TD1

Exercice 1

Un axe d'une machine industrielle se déplace à une vitesse ayant l'allure indiquée à la figure 1. Déduire la position et l'accélération de la charge entrainée à l'instant $t = 5s$.

Exercice 2

Un axe se déplace à la vitesse de 10 m/s. A l'instant t=10s, il commence à ralentir comme indiqué par le profil de la vitesse sur la figure 2. Quelle est la position de l'axe lorsqu'il s'arrête ?

Exercice 3

L'axe X d'un robot à portique doit se déplacer de 10 pouces. L'accélération maximale autorisée pour cet axe est de 1 pouce / s^2. Si l'axe doit se déplacer à une vitesse maximale souhaitée de 2 pouces / s, combien de temps faut-il pour terminer ce mouvement ?. 1 pouce=2.54 cm.

Exercice 4

Soit le profil de la vitesse d'un axe indiqué à la figure 3. Calculer les déplacements s_A, s_B et s_C géométriquement puis analytiquement.

Exercice 5

Un axe d'une machine doit être déplacé avec un profil de vitesse de courbe en S pur. Étant donné la vitesse de déplacement souhaitée, $\boldsymbol{v_m = 10}$ ***pouces / s*** et l'accélération ***a = 5 pouces /*** $\boldsymbol{s^2}$, quelles sont les équations pour la vitesse et l'accélération pendant la courbe A et la courbe B du profil de vitesse de la courbe S ?

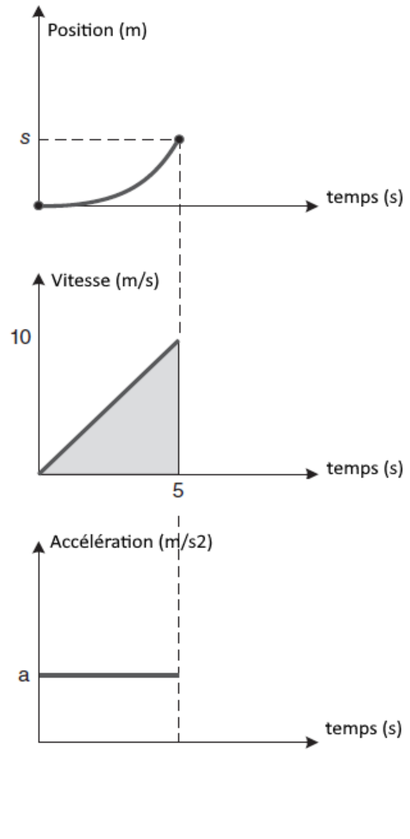


Figure 1

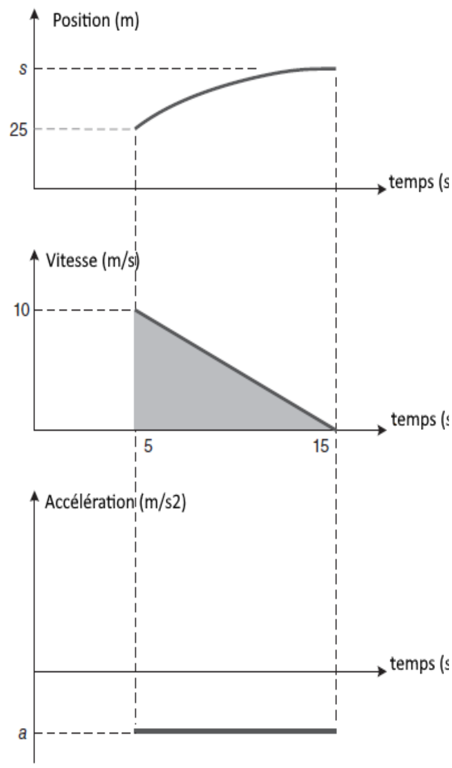


Figure 2

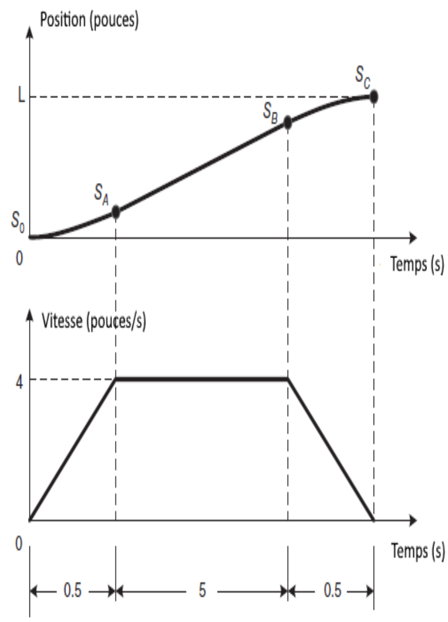


Figure 3

Exercice 6

Considérant la machine illustrée à la figure 4.

