

# 1 Introduction

Cette séance de travaux pratiques s'intéresse à une problématique bien connue des chaînes industrielles où un poste de travail est souvent constitué d'un robot et d'une caméra. Le robot est utilisé pour manipuler des objets tandis que la caméra permet de déterminer l'emplacement de ces derniers dans la zone de travail.

Si l'on considère par exemple la prise/dépose d'objets arrivant en vrac sur un tapis roulant, ce problème peut être traité avec le séquençement suivant :

1. Stopper le tapis roulant et faire une reconnaissance de la scène avec la caméra.
2. Dédire la position et l'orientation de l'objet à saisir dans le repère caméra.
3. Ramener la situation dans le repère de base du robot.
4. Déplacer le bras du robot jusqu'à l'objet.
5. Saisir l'objet.
6. Le déposer sur le poste de travail.

Dans ce TP, nous nous intéressons aux étapes 3, 4 et 5 précédentes.

Nous considérons ici un poste de travail composé du robot Mitsubishi RH-5AH55 muni d'une caméra fixée à son deuxième corps mobile (elle se déplace donc uniquement avec les deux premières liaisons). Cette caméra est couplée à un système de reconnaissance d'objets capable de fournir la position et l'orientation de l'objet à saisir dans le repère de la caméra. Ces différents aspects sont représentés sur la figure 1.

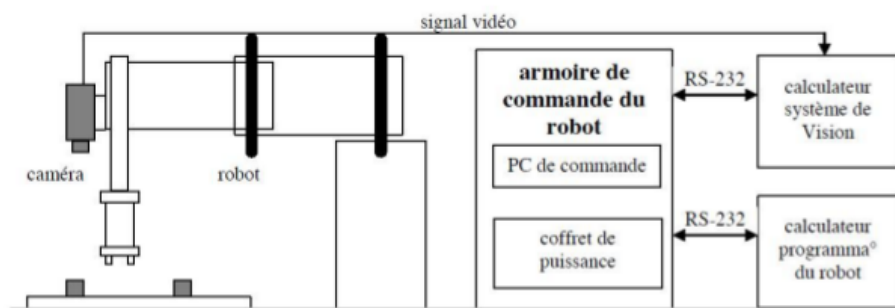


FIGURE 1 – Poste de travail

Les repères sont positionnés comme le montre la figure 2.  $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  et  $R_C(C, \vec{x}_c, \vec{y}_c, \vec{z}_c)$  représentent respectivement les repères liés à la base du robot et à la caméra. Le repère  $R_4(O_4, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ , lié à l'organe terminal, désignera le repère outil.  $a_1$ ,  $a_2$  et  $L_3$  correspondent aux longueurs des segments du robot. L'objectif de cette séance de travaux pratiques est de déterminer la situation de l'objet à saisir dans  $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  connaissant les informations renvoyées par le dispositif de vision puis de déplacer le robot de manière à saisir l'objet.

## 2 Travail à effectuer

Le développement sera effectué à l'aide du logiciel Matlab. Des fonctions de visualisation ainsi qu'un programme de base (`etudiant_vide.m`) à compléter sont accessibles. Les questions suivantes vous aideront à compléter « les trous » qui ont été laissés dans le fichier `etudiant_vide.m`.

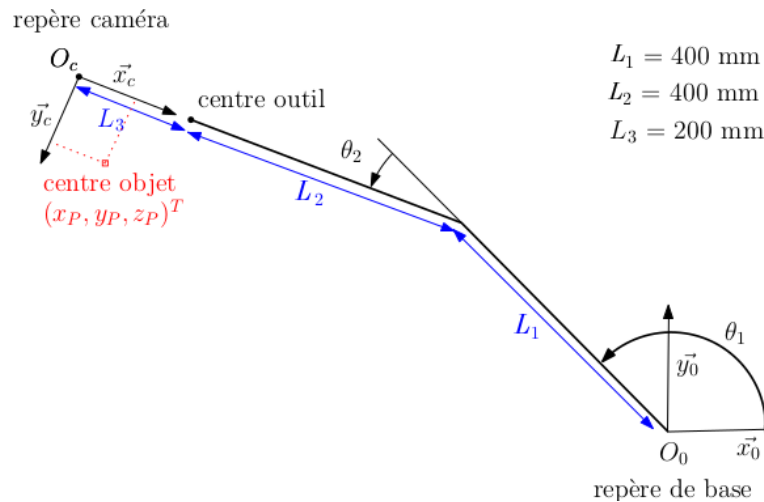


FIGURE 2 – Positionnement des repères

## 2.1 Modélisation du robot

### Question 1.

Pour les configurations indiquées dans le fichier `etudiant`, à l'aide de la fonction `drawBM` fournie, afficher le bras manipulateur. Visualiser les différents axes afin d'appréhender la structure mécanique du bras manipulateur.

### Question 2.

Écrire une fonction Matlab permettant de calculer le modèle géométrique direct.

### Question 3.

Valider votre modèle.

## 2.2 Modélisation de la tâche

Pour pouvoir aller saisir la pièce d'intérêt, il faut déterminer sa situation dans le repère de base  $\mathcal{R}_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  du bras manipulateur. L'objectif de cette partie est donc de déterminer cette position et d'en déduire les configurations correspondantes.

