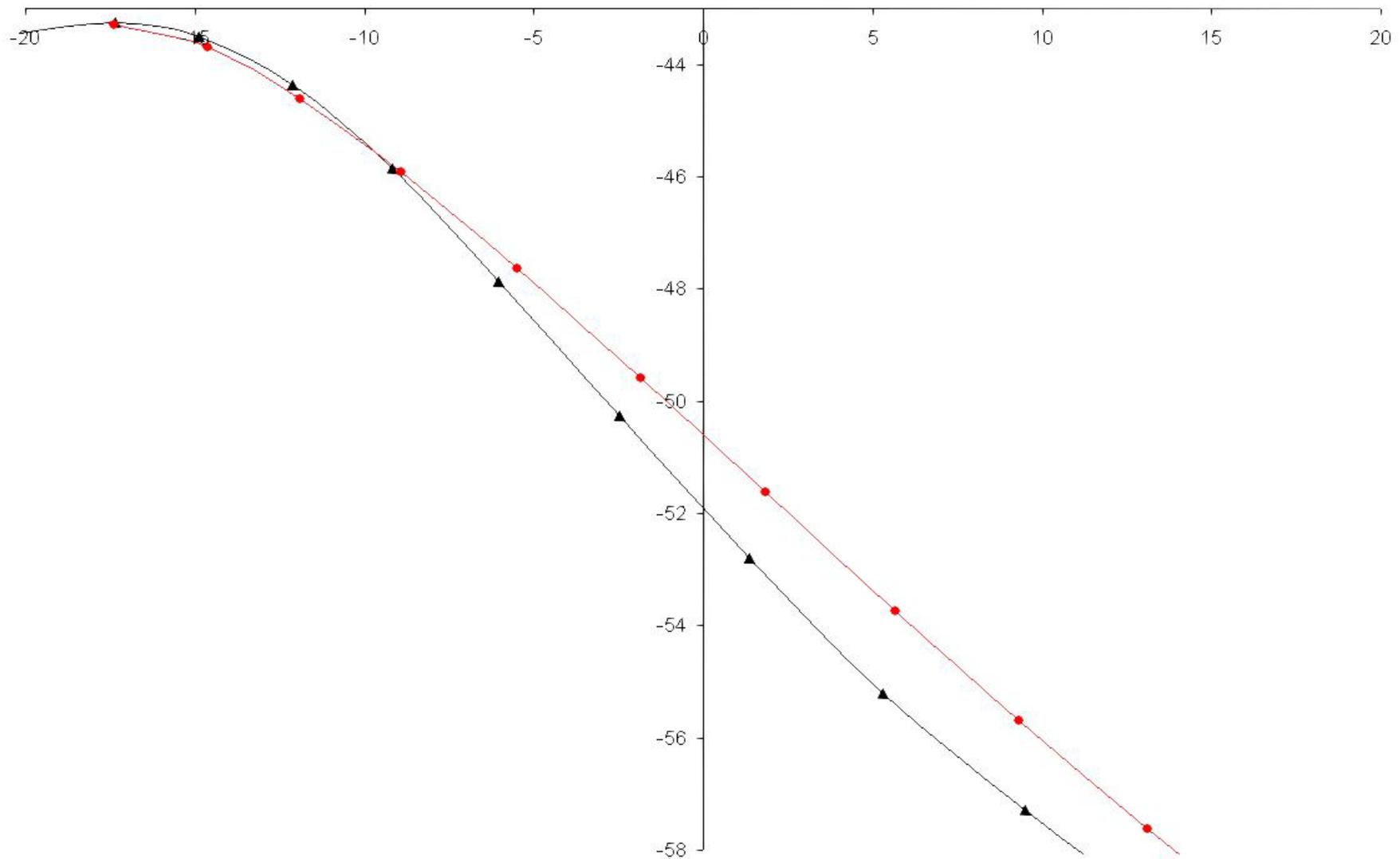
- Calcul des profils de vitesses réels
 - Synchronisation sur un point
 - Normalisation de la durée du cycle
 - Normalisation de la longueur de la poulaine, distance parcourue par la cheville
- Utilisation d'un profil moyen
 - Polynôme caractéristique
 - Abscisse curviligne et paramètre de courbe



