

# Méthodes de simulations numériques pour l'analyse de mouvement en vue d'applications en réalité virtuelle

Antoine MULLER  
Agrégé Préparateur, ENS Rennes



Mini-séminaire 13/03/2015



# Laboratoire / équipe de recherche

Encadrants de thèse : Georges Dumont, Charles Pontonnier

Laboratoire : IRISA (Institut de Recherche en  
Informatique et Systèmes Aléatoires



↓  
Equipe de recherche : MimeTIC

↓  
Axe de recherche :  
biomécanique et analyse de mouvement

Collaboration avec différents laboratoires :

- M2S (Mouvement, Sport, Santé)



- Equipe Gepetto, LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes)

# Travaux de recherche : Présentation

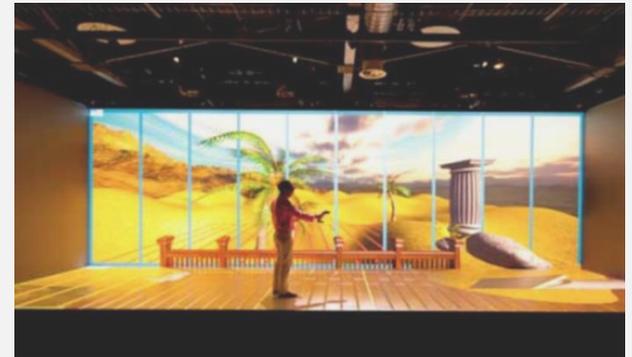
## Méthodes de simulations numériques pour l'analyse de mouvement en vue d'applications en réalité virtuelle

Mouvement



Efforts

- Couples articulaires
- Efforts musculaires
- Efforts de réaction



Interaction 3D avec un monde virtuel

- Immersion de l'utilisateur dans une salle de réalité virtuelle

→ Simulation temps réel

# Travaux de recherche : Applications

## **Applications autour de l'ergonomie des postes de travail :**

Objectif : amélioration de l'ergonomie des postes de travail à l'aide des outils de la réalité virtuelle

Actuellement : amélioration continue sur les postes réels

- Coût important
- Difficulté pour la modification des maquettes

Outils de la réalité virtuelle :

- Modification simple et sans coût d'un poste de travail virtuel

**Autres applications** : sports, rééducation ...

# Travaux de recherche : Logiciels de simulation disponibles

Différents logiciels de simulation musculosquelettique pour faire de l'analyse de mouvement : OpenSim, AnyBody ...



*Visualisation d'un simulation sous AnyBody*

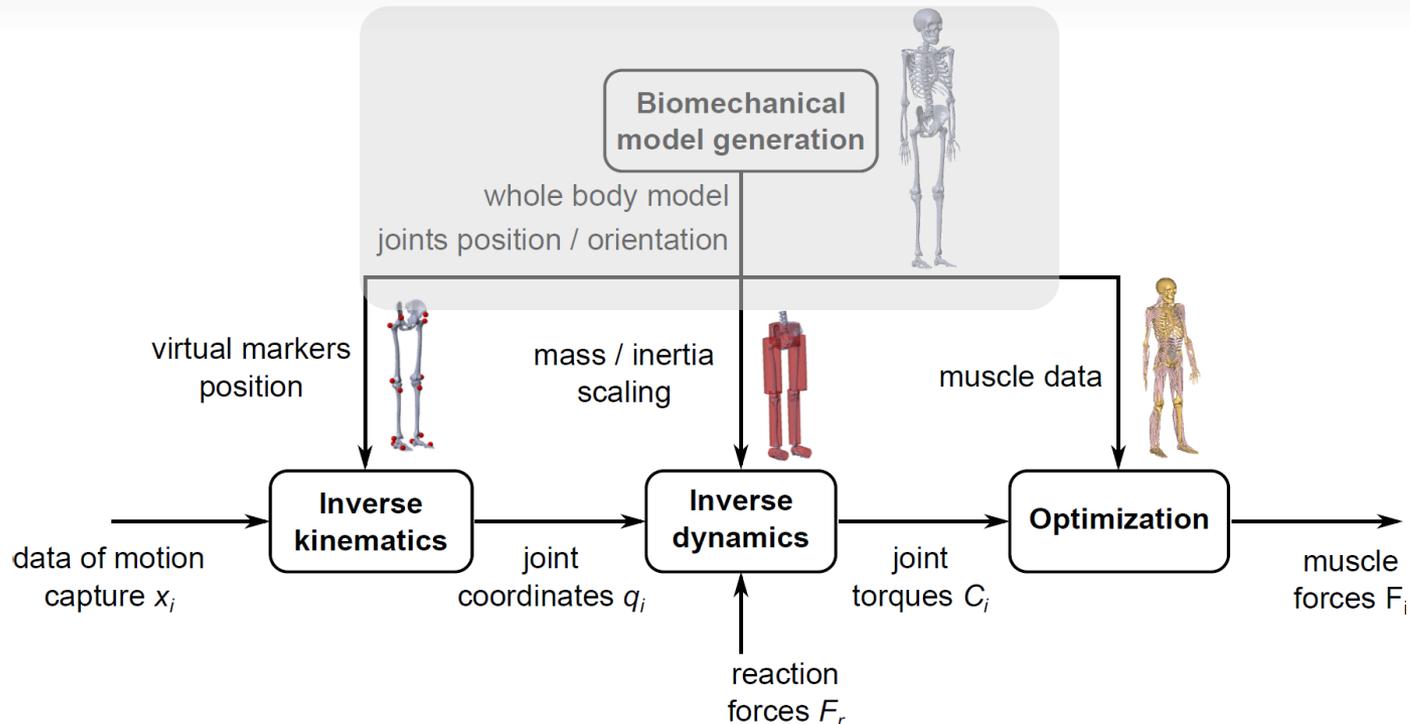
Inconvénients : temps de calcul très important, complexité d'utilisation

