

Binôme : IBRAHIM Chris, FLEYTOUX Yoann

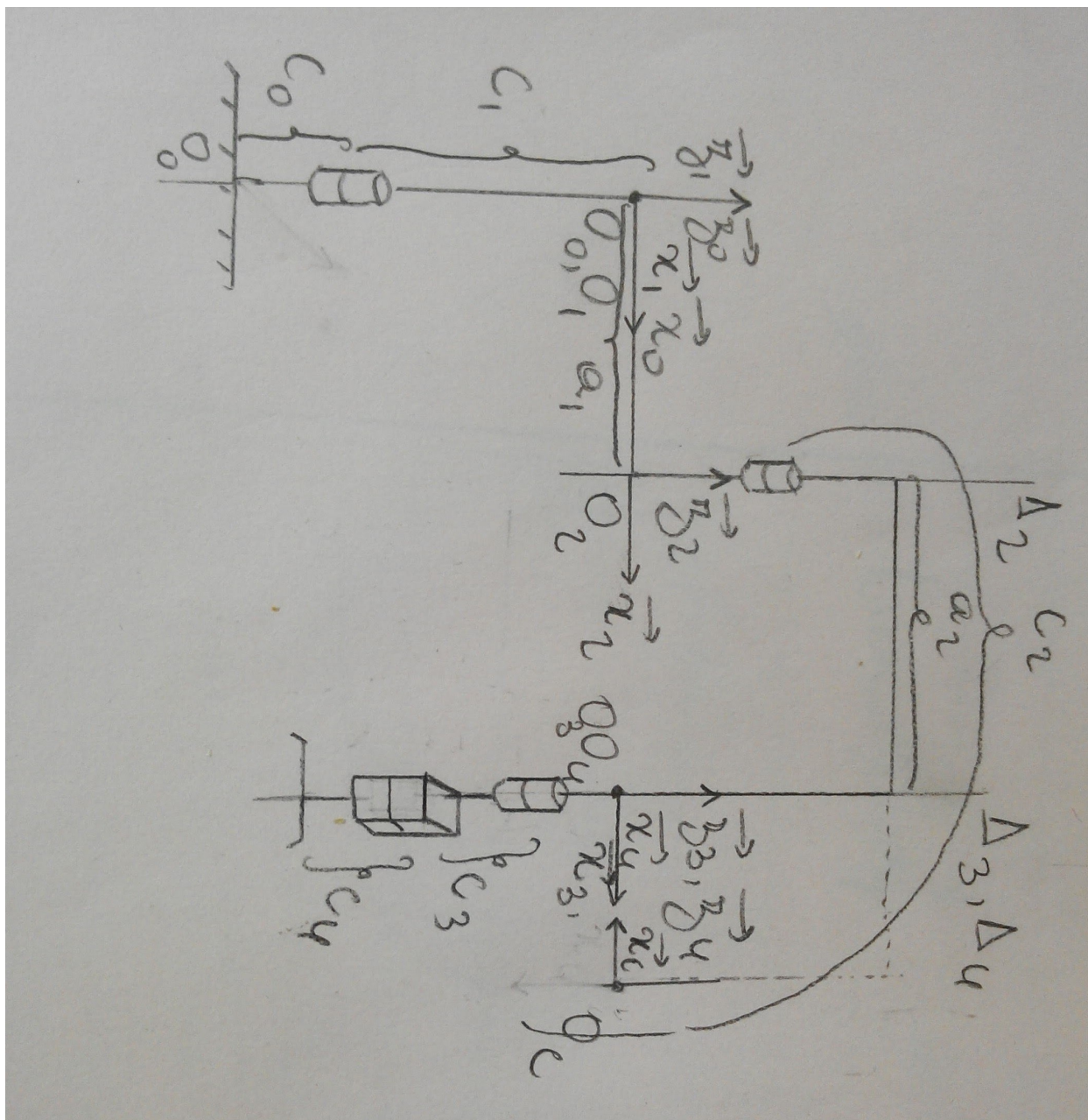
IASRI – UPSSITECH

A l'attention de M^{me} Viviane CADENAT

Compte rendu du TP 1 de Robotique : Etude d'un poste robotisé –
vision/robotique

1.2.1. Modélisation du robot et de la tâche

1) Schéma du robot



Paramètres de Denavit/Hartenberg et matrices de passage homogènes

L_i Param	1	2	3	4
d_i	0	0	1	0
a_{i-1}	0	$+a_1$	$+a_2$	0
α_{i-1}	0	0	0	0
π_i	0 0 0 1	0	q_3	0
θ_i	q_1	q_2	0	q_4
q_i	0	0	0	0 0 0 1

$$T_{01} = \begin{pmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & 0 \\ s_1 