

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

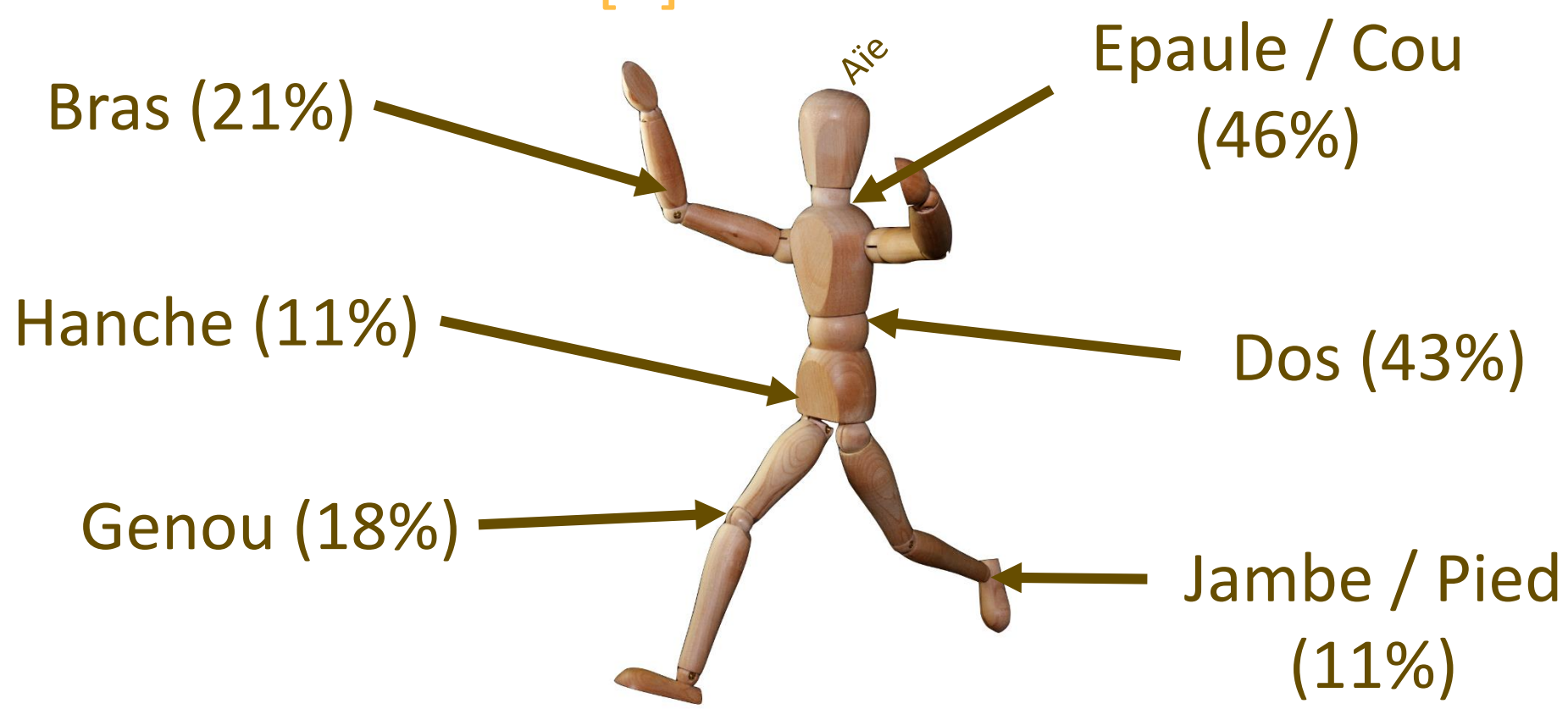
Doctorant : Jacques ZHONG (1^{ère} année)

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 :