Outils actuels d'analyse de mouvement par dynamique inverse : très couteux en temps de calcul.

Objectif des travaux de thèse :

- Développement de méthodes en vue d'applications temps réel

# Travaux de recherche



*Objectif* : création d'un modèle biomécanique corps complet

Méthode développée :

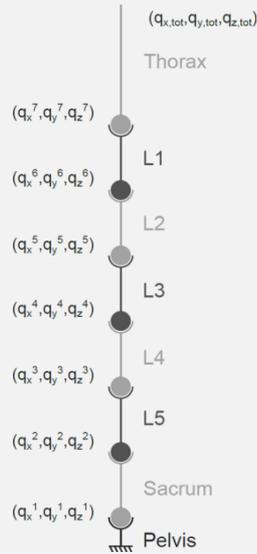
- modèle biomécanique modulaire : compromis précision / performance

Simulation avec un modèle simple → affiner les zones à fortes sollicitations

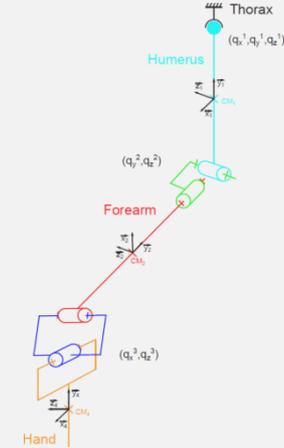
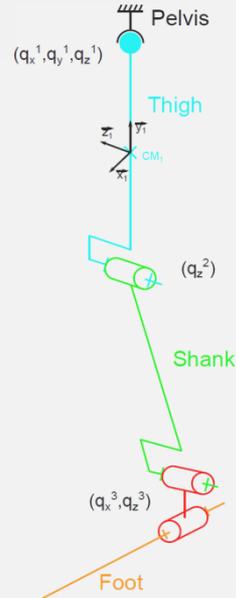
# Travaux de recherche : modèle biomécanique

Utilisation de modèles existants pour chaque partie du corps

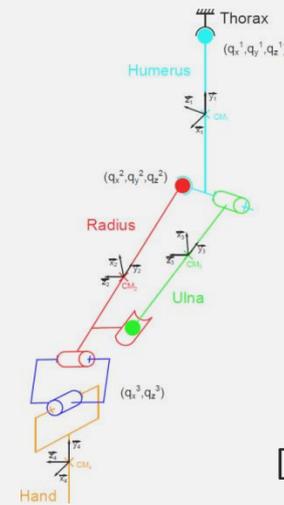
[deZee2007]



[KleinHorsman2007]



[Holzbaur2005]



