

# Comité de suivi de première année

Thomas Bonis – Doctorant – Equipe SARAA

Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information



**INSA**



UNIVERSITÉ  
LUMIÈRE  
LYON 2



# Plan

## ■ Introduction

- Contexte

- Objectifs de la thèse

## ■ Synthèse des travaux

- Etude bibliographie

  - Modèles musculosquelettiques

  - Simulateurs de mouvement

- Réalisations

## ■ Conclusion et perspectives

# Contexte

## ANR PRCI OMEGA

Optimization-based forward musculoskeletal simulation of pathological gait

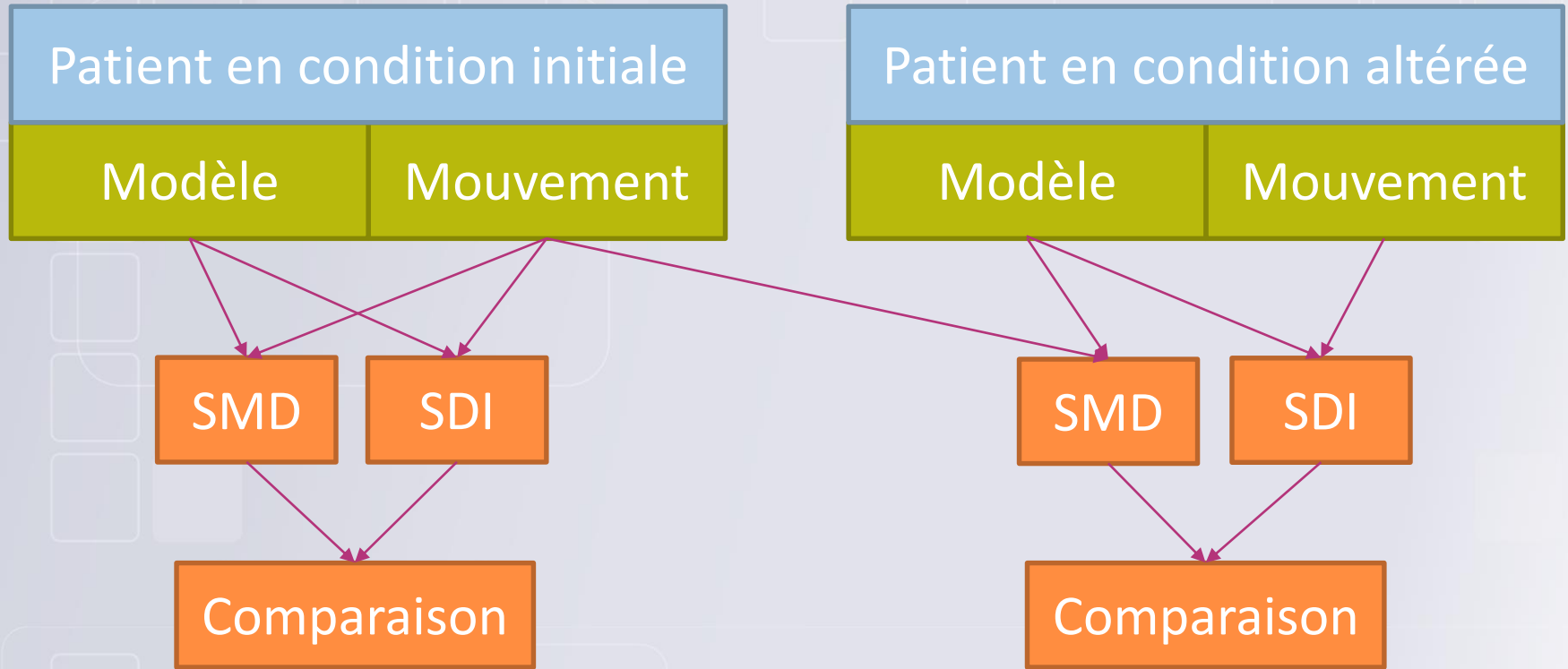
### Problématique

- Prédire des mouvements de marche patient-spécifique
- Prédire le mouvement obtenu suite à l'apparition ou l'évolution d'un trouble musculosquelettique

