Lycée Richelieu – 64, rue Georges Sand – 92500 Rueil-Malmaison - Académie de Versailles

Cinématique du solide
ROBOT ABB IRB580

1 Présentation

L'IRB 580 de chez ABB est un robot de peinture extrêmement flexible, économique et précis utilisé notamment dans l'industrie automobile pour réaliser la peinture de pièces de tôlerie avec une cadence élevée. Cette exigence de productivité et de répétabilité ($\pm 0,3$ mm pour un robot de masse 630 kg et avec un ensemble pistolet de 10 kg en bout) entraîne des contraintes dynamiques importantes au niveau du pistolet de peinture qui nécessitent un dimensionnement rigoureux.

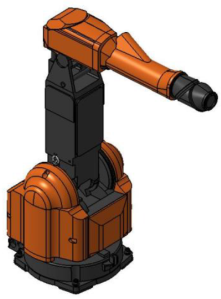

FIGURE 1 – Vue réelle et modèle numérique
pour analyse dynamique sous modeleur CATIA

Objectif

On se propose en vue de l'étude dynamique, de calculer les vitesses et accélération en bout de bras (on ne tient pas compte des poignets articulés qui soutiennent le pistolet en bout de robot).

2 Paramétrage

On considère les solides suivants supposés indéformables : le socle **0**, la base tournante **1**, l'avant-bras **2** et le bras **3**.

La figure 2 donne le schéma cinématique du système retenu ainsi que le paramétrage.

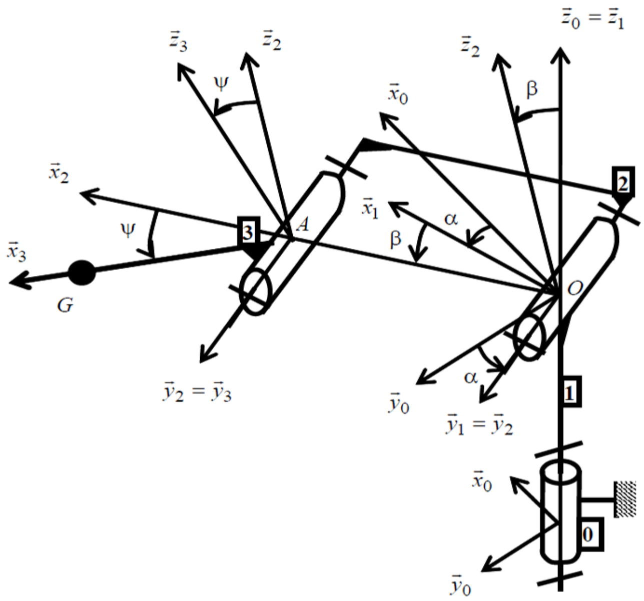

FIGURE 2 – Paramétrage

- Soit $R_0\,(O, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ le repère de référence lié au socle **0** tel que $\overrightarrow{z_0}$ soit dirigé suivant la verticale ascendante.
- Soit $R_1\,(O, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_{01}})$ le repère de référence lié à la base tournante **1** en liaison pivot par rapport au socle **0** autour de l'axe $(O, \overrightarrow{z_{01}})$. On pose $\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1}) = (\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_1})$ l'angle de rotation entre **0** et **1**.
- Soit $R_2\,(O, \overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_{12}}, \overrightarrow{z_2})$ le repère de référence lié à l'avant-bras **2** en liaison pivot par rapport à la base tournante **1** autour de l'axe $(O, \overrightarrow{y_{12}})$. On pose $\beta = (\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{x_2}) = (\overrightarrow{z_{01}}, \overrightarrow{z_2})$ l'angle de rotation entre **1** et **2**.
- Soit $R_3\,(O, \overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{y_{23}}, \overrightarrow{z_3})$ le repère de référence lié au bras **3** en liaison pivot par rapport à l'avant-bras **2** autour de l'axe $(A, \overrightarrow{y_{23}})$. On pose $\psi = (\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{x_3}) = (\overrightarrow{z_2}, \overrightarrow{z_3})$ l'angle de rotation entre **2** et **3**.
- L'avant-bras **2** est tel que $\overrightarrow{OA} = a\overrightarrow{x_2}$ et le bras **3** tel que $\overrightarrow{AG} = b\overrightarrow{x_3}$ où G est le centre de positionnement du pistolet de peinture.