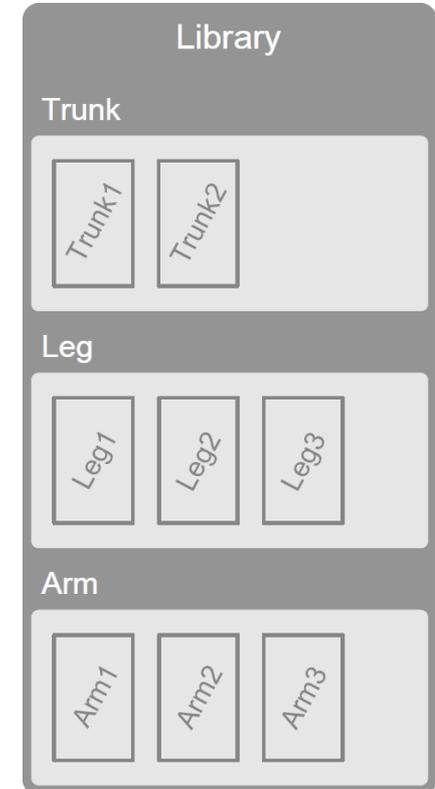
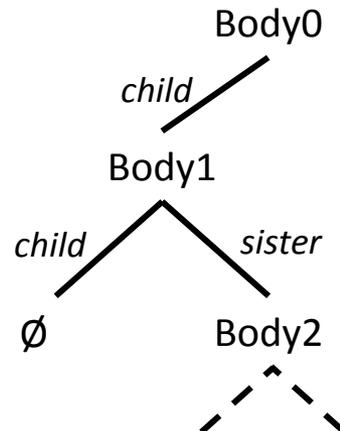
[Pennestri2007]

# Travaux de recherche : modèle biomécanique

Objectif : création d'un modèle biomécanique corps complet permettant une modularité

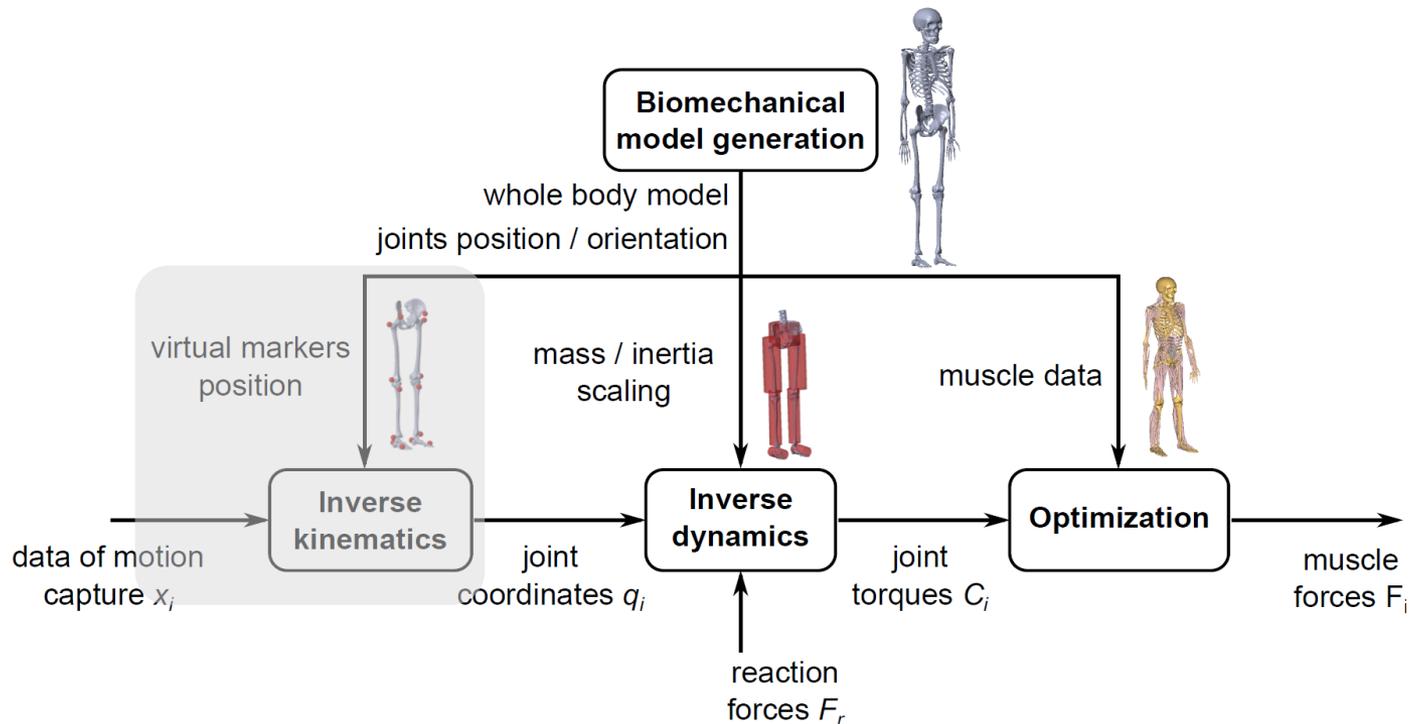
Méthode de description hiérarchique permettant :