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{12} = \begin{pmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & +a_1 \\ s_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{23} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & +a_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

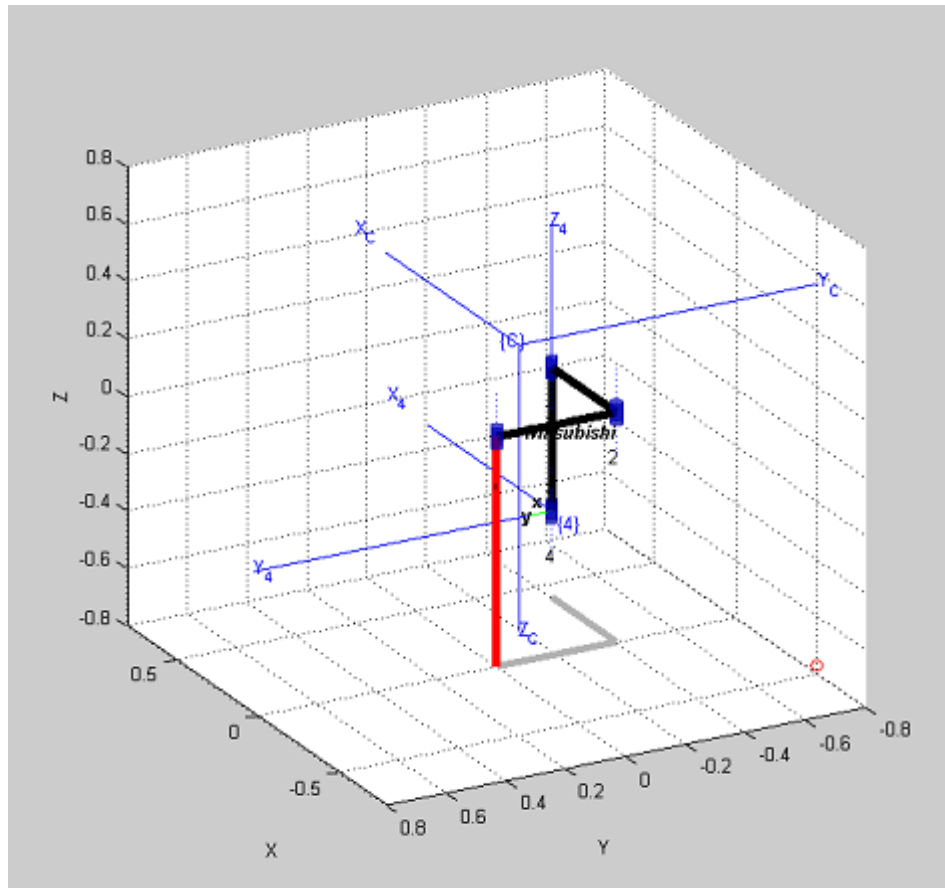
$$T_{34} = \begin{pmatrix} c_4 & -s_4 & 0 & 0 \\ s_4 & c_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- 2) Comparaison du modèle géométrique direct calculé via matlab et celui obtenu via la fkine.
On retrouve les mêmes résultats en utilisant les deux méthodes.

