

# CHAPITRE II

## DESCRIPTION & MODELISATION DU BRAS MANIPULATEUR ROB3

## II.1 Description du bras manipulateur ROB3

Le ROB3 est un robot de haute qualité de formation, particulièrement conçu pour l'usage dans toutes les sphères d'éducation et de formation de robotique. Le bras articulé de ROB3 a cinq axes et une pince, qui sont actionnés par les servomoteurs à courant continu. La position absolue de tous les axes est déterminée par les capteurs de position rotatoires potentiométriques.

## II.2 La structure du bras manipulateur ROB3

### II.2.1 Propriétés mécaniques

Le bras ROB3 (Fig II.1) est un bras manipulateur composé de pièces en aluminium vissées entre elles. Chacun des cinq axes indépendants est lié par un servomoteur à courant continu. Ces cinq moteurs représentent les articulations du bras qui sont de type rotoïde (5R), trois pour le positionnement et deux pour l'orientation du poignet. Plus que ça une pince à l'extrémité comme un effecteur.

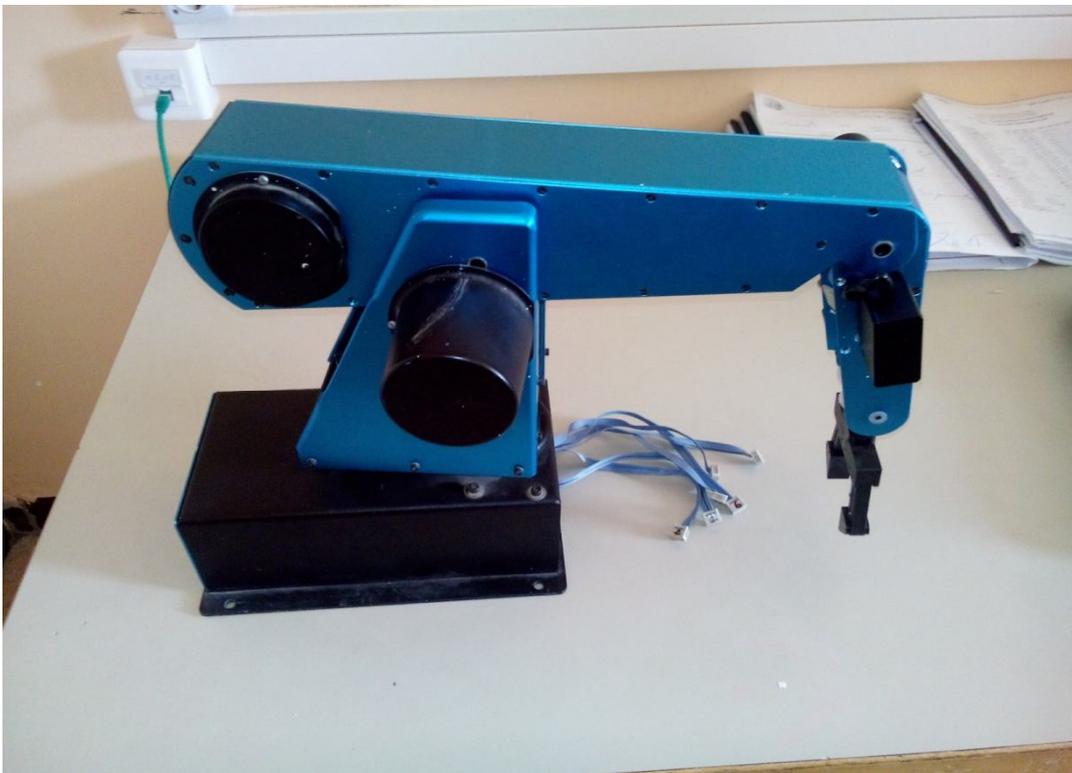


FIG II. 1 Structure du bras manipulateur ROB3

#### II.2.1.1 Transmissions et systèmes réducteurs de vitesse

La transmission de mouvement dans notre bras de robot est assurée à l'aide des courroies et des engrenages qui assurent une liaison entre les actionneurs et les articulations surtout au niveau du poigné. Suite aux vitesses élevées des moteurs à courant continu, le système réducteur de vitesse sert tout simplement à réduire la vitesse de rotation de l'axe de sortie.



FIG II. 2 Les pignons

## II.2.2 Propriétés électriques

### II.2.2.1 L'unité Teachbox [5]

Le Teachbox permet de contrôler et programmer le **ROB3** sans utiliser un ordinateur, en utilisant un clavier digital avec 25 boutons, répartis en trois groupes :

- Boutons numériques qui sont utilisés pour introduire le numéro de l'axe désigné et la valeur de la position sous forme de valeur décimale,
- Boutons de commandes: pour indiquer la commande à exécuter directement (RUN, STOP, INS, DEL, POS, OUT),
- Boutons d'instructions pour implanter le programme d'instructions de commande, (POS, TIM, OUT, MARK, IF, GOTO, NOP). Une fois l'instruction est introduite, elle est sauvegardée dans la mémoire du robot par ordre d'entrée (FIFO) et elles sont exécutées en mode RUN ou STEP.

### II.2.2.2 Alimentation

L'alimentation de l'énergie pour notre bras robot est assurée par une unité séparé fonctionne sous une tension de 220v et fournit une tension maximale égale à 9v.



FIG II. 3 Unité d'alimentation du bras ROB3

### II.2.2.3 Les capteurs

Les capteurs du robot sont de type proprioceptifs. Ce sont des capteurs potentiométriques rotatifs placés sur les axes des articulations. Ils détectent la position angulaire des actionneurs.

### II.2.2.4 Les actionneurs

Le bras est muni de six petits moteurs à courant continu, trois moteurs de marque «Bühler» et les trois autres sont des petits servomoteurs «Multiplex». Cinq d'entre eux sont destinés chacun à faire mouvoir une articulation. En revanche, le dernier est adapté pour l'ouverture et la fermeture de la pince.[2]

Les moteurs utilisés sont des moteurs à aimants permanents. Ils fonctionnent avec une tension de 9V générée par une alimentation continue stabilisée et un courant max de 3A.

Le moteur à courant continu est un dispositif électromécanique qui convertit l'énergie électrique d'entrée en énergie mécanique à la sortie.