### Collaboration

- UCBL – LIRIS
- CHU de Hanovre (Allemagne) - Laboratoire de Biomécanique et Biomatériaux

# Vue globale du projet



*SMD : Simulation musculosquelettique directe*

*SDI : Simulation en dynamique inverse*

# Objectifs de la thèse

## Sujet

Modélisation et simulation du système musculosquelettique humain et étude de l'influence d'une pathologie

- Conception d'un simulateur capable de reproduire un mouvement de marche spécifique à un patient
- Adaptation du simulateur pour reproduire un mouvement pour un patient atteint d'une pathologie
- Prédire le mouvement de marche dû à l'évolution de la pathologie d'un patient



# Etude bibliographique



# Simulation en dynamique inverse

## But

Calculer les forces exercées par des actionneurs à partir d'une capture de mouvement et des forces externes

## Méthode

- Mise à l'échelle d'un modèle
- Calcul de la dynamique avec les équations du mouvement

Avantage : méthode utilisée en environnement clinique

Inconvénient : méthode non prédictive

# Simulation musculosquelettique directe

## But

Générer un ensemble d'activations musculaires pour effectuer un mouvement dans un environnement virtuel

## Méthode

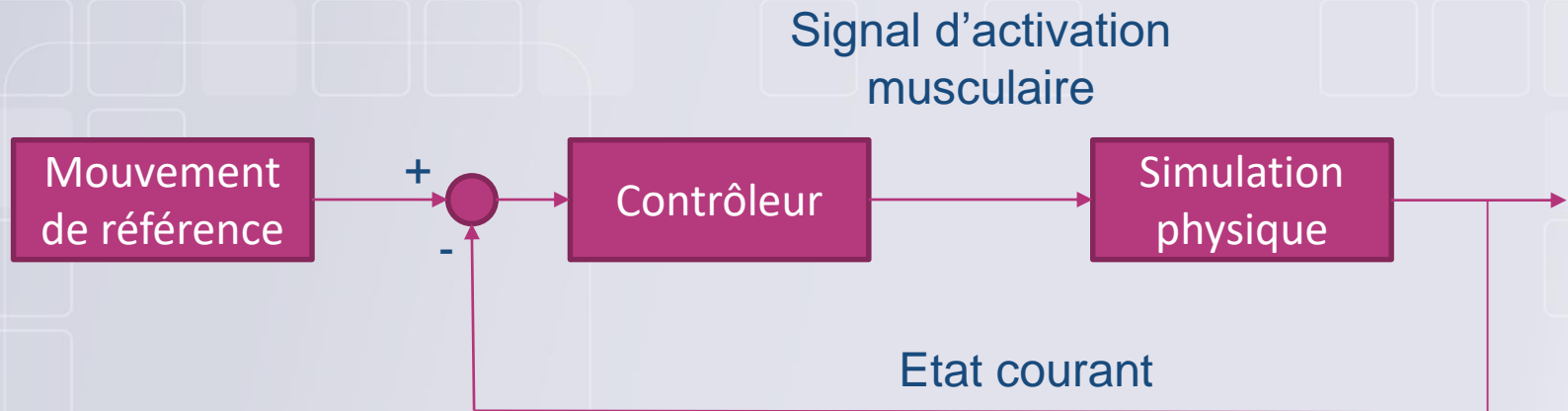
- Mise à l'échelle d'un modèle musculosquelettique
- Plusieurs méthodes de contrôle
  - Différences de poses [Geijtenbeek2013, Lee2014, Si2014]
  - Réflexes musculaires [Geyer2010, Wang2012]

