



**HAL**  
open science

# Prise en compte de la variabilité morphologique de l'opérateur dans des tâches de montage simulées en réalité virtuelle

Jacques Zhong, Pauline Maurice, Francis Colas, Vincent Weistroffer

## ► To cite this version:

Jacques Zhong, Pauline Maurice, Francis Colas, Vincent Weistroffer. Prise en compte de la variabilité morphologique de l'opérateur dans des tâches de montage simulées en réalité virtuelle. JJCR 2021 - Journée des Jeunes Chercheurs en Robotique, Oct 2021, Paris, France. hal-04212828

**HAL Id: hal-04212828**

**<https://hal.science/hal-04212828v1>**

Submitted on 20 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Prise en compte de la variabilité morphologique de l'opérateur dans des tâches de montage réalisées en réalité virtuelle

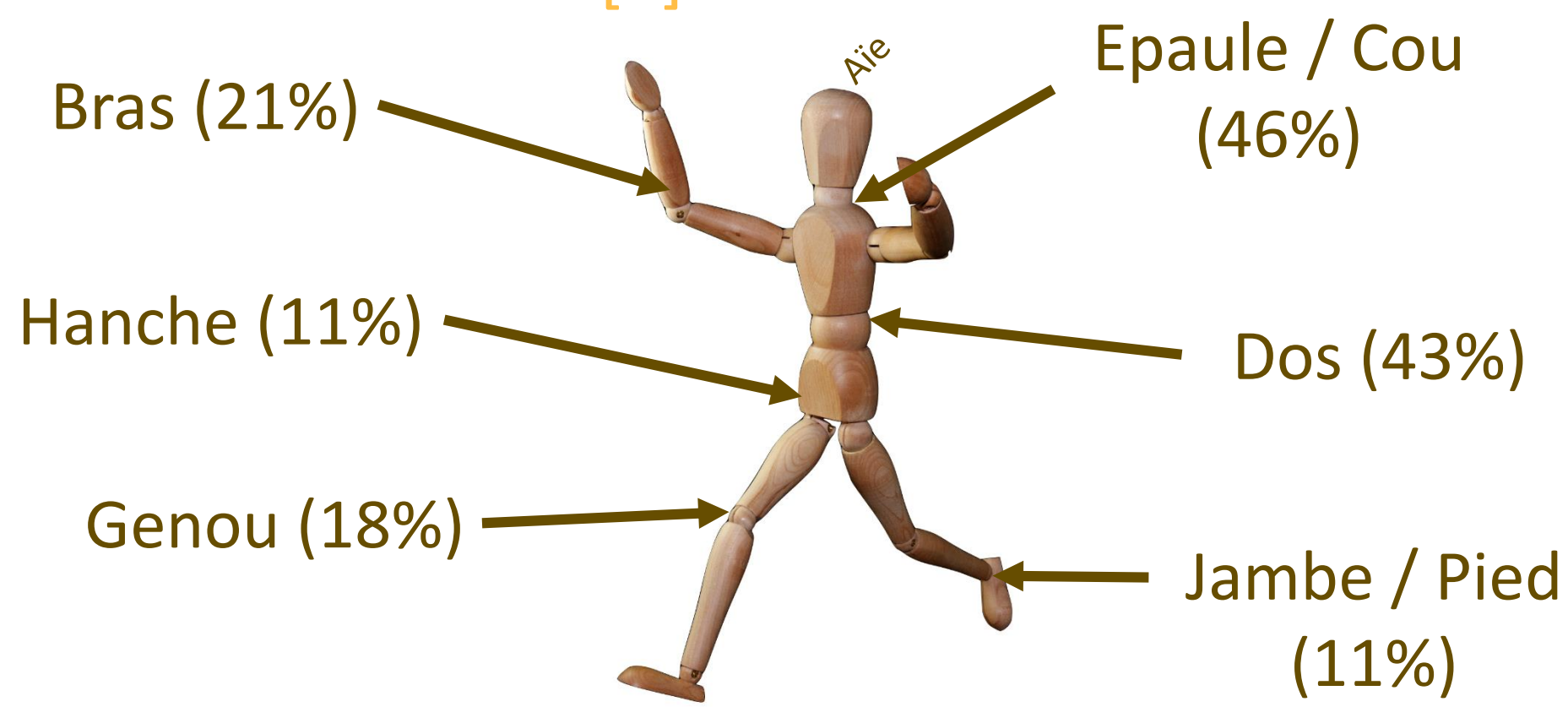
Doctorant : Jacques ZHONG (1<sup>ère</sup> année)

Supervisé par : Francis COLAS (LORIA), Pauline MAURICE (LORIA), Vincent Weistroffer (CEA-LIST)