En effet, il existe plusieurs types de moteurs électriques, on a étudié un seul cas, il s'agit d'un moteur à courant continu à aimants permanents. Ces moteurs qui présentent une très faible inertie mécanique, sont très bien adaptés aux applications nécessitant des variations rapides de vitesse de rotation ou commande en position (périphériques d'ordinateurs, robotique, etc...). Ils sont toujours commandés par un ensemble électronique comportant une alimentation de puissance avec une électronique de commande réalisant un asservissement.

Classiquement, un moteur à courant continu est constitué d'un stator fixe et d'un rotor mobile. Le courant continu arrive par les cosses à l'extérieur de la carcasse sur des balais souples. Le collecteur est la partie du rotor qui touche les balais. Le rotor est constitué, quand à lui, de plusieurs bobines, toujours en nombre impairs, reliées au collecteur. Lorsque l'une des bobines reçoit le courant continu, elle crée un champ magnétique, mais la carcasse du stator abrite aussi deux aimants de pôles opposés. Le champ magnétique créé attire les pôles des aimants, créant par cela une rotation de l'axe du moteur.

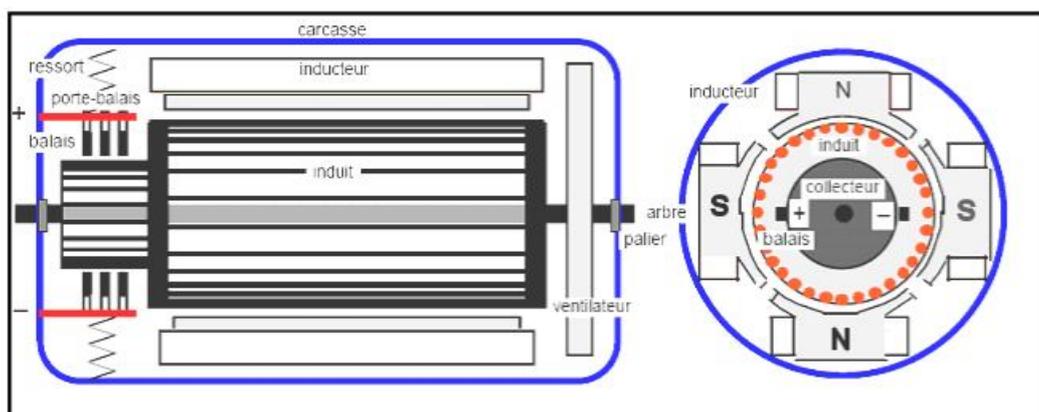


FIG II. 4 Architecture d'un MCC à aimant permanent

## II.3 Modélisation d'un moteur à courant continu

Le schéma technologique d'un moteur DC à excitation séparée constante est donné sur la figure (II.3). Le signal d'entrée est la tension aux bornes de l'induit  $u_a(t)$  et le signal de sortie est la position angulaire  $\theta(t)$  de l'arbre moteur.

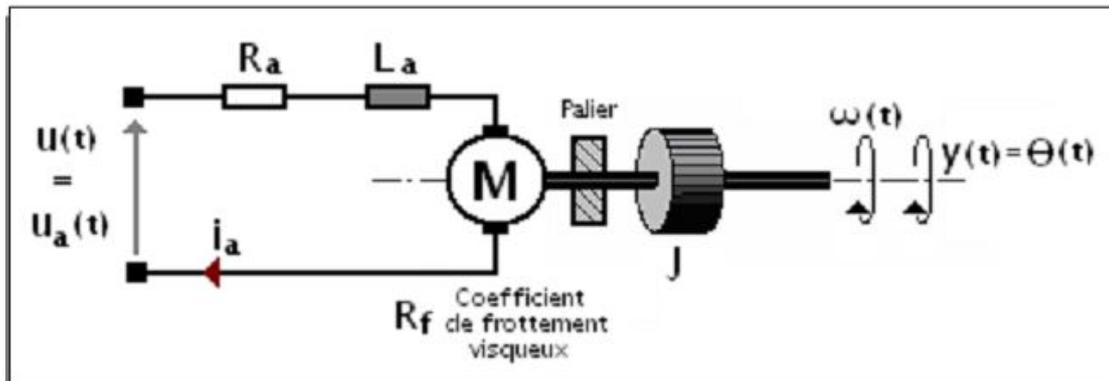


FIG II. 5 MCC à excitation séparée constante-schéma technologique

### II.4 Représentation géométrique du bras manipulateur ROB3

La figure II.2 présente une représentation géométrique du bras manipulateur ROB3.