Avant le contrôle de la vitesse

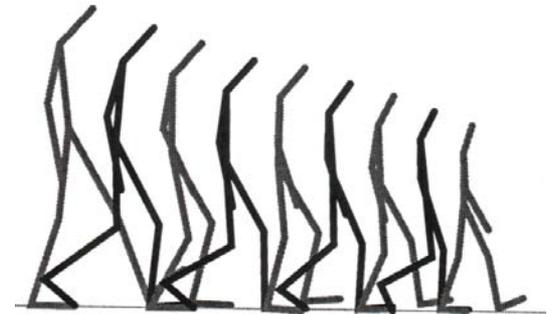


Validation du contrôle de la vitesse



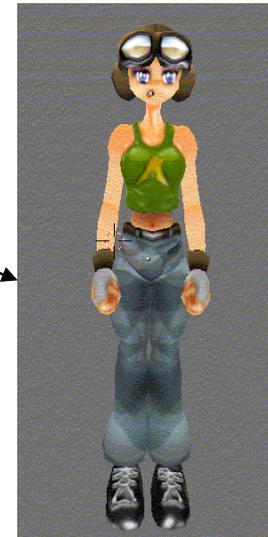
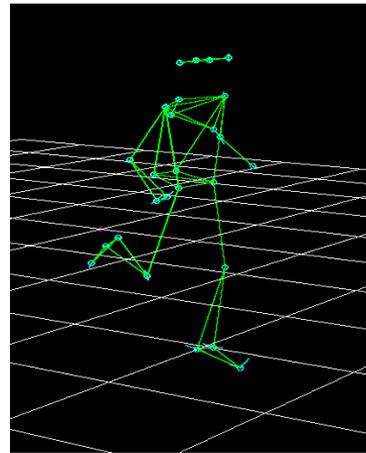
Méthodologie appliquée

2- Adaptation de mouvement



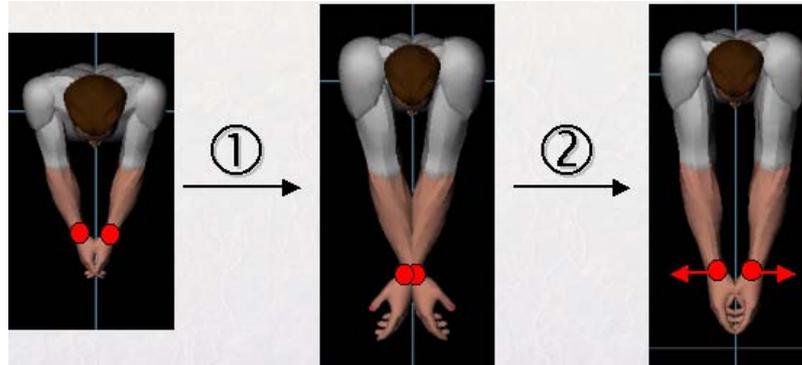
Problématique

- Adaptation aux données anthropométriques
- Adaptation à l'environnement
- Adaptation aux contraintes