3) Matrice de passage entre les repères R_0 et R_c : $T_{3C} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & a_2 + L_3 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

et $T_{0C} = T_{01} \times T_{12} \times T_{23} \times T_{3C}$

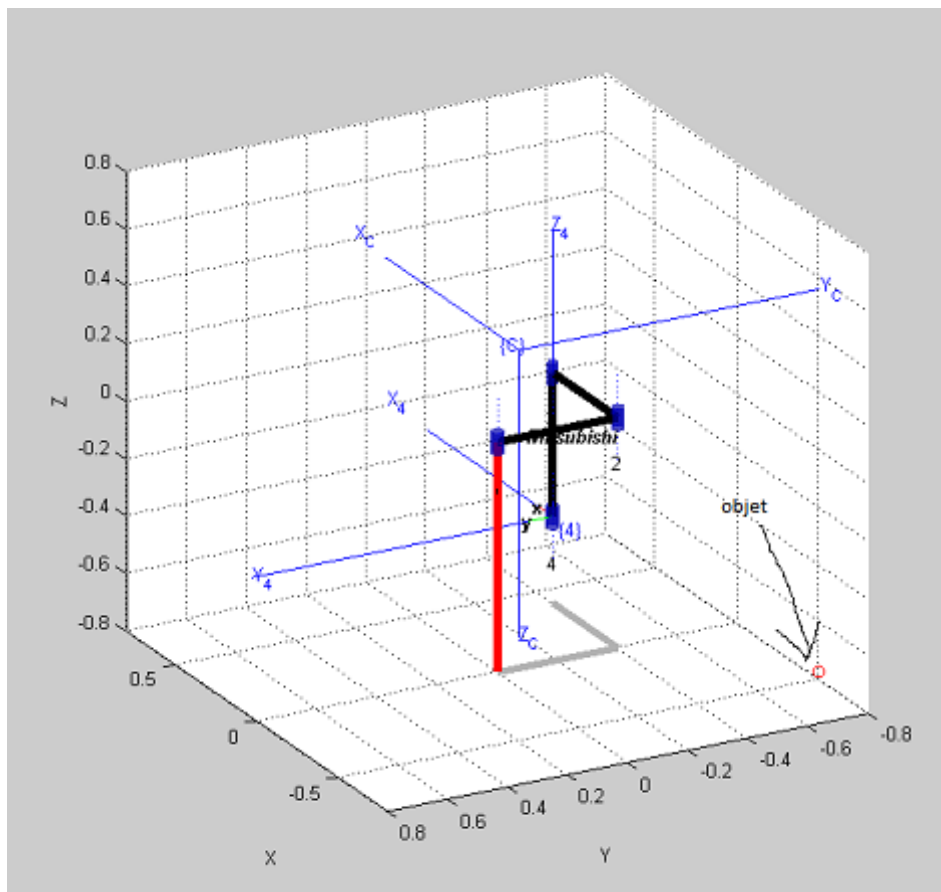
Repère caméra et robot manipulateur sur la même figure (pour la configuration Q_7)



4) Détermination de la situation de l'objet à saisir dans le repère de base puis le repère outils