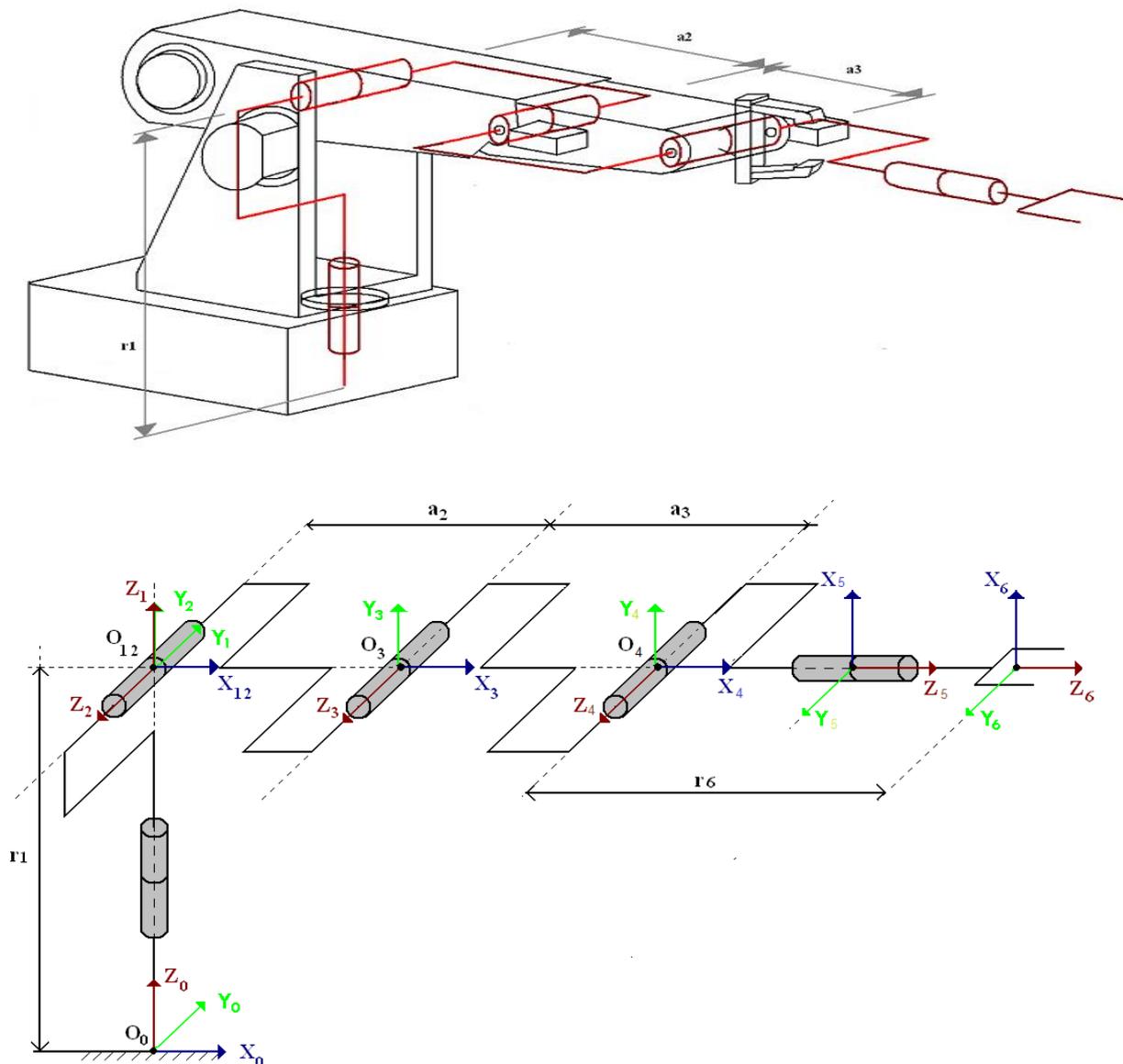


FIG II. 6 Représentation géométrique du ROB3

II.4.1 Dimensions, Articulations et Espace de travail

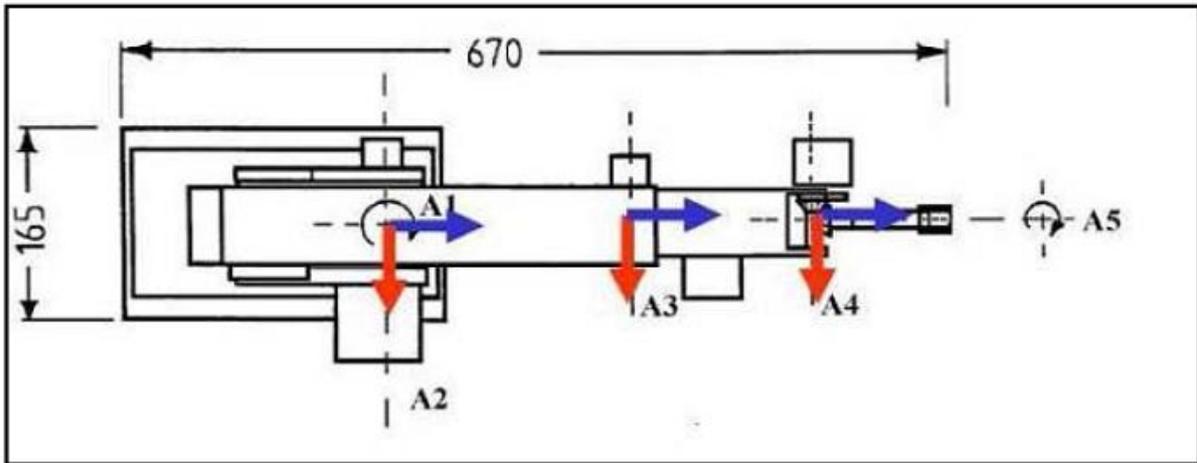


FIG II. 7 Schéma dimensionnel du bras robot (vue de haut)

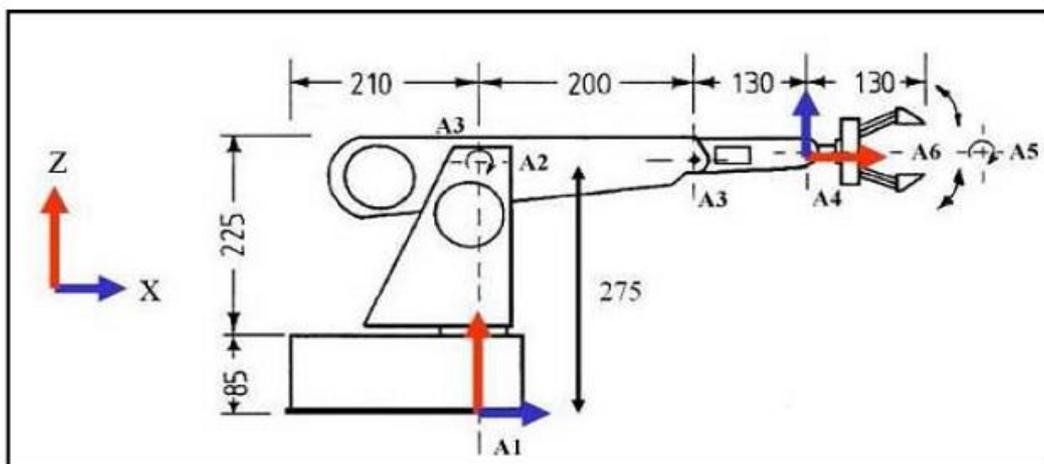


FIG II. 8 Schéma dimensionnel du bras robot (vue de face).