Adaptation au squelette

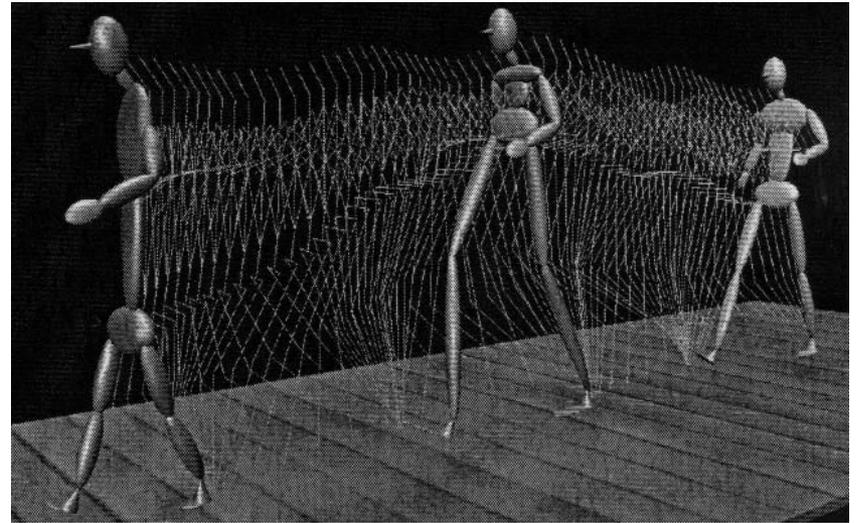
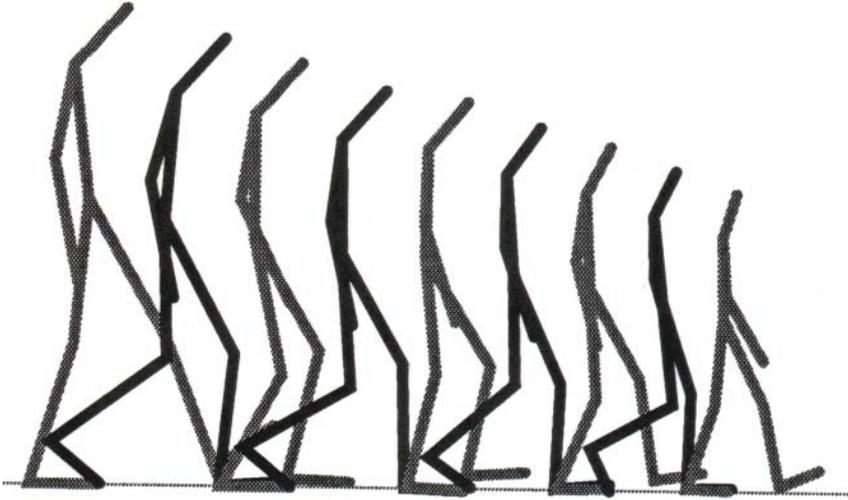
- Problème des différences anthropométriques



- Impossible d'imposer des angles sans contrôle
- Assurer que des contraintes soient vérifiées

⇒ « Motion retargetting »