5) Figures : configurations obtenues

6) Figures : Les trajectoires correspondantes



1.2.2. Commande du robot

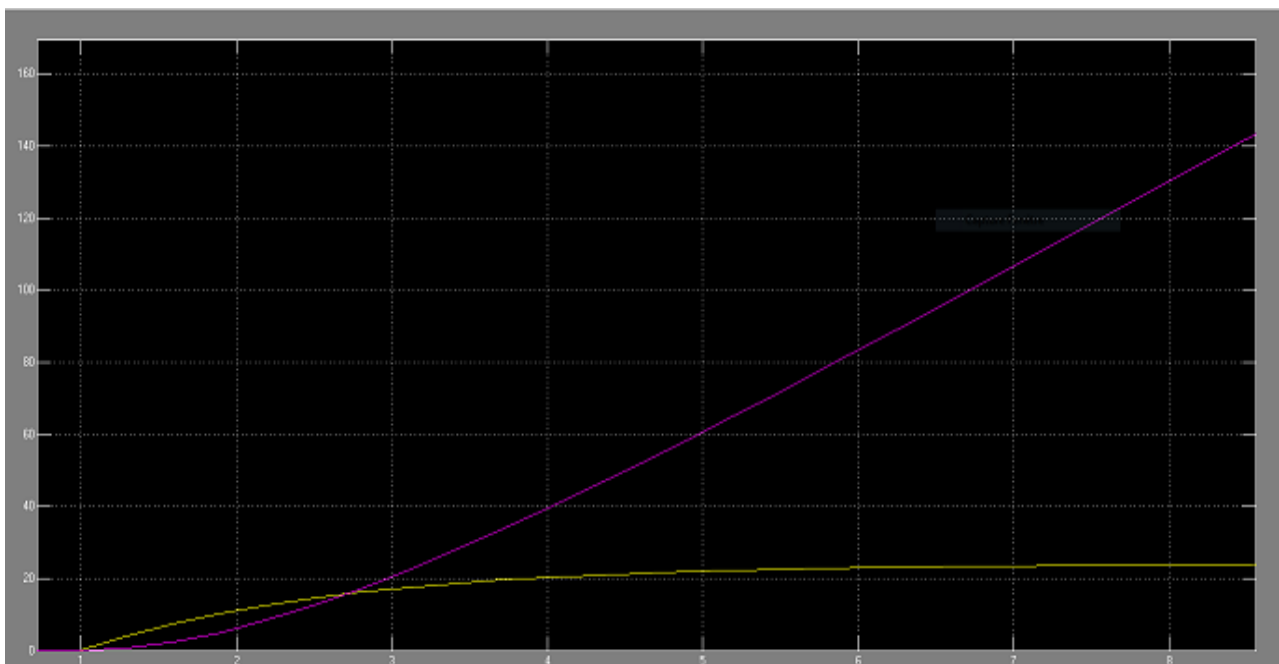
7)

$$\begin{aligned}
 q_i &= \frac{1}{p} \dot{q}_i; \quad \ddot{q}_i = \pi \Omega_{mi}; \quad \Omega_{mi} = u_i \times \frac{k_m}{R \cdot \pi} \times \frac{1}{B + J_i \cdot p} \\
 \dot{q}_i &= u_i \times \frac{k_m}{R(B + J_i \cdot p)} \Rightarrow \dot{q}_i \cdot RB + p \dot{q}_i J_i = u_i k_m \\
 u_i \cdot k_m &= RB \dot{q}_i + \ddot{q}_i J_i \quad (\text{car } p \dot{q}_i = \ddot{q}_i) \\
 \text{d'où } \ddot{q}_i &= \frac{1}{J_i} (-RB \dot{q}_i + u_i \cdot k_m) \text{ or } \ddot{X}_i = \begin{pmatrix} \ddot{q}_i \\ \ddot{q}_i \end{pmatrix} \\
 \text{d'où } \ddot{X}_i &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -\frac{RB}{J_i} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_i \\ \dot{q}_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_m}{J_i} \end{pmatrix} u_i \\
 Y_i &= \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_i \\ \dot{q}_i \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