## Contexte & motivations

### Les troubles musculo-squelettiques (TMS)

Prévalence des TMS [1] :



Facteurs de TMS :

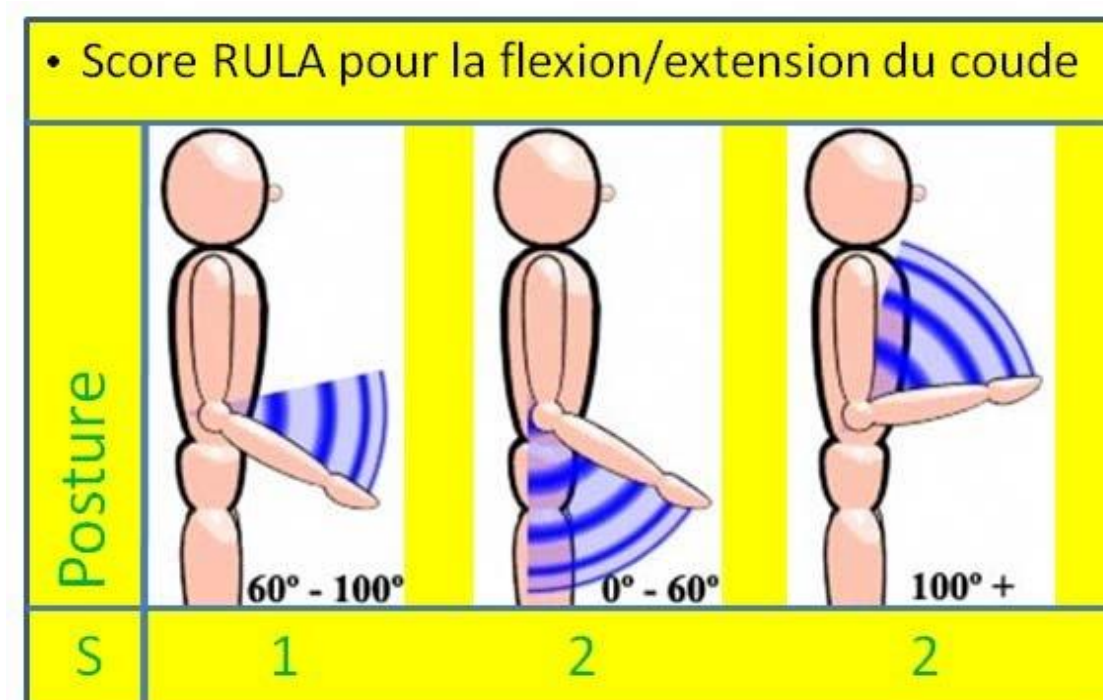
- Postures inadaptées
- Charges lourdes
- Répétitions
- Facteurs organisationnels, psychologiques, etc.

### Prévention par la simulation



Simulateur de postes de travail et avatar virtuels (ci-contre, Tecnomatix d'Inoprod)

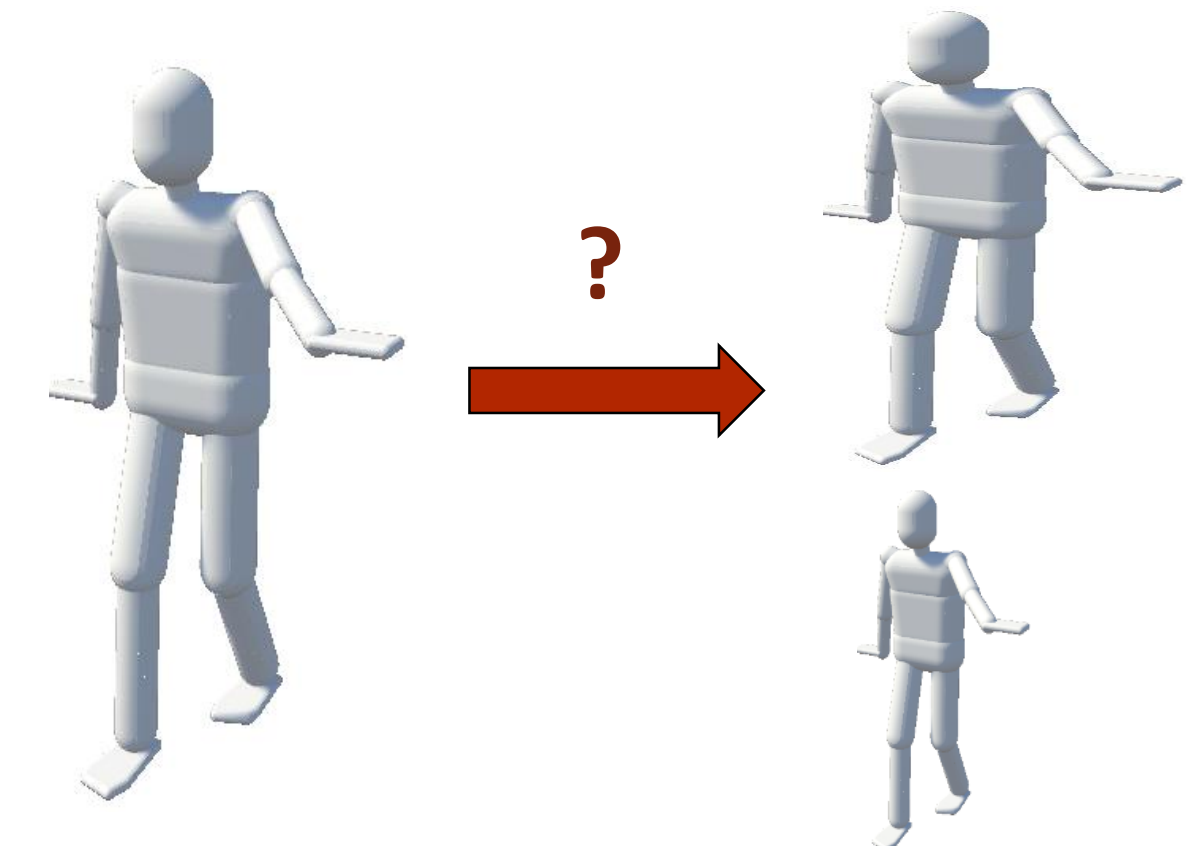
Outil d'évaluation ergonomique (ci-contre RULA [2])