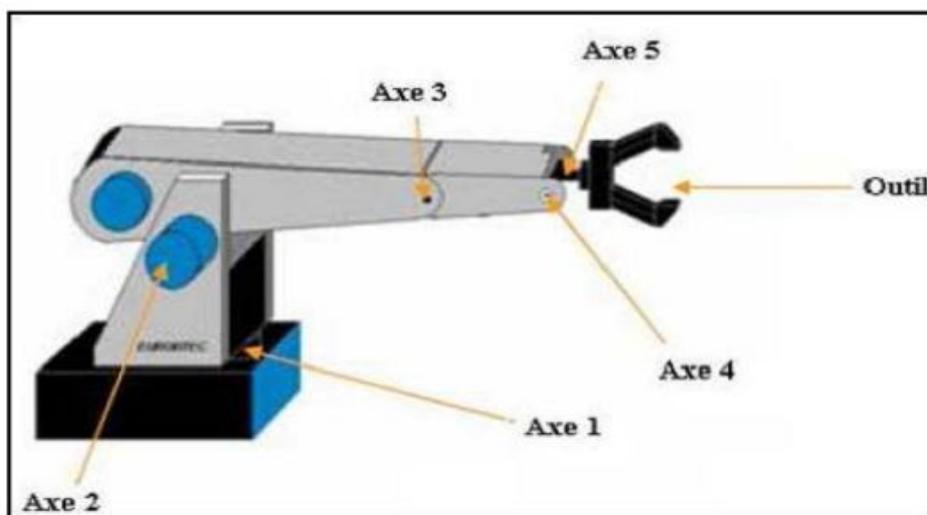


FIG II. 9 Les axes du bras robot

Les articulations	Les axes	Limite articulaire	Résolution
Base $\theta_1$	Q0	$-80^\circ \rightarrow 80^\circ$	
Epaulé $\theta_2$	Q1	$-50^\circ \rightarrow 50^\circ$	
Coude $\theta_3$	Q2	$0^\circ \rightarrow 100^\circ$	
Poignet $\theta_4$	Q3	$-100^\circ \rightarrow 100^\circ$	
Orientation $\theta_5$	Q4	$-100^\circ \rightarrow 100^\circ$	
Pince		$0 \rightarrow 60\text{mm}$	

Tableau II. 1 Les articulations et ces limites articulaires

La figure II.6 ci-dessous montre l'espace de travail du bras robot. Pour qu'une position soit atteinte par la pince, elle doit être comprise dans cette région figurée.

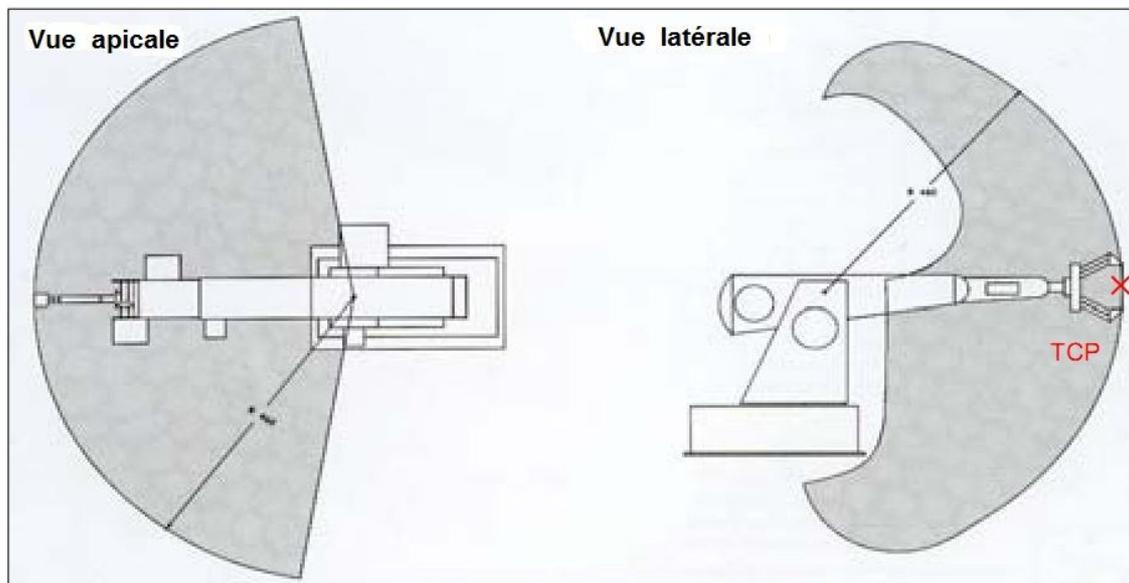


FIG II. 10 Espace de travail du bras robot

## II.5 Modélisation du bras manipulateur ROB3

Pour qu'un système mécanique poly articulé (robot) soit commandable ou simulable, il est obligatoire de faire calculer son modèle mathématique qui reflète le comportement du système à étudier. Dans ce sens, plusieurs niveaux de modélisation sont posés suivant quelque critères tels que: les objectifs, les contraintes de la tâche et les performances à atteindre. Parmi ces modèles on cite entre autres:

- 1) Les modèles de transformation entre l'espace opérationnel (dans lequel est définie la situation de l'organe terminal) et l'espace articulaire (dans lequel est définie la configuration du robot). Parmi ces modèles, on distingue :
  - Les modèles géométriques direct et inverse (MGD et MGI) qui expriment la situation de l'organe terminal en fonction de la configuration du mécanisme et inversement,
  - Les modèles cinématiques direct et inverse qui expriment la vitesse de l'organe terminal en fonction de la vitesse articulaire et inversement,
- 2) Les modèles dynamiques définissant les équations du mouvement du robot, qui permettent d'établir les relations entre les couples ou forces exercés par les actionneurs et les positions, vitesses et accélérations des articulations.

On limitera dans ce travail aux méthodes permettant d'établir les modèles géométriques du notre bras robot.

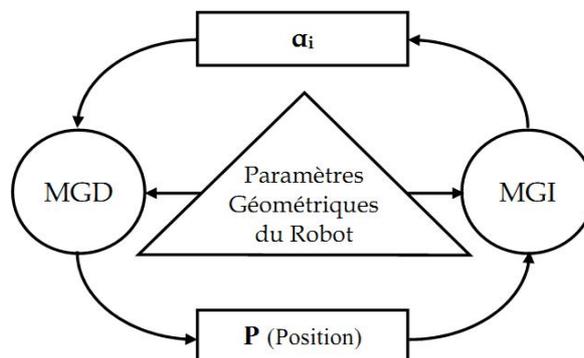


FIG II. 11 Les modèles géométriques d'un robot

### II.5.1 Définition de la Situation de l'organe terminal

Pour définir la situation de l'organe terminal du robot dans l'espace, il faut préciser sa position et son orientation. Pour définir la position de l'organe terminal dans l'espace, trois représentations sont couramment utilisées dans la littérature :

- Coordonnées cartésiennes;
- Coordonnées cylindriques;
- Coordonnées sphériques.

