
Analyse élasto-cinématique du manipulateur parallèle 3-CRS

Chedli Bouzgarrou*¹

¹Institut Pascal UMR 6602 - UCA/CNRS/SIGMA (IP) – SIGMA-Clermont – France

Résumé

Certains manipulateurs parallèles ont été amplement étudiés par la communauté robotique, tels que la plateforme de Gough-Stewart et son homologue plan le 3-RPR. Ces manipulateurs, dits pleinement parallèles, sont censés être intrinsèquement rigides du fait que leurs jambes travaillent en traction – compression. Egalement, leurs modèles cinématiques sont simples à formuler. D'autres manipulateurs, non pleinement parallèles ou faisant travailler les jambes en flexion, ont suscité moins d'attention car jugés intrinsèquement moins rigides. Leurs formulations et étude cinématique peuvent être relativement complexes. Cependant, nous estimons que d'autres manipulateurs parallèles, tels que le 3-CRS que nous avons proposé il y a quelques années, peuvent présenter des propriétés cinématiques avantageuses et atteindre des performances élasto-cinématiques et dynamiques intéressantes grâce à une synthèse géométrique et un dimensionnement mécanique adéquats.

Dans cet article, les propriétés élasto-cinématiques du manipulateur 3-CRS sont analysées. Ce manipulateur possède 6 degrés de liberté (DDL) en ayant seulement 3 jambes reliant sa plateforme mobile (PFM) à sa base fixe (BF). Chaque jambe, partant de la BF vers la PFM, est formée de l'équivalent d'une liaison cylindrique motorisée suivie de deux liaisons passives : rotoïde (pivot) puis sphérique (rotule). Plusieurs solutions technologiques sont envisageables pour réaliser l'équivalent d'une liaison cylindrique motorisée. Celle que nous avons mise en œuvre réellement consiste à utiliser une liaison prismatique (glissière) suivie d'une liaison rotoïde motorisées d'axes parallèles. Nous avons proposé d'autres solutions originales pour ce type de transmission. Les axes de la liaison cylindrique et de la liaison rotoïde de la chaîne générique CRS sont à la fois concourants et orthogonaux. Cette conception permet de réduire considérablement de la complexité du mécanisme de simplifier son analyse.

La première partie de cet article est consacrée à l'étude cinématique du manipulateur 3-CRS. Ses modèles géométriques et cinématique sont établis. Une approche de synthèse géométrique du robot par rapport à son espace de travail est présentée. Les singularités parallèles sont étudiées en considérant les conditions de son équilibre statique. Ces singularités sont liées aux configurations des plans contenant les segments distaux de chaque jambe et ayant comme normales les axes des liaisons rotoïdes des jambes. Cette étude met en évidence un mode de reconfiguration permettant d'exploiter au mieux l'espace de travail du robot sans passer par des singularités.

La seconde partie de cet article développe une étude de statique du robot en vue de d'optimiser sa rigidité en fonction de : longueur et section des segments distaux, taille de la PFM et placement des jambes sur la BF. L'approche proposée n'a pas vocation à estimer avec précision

*Intervenant

la rigidité réelle du robot. Elle vise plutôt à comparer différentes réalisations géométriques du mécanisme. Pour ce faire, un modèle éléments finis (EF) réduit est développé. Ce modèle est paramétré en fonction de la pose de la PFM considérée comme infiniment rigide. Les segments distaux sont modélisés par des éléments poutres 3D. Les liaisons passives sont supposées parfaites alors que les rigidités des transmissions des liaisons motorisées sont modélisées par des éléments ressorts.

En conclusion, cet article présente des formulations et modèles utiles à la conception préliminaire et l'analyse de manipulateurs 6 DDL spatiaux de type 3-CRS. L'étude présentée met en évidence un mode remarquable de reconfiguration du robot. L'optimisation multiobjectif du mécanisme pour différentes applications fera l'objet de nos futurs travaux.

Mots-Clés: robots parallèles, 3-CRS, espace de travail, singularités, élasto, cinématique