Avantage : possibilité de prédiction

Inconvénient : difficultés de contrôlabilité et de stabilité



# Différences de poses



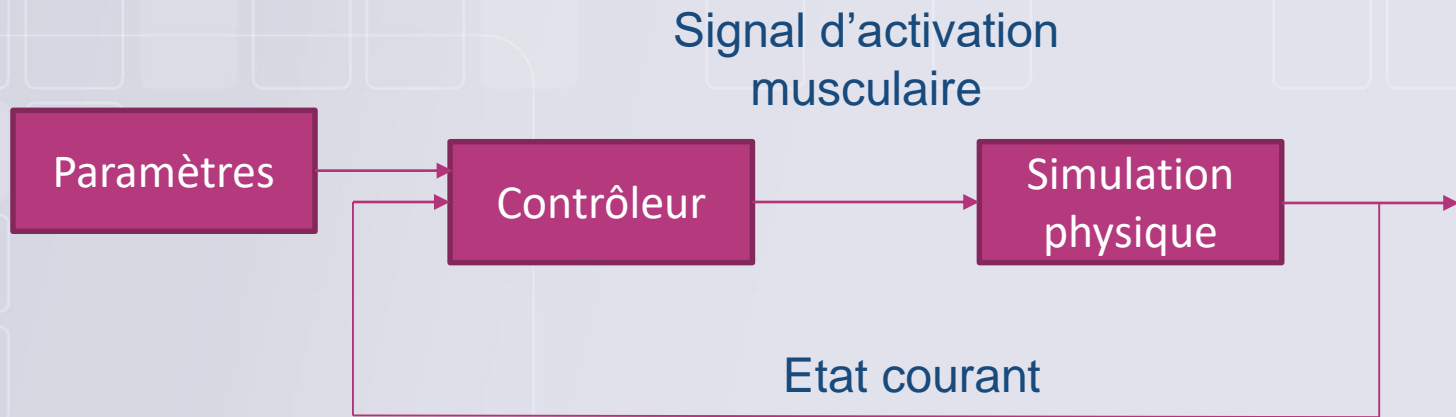
## Mouvement de référence

- Hors ligne : non traité / optimisation [Lee2014] / CPG [Si2014]
- En ligne : machine à état / variation de paramètres (contrôle équilibre, fréquence des mouvement, etc.)

## Contrôleur

- PD contrôleur + conversion en signal d'activation [Geijtenbeek2013]
- Equations du mouvement + contraintes [Lee2014]
- PD contrôleur [Si2014]

# Réflexes musculaires



## Paramètres

- Hors ligne : optimisation des paramètres rétroaction et PD Contrôleur

## Contrôleur

- Machine à état (phase de vol et d'appuis)
- Rétroaction (force et longueur) + PD Contrôleur

# Modèles musculosquelettiques

## Corps rigides articulés et muscles

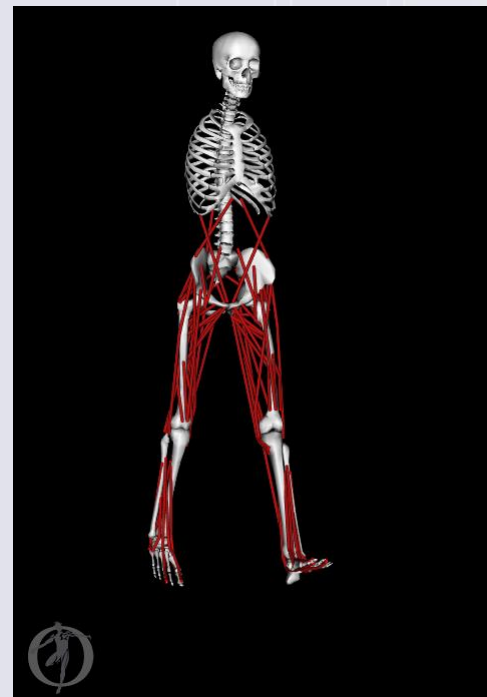
- Articulations
- Points d'attachement des muscles
- Modèles d'unité musculo-tendineuse [Thelen2003]

## Modèle existant

- Twente Lower Extremity Model [Horsmann2007]
- Gait2392\_simbody [Rajagopal2016]