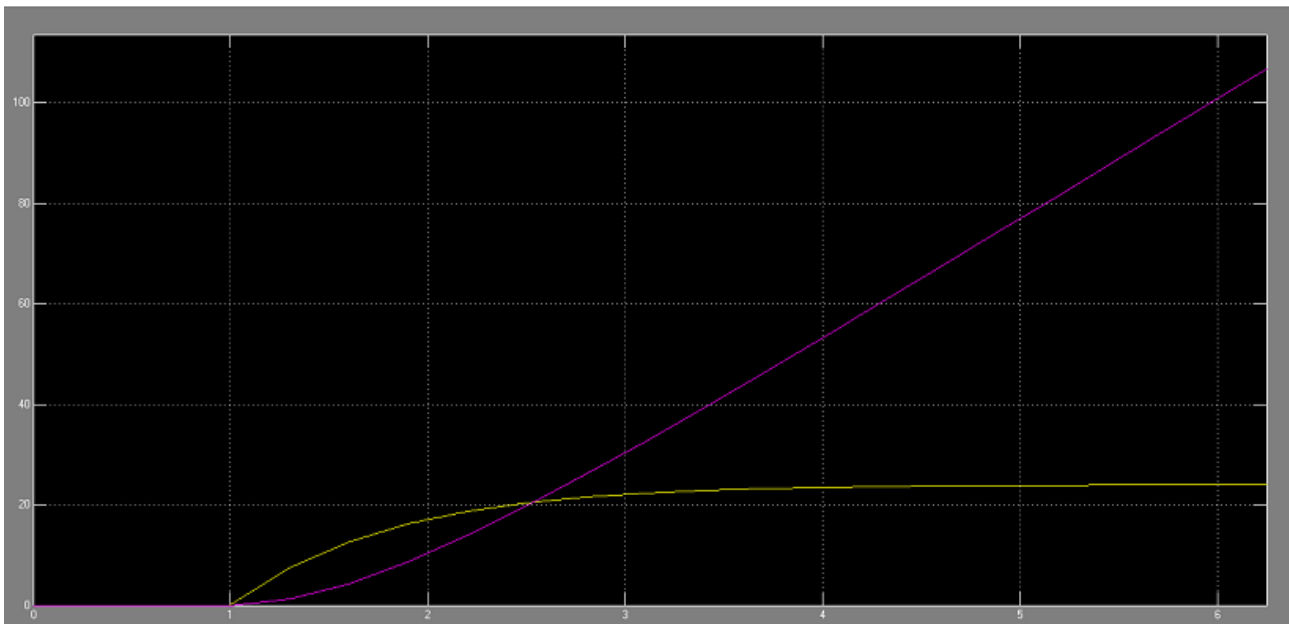
8) Les deux systèmes sont commandables car le rang de leur matrice de commande est de 2 ce qui est égal à leur dimension (2). Le système 1 admet un pôle valant -0.625, d'où il est stable et le système 2 un pôle égal à -1.25, d'où il est également stable. Mais ces deux systèmes sont au bord de l'instabilité car ils admettent un deuxième pôle qui est 0.

9) Interprétation des résultats pour un u_i de 1V :

Sur les réponses indicielles obtenues ci-dessous, on peut voir que la vitesse converge mais vers une valeur non nulle. Par conséquent, la position étant l'intégrale de la vitesse se met à diverger avec une pente constante qui correspond à la valeur de convergence de la vitesse.



Réponse indicielle $q_1(t)$ (violet) et $q_1^\circ(t)$ (jaune) de l'actionneur 1 pour un $u_1 = 1V$



Réponse indicielle $q_2(t)$ (violet) et $q_2^o(t)$ (jaune) l'actionneur 2 pour un $u_2 = 1V$

Ces observations montrent qu'il est nécessaire d'asservir l'actionneur pour piloter le robot de manière à suivre une trajectoire prédéterminée sans quoi la trajectoire divergerait et ne se stabiliserait jamais

- 10) Pour qu'un retour d'état soit réalisable, le système doit être à la fois commandable et observable, ou au moins juste observable pour un retour d'état aidé d'un observateur. Et ici, nous avons bien un système commandable et observable (après vérification sur matlab)