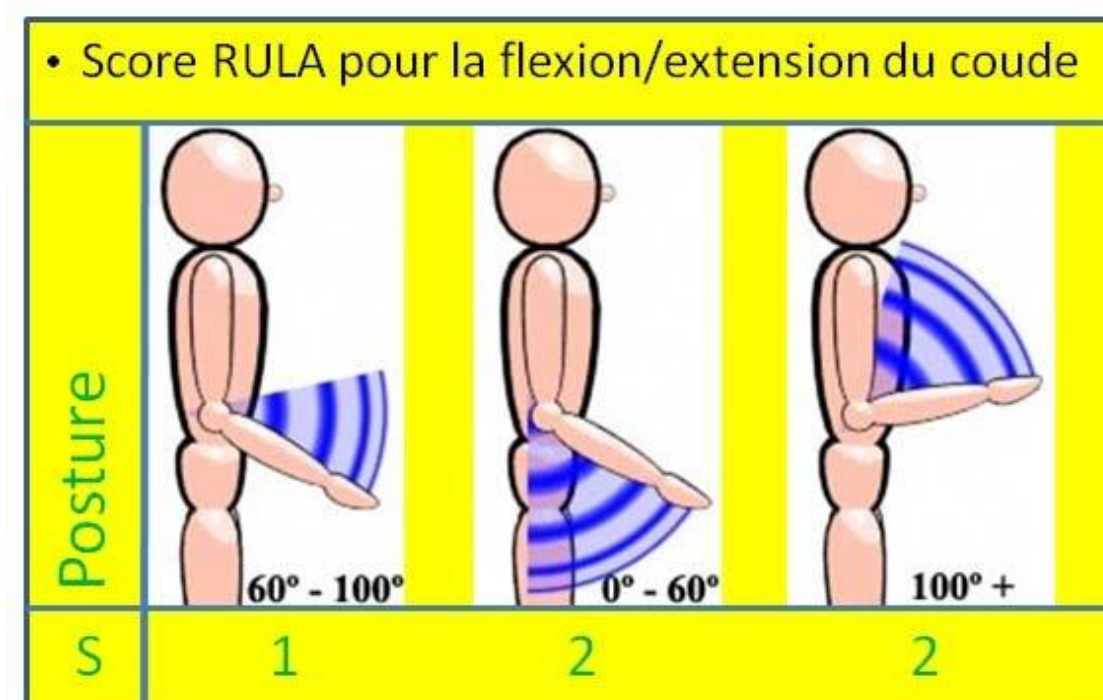
- Postures inadaptées
- Charges lourdes
- Répétitions
- Facteurs organisationnels, psychologiques, etc.

Prévention par la simulation



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

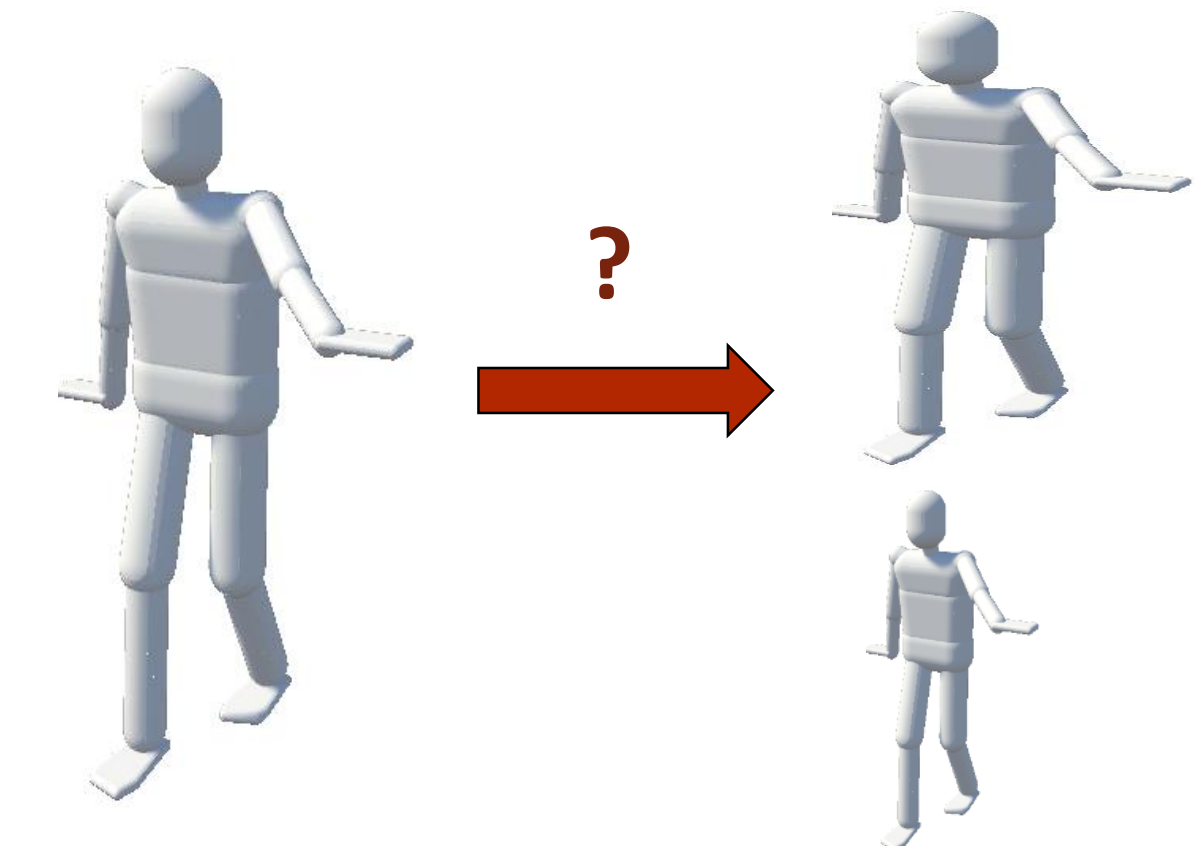
Outil d'évaluation ergonomique (ci-contre RULA [2])



