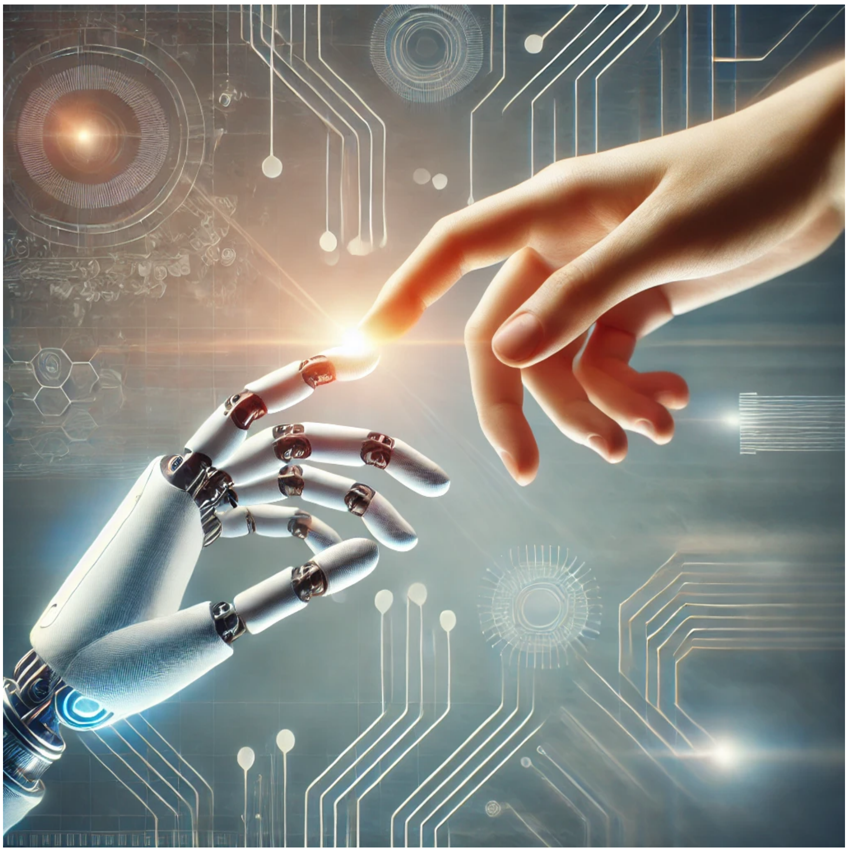
UQAC

Interaction Humain-Robot : Devoir 2



Constance ALOYAU, Erwan MAWART, Benjamin PELLIEUX

PELB28120100, MAWE14050200, ALOC25530200

12 novembre 2024

Table des matières

Introduction

Les vibrations dans un mécanisme robotique, lorsqu'il est manipulé par un opérateur humain, peuvent affecter significativement la qualité et la précision de la tâche réalisée. Nous étudions l'impact perceptuel de ces vibrations lorsqu'un opérateur applique une force à l'aide d'une poignée sur un capteur de force fixé à un robot à un degré de liberté...

Énoncé 1 : Conception du modèle du mécanisme

Question 1.1

On note les variables d'états sont x_1, x_2, v_1 et v_2. En effet, une vitesse est la dérivée d'une position, d'où :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dot{x_1} \\ \dot{x_2} \end{pmatrix}$$

Ainsi, on déduit les deux équations suivantes.

$$\begin{cases} m_R\ddot{x_1} = F - K_Bx_1 + K_Bx_2 - C_B\dot{x_1} + C_B\dot{x_2} \\ M_R\ddot{x_2} = K_Bx_1 - K_Bx_2 + C_B\dot{x_1} - C_B\dot{x_2} - C_R\dot{x_2} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \ddot{x_1} = \frac{F - K_Bx_1 + K_Bx_2 - C_B\dot{x_1} + C_B\dot{x_2}}{m_R} \\ \ddot{x_2} = \frac{K_Bx_1 - K_Bx_2 + C_B\dot{x_1} - C_B\dot{x_2} - C_R\dot{x_2}}{M_R} \end{cases}$$