- Description du modèle
- Cinématique inverse
- Dynamique inverse
- Détermination des efforts musculaires



→ Validation des modèles et de la modularité des modèles  
(développement et prototypage sous Matlab)

# Travaux de recherche



*Objectif* : détermination des coordonnées articulaires permettant d'approcher au mieux les marqueurs virtuels et les marqueurs réels

# Travaux de recherche : cinématique inverse

*Objectif* : détermination des coordonnées articulaires permettant d'approcher au mieux les marqueurs virtuels et les marqueurs réel



Marqueurs réels :  $p_{real}$



Marqueurs virtuels :  $p_{virtual}$

Pour chaque frame :  $\min_{q_i} \|p_{real} - p_{virtual}(q_i, l_{limbs}, p_{virtual}^{local})\|$  ← Données anthropométriques

*Problématique* : incertitude sur les paramètres :  $l_{limbs}$  et  $p_{virtual}^{local}$

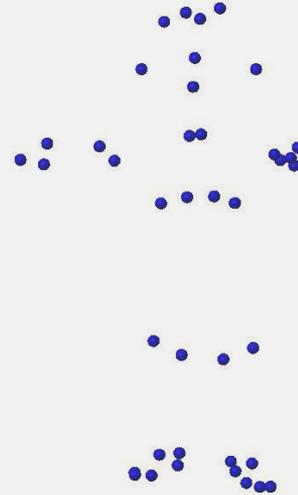
Calibration du modèle à l'aide de données expérimentales :

- $l_{limbs}$  et  $p_{virtual}^{local}$  : invariants cinématiques
- Valeurs optimales de ces paramètres sur un ensemble de positions

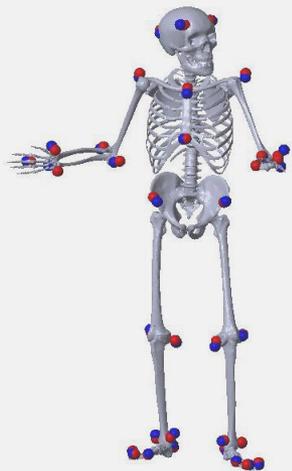
# Travaux de recherche : cinématique inverse



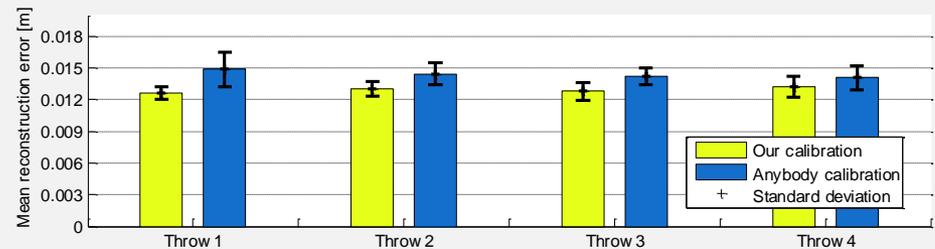
$$p_{virtual}(q_i, l_{membres}, p_{virtual}^{local})$$