Problématique générale

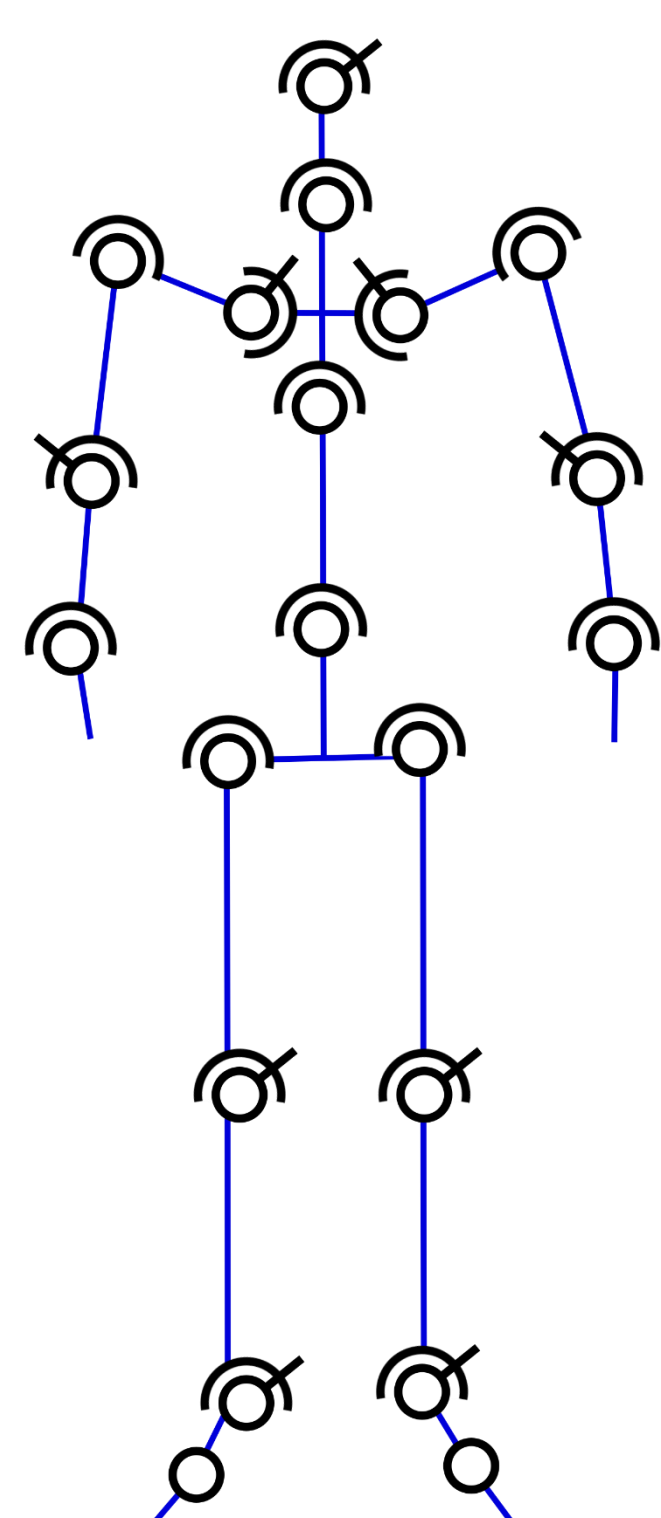
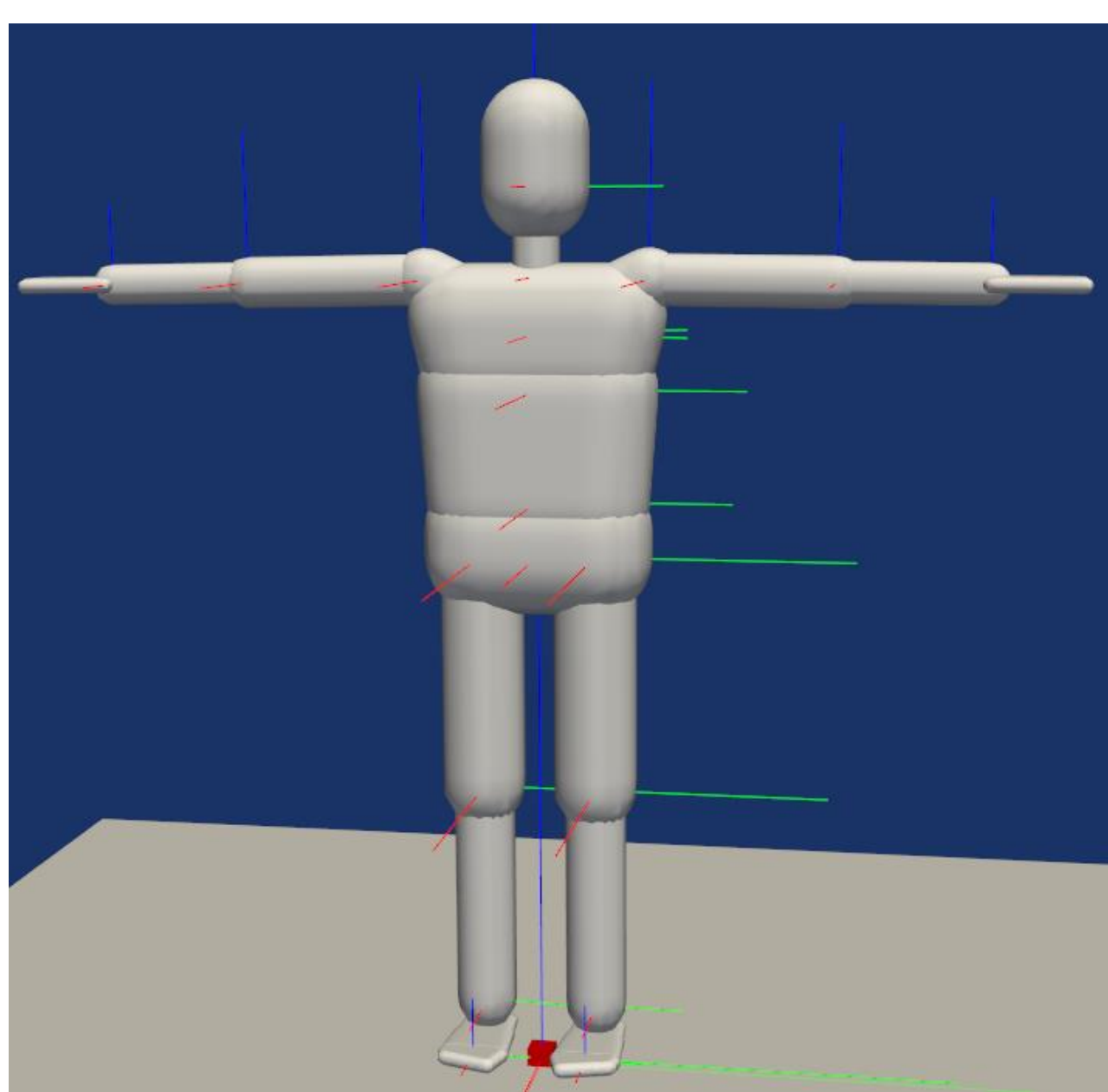
Soit un opérateur effectuant une tâche de chaîne de montage en capture de mouvement.