### Problématique générale

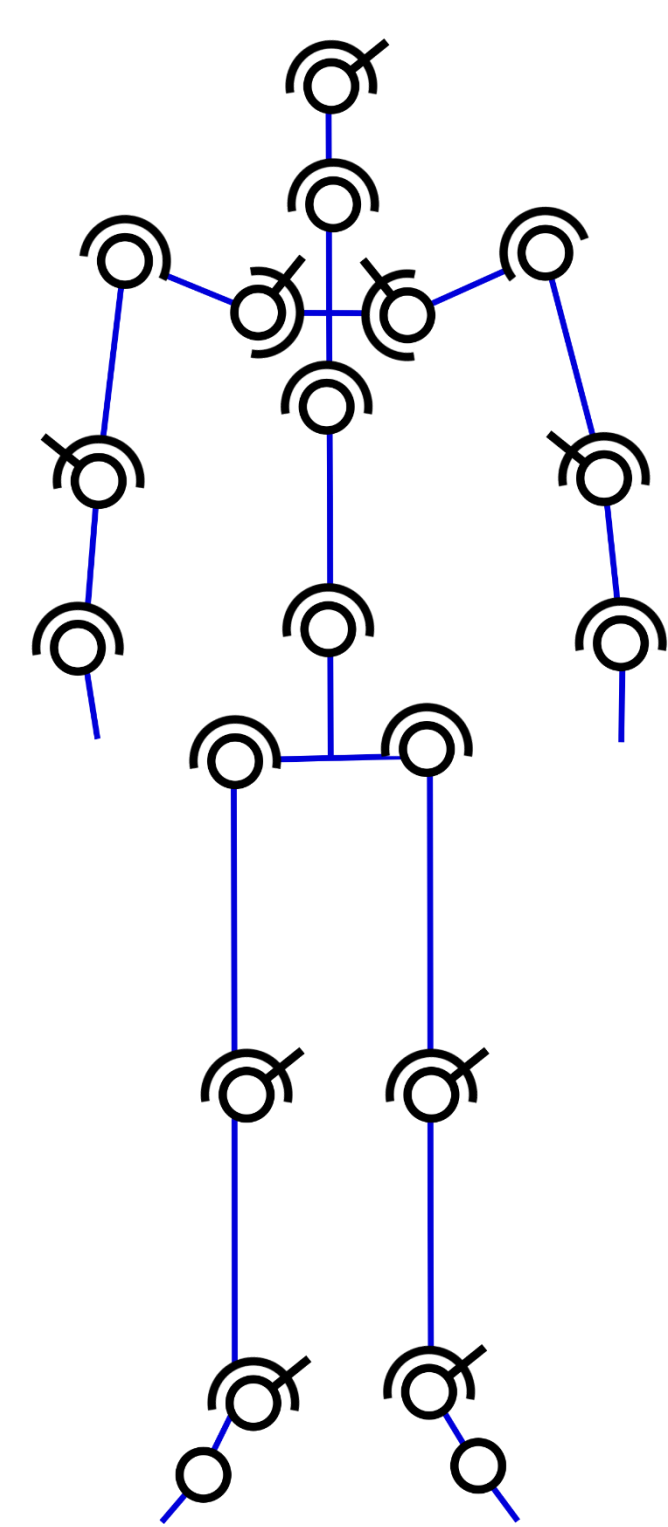
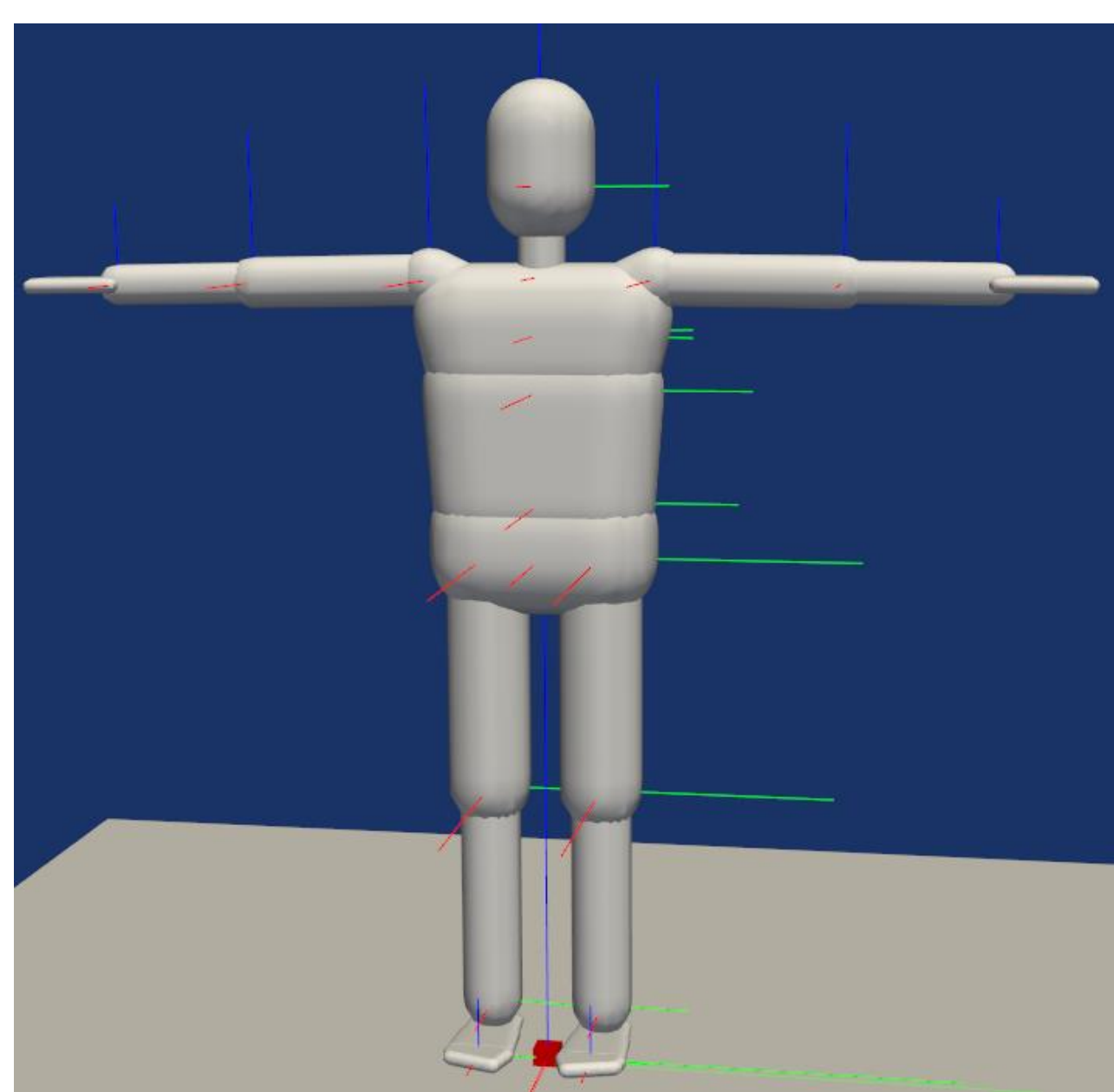
Soit un opérateur effectuant une tâche de chaîne de montage en capture de mouvement.

- Transfert vers des avatars de morphologies différentes ?
- Extraction automatique des tâches avec quelques démonstrations ?



## Contrôle robuste d'un humain virtuel

### Modèle de l'avatar



Mannequin à 47 degrés de liberté, issu du framework de simulation physique interactive XDE [3].

