

# SIMSYS – TD méthodes analytiques

## Dynamique directe robot 3 axes

### Contexte et problématique

L'objectif de ce TP est de modéliser et de simuler le comportement dynamique d'un robot manipulateur à 3 axes pour dimensionner ses axes moteurs. On cherchera à simuler le système en dynamique directe par une méthode semi-analytique. Il est nécessaire d'avoir fini l'exemple précédent (dynamique inverse pour pouvoir continuer).

**Rendez-vous dans votre dossier d'exemple, utilisé au TD précédent et ajoutez l'ensemble des dossiers au path de matlab.**

**A noter qu'il est également possible de faire ce TD directement sur matlab online en chargeant le dossier dans son matlab drive.**

### Intégration numérique

**Question 1 :** Avant toute chose, il est nécessaire de coder une méthode de Runge Kutta ainsi qu'une méthode d'euler implicite pour pouvoir ensuite intégrer les équations du mouvement obtenues précédemment.

### Dynamique directe

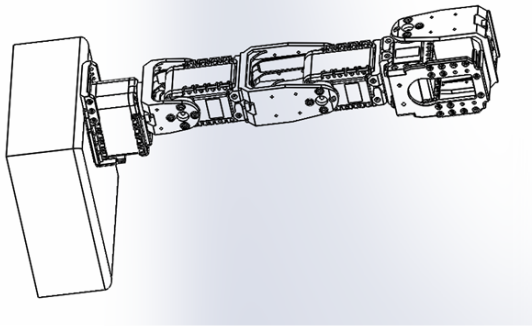
**Question 2 :** A partir des couples obtenus par dynamique inverse, Réaliser le calcul de la trajectoire par dynamique directe. Mettre en œuvre les 3 méthodes.

**Question 3 :** Comparer la trajectoire rejouée par le robot en dynamique directe avec la trajectoire théorique. Expliquer votre résultat. Comment peut-on améliorer ce résultat ?

### Asservissement

**Question 4 :** A partir de votre simulation en dynamique directe, mettre en œuvre un asservissement proportionnel-intégral-dérivé sur chacun des axes du robot et simuler le comportement du robot en fonction des gains de cet asservissement.

# Annexe 1 : paramétrage

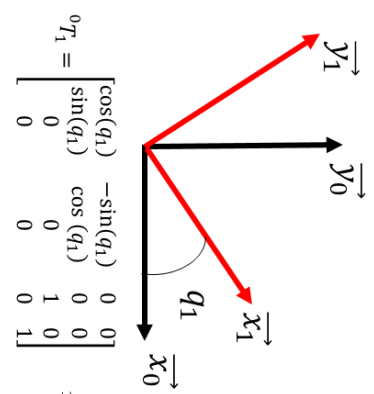


$$\begin{aligned} \overrightarrow{O_0 O_2} &= b_1 \overrightarrow{z_1} \\ \overrightarrow{O_2 O_3} &= b_2 \overrightarrow{z_2} \\ \overrightarrow{O_0 G_1} &= c_1 \overrightarrow{z_1} \\ \overrightarrow{O_2 G_2} &= c_2 \overrightarrow{z_2} \\ \overrightarrow{O_3 G_3} &= c_3 \overrightarrow{z_3} \end{aligned}$$

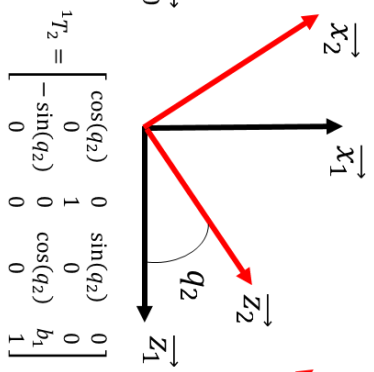
$$\bar{I}(G_1, S_1) = \begin{bmatrix} I_{xx_1} & 0 & 0 \\ 0 & I_{yy_1} & 0 \\ 0 & 0 & I_{zz_1} \end{bmatrix}_{(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})}$$

$$\bar{I}(G_2, S_2) = \begin{bmatrix} I_{xx_2} & 0 & 0 \\ 0 & I_{yy_2} & 0 \\ 0 & 0 & I_{zz_2} \end{bmatrix}_{(\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2})}$$

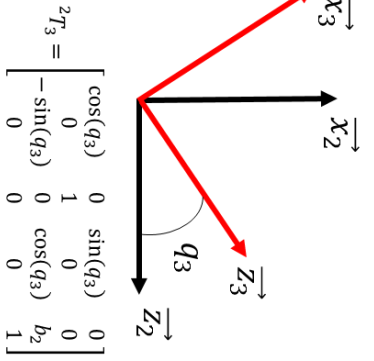
$$\bar{I}(G_3, S_3) = \begin{bmatrix} I_{xx_3} & 0 & 0 \\ 0 & I_{yy_3} & 0 \\ 0 & 0 & I_{zz_3} \end{bmatrix}_{(\overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{y_3}, \overrightarrow{z_3})}$$