- 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

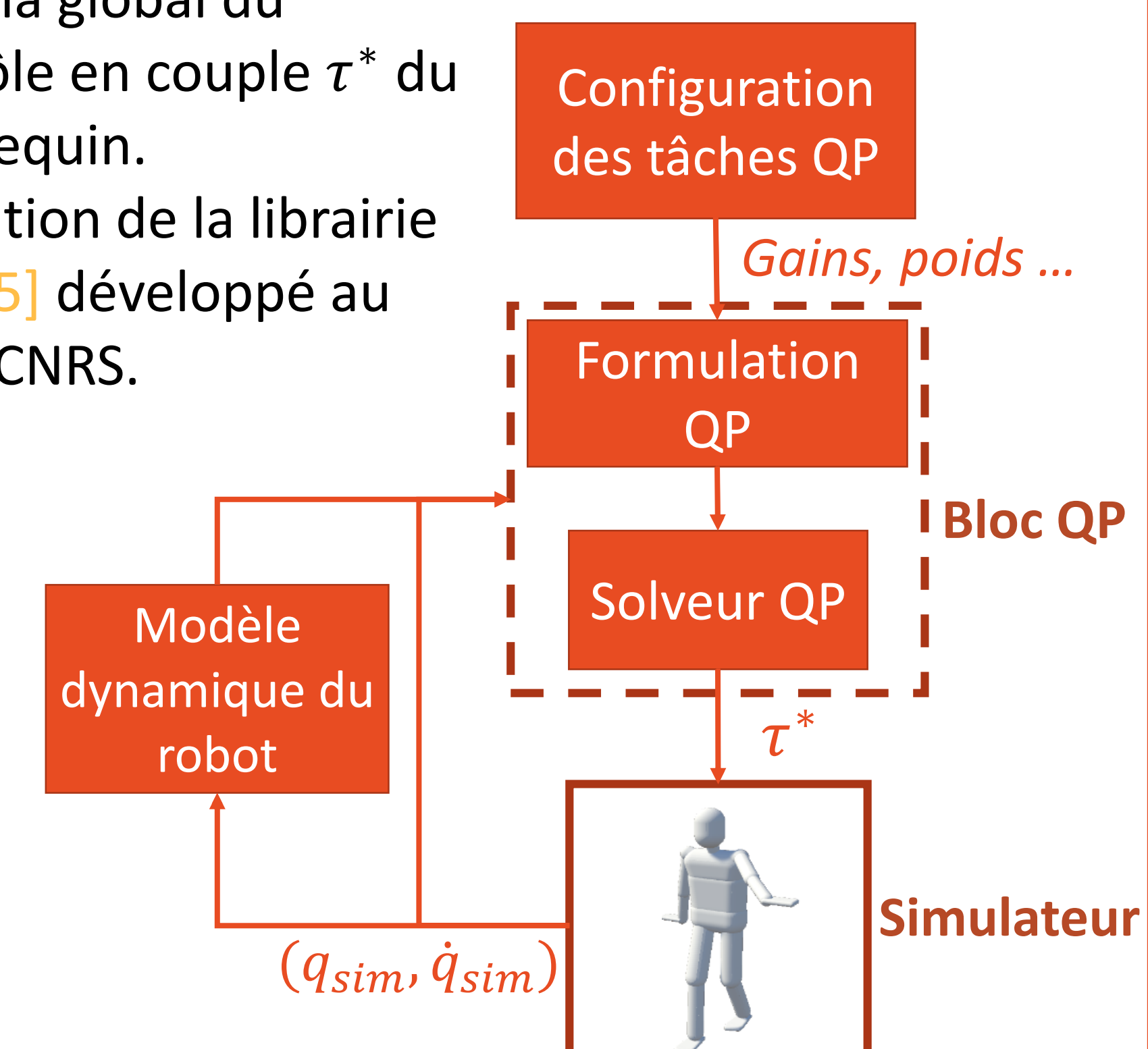
Problème de contrôle corps-complet formulé comme un problème d'optimisation quadratique (a) utilisant les équations du mouvements (b) [4]

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

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 τ^* du mannequin.

