

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

Jean-Louis Boimond
Université Angers

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, quand $q_1 = q_2 = q_3 = 0$) 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 $J1(= q_1) = 0, J2(= q_2) = 0, J3(= q_3) = 0$ 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 ».

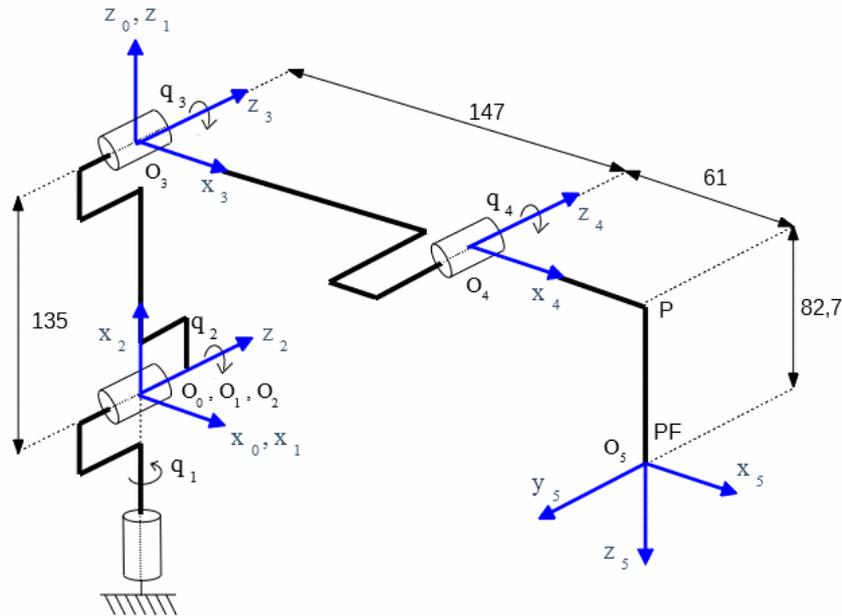


Figure 1 : association des repères R_0, \dots, R_5 aux différents corps du bras du robot.

2) Tableau de Denavit-Hartenberg modifié

Calculer les paramètres de Denavit-Hartenberg modifié du robot :

j	α_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 function), 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 accessibles à travers le lien situé [<ici>](#).

b) Prendre quelques exemples de posture (à travers 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 . Cet espace étant invariant par rotation autour de l'axe $\overrightarrow{O_0z_0}$, on considère que $q_1 = 0$ pour simplifier sa représentation, au sens où l'espace d'atteignabilité va être représenté 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 RR planaire.

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° pour empêcher l'avant-bras de rencontrer le bras du robot,
- inférieur ou égale à 155° 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 :

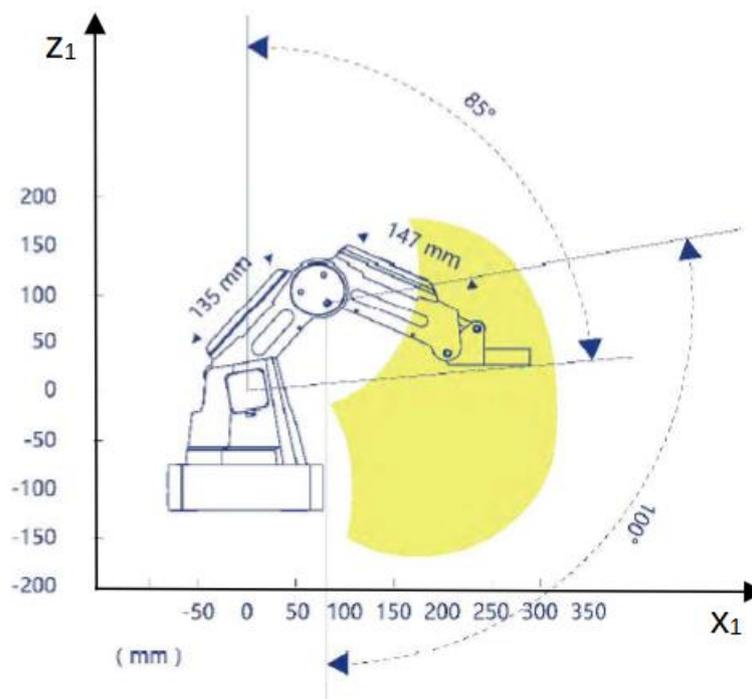


Figure 2 : représentation de l'espace de travail du point P donnée par le constructeur du robot.

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^{er} 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.