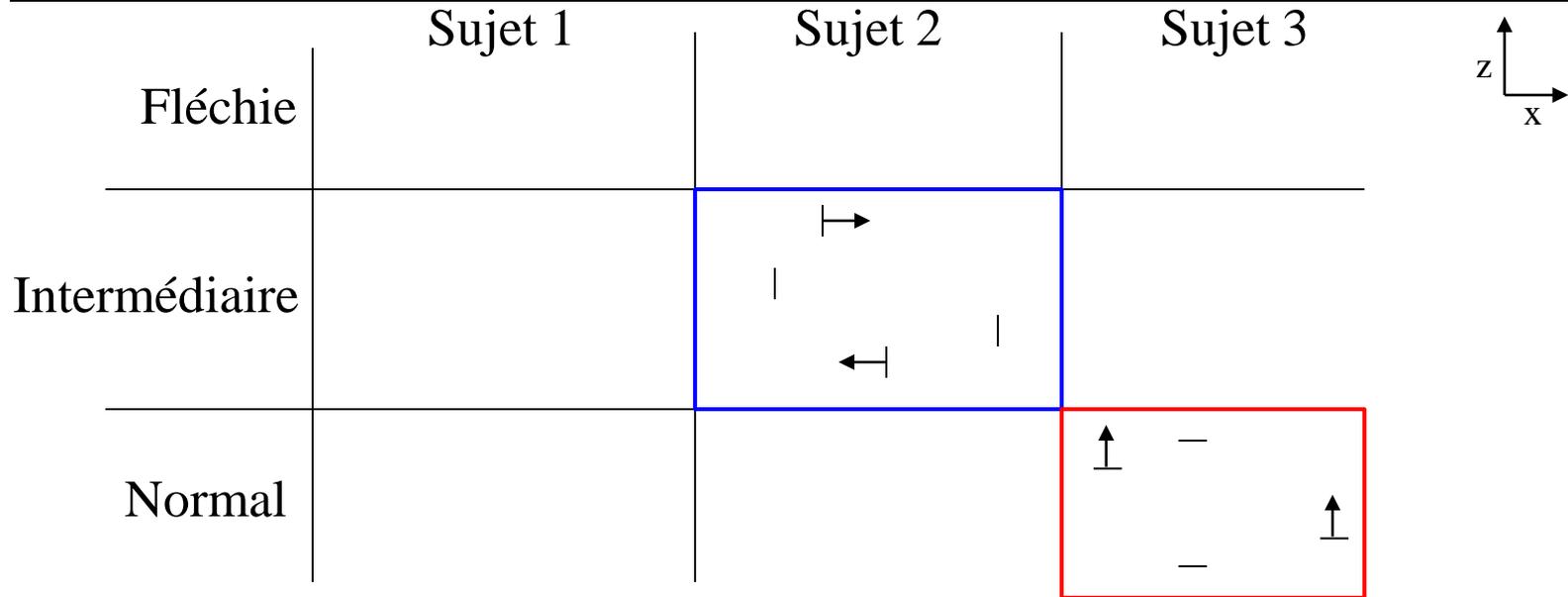
Interpolation morphologique



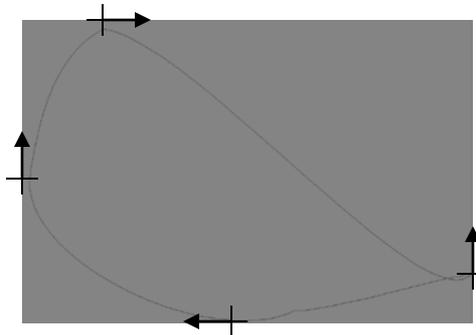
Algorithme utilisé

- Traitements des données :
 - Construction de la base de données de marches : 3 sujets à 3 postures (normale, intermédiaire, fléchie)
 - Représentation de ces acquisitions par des poulaines
 - Modélisation des poulaines par des courbes cubiques
- Interpolation décorrélée :
 - Morphologie
 - Posture
- Corrections et contraintes
- Contrôle de la vitesse

Interpolation décorrelée



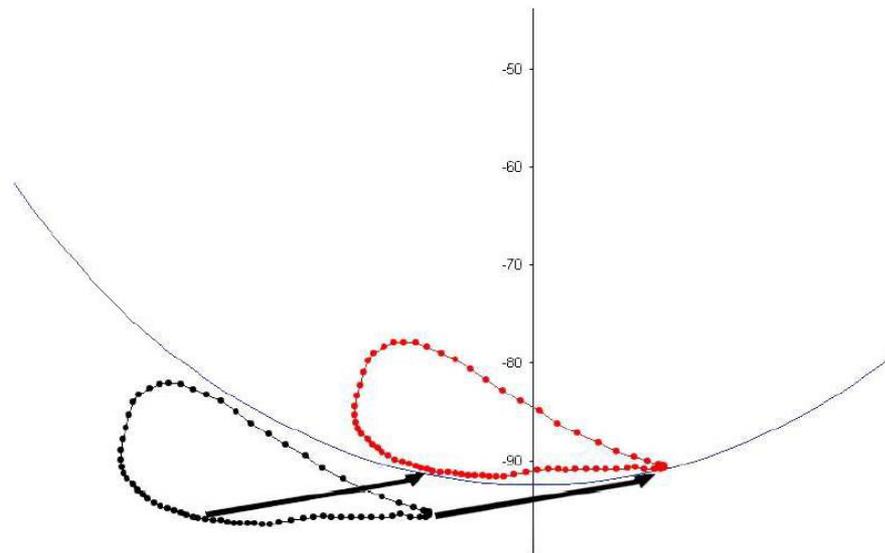
- | | | |
|---------------------------|---|---|
| 1. choix du sujet | → | lg pas |
| 2. choix de la posture | → |] hauteur |
| 3. choix de l'utilisateur | | |
| 4. Poulaine | | |