3 Travail demandé

Question 1 Construire les figures de changement de base

Question 2 Déterminer les vecteurs vitesse angulaire $\overrightarrow{\Omega_{1/0}}$, $\overrightarrow{\Omega_{2/1}}$ et $\overrightarrow{\Omega_{3/2}}$ en projection sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2})$. En déduire $\overrightarrow{\Omega_{2/0}}$.

Question 3 Que dire du vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{O\in 2/0}}$ et du vecteur accélération $\overrightarrow{\Gamma_{O\in 2/0}}$? Justifier.

Question 4 Déterminer le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{A\in 2/0}}$ en projection sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2})$. On utilisera la relation du champ des vecteurs vitesse en passant par O.

Question 5 Déterminer le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{G\in 2/0}}$ en projection sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$.

Question 6 Déterminer le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_{G\in 3/2}}$ en projection sur la base $b_3\,(\overrightarrow{x_3},\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3})$ puis sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$.

Question 7 Écrire la relation de champ des accélérations permettant de calculer le vecteur accélération $\overrightarrow{\Gamma_{A\in 2/0}}$. Ne pas développer les calculs.

Question 8 Déterminer le vecteur accélération $\overrightarrow{\Gamma_{G\in 3/2}}$ en projection sur la base $b_3\,(\overrightarrow{x_3},\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3})$ puis sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$.

Après quelques calculs - dont vous êtes malheureusement dispensés - on obtient le résultat suivant :

$$\overrightarrow{\Gamma_{G\in 3/2}}+\overrightarrow{\Gamma_{G\in 2/0}}=$$
$$\begin{pmatrix} -\left[a\cos\beta+b\cos\left(\beta+\psi\right)\right]\dot{\alpha}^2\cos\beta-\left(a+b\cos\psi\right)\dot{\beta}^2-b\left[\left(\ddot{\beta}+\ddot{\psi}\right)\sin\psi+\dot{\psi}^2\cos\psi\right] \\ \left[a\cos\beta+b\cos\left(\beta+\psi\right)\right]\ddot{\alpha}-2\left[a\sin\beta+b\sin\left(\beta+\psi\right)\right]\dot{\alpha}\dot{\beta} \\ -\left[a\cos\beta+b\cos\left(\beta+\psi\right)\right]\dot{\alpha}^2\sin\beta-\left(a+b\cos\psi\right)\ddot{\beta}+b\left[\left(\dot{\beta}^2+\dot{\psi}^2\right)\sin\psi-\ddot{\psi}\cos\psi\right] \end{pmatrix}_{b_2}$$

Question 9 Déterminer à partir de ce résultat le vecteur accélération $\overrightarrow{\Gamma_{G\in 3/0}}$ en projection sur la base $b_2\,(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$ par application de la relation de composition des vecteurs accélération.

On souhaite maintenant peindre une portière située à une distance L, inférieure à $a+b$, suivant l'axe $\overrightarrow{x_0}$ et à une distance nulle suivant $\overrightarrow{y_0}$. L'objectif est de déterminer les lois de commande en position des moteurs actionnant le robot.

Question 10 Donner les deux équations scalaires traduisant la trajectoire imposée au point G. En déduire une condition sur α et une équation reliant les paramètres a, b, L, β et ψ.

Question 11 Selon la valeur de $\beta+\psi$, exprimer ψ par deux expressions différentes.

Question 12 Représenter le mécanisme dans la position dans laquelle β ($\beta<0$) est maximale. Exprimer cet angle β_{max} en fonction des paramètres.

Question 13 Déterminer l'amplitude du pistolet. Il est conseillé de représenter le mécanisme dans les positions extrêmes.

Question 14 Donner l'allure de la courbe reliant la hauteur du point G (composante suivant $\overrightarrow{z_0}$) par les deux relations de l'angle ψ. Conclure.