

## TP 2 Robot Dobot : Modèle géométrique direct, espace d'atteignabilité, simulation du bras

**Objectif :** Le robot Dobot étant muni de l'outil 'Feutre' ; il s'agit de coder dans MatLab le Modèle Géométrique Direct (MGD) du robot afin de permettre :

- la représentation de son espace d'atteignabilité (correspondant à l'espace que peut atteindre la pointe du feutre) ;
- la simulation de la posture du bras du robot pour un jeu de valeurs articulaires données, notées  $q_1, q_2, q_3$  (correspondant aux valeurs Joint1, Joint2, Joint2 dans l'application DobotStudio) associées aux articulaires 1, 2, 3. L'articulation 4 étant non contrôlable, sa valeur articulaire  $q_4$  n'est pas considérée, voir la Question 3 du TP 1. Etant donné que l'outil est un 'Feutre', l'articulation 5 est inactive aussi la valeur  $q_5$  (correspondant à la valeur Joint4 dans DobotStudio) est nulle à tout instant.

Plus précisément, vous allez :

- A) Exprimer le MGD du robot sous la forme d'une matrice de transformation homogène  $T_{0,5}$ . En déduire un script qui permette, en fonction des valeurs articulaires  $q_1, q_2, q_3$ , de calculer dans le repère de base ( $R_0$ ) les coordonnées opérationnelles ( $PF_x, PF_y, PF_z$ ) de la pointe du 'Feutre'.
- B) Appliquer une méthode de type Monte-Carlo pour disposer d'une image approchée de l'espace d'atteignabilité de la pointe du Feutre à travers un nuage de points dans l'espace  $\mathbb{R}^3$ , où chaque point correspond à l'application à l'entrée du MGD d'un jeu de valeurs articulaires admissibles (c-à-d, dans les limites admissibles des butées mécaniques/logicielles).
- C) Simuler la posture du bras du robot, muni du Feutre, dans l'espace  $\mathbb{R}^3$  à travers ses différents corps en utilisant les matrices de transformation homogène élémentaire du modèle géométrique direct. Il s'agit également d'afficher les coordonnées de la pointe du Feutre.

### A) Calcul du Modèle Géométrique Direct (MGD)

- 1) Coordonnées de la pointe du Feutre dans le cas où le bras est dans sa position initiale

Connecter le robot à l'application DobotStudio. Fixer le Feutre (muni de son capuchon) à l'extrémité du bras du robot, sélectionner (dans l'encadré situé en haut au milieu de la fenêtre) l'outil « Advanced » (parmi ceux disponibles : SuctionCup, Gripper, Laser, Pen, Advanced) avec les valeurs de configuration suivantes :

$$\begin{aligned} \text{EndType} &: P\text{Feutre} \\ x\text{Bias} &= 61; y\text{Bias} = 0; z\text{Bias} = 82,7 \end{aligned}$$

où  $x\text{Bias} = d(O_4, P)$ ,  $z\text{Bias} = d(P, O_5)$ , voir la figure suivante. Ainsi, les coordonnées  $X, Y, Z$  (exprimées dans le repère  $R_0$ ) de la pointe du Feutre sont accessibles dans l'encadré « Operation Panel » (situé à droite de la fenêtre).

La figure suivante représente le robot dans sa configuration initiale (c-à-d, à  $t = 0$ ) avec les repères associés aux différents corps du robot. Via la fonctionnalité « Bockly » (disponible dans l'application DobotStudio, voir §III.F.2 du TP 1), appliquer les valeurs  $q_1 = q_2 = q_3 = 0$  afin de placer le bras dans sa configuration initiale.

■ A quel point dans la figure se réfère les valeurs  $X, Y, Z$  que vous avez relevées ?

- | A quel point dans la figure se réfère les valeurs  $X, Y, Z$  quand l'outil sélectionné est « Pen » ?
- | Expliquer l'intérêt de sélectionner l'outil « Advanced » plutôt que « Pen ».