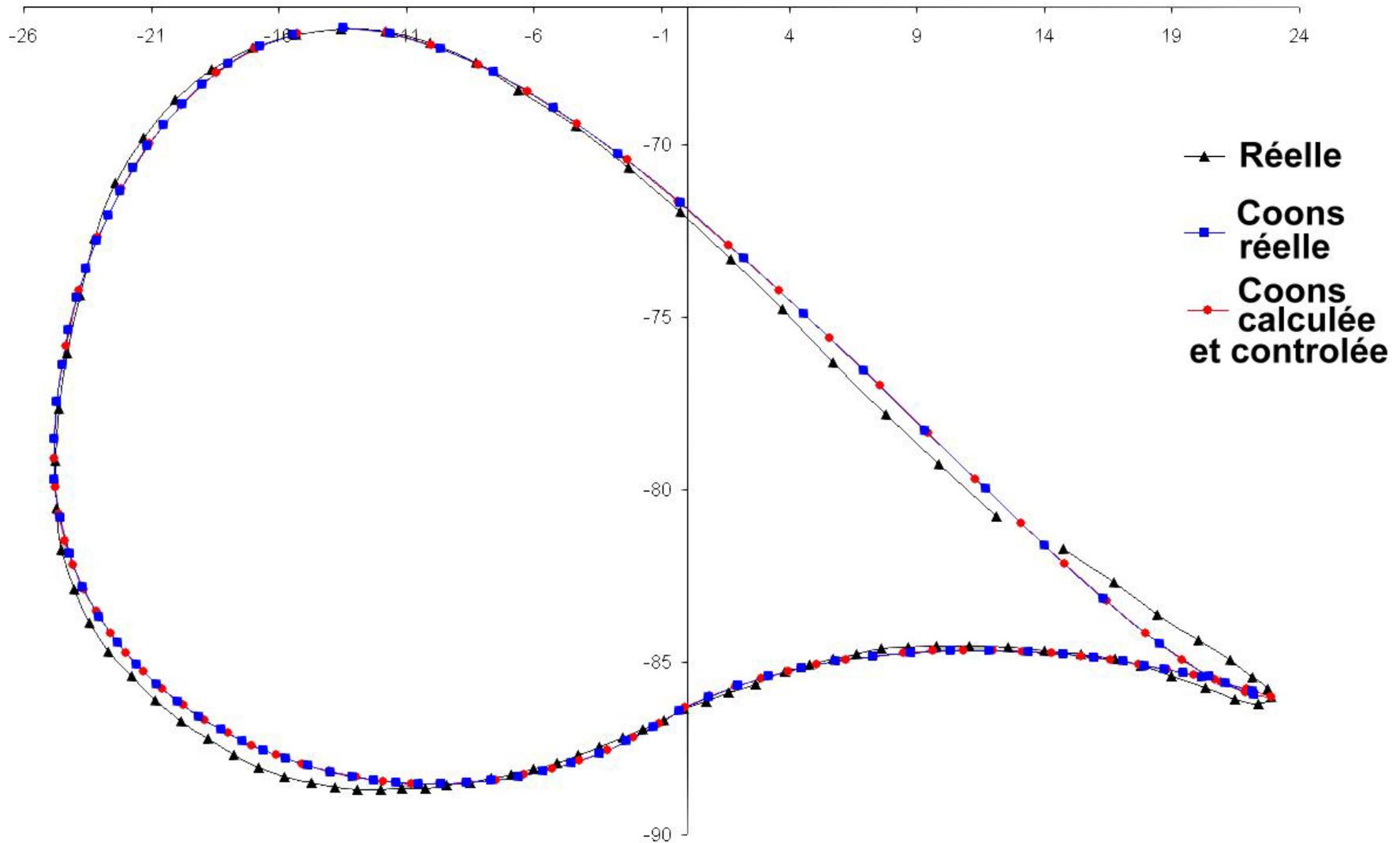
Forme finale

Quelques corrections nécessaires

- Mise à l'échelle par la longueur du pas
- Influence des rotations internes et externes
- Influence de la posture
- Conservation de la contrainte d'extension maximale

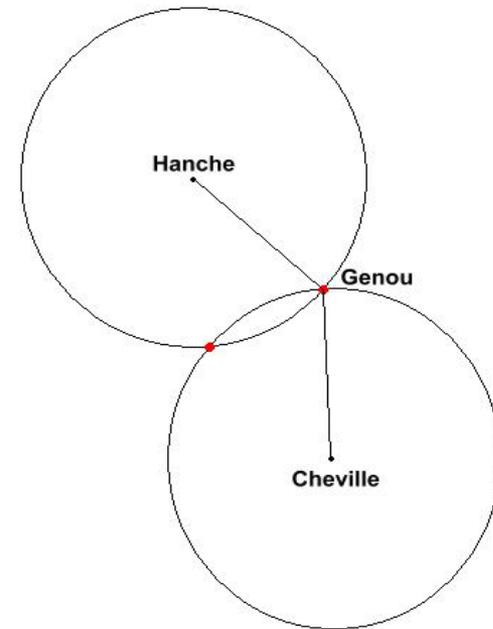


Validation de l'interpolation



Création de la sortie

- Position du genou
- Angle du genou et de la hanche
- Hauteur du bassin
- Rotations internes et externes du bassin
- Angle de la cheville