### Question 4.

Déterminer la matrice de passage entre les repères  $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  et  $R_C(C, \vec{x}_c, \vec{y}_c, \vec{z}_c)$ . **On rappelle que la caméra se déplace uniquement avec les deux premières liaisons.** A l'aide de configurations particulières ou de visualisations du robot, valider le résultat obtenu. A l'aide de la fonction `drawFrame`, afficher le repère caméra et le robot manipulateur sur une même figure. Vérifier que l'orientation du repère  $R_c$  correspond bien à celle de la figure 2.

### Question 5.

La caméra mesure la position et l'orientation de la pièce à saisir dans le repère  $R_C(C, \vec{x}_c, \vec{y}_c, \vec{z}_c)$ . Elle fournit les résultats suivants :

- La mesure se fait à la configuration  $(q_1, q_2) = (0, 0)$
- Les coordonnées homogènes du point P, centre de la pièce, dans  $R_c$ . Elles sont données par le vecteur  $[0.5, 0, h, 1]$  où  $h = 0.8m$  est la hauteur séparant la caméra du plan de travail.
- L'orientation du repère  $R_P$ , centré sur P. Elle est définie par une rotation de  $\pi/2$  autour de  $\vec{z}_c$ .

Déterminer la situation de l'objet à saisir dans le repère de base à partir des informations fournies par la caméra et des résultats précédents. Valider le résultat obtenu.

**Question 6.**

Déterminer maintenant le modèle géométrique inverse (MGI) du robot. Pour cela, on montre que la matrice de passage homogène  $T_{04}$  s'écrit :

$$\begin{pmatrix} c_{1+2+4} & -s_{1+2+4} & 0 & L_1c_1 + L_2c_{1+2} \\ s_{1+2+4} & c_{1+2+4} & 0 & L_1s_1 + L_2s_{1+2} \\ 0 & 0 & 1 & h + q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

A l'aide du fichier *Equations usuelles du MGI*, déterminer quel type d'équation il faut résoudre pour déterminer  $q_1$  et  $q_2$ . Résoudre ce système à l'aide de l'annexe.

**Question 7.**

Implémenter une méthode *MGI* en suivant la démarche de résolution. Déterminer les configurations permettant de saisir l'objet et vérifier vos résultats à l'aide du MGD et de visualisations du robot.

**Question 8.**

Expliquer comment les expressions de la méthode *MGD* ont été trouvées.

**Question 9.**

Expliquer comment l'expression de  $q_4$  de la méthode *MGI* a été trouvée.

**Question 10.**

Expliquer comment le type d'équation utilisé en question 7 a été résolu.

Annexe

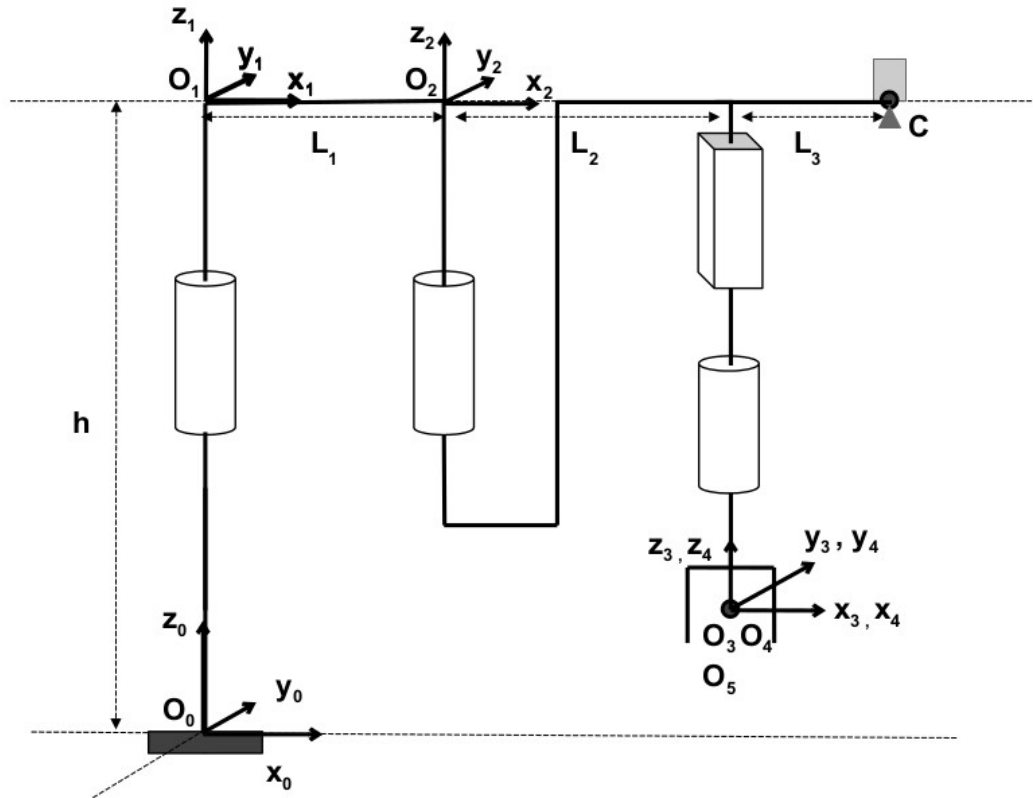


FIGURE 3 – Vue 3D du robot SCARA Mitsubishi RH-5AH55.

N.B : Données techniques du robot :

$$h = 800mm$$

$$L_1 = L_2 = 400mm$$

$$L_3 = 200mm$$