## Plateformes de simulation inverse

- AnyBody [Rasmussen2003] -> TLEM
- OpenSim [Delp2007] -> Gait2392\_simbody



# Réalisations (1/2)

## Adaptation du SimBiCon

### Ajout de composants permettant le suivi exact

- Importation des modèles musculosquelettiques
- Importation et comparaison avec un cycle de référence
- Contrôle du centre de masse et du pelvis
- Optimisation des variables de contrôle

### Identification des composants empêchant le suivi exact

- Contrôle de la direction de marche
- Contrôle de l'équilibre

# Réalisations (2/2)

## Importation des modèles musculosquelettiques

- Création d'un formalisme commun (articulation, muscle, etc.)
- Génération de géométries de collision

## Traitements des données cinématiques

- Identification d'un cycle de marche
- Génération d'un mouvement cyclique
- Calcul de l'état initial (conservation de l'énergie)

# Conclusion et perspectives

## Finalisation du simulateur direct

- Conservation de l'équilibre et de la vitesse
- Validation par comparaison avec la simulation inverse

## Réduire la dépendance aux données cinématiques

- Extraction des poses clés principales
- Validation

## Modélisation et simulation des pathologies

- Caractérisation des modèles des pathologies
- Validation

Merci pour votre attention

## Bibliographie

- [Si2014] Si, W., Lee, S. H., Sifakis, E., & Terzopoulos, D. (2014). Realistic biomechanical simulation and control of human swimming. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 34(1), 10.
- [Lee 2014] Lee, Y., Park, M. S., Kwon, T., & Lee, J. (2014). Locomotion control for many-muscle humanoids. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 33(6), 218.
- [Coros2010] Coros, S. (2010). Real-time planning and control for simulated bipedal locomotion (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- [Yin2007] Yin, K., Loken, K., & Van de Panne, M. (2007, August). Simbicon: Simple biped locomotion control. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)* (Vol. 26, No. 3, p. 105). ACM.
- [Thelen2003] Thelen, D. G. (2003). Adjustment of muscle mechanics model parameters to simulate dynamic contractions in older adults. *Journal of biomechanical engineering*, 125(1), 70-77.
- [Horsman2007] Horsman, M. K., Koopman, H. F., van der Helm, F. C., Prosé, L. P., & Veeger, H. E. J. (2007). Morphological muscle and joint parameters for musculoskeletal modelling of the lower extremity. *Clinical biomechanics*, 22(2), 239-247.
- [Rajagopal2016] Rajagopal, A., Dembia, C. L., DeMers, M. S., Delp, D. D., Hicks, J. L., & Delp, S. L. (2016). Full-body musculoskeletal model for muscle-driven simulation of human gait. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 63(10), 2068-2079.
- [Geyer2010] Geyer, H., & Herr, H. (2010). A muscle-reflex model that encodes principles of legged mechanics produces human walking dynamics and muscle activities. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 18(3), 263-273.
- [CruzRuiz2017] Cruz Ruiz, A. L., Pontonnier, C., Pronost, N., & Dumont, G. (2017, September). Muscle-Based Control for Character Animation. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 36, No. 6, pp. 122-147).
- [Rallis2017] Rallis, I., Georgoulas, I., Doulamis, N., Voulodimos, A., & Terzopoulos, P. (2017, September). Extraction of key postures from 3D human motion data for choreography summarization. In *Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 2017 9th International Conference on (pp. 94-101). IEEE.
- [Lim2017] Lim, C. S., & Kwon, D. S. (2017, June). Learning bowing gesture with motion diversity by dynamic movement primitives. In *Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, 2017 14th International Conference on (pp. 165-166). IEEE.
- [Rasmussen2003] Rasmussen J, Damsgaard M, Surma E, Christensen ST, de Zee M (2003), Designing a general software system for musculoskeletal analysis. In *IX International Symposium on Computer Simulation in Biomechanics*. Sydney, Australia, 2-4 July, pp. 6-6 pp



# Vidéo de démonstration