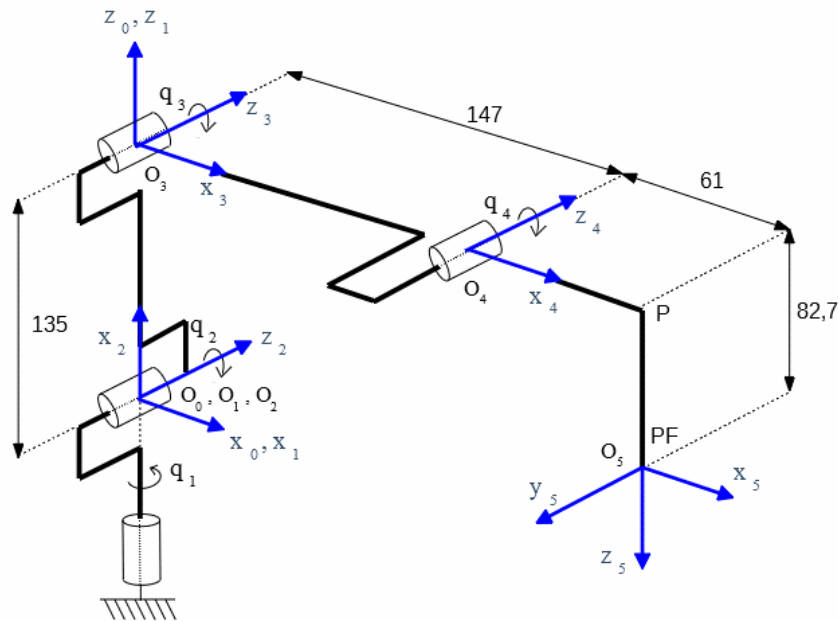


Figure 1 : association des repères  $R_0, \dots, R_5$  aux différents corps du bras du robot.

2) Tableau de Denavit-Hartenberg modifié

Calculer les paramètres de Denavit-Hartenberg modifié du robot :

$j$	$\alpha_j$	$d_j$	$\theta_j(t)$	$r_j$
1				
2				
3				
4				
5				

à partir de la configuration initiale du robot décrite dans la figure précédente. Pour rappel, l'expression des valeurs  $\theta_1(t), \dots, \theta_5(t)$  est donnée dans les pages 4 et 5 du TP 1.

3) Matrice de transformation homogène  $T_{0,5}$

a) Proposer un script, sous la forme d'une fonction MatLab (voir instruction fonction), calculant la matrice  $T_{0,5}$ . Vous disposez pour cela des matrices de transformation homogène élémentaires de rotation autour de  $X, Z$ , de translation le long de  $X, Z$ , codés respectivement dans les fonctions MatLab  $FCT\_Rot\_X, FCT\_Rot\_Z, FCT\_Trans\_X, FCT\_Trans\_Z$ .

b) Prendre quelques exemples de posture (quelques jeux de valeurs articulaires  $q_1, q_2, q_3$ ) afin de comparer les valeurs des coordonnées du point  $PF$  (correspondant au point  $O_5$ ) issues de votre script avec celles fournies dans l'encadré « Operation Panel » de l'application DobotStudio (en vérifiant au préalable que l'outil sélectionné est bien Advanced où  $xBias = 61; yBias = 0; zBias = 82,7$  !).

## B) Représentation de l'espace d'atteignabilité du robot

L'espace d'atteignabilité du bras du robot appartient à  $\mathbb{R}^3$ . Pour simplifier sa représentation, on prend  $q_1 = 0$ . En effet, cet espace est invariant par rotation autour de l'axe  $\overrightarrow{O_0z_0}$ , ce qui permet de représenter l'espace d'atteignabilité (en 2D) dans le plan  $(O_0, \overrightarrow{O_0x_0}, \overrightarrow{O_0z_0})$ .

Proposer un script basé sur une méthode de type Monte-Carlo pour disposer d'une représentation de l'espace d'atteignabilité de la pointe du Feutre (voir instructions rand, plot), à l'image de l'exercice fait en Cours (cf. 4.1) sur le robot 2R.