Nous utilisons la représentation en coordonnées cartésiennes pour sa simplicité, c'est aussi la plus couramment utilisé.

Pour définir l'orientation de l'organe terminal dans l'espace, plusieurs représentations sont posées. Par exemple: angles de Bryant, angles d'Euler, matrice de rotation ou cosinus directeurs, quaternion et angle plus vecteur.

La plus courante des représentations est la matrice de rotation qui a neuf composantes. Elle associe une représentation unique à chaque rotation. Pour ce travail, nous avons utilisé les matrices de rotation qui constituent la partie rotation des matrices homogènes.

## II.5.2 Définitions et notions de la géométrie [3][6]

### II.5.1.1 Points

Soit un repère orthonormé cartésien noté  $R = (O, x, y, z)$  selon la convention de Gibbs. La position d'un point  $M$  est donnée par un triplet de coordonnées. On choisit par commodité de représenter ces coordonnées par un vecteur  $m$  de  $R^3$ , sous la forme d'une matrice colonne :

$$m = \begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_z \end{pmatrix}$$

Le mouvement du point est la courbe paramétrée  $m(t)$  de  $R^3$  donnant sa position au cours du temps. Le support du mouvement (la courbe non paramétrée) est la trajectoire du point.

Donc, l'ensemble  $m$  est la translation du  $M$  par rapport  $R$ .

### II.5.1.2 Déformation d'un solide

Un solide  $S$  est dit indéformable si, pour toute paire de points de ce solide de coordonnées  $m$  et  $n$ ,  $\|m(t) - n(t)\| = \|m(0) - n(0)\| = \ll \text{constante} \gg$  au cours du temps. Par la suite, les solides seront tous considérés comme indéformables.

La situation d'un solide  $S$  est donnée par la position et l'orientation dans  $R$  d'un repère lié à ce solide.

### II.5.1.3 Transformations rigides

On appelle transformation rigide le résultat d'un mouvement rigide amenant le solide d'une situation initiale à une situation finale. Une transformation rigide est représentée par une application unique qui transforme les coordonnées des points du solide  $S$  de leur position initiale vers leur position finale.

A l'inverse, une application représentera une transformation rigide si elle conserve à la fois les distances et l'orientation. Cela signifie notamment qu'un repère orthonormé direct reste orthonormé direct par application d'une telle transformation.

### II.5.1.4 Rotations

#### II.5.1.4.1 Matrice de rotation

Soit deux repères orthonormés directs  $R = (O, x, y, z)$  et  $R' = (x', y', z')$  partageant la même origine  $O$ . Soit  $x', y', z'$  les coordonnées des vecteurs de la base  $R'$  exprimés dans  $R$  :

$$x' = \begin{pmatrix} x' \cdot x \\ x' \cdot y \\ x' \cdot z \end{pmatrix}, \quad y' = \begin{pmatrix} y' \cdot x \\ y' \cdot y \\ y' \cdot z \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad z' = \begin{pmatrix} z' \cdot x \\ z' \cdot y \\ z' \cdot z \end{pmatrix}$$

La matrice  $R = (x' y' z')$  de dimension  $3 \times 3$  est appelée matrice de rotation (ou encore matrice de passage ou matrice de changement de base) du repère  $R$  vers le repère  $R'$ . Elle peut en effet être vue comme la matrice rendant compte de la rotation d'un solide lié à un repère

orthonormé, initialement en R, et déplacé en R' par la rotation autour de O, conformément à la figure III.12.

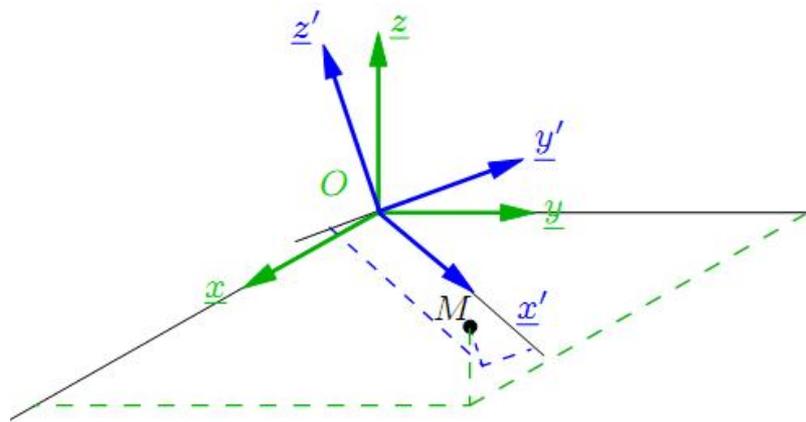


FIG II. 12 Changement de base des coordonnées d'un point

Donc la matrice de rotation R s'écrit :

$$R = (x' y' z') = \begin{pmatrix} x'.x & y'.x & z'.x \\ x'.y & y'.y & z'.y \\ x'.z & y'.z & z'.z \end{pmatrix} \quad (1)$$

Les éléments de cette matrice sont appelés cosinus directeurs car ils représentent les coordonnées des trois vecteurs de la base R' exprimés dans R.

#### II.5.1.4.2 Rotation d'un point appartenant à un solide

Le repère R précédent est un repère fixe cartésien orthonormé. Soient  $m = (m_x m_y m_z)^T$  et  $m' = (m'_x m'_y m'_z)^T$  les coordonnées d'un point M respectivement dans R et R'.