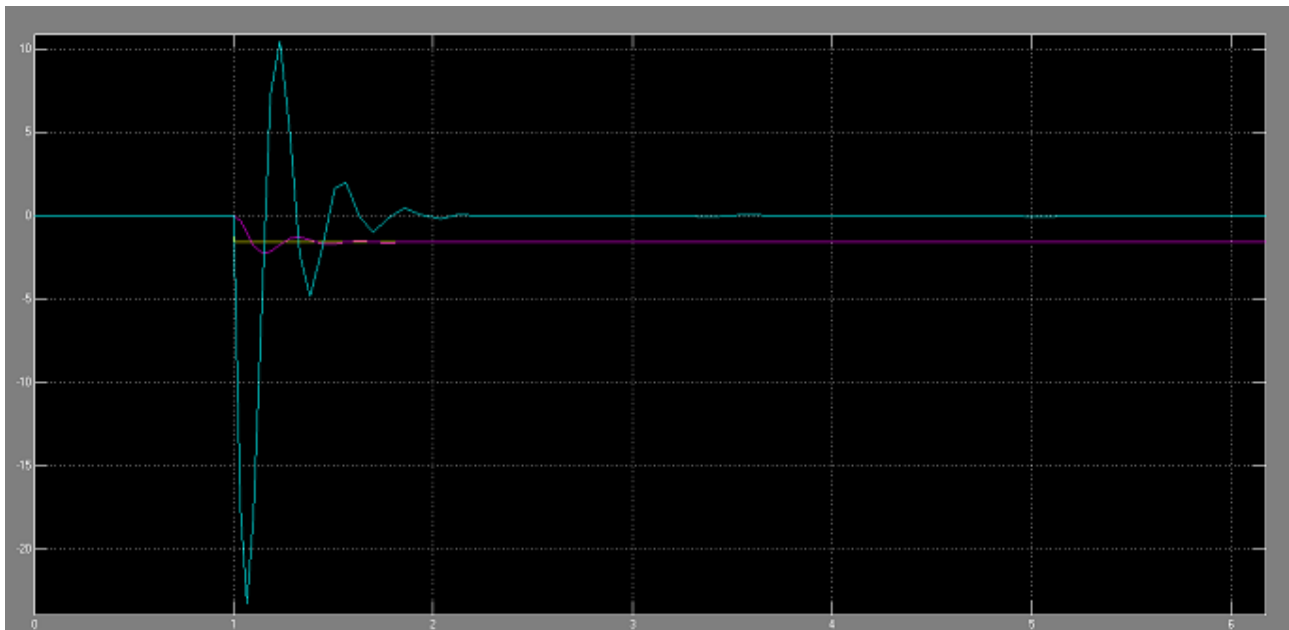
Pour la première série de pôles avec $p_{11} = -2$, $p_{12} = -2$ et $p_{21} = -3$, $p_{22} = -3$, on a des pôles doubles donc pas de relation de dominance, ce qui fait que le temps de réponse vaut exactement $3/2$ et la première axe est 1 pour la deuxième. Le régime permanent sera atteint sans aucune oscillation vu qu'ils sont réels négatifs.

Dans la deuxième série de pôles avec $p_{11} = -5+20j$, $p_{12} = -5-20j$ et $p_{21} = -4+20j$, $p_{22} = -4-20j$, on a des pôles complexes conjugués pour chaque ce qui impliquera des oscillations pendant le régime transitoire qui s'estomperont au régime permanent.