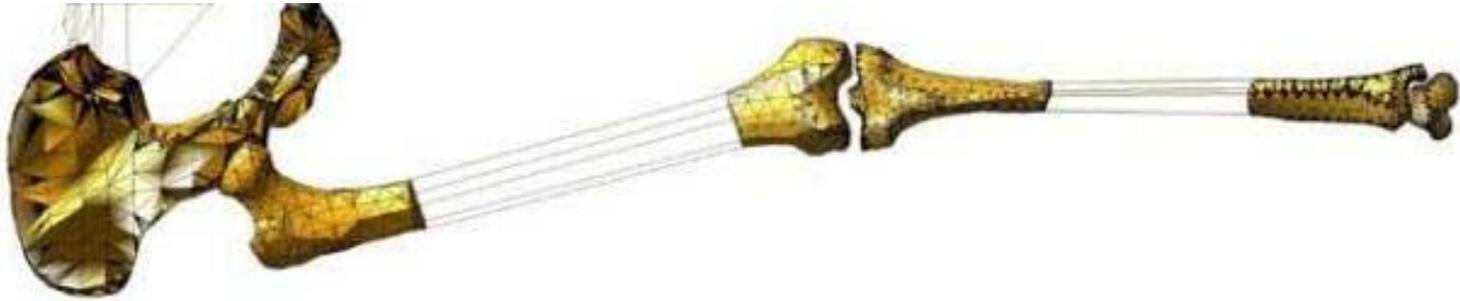


Résultats et perspectives

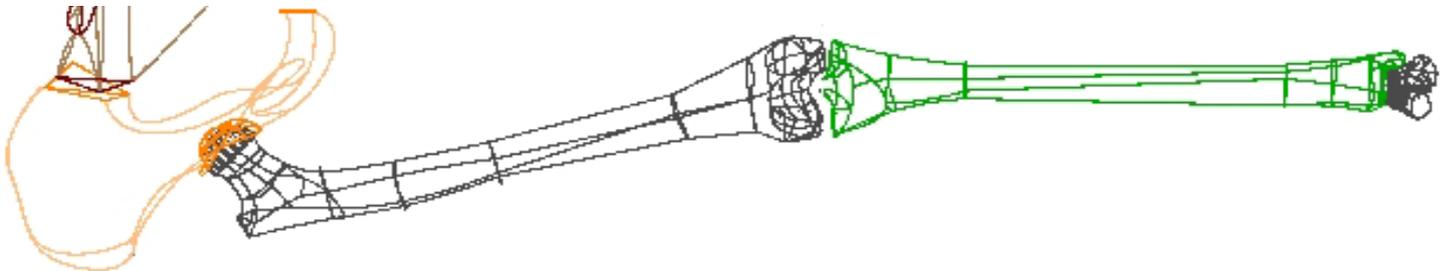


Les données des paléanthropologues

- La morphologie du squelette
 - Reconstruction 3D



- Une hypothèse de réarticulation :



Hypothèses du mouvement

- Longueur de pas
- Posture naturelle
- Vitesse de déplacement
- Rotations du bassin
- Choix d'interpolations