1. Si les deux axes se déplacent à la vitesse de 4 pouces / s, en utilisant le profil de vitesse trapézoïdal avec $t_a = 0{,}2$ s, déduire le temps nécessaire pour le de déplacement de chaque axe.
2. Pour que l'info-bulle suive la ligne droite entre les points «A» et «B», nous pouvons dire au contrôleur d'interpoler le mouvement. Dans ce cas, il exécutera le mouvement du mouvement le plus long programmé (axe X) et ralentira le mouvement le plus court (axe Y) afin qu'ils terminent tous les deux leurs mouvements en même temps.

   Étant donné $v_x = 4$ pouces / s et $t_a = 0{,}2$ s, quelle devrait être la nouvelle vitesse de l'axe Y, v_y, pour que les deux axes terminent leurs mouvements en même temps ? t_a est lemême chose pour les deux axes.

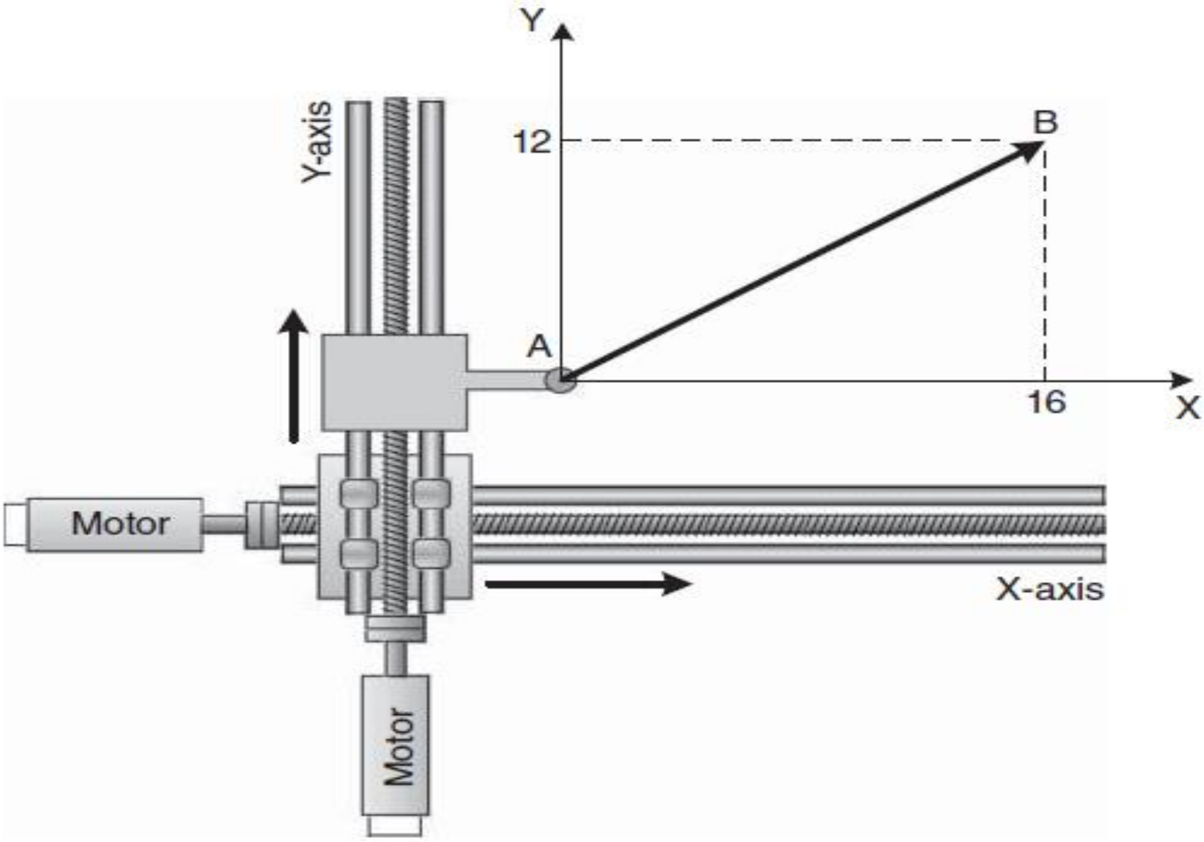


Figure 4

TD2 (chapitres 2, 3 et 4)

Exo 1

Le flux statorique d'une machine asynchrone est supposé sinusoïdal.