### Contrôle QP en couple

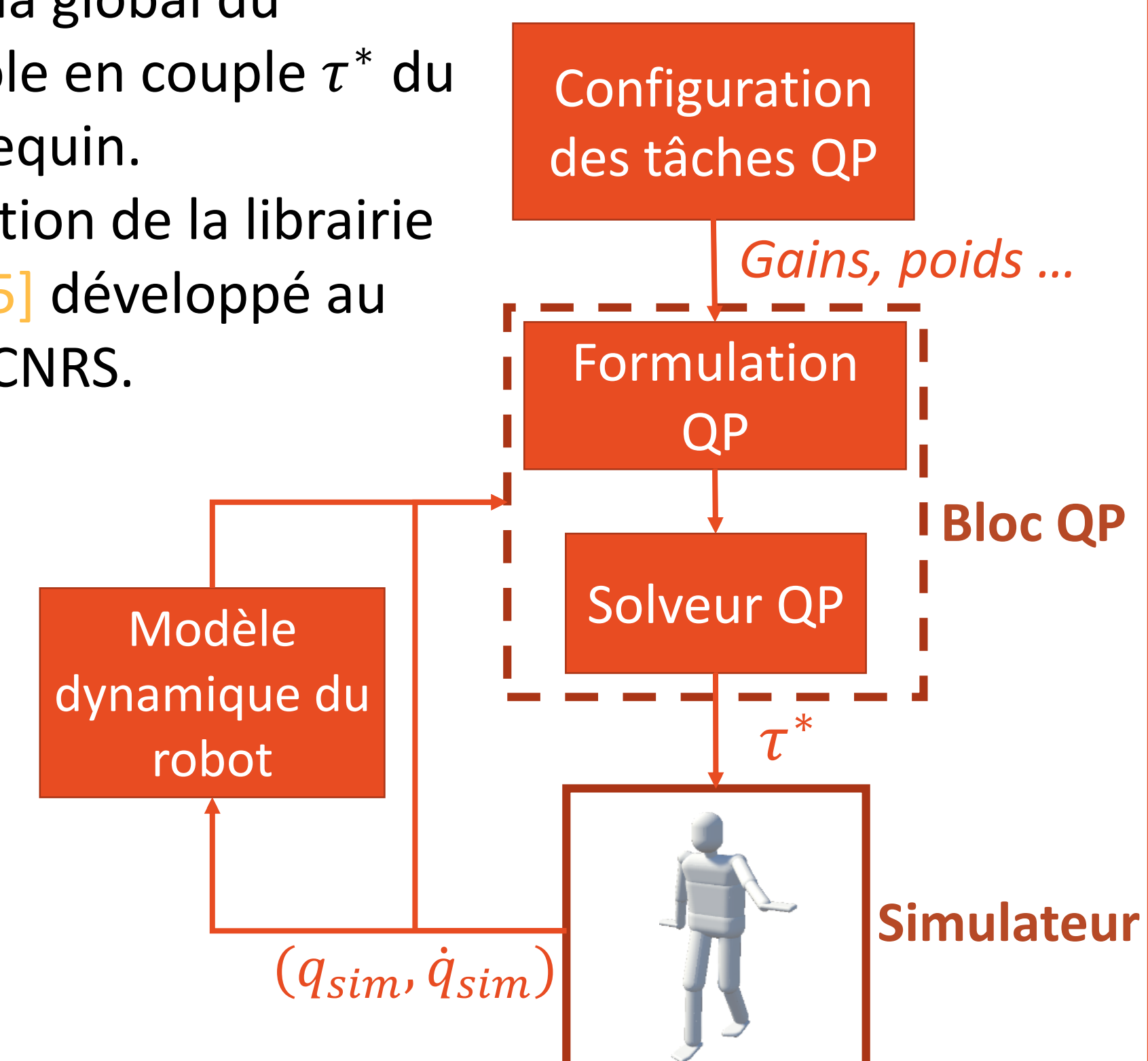
Problème de contrôle corps-complet formulé comme un problème d'optimisation quadratique (a) utilisant les équations du mouvements (b) [4]

$$\begin{cases} \text{(a)} & \chi^* = \underset{\chi}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=0}^{n_{\text{tasks}}} \|E_i \chi - f_i\|_{w_i}^2 \\ & \text{s. t.} \quad l_b \leq A\chi \leq u_b \\ & \quad C\chi = d \\ \text{(b)} & M(q)\dot{v} + h(q, v) = S\tau + \sum_{k=0}^{n_{\text{contact}}} J_{C_k}^T f_{C_k} \end{cases}$$

Avec  $\chi = [\dot{v}, f_c]$  la variable d'optimisation,  $\dot{v}$  les accélérations généralisées du robot,  $f_c$  les forces de contact

Schéma global du contrôle en couple  $\tau^*$  du mannequin.

