FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département d'Electrotechnique et d'Automatique
Année Universitaire : 2022 – 2023

Niveau : Master 2 Auto & Sys
Systèmes Linéaires Multi-variables

جامعة غليزان
RELIZANE UNIVERSITY

Fiche de TP N0 03 : Commande dynamique des robots manipulateurs

But de TP :

- ✓ On s'intéresse à un robot SCARA1 à 3 degrés de liberté (RRP). Le schéma du robot est représenté sur la figure 1, qui montre les différents degrés de liberté, ainsi que les paramètres géométriques du robot. Un exemple de robot réel de cette classe est représenté sur la figure 2, il s'agit du robot Cobra S350 de la société Adept.

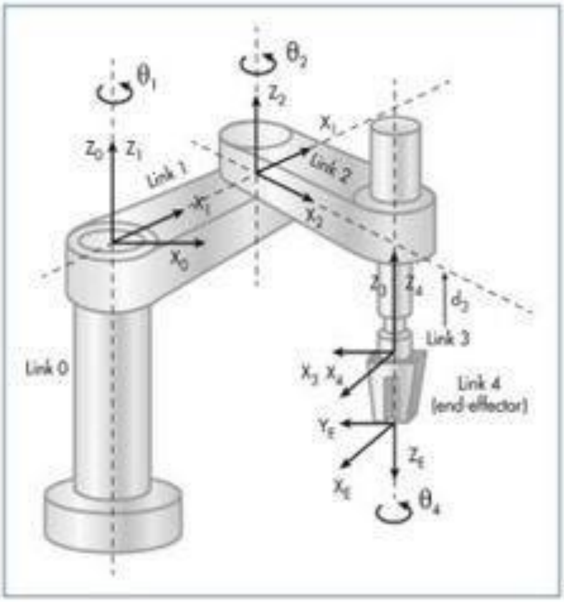

Figure 1: Schéma du robot SCARA à 3 d.d.l

Figure 2: Exemple d'un robot SCARA à 3d.d.l
(Adept - Cobra S350)

Modèle dynamique du robot

Le modèle dynamique Lagrangien du robot est donné par l'équation différentielle suivante

$$M(q)\ddot{q} + N(q,\dot{q})\dot{q} + G(q) = u$$

Ou :

Sont les vecteurs de position, de vitesse et d'accélération,

$$\bullet\ q = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{pmatrix},\ \dot{q} = \begin{pmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{pmatrix},\ \ddot{q} = \begin{pmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^3 .$$

$M(q) \in R^{3\times3}$ est la matrice d'inertie (symétrique définie positive),
$N(q,\dot{q}) \in R^{3\times3}$ est la matrice des effets de Coriolis et centrifuges,
$G(q) \in R^{3\times3}$ est le vecteur de gravité,
$u \in R^3$est le vecteur des couples (entrées de commande).
Les différentes matrices de ce modèle dynamique sont détaillées en annexe. Les paramètres géométriques et dynamiques du robot sont regroupés dans le tableau 1.

Segment	Segment 0	Segment 1	Segment 2	Segment 3
Masse $[kg]$	$m_0 = 19.5$	$m_1 = 8$	$m_2 = 6$	$m_3 = 0.5$
Longueur $[m]$	$d0 = 0.65$	$d1 = 0.4$	$d2 = 0.3$	$d3 = 0.3$
Inertie $[kg\ m^2]$	$I_0 = 1.0298$	$I_1 = 0.16$	$I_2 = 0.0675$	$I_3 = 0.0056$

Table 1: Paramètres dynamiques du robot SCARA

I. Etude préalable

1. Donner l'expression du modèle géométrique direct ${}^0p = f(q)$.
2. *Donner l'expression du modèle géométrique inverse* $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{f}^{-1}({}^{\boldsymbol{0}}\boldsymbol{p})$
3. *Donner l'expression du jacobien* $\boldsymbol{J}$ du robot

II. Programmation des modèles

1. Ecrire une fonction Matlab $p = \boldsymbol{MGD(q)}$ dont le rôle est de calculer le modèle géométrique direct du robot.
2. Ecrire une fonction Matlab $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{MGI(p)}$ dont le rôle est de calculer le modèle géométrique inverse du robot.
   On utilisera la commande ***atan2*** pour calculer les racines et ***arc tangentes***.
3. A l'aide de l'expression du Jacobien, ´écrire une fonction Matlab ***dq=InvJacob(u)*** dont le rôle est de calculer les accroissements ***dq*** en fonction de ***dp*** et de q. le vecteur u de dimension 6 de cette fonction aura respectivement dX et Q pour trois premières et trois dernières composantes (c'est `a dire dX=u(1:3); et Q=u(4:6);).

III. Analyse du comportement en boucle ouverte

1. Choisir un vecteur d'état **x** convenable et mettre le modèle dynamique sous forme d'équation d'état $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{f(x)} + \boldsymbol{g(x)u}$, donner les expressions de ***f(x)*** et ***g(x).***
2. Simuler le robot SCARA en boucle ouverte avec une commande nulle, sur une durée de ***2s*** (utiliser la fonction ***ode45*** de Matlab), avec q0 = comme conditions initiales.
3. Tracer les courbes d'évolution des coordonnées articulaires du robot (positions et vitesses) en fonction du temps.
4. Interpréter les résultats obtenus. D'après ces résultats, discuter de la stabilité du système autonome en boucle ouverte.

IV. Génération des trajectoires de référence

- ✓ Pour les trois positions articulaires du robot, on propose les trajectoires de référence données par les fonctions périodiques suivantes :

$$\begin{cases} q_{1_d}(t) = \frac{\pi}{6}\sin(4\pi t) \\ q_{2_d}(t) = \frac{\pi}{4}\sin(3\pi t) \\ q_{3_d}(t) = 0.1\cos(2\pi t) \end{cases}$$

1. Calculer les expressions analytiques des trajectoires de vitesses et d'accélérations articulaires en dérivant successivement ces fonctions par rapport au temps.
2. Construire une fonction ***trajrefart.m*** qui permet le calcul des trajectoires de référence (de positions, de vitesses et d'accélérations articulaires) à l'instant t. Cette fonction aura comme entrée t et comme sorties :

$$q_d(t) = \begin{pmatrix} q_{1d}(t) \\ q_{2d}(t) \\ q_{3d}(t) \end{pmatrix} \ ; \ \dot{q}_d(t) = \begin{pmatrix} \dot{q}_{1_d}(t) \\ \dot{q}_{2_d}(t) \\ \dot{q}_{3_d}(t) \end{pmatrix} \ ; \ \ddot{q}_d(t) = \begin{pmatrix} \ddot{q}_{1_d}(t) \\ \ddot{q}_{2_d}(t) \\ \ddot{q}_{3_d}(t) \end{pmatrix}$$