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

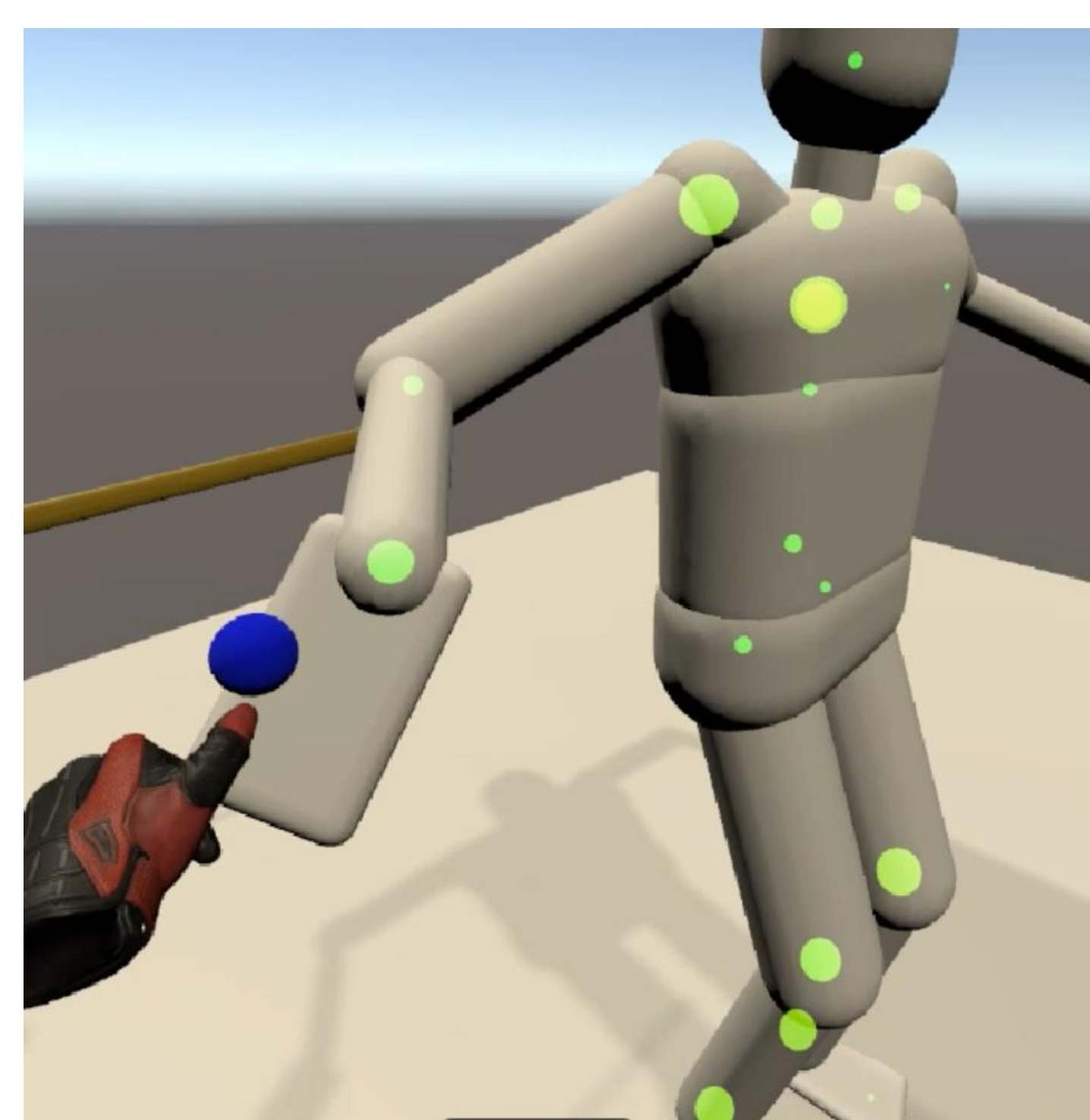


Interaction avec le mannequin en réalité virtuelle

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