Utilisation de la librairie TSID [5] développé au LAAS-CNRS.

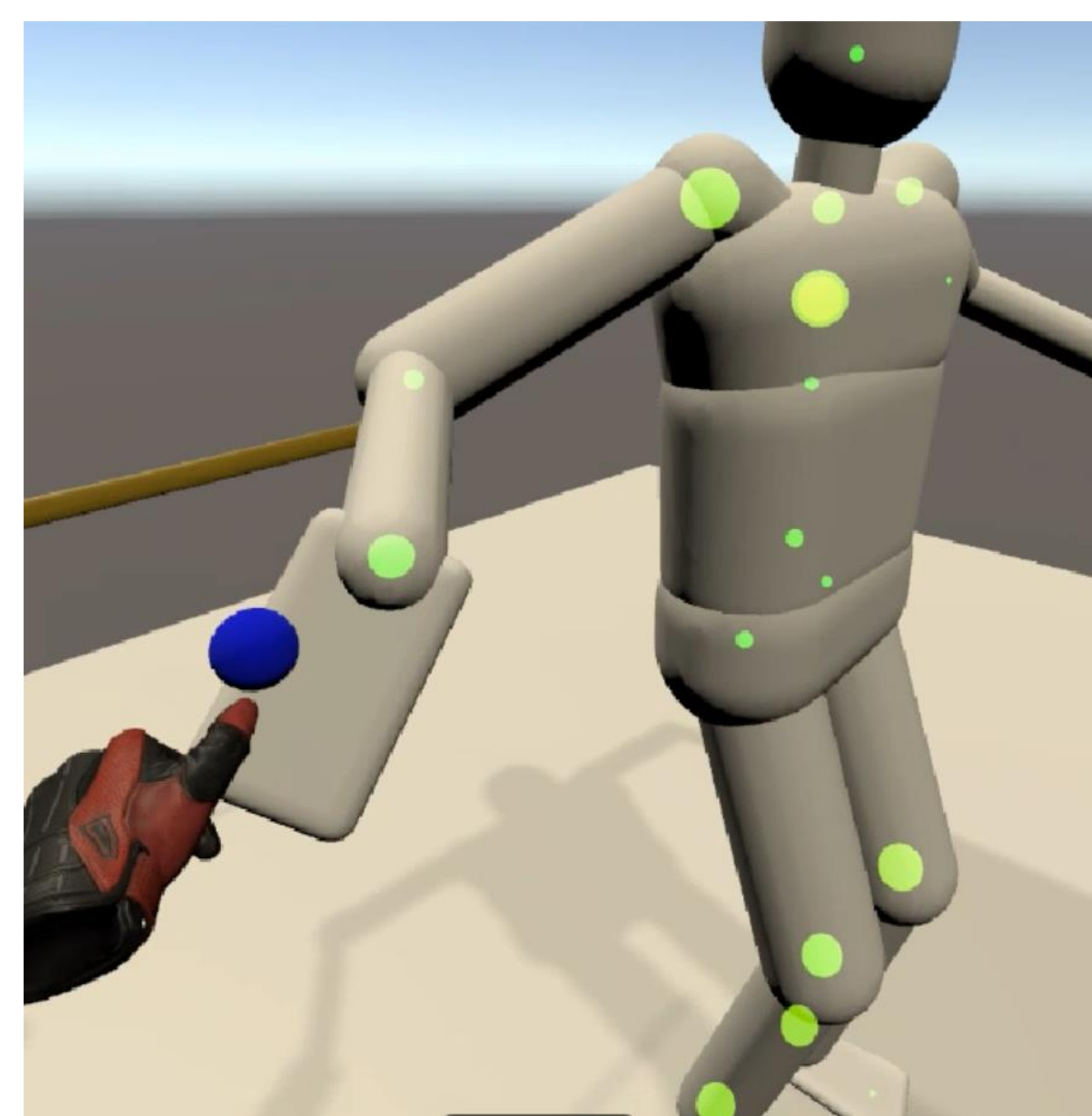


## Interaction avec le mannequin en réalité virtuelle

### Mannequin interactif dans une simulation physique

#### Mise en posture

- Suivi de poses cartésiennes, via des tâches cartésiennes sur les mains et pieds.
- Modification des contacts des pieds et mains, par gestion des tâches de contact et du centre de masse.



