

Robot bipède bio-inspiré : Étude et optimisation

Morgan Langard¹, Nicolas Delanoue¹, Philippe Lucidarme¹, Rémy Guyonneau¹, Franck Mercier¹, Christine Chevallereau², Philippe Wenger², and Yannick Aoustin²

¹LARIS - Polytech Angers, France
¹LS2N - École Centrale de Nantes, France

June 2021

Abstract

Cet article se propose de présenter le projet RO-BIBIO, qui consiste à développer un robot bipède "human-like" n'utilisant que des moteurs linéaires. Nous expliciterons notre problématique, les données à notre disposition ainsi que le simulateur développé dans le cadre de ce projet.

effectuer les mouvements à notre disposition, puis de choisir l'architecture ainsi que le placement des moteurs optimal afin de fabriquer un prototype.

1 Introduction

L'actuation de robots bipèdes via des moteurs rotatifs a été étudiée et documentée, cependant ce type de moteur possède des limites en terme d'absorption d'impact si ce dernier n'est pas à entraînement direct, ou demande un compromis entre le couple et l'encombrement le cas échéant. Une autre approche est l'utilisation de moteurs linéaires qui sont naturellement réversibles et permettent une absorption des chocs. Ce type de moteur permet également plus de liberté quant-à leur placement et a l'avantage d'être similaire au fonctionnement des muscles composants le corps humain, cela rend l'usage de tels moteurs prometteur pour la conception d'un robot bipède "human-like".

Les travaux de notre équipe se basent sur des données de mouvement humain obtenu via un dispositif de Motion Capture, ainsi que sur les couples de ces mouvements calculés via la méthode de Newton-Euler. Notre objectif est de simuler différentes architectures bipèdes utilisant une combinaison de moteurs monoarticulaire et/ou biarticulaires afin d'évaluer leur performance pour

2 Problématique

Avant d'entamer la fabrication d'un prototype, il convient de trouver une architecture optimale. En effet en prenant comme modèle un bipède 2D classique avec 3 articulations (hanche-genou-cheville) et en considérant uniquement des moteurs imitant le fonctionnement des muscles, il n'existe pas moins de 14 architectures différentes utilisant une combinaison de moteurs monoarticulaires et biarticulaires (fig 1).

De plus une fois l'architecture choisie, il est nécessaire de placer les accroches des moteurs de manière optimale pour réaliser le/les mouvements demandé tout en conservant cet aspect proche de l'homme. Ce problème de point d'accroche vient d'une part du besoin de générer le bras de levier nécessaire sur les articulations, et d'autre part du fonctionnement des moteurs linéaires qui possèdent une force en sortie dépendant de l'élongation du moteur.

Dans ce cadre, l'équipe a développé un simulateur afin de pouvoir réaliser ce double travail d'évaluation et d'optimisation.

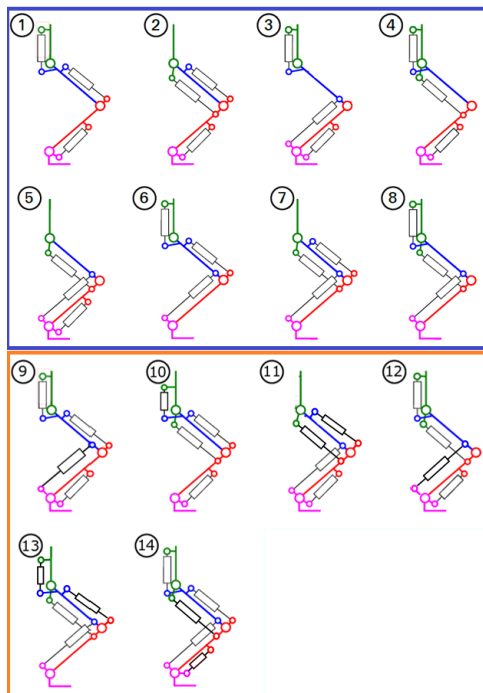


Figure 1: Les différentes architectures possibles

3 Simulateur

3.1 Données d'entrée

Notre simulateur développé sous MATLAB[®] se base sur deux éléments : Le premier consiste en des trajectoires articulaires de mouvements demandé à des individus et capturés via un système de Motion Capture et nommée HuMoD (Human Motion Dynamic) [3]. Ces mouvements vont de la marche à la course à diverses allures en passant par des squats. Le second élément est composé des couples articulaires générés par les mouvements HuMoD et calculés via la méthode de Newton-Euler [2].

3.2 Optimisation

Le simulateur optimise les points d'accroches des moteurs à l'aide de la fonction $fminsearchbnd$ (méthode des simplex de Nelder-Mead avec bornes) pour maximiser la faisabilité du mouvement étudié. A chaque instant du mouvement les positions des moteurs sont calculées, puis la force nécessaire est calculée via un bras de levier entre le centre de l'articulation et la position du moteur.

Cette force est ensuite comparée à la capacité du moteur afin d'évaluer la faisabilité du mouvement. Le résultat final est le placement des moteurs permettant le pourcentage maximal de faisabilité du mouvement avec l'architecture considérée.

Comme montré dans [1], le calcul des forces nécessaires pour chaque moteur dépend du nombre de moteurs et de la présence/absence de moteur(s) biarticulaire(s). Sans redondance le calcul est direct, mais les architectures redondante demandent une étape supplémentaire. Comme il existe une infinité de possibilités dans ce cas un sous-algorithme d'optimisation est utilisé afin de minimiser les forces demandées aux moteurs.

3.3 Expérience

Afin d'évaluer le potentiel de chaque architecture, nous avons lancé quatorze terminaux en parallèle (un pour chaque architecture) afin de réaliser les optimisations sur un ou une combinaison de mouvements. Cela a permis de comparer la faisabilité maximale de chaque architecture pour chaque mouvement/groupe de mouvement étudié afin d'avoir une vision globale.

4 Conclusion

Les résultats obtenus seront présentés et discutés. L'objectif final étant la sélection d'une architecture ainsi que des points d'accroche optimaux associés pour réaliser un prototype.

References

- [1] Y Aoustin F Mercier N Delanoue P Lucidarme C Chevallereau, P Wenger. Design of a planar biped robot with mono-articular or bi-articular linear actuation . In *publication en cours*.
- [2] F Mercier N Delanoue P Lucidarme N Testard. Torques determination of a biomechanical human model from Humod Database. In *publication en cours*.
- [3] J Wojtusch and O von Stryk. HuMoD - A Versatile and Open Database for the Investigation, Modeling and Simulation of Human Motion Dynamics on Actuation Level. In *Pro-*

ceedings of the IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pages 74 – 79, Seoul, 2015. IEEE.