Les valeurs des butées logicielles/mécaniques des articulations sont telles que :

$$0^\circ \leq q_2(t)(= J_2(t)) \leq 85^\circ \text{ et } -10^\circ \leq q_3(t)(= J_3(t)) \leq 85^\circ,$$

comme indiquées à la page 2 du TP 1.

S'ajoutent à cela le fait que  $\theta_3(t)$ , à savoir l'angle formé entre le bras et l'avant-bras, soit :

- supérieur ou égale à  $40^\circ$  pour empêcher l'avant-bras de rencontrer le bras du robot,
- inférieur ou égale à  $155^\circ$  pour empêcher l'alignement de ces 2 corps et imposer une posture « coude haut » au bras.

A titre indicatif, le document « dobot-magician-user-guideV1.5.1.pdf » décrit (page 19) l'espace de travail du point P (et non de la pointe du Feutre) comme suit :

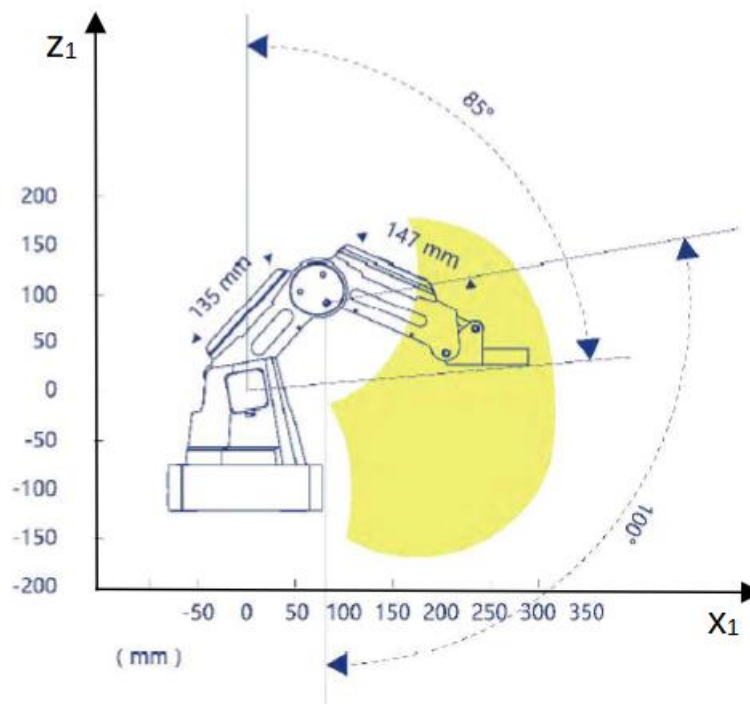


Figure 2 : représentation de l'espace de travail du point P donnée par le constructeur du robot.

Tester sur le robot (par exemple *via* Blockly) quelques points appartenant à l'espace d'atteignabilité lorsque ces points se situent à proximité de sa frontière.

## C) Simulation du bras du robot

La représentation du bras du robot est faite par rapport au repère de base ( $R_0$ ) (voir la Figure 1) : la base (le socle) du robot (représenté dans la Figure 2 du TP 1) n'est pas considérée.

- 1) Une des deux extrémités du 1<sup>er</sup> corps du bras du robot est fixée à la base du robot et correspond au point  $O_0$ . Quelle matrice de transformation homogène permet de calculer les coordonnées (dans  $\mathbb{R}^3$ ) de l'autre extrémité du corps, à savoir le point  $O_3$  ? Proposer un script permettant de calculer ces coordonnées et de représenter la position du corps dans  $\mathbb{R}^3$  (voir instruction plot3).
- 2) Compléter le script précédent afin de représenter également les 2 autres corps du bras du robot. Superposer le repère  $R_0$  à cette représentation du bras du robot (voir instruction quiver3).

Appliquer sur le robot quelques postures (jeux de valeurs  $q_1, q_2, q_3$ ) afin de les comparer avec celles obtenues avec la simulation du bras du robot.