1. Montrer qu'en négligeant la chute de tension dans le bobinage statorique, l'amplitude de la tension d'alimentation devient proportionnel à la fréquence d'alimentation
2. On veut appliquer la commande scalaire en boucle ouverte sur la machine (figure 1). Pour cela, la vitesse de rotation ω_r est approximée par la vitesse synchrone ω_s

   2.1 Dans le schéma de commande :
   - déduire l'expression du gain **G**
   - que représente le terme v_0 dans ?

   2.2 A un instant t_1, Le couple de charge appliqué sur le moteur passe de C_{r1} à C_{r2} (figure 2)
   - Indiquer sur un schéma le parcours du point de fonctionnement dans le plan Couple-Vitesse.
   - Indiquer la forme de la vitesse en fonction du temps suite à cette variation du couple de charge.

   2.3 Afin d'améliorer la commande scalaire, on introduit la boucle fermée indiquée à la figure 3. Dans ce cas, lorsque le couple de charge appliqué sur le moteur passe de C_{r1} à C_{r2} :
   - Indiquer sur un schéma le parcours du point de fonctionnement dans le plan Couple-Vitesse
   - Indiquer la forme de la vitesse en fonction du temps suite à cette variation du couple de charge.

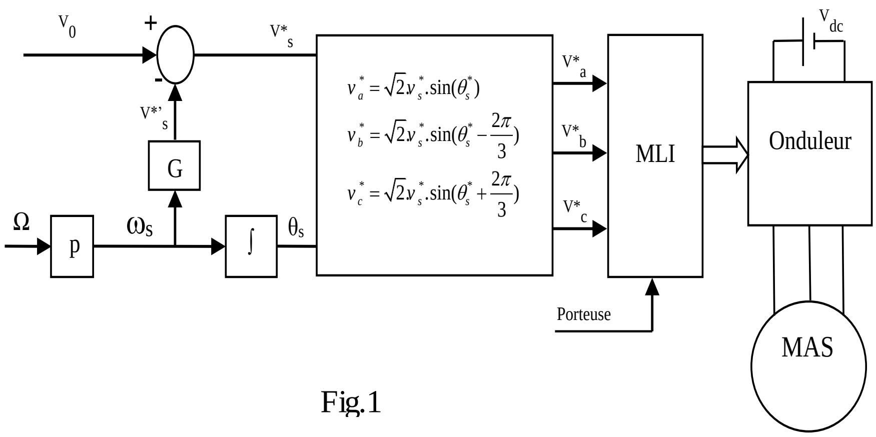


Fig.1

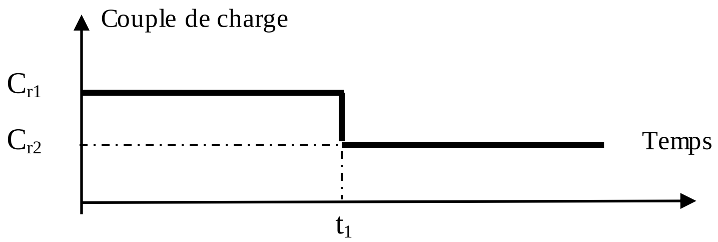


Fig.2

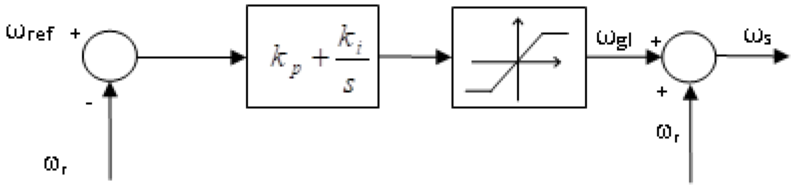


Fig.3

Exo 2

On veut appliquer la méthode indirecte de la commande par orientation du flux rotorique, sur une machine asynchrone

1. Comment calculer l'angle d'orientation du flux rotorique ?
2. On rappelle les équations rotoriques du modèle de la machine :

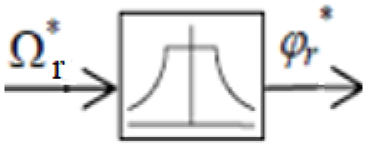
$$\frac{d\phi_{dr}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} i_{ds} - \frac{\phi_{dr}}{T_r} + (\omega_s - p\,\Omega)\phi_{qr} \;; \qquad \frac{d\phi_{qr}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} i_{qs} - \frac{\phi_{qr}}{T_r} - (\omega_s - p\,\Omega)\phi_{dr}$$

   a. Indiquer les conditions d'orientation du flux rotorique.
   b. Déduire l'expression de la vitesse de glissement ω_{gl} et du flux rotorique ϕ_r n en fonction des composantes du courant statorique i_{ds} et i_{qs}.
   c. Comment faire pour réduire la dépendance de la commande aux variations des paramètres de la machine ?