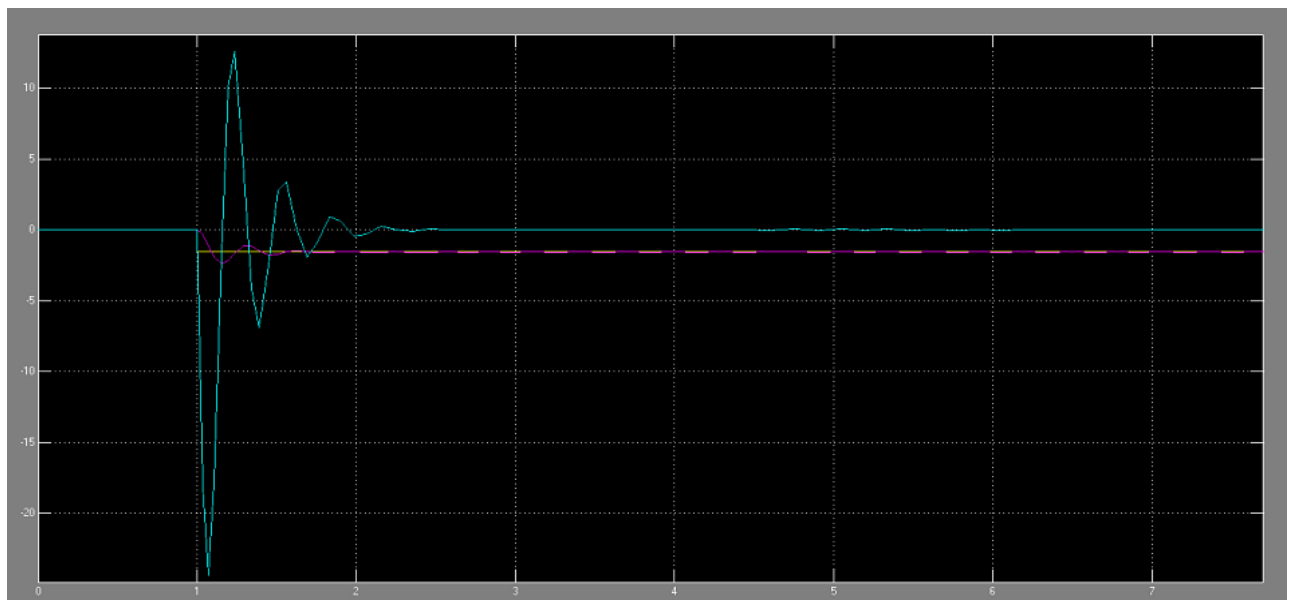
- 11) Gain $K_i = [K_{p_i} \ K_{d_i}]$ du retour d'état : $U_i = q_i^* - K_i X_i$

En prenant $K_1 = [28.3333 \ 0.6250]$ et $K_2 = [13.8667 \ 0.2250]$. On a une réponse qui oscille pour les deux sorties des deux systèmes comme on pouvait s'y attendre. De plus, l'une d'elles n'atteint jamais le régime permanent et continue d'osciller longtemps après que l'autre sortie se soit déjà stabilisée.

Pour avoir une erreur de position nulle, il suffit de mettre comme valeur de gain de la loi de commande l'inverse du gain statique du système en boucle fermée. On obtient alors les courbes suivantes.



En violet $q_i(t)$, en bleu $q_i^o(t)$ et en jaune la consigne



En violet $q_i(t)$, en bleu $q_i^o(t)$ et en jaune la consigne

12)

- 13) En effet, il serait intéressant d'asservir les deux dernières liaisons du robot pour réaliser une tâche de saisie d'objet car les deux liaisons que l'on a considéré ici permettent juste au robot de pivoter autour de sa base et seulement suivant le plan horizontale. Pour saisir un objet, il faudrait pouvoir contrôler sa liaison rotoïde pour pouvoir atteindre un objet posé et le soulever.