Les variables d'état se constitue de deux équations matricielles : $\dot{X} = AX + BU$ et $Y = CX + DU$, où A, B, C et D sont à déterminer.

$$\dot{X} = AX + BU \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{x_1} \\ \dot{x_2} \\ \ddot{x_1} \\ \ddot{x_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{-K_B}{m_R} & \frac{K_B}{m_R} & \frac{-C_B}{m_R} & \frac{C_B}{m_R} \\ \frac{K_B}{M_R} & \frac{-K_B}{M_R} & \frac{C_B}{M_R} & \frac{-(C_B+C_R)}{M_R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dot{x_1} \\ \dot{x_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{m_R} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot F$$

$$Y = CX + DU \Leftrightarrow Y = CX \Leftrightarrow \begin{bmatrix} x_2 \\ \dot{x_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dot{x_1} \\ \dot{x_2} \end{bmatrix}$$

Question 1.2

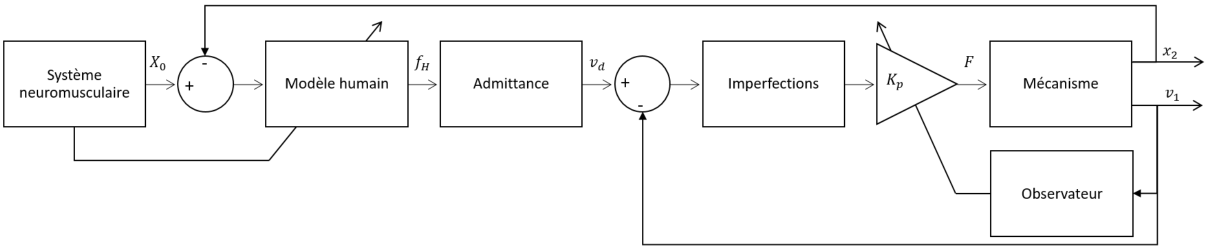


FIGURE 1 – Schéma bloc du système avec observateur

Un observateur est ajouté pour ajuster dynamiquement le gain correcteur K_p, qui est mis à jour selon la formule suivante :

$$K_p(n+1) = K_p(n) \cdot \eta$$

Où

$$\eta = \begin{cases} \eta_{\text{min}} & \text{si } \eta' \leq \eta_{\text{min}} \\ \eta' & \text{si } \eta' > \eta_{\text{min}} \end{cases}$$

et

$$\eta' = \begin{cases} 1 & \text{si } V \geq V_{\text{min}} \\ 0 & \text{si } V \geq V_{\text{max}} \\ \frac{V_{\text{max}} - V}{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}} & \text{sinon} \end{cases}$$

De plus,

$$V = \begin{cases} \lambda \sum_{i=1}^{q-1} \frac{|y_{1,i+1} - y_{1,i}|}{t_{1,i+1} - t_{1,i}} & \text{si } q \geq 2 \\ 0 & \text{si } q < 2 \end{cases}$$

Avec η_{min} une valeur définie proche de 0, $V_{\text{min}} = \frac{\lambda}{2}$, $V_{\text{max}} = V_{\text{min}} + \lambda$, λ un coefficient d'amplitude, q représentant le nombre d'extremums présents dans le signal, y l'amplitude du signal correspondant à l'$i^{\text{ème}}$ extremum, et t le temps correspondant.

Question 1.3

On a :
$Den(s) = M_R T m_R^2 v \cdot s^6 + (M_R m_R^2 v + C_B T m_R^2 v + C_R T m_R^2 v + C_B M_R T m_R v + M_R T c m_R v) \cdot s^5 + (C_B m_R^2 v + C_R m_R^2 v + K_B T m_R^2 v + C_B M_R m_R v + K_p M_R m_R v + M_R c m_R v + C_B M_R T c v + C_B C_R T m_R v + K_B M_R T m_R v + C_B T c m_R v + C_R T c m_R v) \cdot s^4 + (K_B m_R^2 v + C_B M_R c v + C_B C_R m_R v + C_B K_p m_R v + K_p M_R c v + C_R K_p m_R v + K_B M_R m_R v + C_B c m_R v + C_R c m_R v + C_B C_R T c v + K_B M_R T c v + C_R K T m_R v + K_B T c m_R v) \cdot s^3 + (C_B C_R c v + C_B K_p c v + C_R K_p c v + K_B M_R c v + C_R K m_R v + K K_p m_R v + K c m_R v + C_R K T c v) \cdot s^2 + (C_B K_h K_p + C_R K c v + K K_p c v) \cdot s + K_B K_h K_p$