Exo 3

On rappelle l'expression du couple de la machine asynchrone: $C_e = p\dfrac{M}{L_r}\left(\phi_{dr} i_{qs} - \phi_{qr} i_{ds}\right)$ et celle du couple d'une machine à courant continue : $C_e = p\dfrac{M}{L_r}\phi_r i_{qs}$

1. Quelle est la condition de la commande vectorielle, sur les deux composantes du flux : ϕ_{dr} et ϕ_{qr} ?
2. En appliquant ces conditions déduire la nouvelle expression du couple de la MAS
3. Tracer un diagramme vectoriel de la MAS dans le système d'axes *dq* représentant le vecteur du flux ϕ_r et ses composantes ϕ_{dr} et ϕ_{qr} et le vecteur du courant I_s et ses composantes i_{ds} et i_{qs}, en tenant compte des conditions de la commande vectorielle.
4. Tracer un diagramme vectorielle de la MCC, représentant les vecteurs des courants d'inducteur I_f et d'induit I_a et les vecteurs de flux inducteur ϕ_f et d'induit ϕ_a
5. Déduire l'analogie entre la MCC et la MAS commandé par orientation du flux.
6. Dans un schéma de commande vectorielle, la référence du flux rotorique est générée par un bloc de défluxage, comme indiqué à la figure 4.a.
   a. Quel est le rôle de ce bloc de défluxage
   b. L'allure du flux de référence en fonction de la vitesse est indiquée à la figure 4.b. Déduire l'expression de ϕ_{ref} en fonction de Ω_{ref}



a

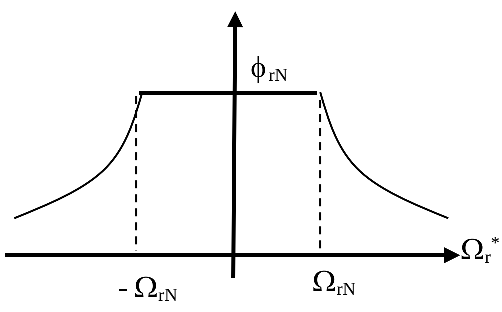


Fig.4. ϕ_r^* b

Exo 4

La commande vectorielle directe de la machine asynchrone exige la connaissance du module $\boldsymbol{\phi_r}$ et de la phase $\boldsymbol{\theta_s}$ du vecteur du flux rotorique

1. Déduire à travers un diagramme vectoriel, les expressions de $\boldsymbol{\phi_r}$ et de $\boldsymbol{\theta_s}$ en fonction des composantes $\boldsymbol{\phi_{\alpha r}}$ **et** $\boldsymbol{\phi_{\beta r}}$ du flux rotorique dans le repère biphasé fixe et lié au stator.
2. Déduire les équations d'estimation des composantes $\boldsymbol{\phi_{\alpha r}}$ **et** $\boldsymbol{\phi_{\beta r}}$ par le modèle de courant, en fonction des composantes du courant statorique $\mathbf{i_{\alpha s}}$ **et** $\mathbf{i_{\beta s}}$.
   Aide : Utiliser les équations de tension du rotor : $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = R_r \begin{bmatrix} i_{\alpha r} \\ i_{\beta r} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \phi_{\alpha r} \\ \phi_{\beta r} \end{bmatrix} + \omega_r \begin{bmatrix} \phi_{\beta r} \\ -\phi_{\alpha r} \end{bmatrix}$

   et les équations du flux :

$$
\begin{aligned}
\phi_{\alpha s} &= L_s i_{\alpha s} + M\, i_{\alpha r} \\
\phi_{\beta s} &= L_s i_{\beta s} + M\, i_{\beta r} \\
\phi_{\alpha r} &= L_r i_{\alpha r} + M\, i_{\alpha s} \\
\phi_{\beta r} &= L_r i_{\beta r} + M\, i_{\beta s}
\end{aligned}
$$

3. En supposant que les courants et tensions triphasés au stator de la machine sont équilibrés, montrer qu'il suffit de mesurer deux des trois courants des phases pour déduire les composantes $\mathbf{i_{\alpha s}}$ **et** $\mathbf{i_{\beta s}}$.
4. Donner un schéma bloc pour l'estimation des flux, ayant comme entrées les composantes du courant $\mathbf{i_{\alpha s}}$ **et** $\mathbf{i_{\beta s}}$ et comme sorties les composantes du flux rotorique $\boldsymbol{\phi_{\alpha r}}$ **et** $\boldsymbol{\phi_{\beta r}}$.

