

Corrigé 8 – Actionneurs

09.11.2018

Solution 8.1 :

Réponse indicielle d'un moteur DC :

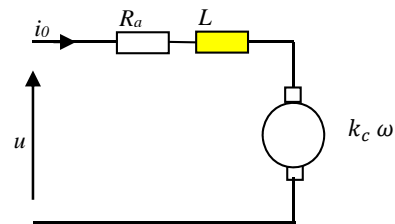
Le circuit équivalent d'un moteur DC est représenté comme suit:

Equation électrique

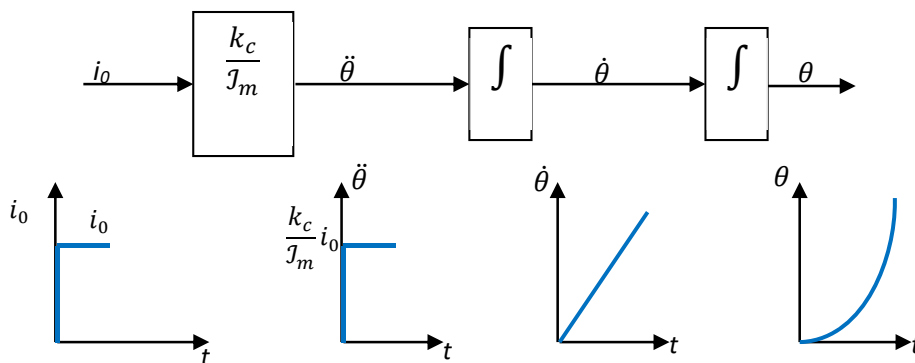
$$u = R_a i_0 + k_e \omega + L \frac{di_0}{dt} \quad (1)$$

Modèle Dynamique (mécanique)

$$J_m \ddot{\theta} = k_c i_0 \Rightarrow \ddot{\theta} = \frac{k_c}{J_m} i_0 \quad (2)$$



Réponse théorique à un échelon de courant:



Les réponses en vitesse et en accélération sont impossibles car elles donnent une vitesse $\omega(t)$ infinie pour un temps "t" suffisamment grand.

Cependant, la vitesse n'atteindra pas une vitesse infinie parce qu'elle est liée à la tension dans l'induit du moteur. **Plus la vitesse augmente, plus cette tension dans l'induit augmente, or cette tension est limitée par ce que peut fournir l'amplificateur.** Considérons u_{max} comme étant la tension maximum dans l'induit du moteur fournie par l'amplificateur, qui est elle-même limitée par l'alimentation de l'amplificateur.

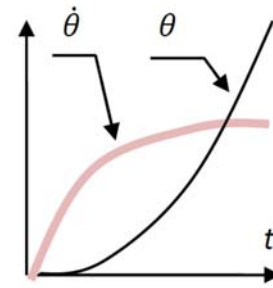
L'équation (1) devient :

$$u = u_{max} = R_a i_0 + k_e \omega_{max}$$

($di/dt = 0$ car le courant est constant)

Ce qui nous donne la vitesse maximale suivante:

$$\omega_{max} = \frac{u - R_a i_0}{k_e}$$

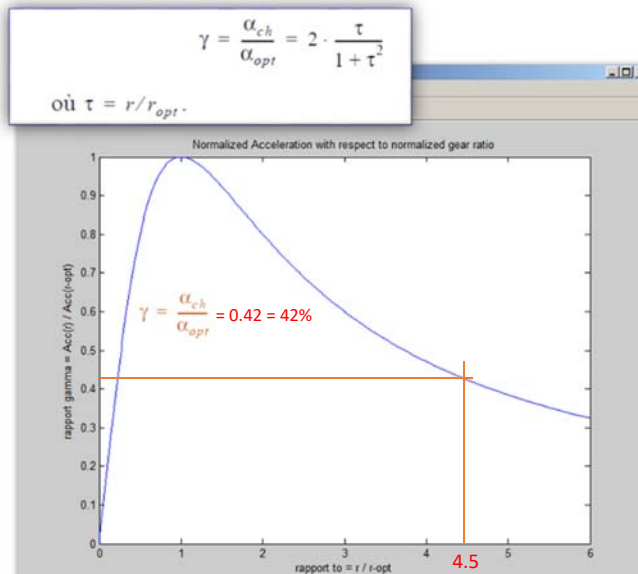


Modification of the speed and position responses

Cela signifie que le moteur monte jusqu'à la vitesse maximale pour n'importe quel entrée indicielle I_0 . Cela montre pourquoi la méthode de Ziegler Nichols en boucle ouverte n'est pas utilisé pour le contrôle en position pour fixer les paramètres du PID.

Solution 8.2 :

Voici la courbe $\gamma(\tau)$:



1)

Le rapport de réduction optimal est donné par l'expression :

$$r_{opt} = \sqrt{\frac{J_{ch}}{J_m}}$$

J_{ch} est le moment d'inertie de la charge et J_m celui du moteur. Dans notre cas, nous obtenons :

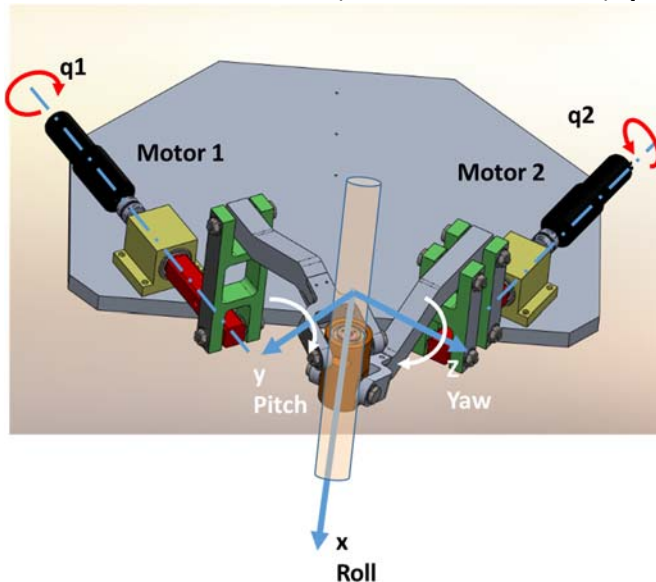
$$r_{opt} = \sqrt{\frac{0.1 \text{ kg.m}^2}{6.25 * 10^{-5} \text{ kg.m}^2}} = 40$$

2)

Le rapport de réduction utilisé vaut 180. Ce rapport est **4.5 fois** plus grand que le rapport optimal (**180/40 = 4.5**). Grâce à la figure ci-contre, on déduit que nous ne disposons que de **42%** d'accélération par rapport à celle correspondant au rapport optimal.

Solution 8.3 :

- 1) C'est un robot parallèle car la chaîne cinématique est fermée.
- 2) Il y a 2 DDLs. Deux articulations actionnent le dispositif, voir les sens des rotations des deux moteurs pour comprendre le mouvement des tilts **Pitch et Yaw** de l'outil.
- 3) Vecteur des coordonnées opérationnelles $\mathbf{X} = [\text{Pitch}, \text{Yaw}]$ (**voir figure**). Vecteur des coordonnées articulaires (articulations actives) $\mathbf{q} = [q_1, q_2]$ (**voir figure**)



Rapport du réducteur utilisé (GP62A)	n	181
Inertie du réducteur, côté entrée	I_{red}	$8.8 * 10^{-6} \text{ kg} * \text{m}^2$
Inertie du moteur (RE 50)	I_{mot}	$5.42 * 10^{-5} \text{ kg} * \text{m}^2$
Couple moteur nominal	M_{mot}	$420 \text{ mN} * \text{m}$

L'inertie équivalente ramené à la sortie est donné par :

$$I_{rout} = I_{ch} + I_{mot} * n^2 + I_{red} * n^2$$

C'est l'inertie totale rapportée à l'axe de sortie de chaque articulation.