s^n	a_n	a_{n-2}	a_{n-4}	$\cdots$
s^{n-1}	a_{n-1}	a_{n-3}	a_{n-5}	$\cdots$
s^{n-2}	b_{n-1}	b_{n-3}	b_{n-5}	$\cdots$
s^{n-3}	c_{n-1}	c_{n-3}	c_{n-5}	$\cdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
s^0	h_{n-1}	h_{n-3}	h_{n-5}	$\cdots$

où

$$b_{n-1} = \frac{-1}{a_{n-1}} \begin{vmatrix} a_n & a_{n-2} \\ a_{n-1} & a_{n-3} \end{vmatrix} = \frac{a_{n-1}a_{n-2} - a_n a_{n-3}}{a_{n-1}}$$

$$b_{n-3} = \frac{-1}{a_{n-1}} \begin{vmatrix} a_n & a_{n-4} \\ a_{n-1} & a_{n-5} \end{vmatrix}$$

et

$$c_{n-1} = \frac{-1}{b_{n-1}} \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \\ b_{n-1} & b_{n-3} \end{vmatrix}$$

$$c_{n-3} = \frac{-1}{b_{n-1}} \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-5} \\ b_{n-1} & b_{n-5} \end{vmatrix}$$

etc.

Voir le fichier "calcRouthHurwitz.m" afin de voir le tableau. Ici, les valeurs qui vont nous intéresser sont :
$a_n = 50000$
$a_{n-1} = 604000$
$b_{n-1} = \frac{1350000*Kp+652552000}{151}$
$c_{n-1} =$

$$-\frac{444891200000K_p-(12800K_p+492628000)\cdot\left(\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}\right)-2000000K_hK_p+314960320000000}{\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}}$$

$$d_{n-1} =$$

$$\frac{\left(\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}\right)\cdot\Big(\left(\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}\right)\cdot(800000K_p+40K_hK_p+80000000)-24160000000K_hK_p+\Big(\frac{111222800K_p}{151}-\frac{500K_hK_p}{151}+\frac{7874008}{151}}{444891200000K_p-(12800K_p+492628000)\cdot\Big(\frac{1350000K_p}{151}}$$

$$e_{n-1} =$$

$$\frac{\Big(\Big(\Big(\Big(\Big(\frac{1350000K_p}{151}\Big)+\frac{652552000}{151}\Big)\cdot(800000K_p+40K_hK_p+80000000)-24160000000K_hK_p\Big)\Big)\cdot\Big(\Big(\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}\Big)\cdot(800000K_p+40K_hK_p+80}{\Big(444891200000K_p-(12800K_p+492628000)\cdot\left(\frac{1350000K_p}{151}+\frac{652552000}{151}\right)-2000000K_hK_p+31}$$

L'équation qui donne K_p est :

$$\sqrt{\begin{aligned}&13500K_h^2K_p^4 + 5722790400K_hK_p^4 - 1536192000000K_p^4 + 25K_h^3K_p^3 + 364212158627392K_hK_p^3\\ &\quad - 1477369060K_h^2K_p^3 - 222772866812160000K_p^3 + 58039881976304K_h^2K_p^2 + 7522346448958687680K_hK_p^2\\ &\quad - 279602932301062400000K_p^2 + 3368250209611099328000K_hK_p - 970365650376620800000000K_p\\ &\quad - 7130246428367744000000000\end{aligned}}$$

Énoncé 2 : Simulation

Question 2.1

Question 2.2

Question 2.3

Annexe

Lien vers le Dépôt GitHub

https://github.com/BlueWan14/Cours_IHR/tree/main/Devoir_2