

**Groupe de Recherche :**

**Pôles :**

MINAS (Micro et Nanosystèmes)

MOCOSY (Modélisation, Optimisation et Conduite des Systèmes)

SINC (Systèmes Informatiques Critiques)

RIA (Robotique et Intelligence Artificielle)

**Mot(s)-clé(s) :** génération de code automatique, polynôme, modèle dynamique, robot humanoïde, mouvements corps-complet

**Responsable du sujet :** N. Mansard, O. Stasse **e-mail:** [nmansard@laas.fr](mailto:nmansard@laas.fr), [ostasse@laas.fr](mailto:ostasse@laas.fr)

---

**Titre :** Génération de code polynômial optimal

Un des éléments qui empêchent de mettre en œuvre des lois de contrôle dynamique sur le robot humanoïde est la question du temps de calcul : il faut recalculer la boucle de contrôle en moins de 1ms pour avoir une bonne cadence de travail à 1KHz. Une grande perte de temps est consacrée au calcul des valeurs numériques à optimiser (matrice de masse, compensation de la gravité, jacobiens, etc). L'approche proposée consiste à aller chercher dans la structure physique sous-jacente à ces valeurs numériques des simplifications. Plutôt que d'explorer les algorithmes issus de la mécanique du solide comme le fait par exemple Featherstone (référence du domaine), nous proposons de rechercher ces simplifications de manière automatique, en utilisant des outils de calcul symbolique. Techniquement, deux approches semblent possibles:

- utiliser les méthodes les plus modernes de programmation (technique de meta-programming) pour générer du code qui générera automatiquement le code optimal en termes d'accès en mémoire et d'ordonnancement du processeur. Cette méthode est élégante car elle limite au maximum le travail d'optimisation de code à réaliser.

- explorer les techniques de génération de code d'évaluation de polynôme pour simplifier en amont l'arbre de calcul, notamment en cherchant à couper les branches redondantes des arbres de calcul, par des méthodes d'association de graphe. Cette seconde approche, si plus compliquée, semble aussi plus riche. Elle s'appuie sur un travail de fond sur la simplification de polynômes. Notamment, il sera intéressant de chercher à faire des corrélations entre plusieurs arbres pour les différentes grandeurs physiques à calculer (un pour les jacobiens, le second pour les matrices d'inerties, etc). Cette approche pourrait nous apporter automatiquement d'autres valeurs liées (comme par exemple les dérivées des grandeurs), nécessaires dans d'autres travaux de l'équipe.

On espère ainsi être la première équipe au monde à passer sous la barre des 1ms pour un robot de la taille de HRP2. Les applications en robotique sont énormes. Mais ça serait aussi une application directe en synthèse de mouvement virtuel, en permettant de se passer des heuristiques de "dynamique crédible" pour avoir un rendu rigoureusement dynamiquement consistant au même prix.



*Imitation dynamique des mouvements de yoga d'un danseur*