Les coordonnées des vecteurs de la base R' exprimées dans R étant (toujours) notées  $x', y', z'$ , les coordonnées de M dans R sont données par :

$$m = m_x x' + m_y y' + m_z z'$$

Soit encore sous forme matricielle :

$$m = (m_x m_y m_z) \begin{pmatrix} m'_x \\ m'_y \\ m'_z \end{pmatrix} = R m' \quad (2)$$

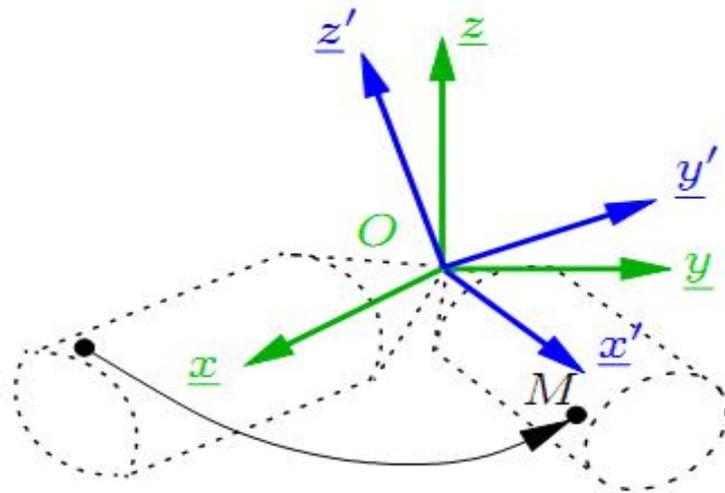


FIG II. 13 Rotation d'un solide autour d'un point fixe

II.5.1.4.3 Construction des cosinus directeurs

Pour identifier la matrice de rotation on peut utiliser la méthode des cosinus directeurs qui, grâce à sa simplicité, est la plus utilisée. On la calcule comme suit :

La matrice de rotation  $R = \begin{matrix} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{matrix} \begin{pmatrix} \vec{x}' & \vec{y}' & \vec{z}' \\ a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$  ; contient les vecteurs de base de  $R'$ , c'est-à-dire  $\vec{x}', \vec{y}', \vec{z}'$ , exprimés dans la base  $R$ , c'est-à-dire en fonction des vecteurs  $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$  avec le produit scalaire.

Cas d'une rotation avec un angle  $\theta$  nulle :  $Rot(\theta) = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}$

Cas d'une rotation autour x avec un angle  $\theta$  :  $Rot(x, \theta) = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{matrix}$

Cas d'une rotation autour y avec un angle  $\theta$  :  $Rot(y, \theta) = \begin{matrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{matrix}$

Cas d'une rotation autour z avec un angle  $\theta$  :  $Rot(z, \theta) = \begin{matrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}$

II.5.1.4.4 Matrice de transformation homogène

Une transformation rigide résulte en général de la combinaison d'une translation et d'une rotation. Elle est définie par la paire  $(p, R)$  avec  $p$  la translation de l'origine du repère lié au solide  $S$  en mouvement (voir figure II.14).

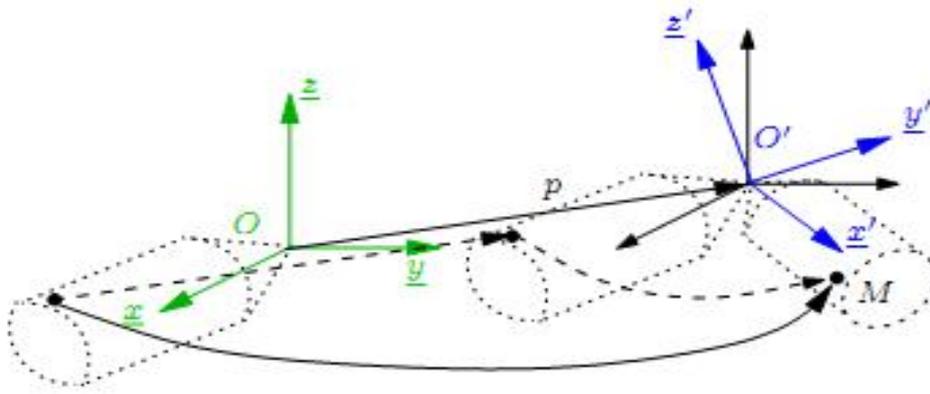


FIG II. 14 Transformation rigide du solide S

Soient  $m = (m_x, m_y, m_z)^T$  et  $m' = (m'_x, m'_y, m'_z)^T$  les coordonnées d'un point M respectivement dans R et R'. La transformation rigide résultant de la translation p du repère R puis de la rotation du repère obtenu vers R0, il en découle que :

$$m = P + Rm' \tag{1.2}$$

Ceci peut se mettre sous forme linéaire en introduisant les coordonnées homogènes du point M qui sont représentées par un vecteur de dimension  $4 \times 1$  :

$$m = \begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_z \\ 1 \end{pmatrix} \text{ Dans R et } m' = \begin{pmatrix} m'_x \\ m'_y \\ m'_z \\ 1 \end{pmatrix} \text{ dans R'}$$

On peut alors exprimer la transformation rigide (1.2) par la relation matricielle :

$$\begin{pmatrix} m \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & P \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m' \\ 1 \end{pmatrix}$$

que l'on notera :

$$m = Tm'$$

En posant :

$$T = \begin{pmatrix} R & P \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La matrice T, dite matrice de passage homogène, décrit ainsi le passage du repère R au repère R' et donc la transformation rigide (p, R).

### II.5.1.5 Paramètres de Denavit-Hartenberg modifiés

Les paramètres de Denavit-Hartenberg modifié11 permettent de disposer d'un paramétrage des liaisons tel que les matrices de passage aient toutes la même forme littérale, ce qui facilite les calculs.

La méthode qui suit s'applique lorsque le robot correspond à une chaîne simple ouverte et que ses articulations sont rotoïdes, ou prismatiques (ce qui est le cas en général). Les corps constituant le robot sont supposés parfaitement rigides et connectés par des articulations idéales (pas de jeu mécanique, pas d'élasticité).

Notations :

On numérote les solides par ordre croissant en partant du socle. Ainsi le robot est composé de  $1+n$  corps, notés  $C_0, \dots, C_n$ , et de  $n$  articulations ( $n \geq 1$ ). Le corps  $C_0$  désigne le socle (la base) du robot, le corps  $C_n$  le corps portant l'organe terminal.

Le repère  $R_j$  est lié au corps  $C_j$  du robot. La variable de l'articulation  $j$ , qui lie le corps  $C_j$  au corps  $C_{j-1}$ , est notée  $q_j$ .