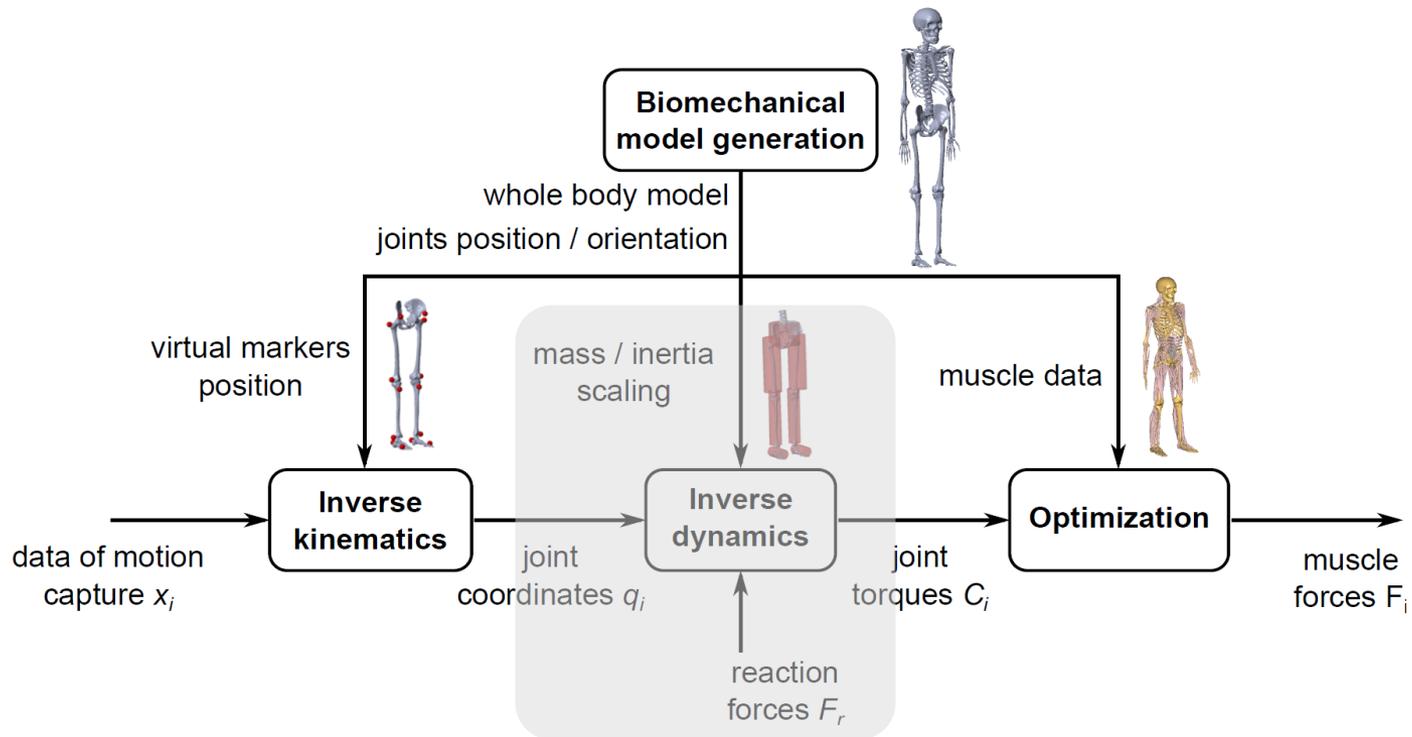
$p_{real}$



$$\min_{q_i} \|p_{real} - p_{virtual}(q_i, l_{limbs}, p_{virtual}^{local})\|$$



# Travaux de recherche



*Objectif* : détermination des couples articulaires à partir des coordonnées articulaires

# Travaux de recherche : dynamique inverse

*Objectif* : détermination des couples articulaires à partir des coordonnées articulaires

Pour chaque corps :

$$M\ddot{q} + C\dot{q} + Kq = F$$

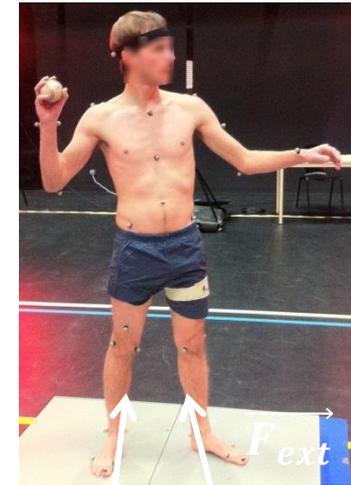
Données anthropométriques

Articulations + réactions + poids

Pour chaque frame :

