

TP/DM 1

IDENTIFICATION D'UN ROBOT PLAN RRR en tant que rigide

M. GUSKOV, N. MECHBAL, M. REBILLAT

L'objet du présent devoir est d'identifier les propriétés inertielles et géométriques d'un bras robotisé à deux degrés de liberté (RR orthogonal, Fig. 1) à partir des signaux d'angles et de couples articulaires issus d'un mouvement suivant une trajectoire périodique.

1 Système analysé

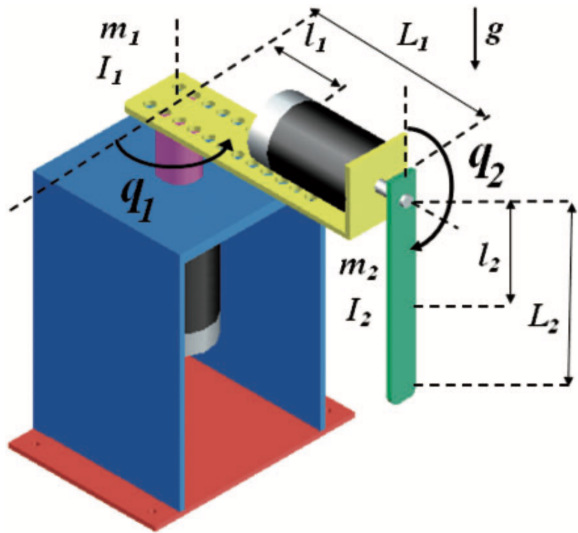
Le système analysé est un robot plan composé de trois segments, reliés par trois articulations motorisées, tous les éléments supposés parfaitement rigides. Pour ce robot on dispose des données géométriques (longueurs L_i , $i = 1..2$) et des propriétés inertielles approximatives (masses m_i , positions des centres de masses ℓ_{Ci} , moments d'inertie I_i) ainsi que des coefficients de frottement visqueux f_v et sec f_c . On souhaite identifier les paramètres d'inertie et de frottement avec plus de précision.

Pour cela on réalise des trajectoires à consigne périodique

$$q_i(t) = q_{0i} + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_h} C_{ij} \cos\left(2\pi j \frac{t}{T}\right) + S_{ij} \sin\left(2\pi j \frac{t}{T}\right)$$

pour lesquelles on enregistre les signaux de position angulaire et de couple dans chacune des trois articulations ($q_i(t)$, $\tau_i(t)$).

Cet enregistrement, est généré via une simulation réalisée à l'aide du script MATLAB fourni, où l'utilisateur peut modifier la consigne de la trajectoire (valeurs de l'offset q_{0i} , des coefficients, C_{ij} , S_{ij} et de la période T , nombre de répétitions N).



(a) Schéma du système [Moreno et al., 2017]

i	L_i m	m_i kg	ℓ_i m	$^i I_i$ kg m ²	f_{vi} N m s	f_{ci} N m
1	0,5	2	0,2	0,04	0,0001	0,01
2	0,4	1	0,2	0,02	0,0001	0,01

(b) Données géométriques

FIGURE 1 – Robot RR orthogonal

2 Modélisation du système mécanique

1. Exprimer les positions et les vitesses cartésiennes des points articulaires O_i et des centres de gravité C_i à partir des positions et vitesses articulaires
2. Formuler les équations de mouvement reliant les positions, les vitesses et accélérations articulaires aux couples exercés par la motorisation
3. Exprimer les inconnues à identifier (masses, moments statiques et moments quadratiques etc) de manière à formuler l'opérateur de régression

3 Traitement des signaux

Traitement des signaux issus du robot Les interfaces d'acquisition pour la mesure des angles et des couples sont différentes :

- L'acquisition des angles se fait avec une fréquence d'échantillonnage de 1 kHz
- L'acquisition des couples se fait avec une fréquence d'échantillonnage de 2.5 kHz
- Il existe un décalage temporel constant entre le lancement de l'acquisition des couples et des angles Par ailleurs, différents bruits viennent polluer les mesures expérimentales :
- Un bruit de mesure que l'on peut considérer comme un bruit blanc Gaussien et qui s'ajoute aux mesures de couple et d'angle
- Un bruit parasite dû au réseau électrique 50 Hz

A réaliser :

1. Proposer un ou des filtres permettant d'enlever au maximum les bruits parasites.
2. Proposer une méthode pour que les signaux de couple et d'angle soient à la même fréquence d'échantillonnage.
3. Estimer le décalage temporel entre les deux interfaces d'acquisition et proposer une méthode pour le compenser.
4. Proposer une méthode numérique permettant de calculer les vitesses et accélérations angulaires et justifier le choix des paramètres de la méthode.

4 Rendu

Le rendu (dépot sur SAVOIR) est attendu le vendredi 5 decembre sous la forme d'une archive (zip ou rar) comportant un rapport et des fichiers de code éventuels réalisant l'identification des paramètres recherchés.

5 Bibliographie

- M. Gautier and W. Khalil, "Exciting Trajectories for the Identification of Base Inertial Parameters of Robots," The International Journal of Robotics Research 11, no. 4 (August 1992) : 362–75, <https://doi.org/10.1177/027836499201100408>.
- J Moreno-Valenzuela, Roger Miranda-Colorado, and Carlos Aguilar-Avelar, "A Matlab-Based Identification Procedure Applied to a Two-Degrees-of-Freedom Robot Manipulator for Engineering Students," International Journal of Electrical Engineering & Education 54, no. 4 (October 2017) : 319–40, <https://doi.org/10.1177/0020720916689102>.
- Swevers, J., W. Verdonck, B. Naumer, S. Pieters, and E. Biber. "An Experimental Robot Load Identification Method for Industrial Application." The International Journal of Robotics Research 21, no. 8 (August 2002) : 701–12. <https://doi.org/10.1177/027836402761412449>.
- Michel FAYET, 2006. Simulation des mécanismes - Topologie, géométrie, cinématique. Techniques de l'ingénieur, (AF5050–AF5054).

- Angeles, Jorge. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems : Theory, Methods, and Algorithms. New York : Springer-Verlag, 1997.

A Matrices du système RR

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} I_1 + L_1^2 m_2 + \ell_1^2 m_1 + \frac{\ell_2^2 m_2}{2} (1 - \cos(2q_2)) & L_1 \ell_2 m_2 \cos(q_2) \\ L_1 \ell_2 m_2 \cos(q_2) & m_2 \ell_2^2 + I_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C} = \ell_2 m_2 \sin(q_2) \begin{bmatrix} \ell_2 \dot{q}_2 \cos(q_2) & \ell_2 \dot{q}_1 \cos(q_2) - L_1 \dot{q}_2 \\ -\ell_2 \dot{q}_1 \cos(q_2) & 0 \end{bmatrix}$$