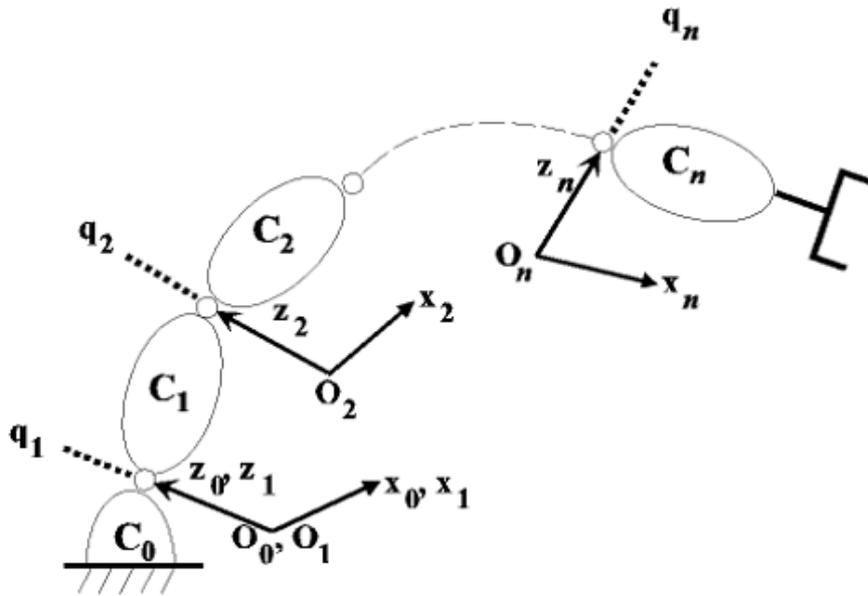


FIG II. 15 Structure robot série

Le passage du repère  $R_{j-1}$  au repère  $R_j$  s'exprime en fonction des 4 paramètres suivants :

- On note  $\alpha_j$  l'angle de rotation entre les axes  $z_{j-1}$  et  $z_j$  autour de l'axe  $x_{j-1}$
- On note  $d_j$  la distance entre  $z_{j-1}$  et  $z_j$  mesurée le long de l'axe  $x_{j-1}$
- On note  $\theta_j$  l'angle de rotation entre les axes  $x_{j-1}$  et  $x_j$  autour de l'axe  $z_j$
- On note  $r_j$  la distance entre  $x_{j-1}$  et  $x_j$  mesurée le long de l'axe  $z_j$

avec  $\sigma_j=0$  si l'articulation  $j$  est rotoïde et  $\sigma_j=1$  si elle est prismatique.

## II.6 Modèle géométrique direct du bras manipulateur ROB3

Le modèle géométrique direct d'un robot manipulateur est la fonction  $F$  qui permet d'exprimer la situation de l'organe terminal du robot manipulateur en fonction de sa configuration (articulations). La situation  $S$  de l'organe terminal est définie par  $m$  coordonnées que nous appelons opérationnelles et que nous notons:

$$x_1, x_2, \dots, x_m$$

La configuration du robot manipulateur est définie par  $n$  coordonnées que nous appelons généralisées et que nous notons:

$$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$$

Si  $X$  désigne l'ensemble  $m$  des coordonnées opérationnelles et  $\theta$  l'ensemble  $n$  des coordonnées généralisées (articulations), le modèle géométrique du robot manipulateur peut être écrit comme suit:

$$X=F(\theta)$$

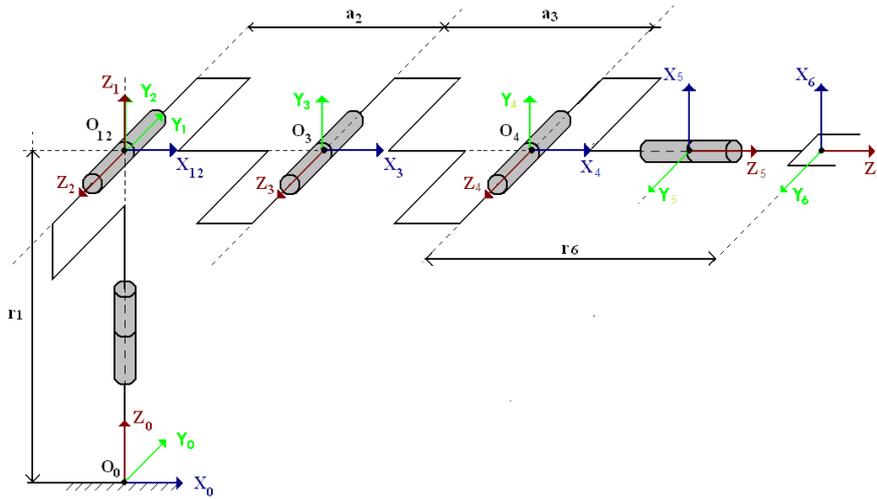


FIG II. 16 Représentation du bras ROB3

### II.7 Tableau des paramètres de Dinavit-Hertenberg modifiés :

Articulation i	1	2	3	4	5	L'effecteur
$\sigma_j$	0	0	0	0	0	
$\alpha_{j-1}$	0	90°	0	0	90°	
$d_j$	0	a2	a3	0	0	
$\theta_j$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$	$\theta_5$	
$r_j$	r1	0	0	0	0	r6

Tableau II. 2 Paramètres de Dinavit-Hertenberg modifiés

tels que :  $r_1=22.5$  ;  $a_2=20$  ;  $a_3=13$  ;  $r_6=13$

### II.8 L'obtention du modèle géométrique direct :

Pour exprimer le comportement du bras ROB3 mathématiquement il faut calculer sa matrice finale  $T_0^n$  qui exprime la situation de l'organe terminal qui a la matrice  $T_{n-1}^n$  par rapport à un repère lié à la base du bras a une matrice  $T_0^1$ . La matrice finale peut calculer par multiplication de matrices homogènes obtenues. Donc, sachant que  $n=5$ :

$$T_0^5 = T_0^1(\theta_1) * T_1^2(\theta_2) * T_2^3(\theta_3) * T_3^4(\theta_4) * T_4^5(\theta_5)$$

On a les matrices homogènes des articulations :