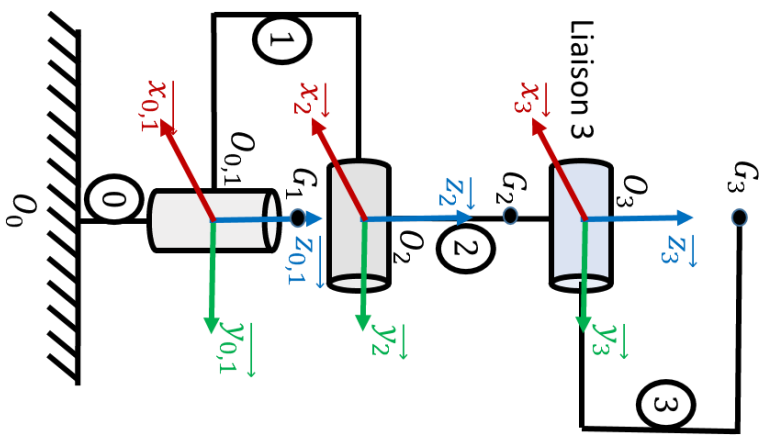
$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & 0 \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} \cos(q_2) & 0 & \sin(q_2) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(q_2) & 0 & \cos(q_2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

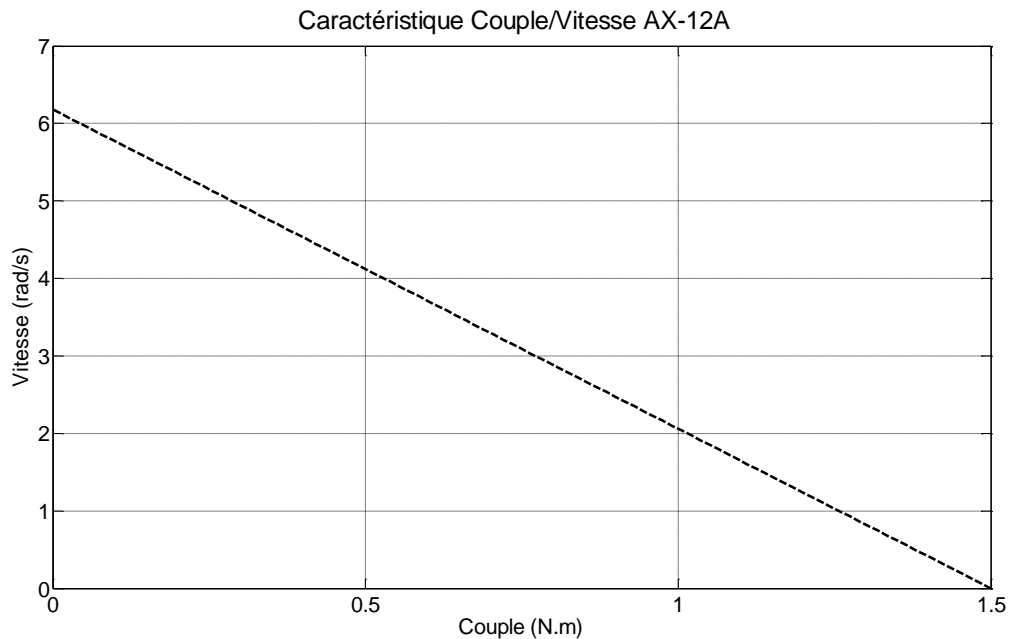


$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} \cos(q_3) & 0 & \sin(q_3) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(q_3) & 0 & \cos(q_3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



## Annexe 2 : caractéristiques AX12-A

Poids	55g
<b>Inertie à vide</b>	<b><math>3.10^{-7} \text{ kg.m}^2</math></b>
Rapport de reduction	1/254
<b>Rendement de reduction</b>	<b>60%</b>
Tension d'entrée (V)	12V
<b>Couple max à 12V (N.m)</b>	<b>1.5</b>
Vitesse max à 12V (rad.s <sup>-1</sup> )	6.18



Resolution  $0.35^\circ$

Operating Angle  $300^\circ$ , Endless Turn

Voltage 7V~10V (Recommended voltage: 9.6V)

Max. Current 900mA

Operate Temperature  $-5^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$

Material Engineering Plastic

### Caractéristiques électriques du moteur

Résistance induit  $R = 8\Omega$

Inductance  $L = 5mH$

Constante de couple/de fem  $K_E = 0,00681V. s/rad$

### Non linéarités

Tension max (saturation)  $U_{max} = 12V$

Couple de frottement

$$C_f = \mu\omega$$

Avec  $\mu = 4,26.10^{-7} N.m. s/rad$