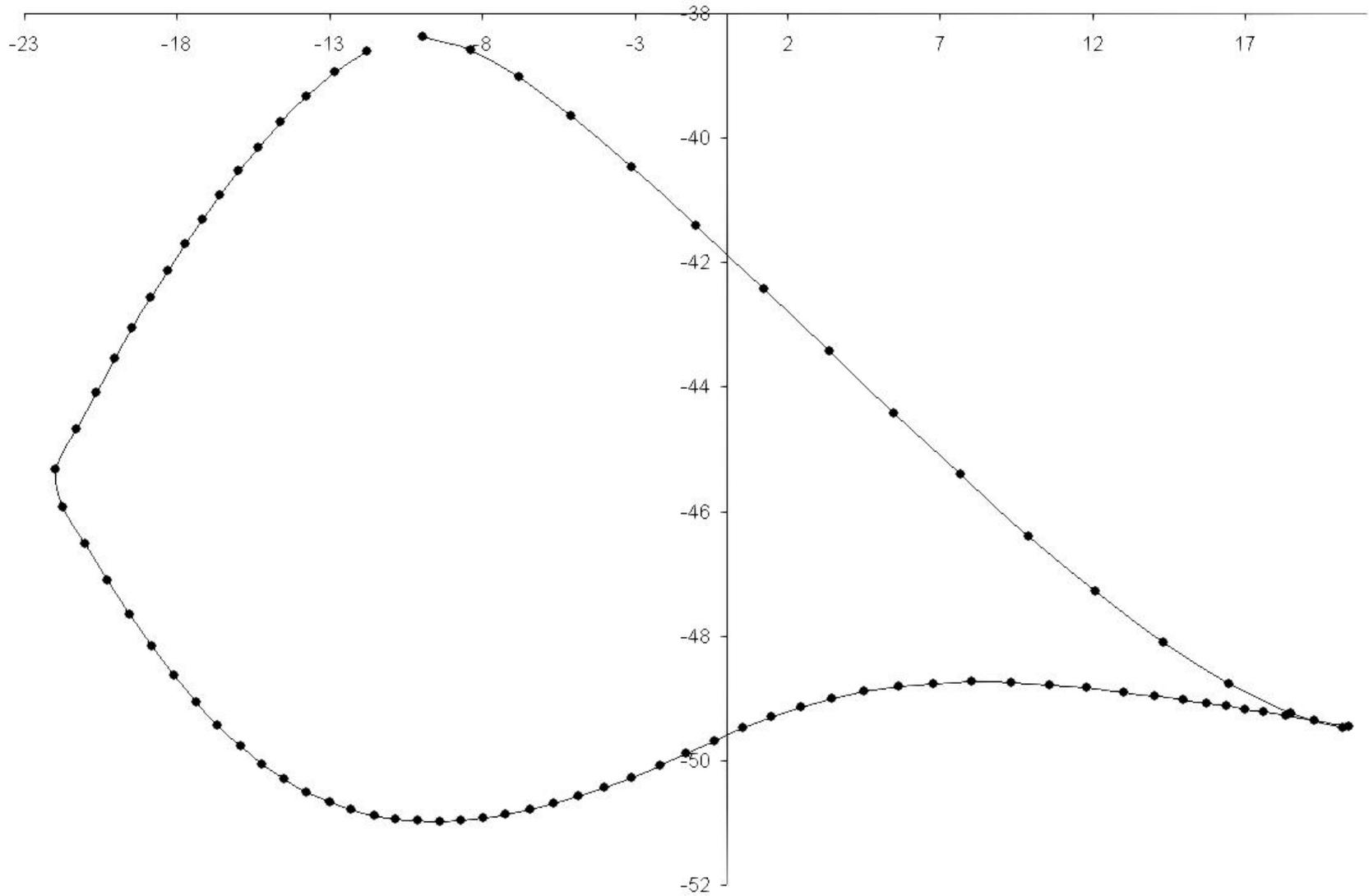


L'Outil

The screenshot displays the IRISA-SIAMES-N.PRONOST software interface, which is used for morphological and postural interpolation. The interface is divided into several panels:

- Interface du IMP:** This panel contains various controls for the 3D model. It includes a 'Caméras' section with buttons for 'frontal', 'transversal', and 'sagittal', and 'hanche', 'genou', and 'cheville'. Below this are 'Options de visualisation' with 'Pause', 'Reload', and a speed slider. There are checkboxes for 'Sol', 'Corps', 'Pied', and 'Bassin'. A 'Squelette 3D visualisé' section allows selecting between 'HOMME', 'SPHERE MAN', and 'LUCY'. The 'Paramètres morphologiques' section includes sub-sections for 'Bassin', 'Fémur', 'Tibia', and 'Pied', each with a table of parameters (RI+/RE-, AB+/AD-, FX+/EX-, LG, ARM, T1, T2) and numerical input fields. For example, the 'Bassin' parameters are: RI+/RE-: 0.00, AB+/AD-: 0.00, FX+/EX-: 0.00, LG: 15.3, ARM: 10.0. The 'Fémur' parameters are: RI+/RE-: 0.00, AB+/AD-: 0.00, FX+/EX-: 10.00, LG: 26.4, T1: 0.00, T2: 0.00. The 'Tibia' parameters are: RI+/RE-: 