Le rapport de réduction optimal est alors donné par l'expression :

$$r_{opt} = \sqrt{\frac{I_{ch}}{I_m}}$$

Le moment d'inertie du réducteur n'est pas considéré dans ce calcul car nous sommes censés dimensionner un réducteur (inconnu).

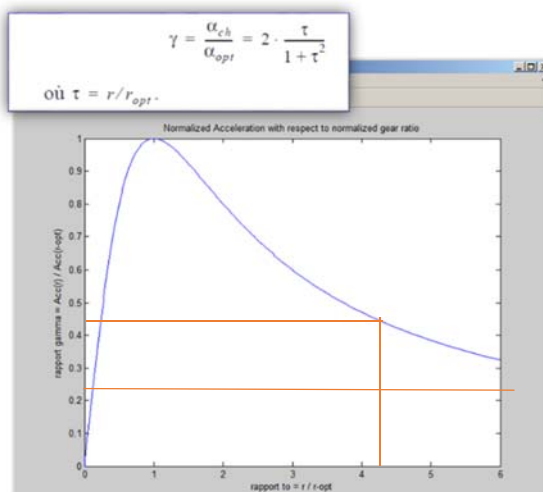
Pour chaque disposition, les valeurs numériques sont reportées ci-dessous :

	Configuration A	Configuration B
I_{charge}	$0.101 \text{ kg} * \text{m}^2$	$3.36e^{-2} \text{ kg} * \text{m}^2$
I_{rout}	$2.16 \text{ kg} * \text{m}^2$	$2.10 \text{ kg} * \text{m}^2$
r_{opt}	43.2	24.9
$\frac{r}{r_{opt}}$	4.2	7.3

Du fait que le rapport de réduction soit très élevé, le moment d'inertie total ramené à la sortie articulaire n'est pas sensible à la variation de la charge.

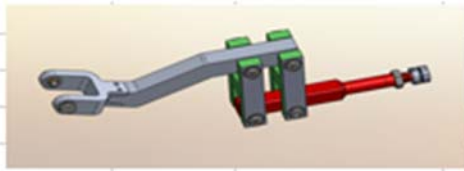
Le rapport optimal varie ainsi entre 25 et 43. Ceci signifie que notre capacité d'accélération articulaire n'est pas là même en fonction de la position de travail du robot

A l'aide du rapport r/r_{opt} on peut maintenant calculer graphiquement le taux d'accélération admissible par rapport à l'accélération optimale:



Ces taux sont respectivement d'environ 45% pour la disposition 1 et de 25% pour l'autre disposition.

Feuille de calcul jointe en format excel....



n_red	181			
I_Load	1,01E-01	kg.m2	3,36E-02	kg.m2
I_red	8,80E-06	kg.m2	8,80E-06	kg.m2
I_mot	5,42E-05	kg.m2	5,42E-05	kg.m2

$I_{r_out} = I_{load} + I_m \cdot n^2 + I_{red} \cdot n^2$, est l'inertie totale rapportée à l'axe de sortie de chaque c

Q1- Quel le moment d'inertie équivalent ramené à la sortie ?

I_Load	1,01E-01	kg.m2		3,36E-02	kg.m2
I_red_out	2,88E-01	kg.m2	Très faible	2,88E-01	kg.m2
I_mot_out	1,78E+00	kg.m2		1,78E+00	kg.m2
I_r_out	2,16E+00	kg.m2		2,10E+00	kg.m2

*) Noter que l'inertie du moteur est dominante

Q2 - Quel est le rapport de réduction optimal pour chaque configuration ?

$$r_{opt} = \sqrt{\frac{J_{ch}}{J_m}}$$

r_opt	43,2		24,9
r/r_opt	4,2		7,3

$$\gamma = \frac{\alpha_{ch}}{\alpha_{opt}} = 2 \cdot \frac{\tau}{1 + \tau^2}$$

où $\tau = r/r_{opt}$.