- détermination des efforts articulaires

Utilisation de plates formes de force

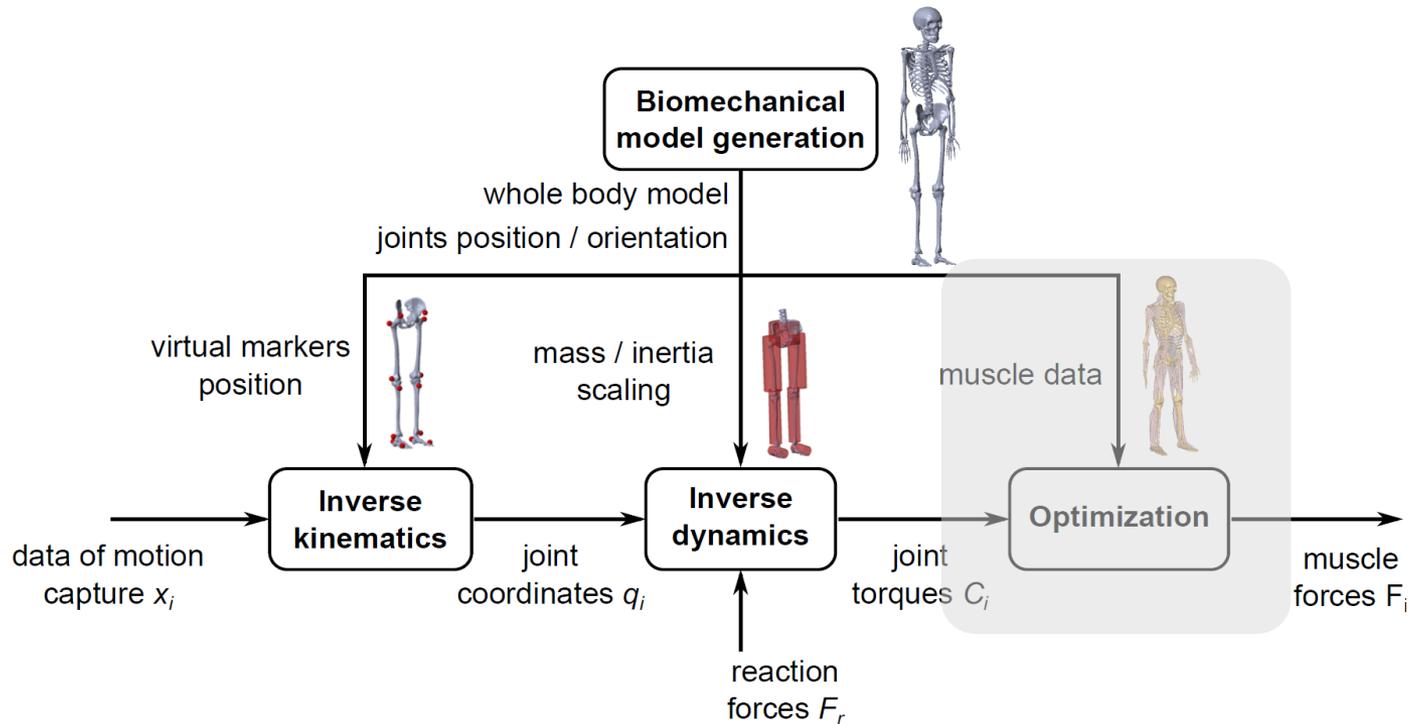


*Problématique* : incertitude sur le paramètre  $M$

Calibration du modèle à l'aide de données expérimentales :

- $M$  : invariant dynamique
- Valeurs optimales de ce paramètre sur un ensemble de positions

# Travaux de recherche



*Objectif : détermination des efforts musculaires*

# Travaux de recherche : efforts musculaires

Travail à réaliser :

- Modélisation des muscles
- Implémentation des modèles dans la structure existante
- Calibration des données musculaires
- Détermination des efforts musculaires à partir des couples articulaires



Stage L3 / M1

Merci de votre attention

Antoine MULLER  
Agrégé Préparateur, ENS Rennes  
[antoine.muller@ens-rennes.fr](mailto:antoine.muller@ens-rennes.fr)