0.00, AB+/AD-: 0.00, FX+/EX-: -19.0, LG: 27.3, T1: 0.00, T2: 0.00. The 'Pied' parameters are: RI+/RE-: 0.00, AB+/AD-: 0.00, FX+/EX-: 0.00, LG: 20.0. The 'Autres paramètres' section includes 'Pas' (46.0), 'Vitesse' (3.00), and 'Freq. calcul' (0.0140). The 'Choix d'Interpolation' section has 'Sujet' (-1) and 'Posture' (-1) fields, and an 'OK' button. A 'Dernière modification' field is at the bottom.
- IRISA-SIAMES-N.PRONOST-Interpolateur Morphologique et Postural:** This panel shows a 3D rendering of a human skeleton standing on a platform, set against a green and blue background.
- Visualisation des flexion/extension:** This panel contains three line graphs showing the flexion/extension curves for 'Hanche', 'Genou', and 'Cheville'.

Résultat sur Lucy



Conclusion et perspectives

- Création d'un mouvement de marche adapté à une morphologie et à une posture
 - Repose sur des captures de mouvements de marches réelles
 - Représentation spécifique et interpolée
-
- Augmentation de la base de données
 - Automatisation des traitements
 - Modèle plus complexe
 - Cinématique inverse, dynamique directe et inverse

Des questions ?