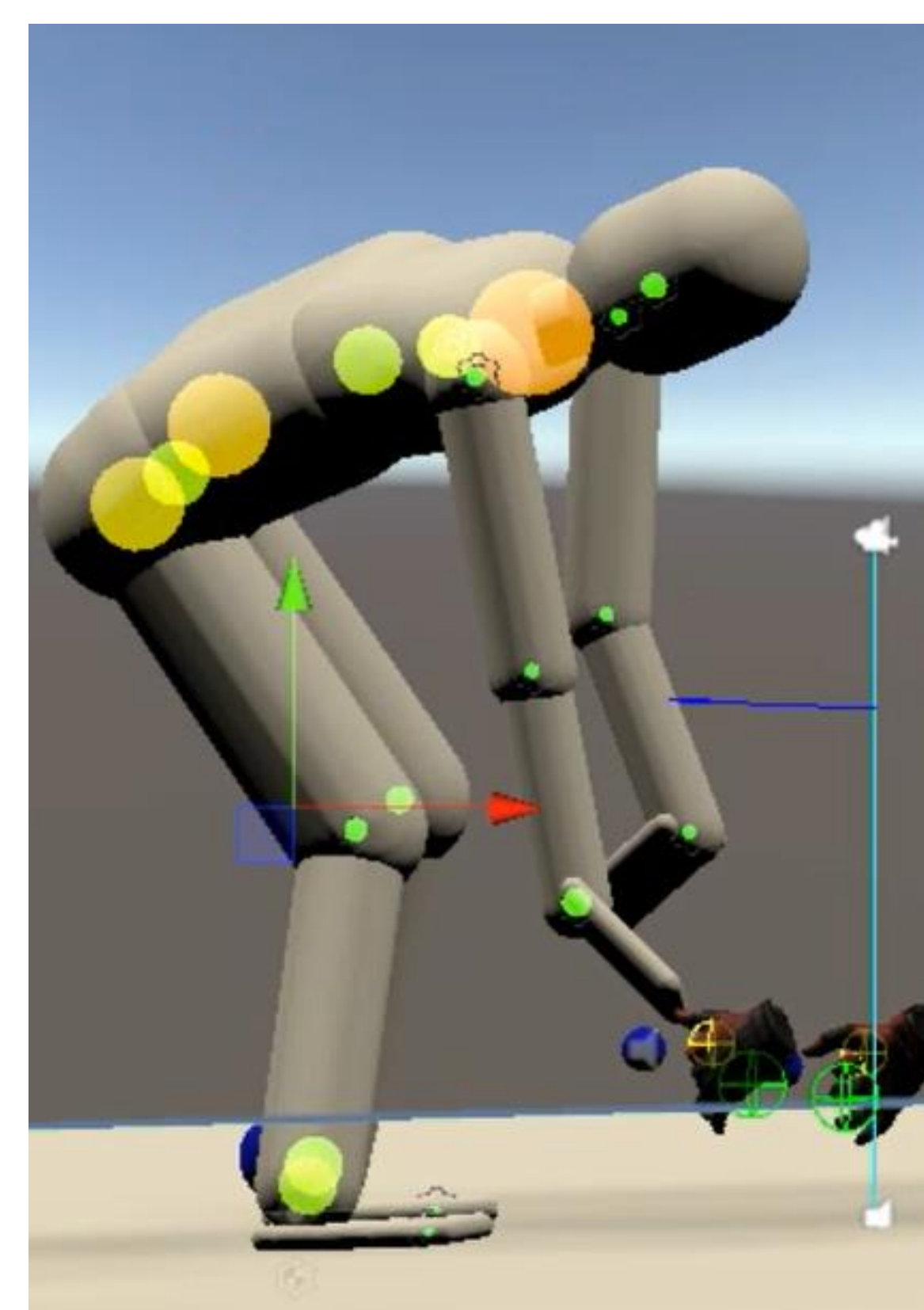
- Collisions avec des objets de l'environnement, contrôlés en position / impédance.
- Sol instable, contrôlable en position / impédance.