Suivi cartésien en réalité virtuelle (sphère bleue = objectif cartésien)

#### Perturbations extérieures

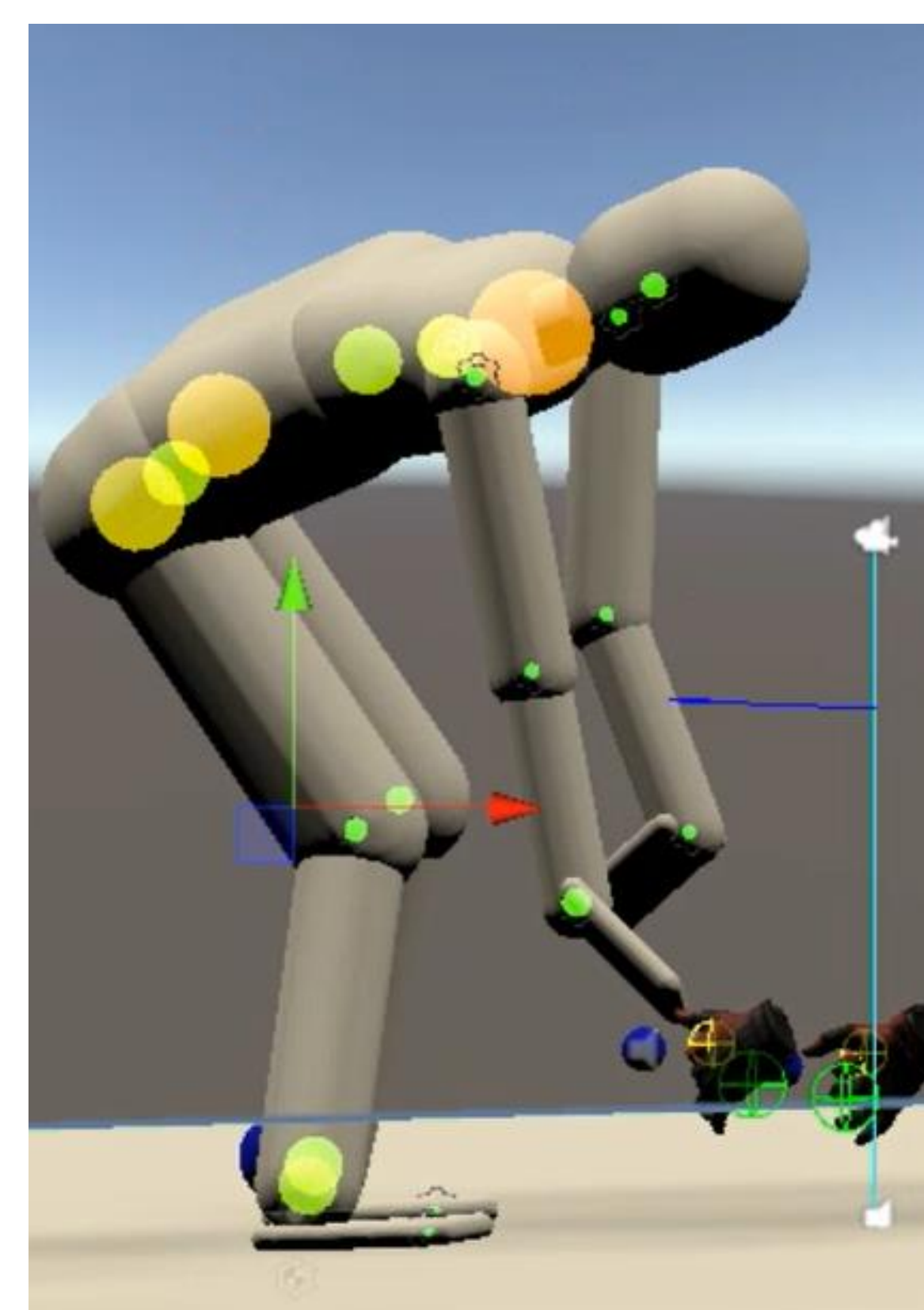
- Collisions avec des objets de l'environnement, contrôlés en position / impédance.
- Sol instable, contrôlable en position / impédance.