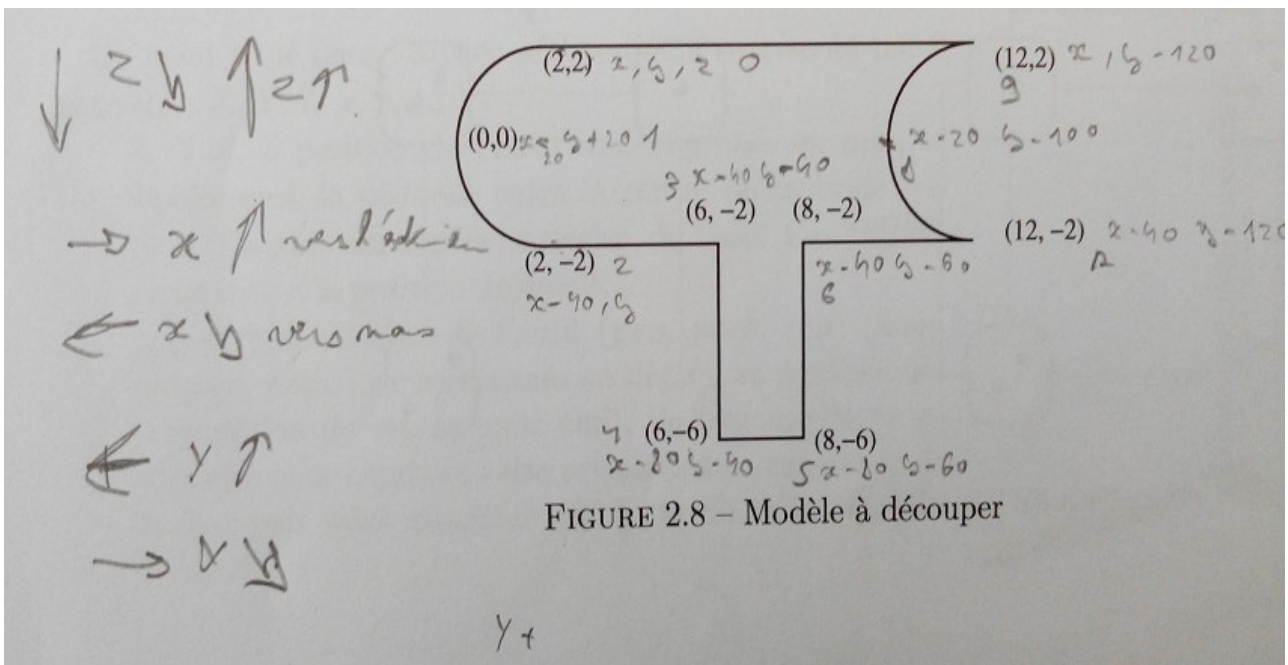
Compte rendu TP Partie 2 : Le robot Mitsubishi RH-5AH55 et le logiciel COSIMIR

UTILISATION EN MODE MANUELLEMENT

- Le mode JOINT permet de voir la configuration courante du robot en affichant les paramètres de chaque liaison.
- Le mode WORLD permet de voir la situation de l'organe terminale par rapport au repère de base déterminé par la base du robot
- Le mode TOOL affiche la situation de l'organe terminal par rapport à la dernière liaison du robot.

COSIMIR EDUCATION (SIMULATION)

1. Voir le code pour une démonstration du découpage du modèle.



Démarche de réflexion

2. MVS permet de déplacer l'organe terminal suivant des lignes droites.
MOV permet de déplacer l'organe terminal suivant des lignes courbes.

COSIMIR PROFESSIONNEL

3. Voici une méthode permettant de déplacer les 3 cubes de la position initiale présentée à la position finale attendue.

Supposant le point de départ est la situation de l'organe terminale suivante : $P_0 = (-26, 325, 267, 0, 0, -97)$

Sachant que la longueur $a = 100$ désigne la distance entre deux cubes consécutifs en suivant

le périmètre du carré sur laquelle les cubes sont placés, on a défini 6 actions comme suit compte de tenu de la disposition du repère et des mesures prises (les « égales » sont des affectations).

- Pour aller vers le haut : $x = x - a$
- Pour aller vers le bas : $x = x + a$
- Pour aller vers la gauche: $y = y + a$
- Pour aller vers la droite : $y = y - a$
- Pour descendre l'OT : $z = z - 85$
- Pour monter l'OT : $z = z + 85$
- Ouvrir la pince : open
- Fermer la pince : close

Voici donc l'algorithme permettant de substituer les cubes comme demandé sachant qu'on englobera les deux suites d'instruction :

- $z - 85 \rightarrow \text{close} \rightarrow z + 85$ par l'instruction « saisir »
- $z - 85 \rightarrow \text{open} \rightarrow z + 85$ par l'instruction « poser »

$x - 100$, saisir, $x + 100$, poser, $x - 100$, $y - 100$, saisir, $y + 100$, poser, $y - 100$, $x + 100$, saisir, $x - 100$, poser, $x + 100$, $y + 100$.

Notre algorithme en melfa basic s'est basé sur celui-ci en le transformant ses instructions en des déplacements en ligne droite vers des points avec l'instruction MVS