Applications d'efforts

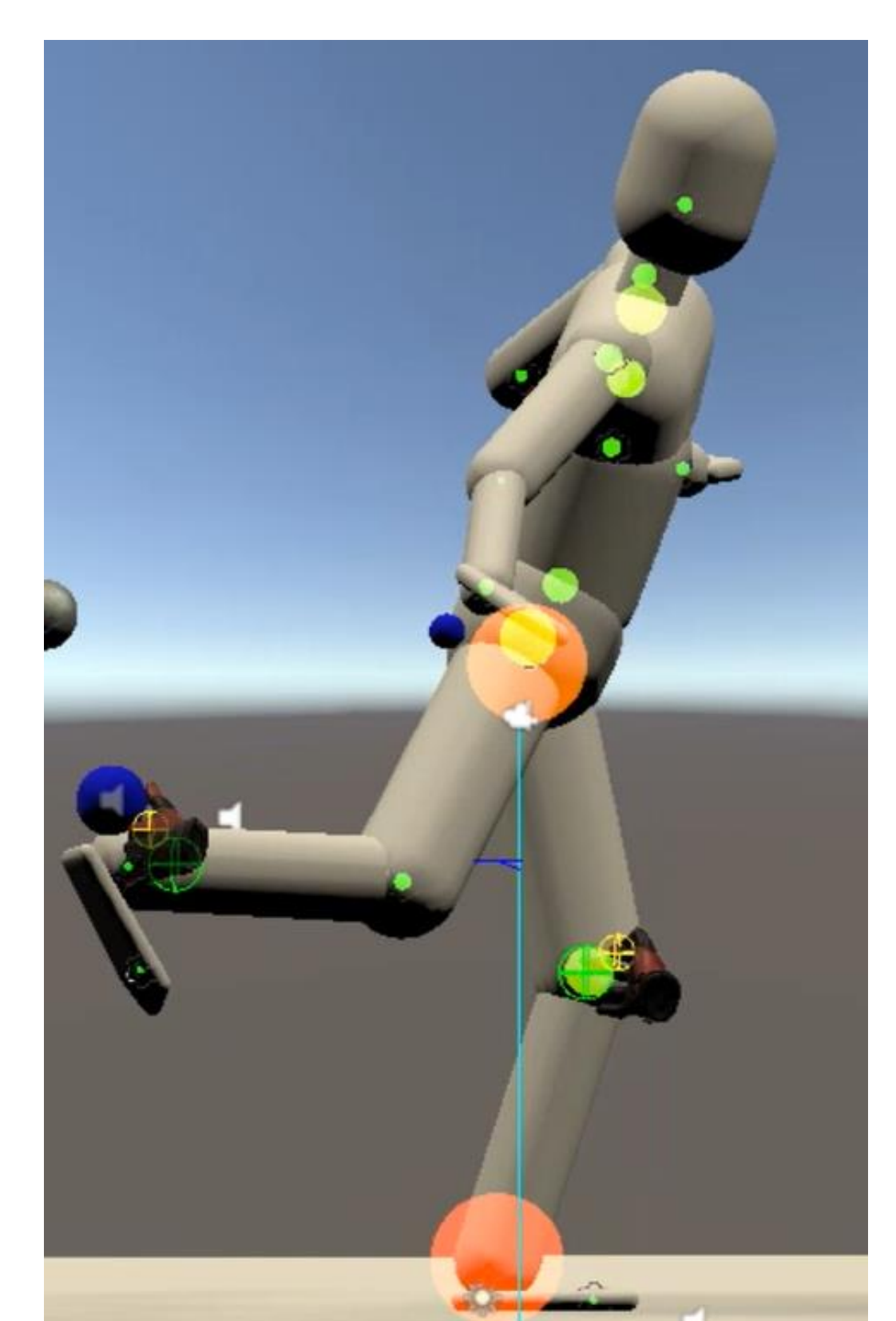
- Efforts main -> environnement, via des tâches en force de contact.

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 für 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.