#### Applications d'efforts

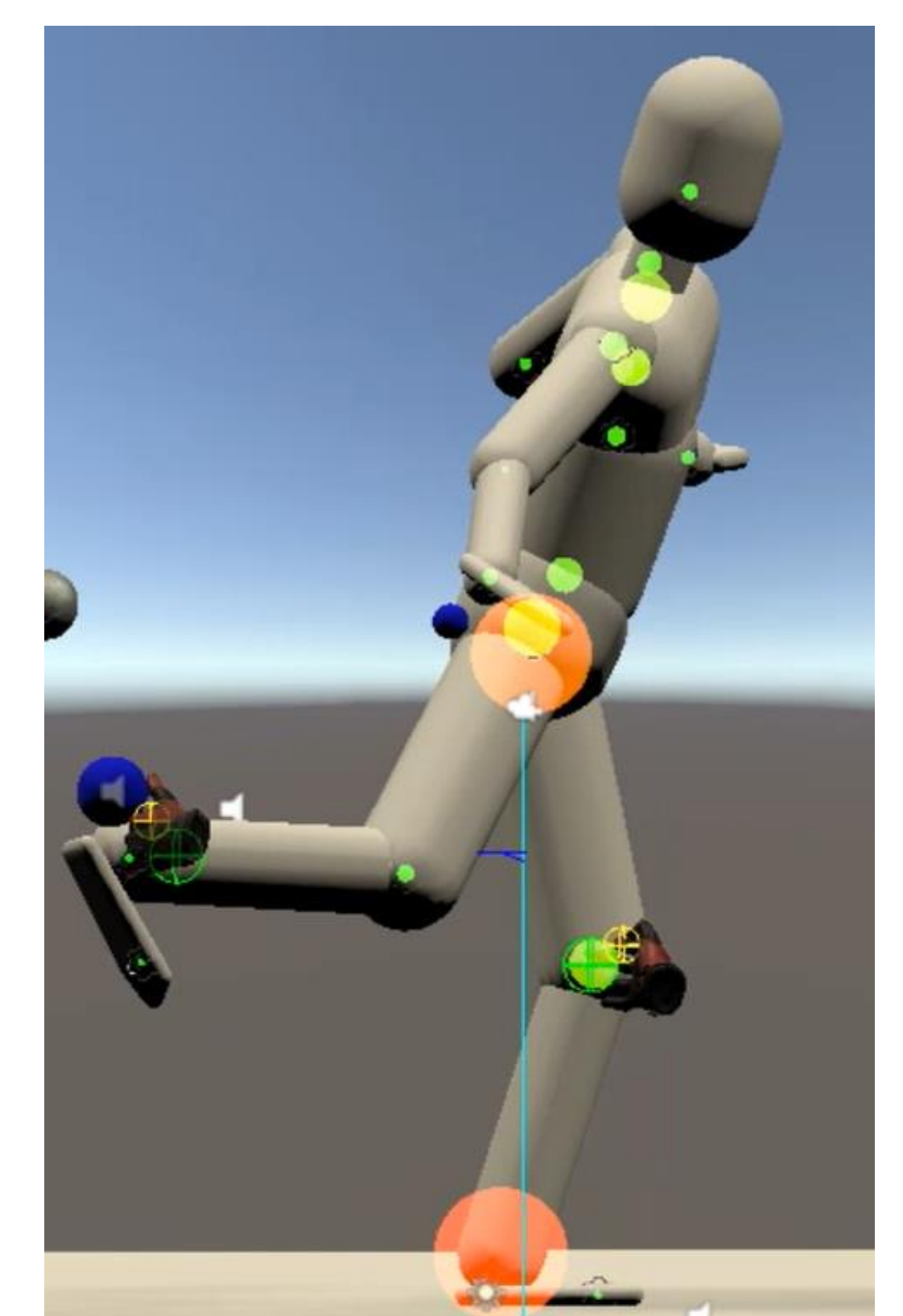
- Efforts main -> environnement, via des tâches en force de contact.

### Visualisation des efforts articulaires

- Niveau d'effort aux articulations indiqué par la couleur et la taille des sphères
- Couples maximum : valeurs moyennes issues de la littérature [6]



Suivi cartésien simultané des deux mains



Suivi cartésien sur un pied

## Bibliographie

- [1] Hartmann, B. (2010) *Work-related musculoskeletal disorders*, *Zentralblatt fur Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*. doi: 10.1007/bf03344314.
- [2] Lynn, M. and Corlett, N. (1993) 'RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders', *Applied Ergonomics*, 24(2), pp. 91-99.
- [3] Merlhiot, X. et al. «The XDE mechanical kernel: Efficient and robust simulation of multibody dynamics with intermittent nonsmooth contacts». *Proceedings of the 2nd Joint International Conference on Multibody System Dynamics*, 2012.
- [4] Salini, J. (2013) *Dynamic control for the task/posture coordination of humanoids : toward synthesis of complex activities*, HAL.
- [5] Del Prete, A. et al. (2015) 'Prioritized motion-force control of constrained fully-actuated robots: "task Space Inverse Dynamics"', *Robotics and Autonomous Systems*, 63(P1), pp. 150-157.
- [6] D.B. Chaffin, G.B.J. Andersson and B.J. Martin. *Occupational biomechanics*. Wiley, 4th edition, 2006.