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & 0 \\ S1 & C1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_1^2 = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ S2 & C2 & 0 & r_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2^3 = \begin{bmatrix} C3 & -S3 & 0 & a_2 \\ S3 & C3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^4 = \begin{bmatrix} C4 & -S4 & 0 & a_3 \\ S4 & C4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_4^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & r6 \\ 0 & C5 & -S5 & 0 \\ 0 & S2 & C5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donc la matrice finale sera la suivante :

$$T_0^5 = \begin{bmatrix} C1C234 & -C1S234C5 + S1S5 & C1S234S5 + S1C5 & C1(C234r6 + C23a3 + C2a2) \\ S1C234 & -S1S234C5 - C1S5 & S1S234S5 - C1C5 & S1(C234r6 + C23a3 + C2a2) \\ S234 & C234C5 & -C234S5 & S234r6 + S23a3 + S2a2 + r1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Avec :

$$\begin{aligned} C1 &= \cos \theta 1 & ; & S1 = \sin \theta 1 ; \\ C2 &= \cos \theta 2 & ; & S2 = \sin \theta 2 ; \\ C3 &= \cos \theta 3 & ; & S3 = \sin \theta 3 ; \\ C4 &= \cos \theta 4 & ; & S4 = \sin \theta 4 ; \\ C5 &= \cos \theta 5 & ; & S5 = \sin \theta 5 ; \\ C23 &= \cos(\theta 2 + \theta 3) & ; & S23 = \sin(\theta 2 + \theta 3) \\ C234 &= \cos(\theta 2 + \theta 3 + \theta 4) & ; & S234 = \sin(\theta 2 + \theta 3 + \theta 4) \\ r1 &= 22.5 & ; & a2 = 20 & ; & a3 = 13 & ; & r6 = 13 \end{aligned}$$

Comme nous cherchons à trouver l'ensemble des coordonnées opérationnelles X, les trois premiers éléments de la dernière colonne de la matrice finale  $T_0^5$  représente cette ensemble X ( $p_x, p_y, p_z$ ) ou le produit de cette matrice avec le vecteur  $(0 \ 0 \ 0 \ 1)^T$  ce qui nous donne  $(p_x \ p_y \ p_z \ 1)^T$ .  
Donc ;

$$\begin{aligned} p_x &= C1(C234r6 + C23a3 + C2a2) \\ p_y &= S1(C234r6 + C23a3 + C2a2) \\ p_z &= S234r6 + S23a3 + S2a2 + r1 \end{aligned}$$

### II.9 Modèle géométrique inverse du bras robot ROB3 :

Le modèle géométrique inverse (MGI) c'est la fonction inverse F qui permet d'exprimer l'ensemble articulaire  $\theta_i$  en fonction de la position finale de l'organe terminal.

La configuration du robot manipulateur est définie par n coordonnées que nous appelons généralisées et que nous notons:

$$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$$

La situation S de l'organe terminal est définie par m coordonnées que nous appelons opérationnelles et que nous notons:

$$X_1, X_2, \dots, X_m$$

Si  $\theta$  l'ensemble n des coordonnées généralisées (articulations), et  $X$  désigne l'ensemble m des coordonnées opérationnelles, le modèle géométrique inverse du robot

manipulateur peut être écrit comme suit:

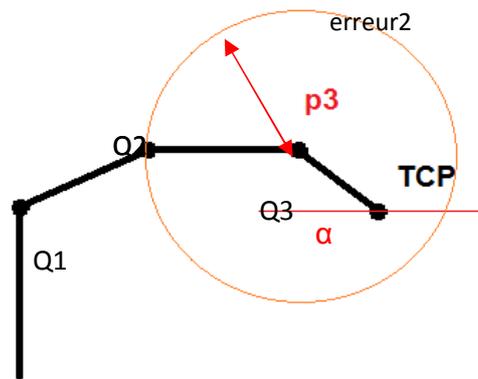
$$\theta = F^{-1}(X)$$

### II.10 L'obtention du modèle géométrique inverse

Notre méthode pour le calcul de modèle géométrique inverse est basée sur la méthode Jacobienne. Le principe de cette méthode est que le programme de calcul va minimiser l'erreur entre la position actuelle de l'articulation et sa position finale prenant la distance entre axes d'articulations et ces limites articulaires.

On a Q0 est l'angle entre le repère de la base et le repère de référence

$$Q0 = \arctg(Y/X);$$



On va varier le Q1 jusqu'au point P2

$$JdQ1 = [ JQ0 \ JdQ1 \ JQ2 \ JQ3 ] \quad JdQ1 = \text{erreur2}$$

Q2

$$JdQ2 = [ JQ0 \ JQ1 \ JdQ2 \ JQ3 ] \quad JdQ2 = \text{erreur1}$$

Q3

$$JdQ3 = [ JQ0 \ JQ1 \ JQ2 \ JdQ3 ] \quad JdQ3 = \text{tcp}$$

pour ressouder cette matrice on fait une boucle pour chaque angle jusqu'à l'approche à la position finale

algorithme de calcul :

données:

double Q0, Q1, Q2, Q3, X, Y, Z, alpha;

début:

Q1=50; Q2=0 ; Q3=0;

LIRE X, Y, Z, alpha;

alpha=(30\*pi/180);

p1=sqrt(X^2+Y^2);

Q0=atan2(Y,X)

q1=Q0\*180/pi;

Pt3=p1-a3\*cos(alpha);

Pz3=Z-a3\*sin(alpha);

```

px3=pt3*cos(Q0);
py3=pt3*sin(Q0);

Q0= arctg(Y/X);
si (J(Q0 (Q1+0.1) Q2 Q3)-tcp2>errur2)
alors{k= -1
}si non{
k=1;
}
tant que(J(Q0 Q1 Q2 Q3)-tcp2>errur2){
Q1=Q1-(K*dQ1);
}
si (J(Q0 Q1 (Q2+0.1) Q3)-tcp2>0)
alors{
k2=-1;
}si non{
k2=1;
}
tan que(J(Q0 Q1 Q2 Q3)-tcp2>errur2){
Q2=Q2-(K2*dQ2);
}
si (J(Q0 Q1 Q2 (Q3+0.1))-tcp2>errur2)
alors{
k3=-1;
}si non{
k3=1;
}
tan que(J(Q0 Q1 Q2 Q3)-tcp2>errur2){
Q3=Q3-(K3*dQ3);
}

```

## II.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre bras à étudié qui s'appel ROB3.une étude descriptive exposée dans la premiere partie de ce chapitre. Dans la deuxième nous présentons les modèles géométrique du bras plus des méthodes de calcul.