Exo 5

Les signaux de sorties des deux correcteurs de flux (d_ϕ) et de couple (d_c), utilisé pour la commande directe de couple de la machine asynchrone, sont exprimés, à l'instant d'échantillonnage kT_e par :

$$
d_\phi(k) = \begin{cases} 1 \text{ si } \phi_{sref} - \phi_s > \dfrac{H_\phi}{2} \\ 0 \text{ si } \phi_{ref} - \phi_s < \dfrac{-H_\phi}{2} \\ \mathrm{d}_\phi(k-1) \text{ si } \dfrac{-H_\phi}{2} \le \phi_{sref} - \phi_s \le \dfrac{H_\phi}{2} \end{cases} \quad ; \; d_c(k) = \begin{cases} 1 \text{ si } C_{e\,ref} > 0 \text{ et } C_{e\,ref} - C_e > \dfrac{H_c}{2} \\ -1 \text{ si } C_{e\,ref} \le 0 \text{ et } C_{e\,ref} - C_e > \dfrac{H_c}{2} \\ 0 \text{ si } C_{e\,ref} > 0 \text{ et } C_{ref} - C_e < \dfrac{-H_c}{2} \\ 0 \text{ si } C_{e\,ref} \le 0 \text{ et } C_{ref} - C_e < \dfrac{-H_c}{2} \\ d_c(k-1) \text{ si } \dfrac{-H_c}{2} \le C_{ref} - C_e \le \dfrac{H_c}{2} \end{cases}
$$

1. Montrer que si le vecteur du flux statorique est supposé initialement à la position $\bar{\phi}_s(0)$, l'application d'un vecteur de tension $\bar{V}_i$ (i=0,1,2,…7) pendant une durée T_e provoque le déplacement du vecteur du flux statorique vers une nouvelle position $\bar{\phi}_s(T_e)$, donné par :

$$\bar{\phi}_s(T_e) = \bar{\phi}_s(0) + \bar{V}_s T_e$$

2. La figure 5 indique trois situations pour les flux statorique et rotorique dans le plan $\alpha\beta$. On suppose que le sens de rotation des flux statorique et rotorique est le sens antihoraire. Indiquer pour chaque situation, le secteur contenant le vecteur du flux statorique.
3. Remplir le tableau suivant, en indiquant à chaque fois le vecteur de tension convenable à appliquer

Situation→		1	2	3
Variable du flux	Variable du couple			
$d_\phi = 1$	$d_c = 1$			
	$d_c = 0$			
	$d_c = -1$			
$d_\phi = 0$	$d_c = 1$			
	$d_c = 0$			
	$d_c = -1$			

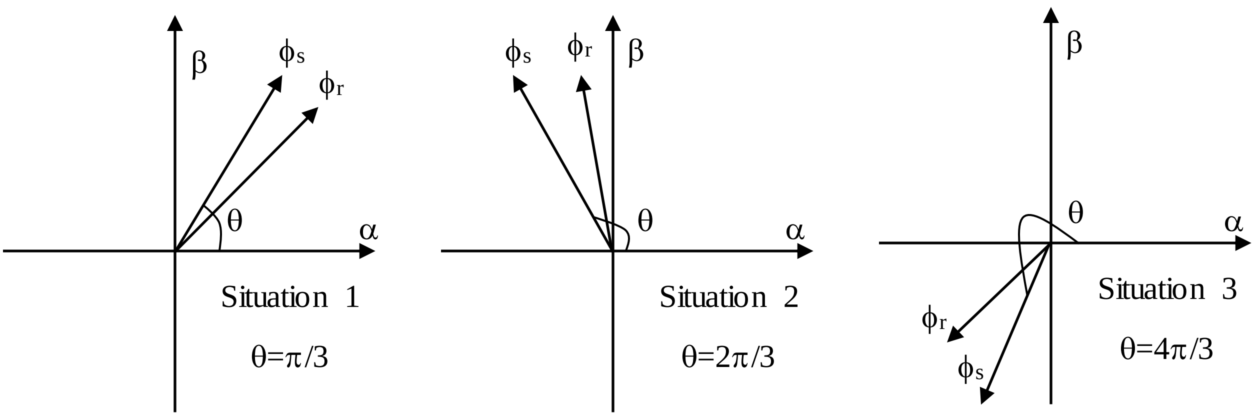


Figure 5.