Séquence 02 - TP01 - Îlot 03

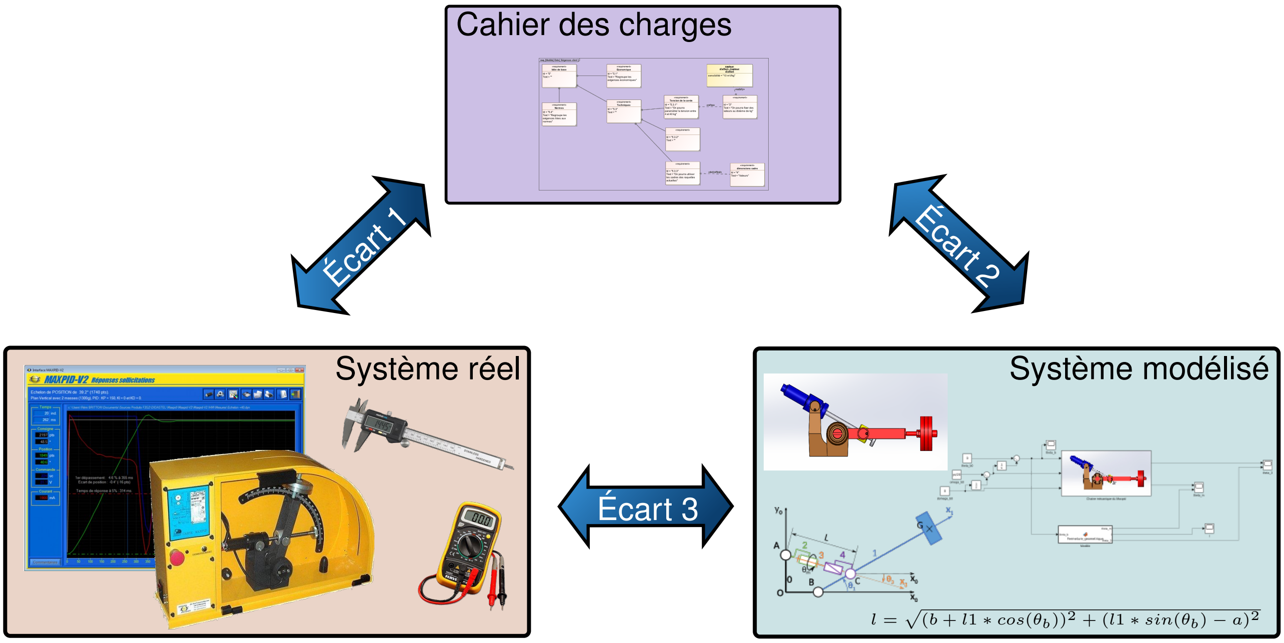
Lycée Dorian
Renaud Costadoat
Françoise Puig

Présentation des SLCI

Référence	S02 - TP01 - I03
Compétences	Mod2-C2: Systèmes linéaires continus et invariants
Description	Modélisation d'un SLCI. Identification et modélisation des systèmes asservis du laboratoire
Système	Moby Crea

Objectif du TP:

Modéliser un Système Linéaire Continu et Invariant



La démarche de l'ingénieur permet :
- De vérifier les performances attendues d'un système, par évaluation de l'écart entre un cahier des charges et les réponses expérimentales (écart 1),
- De proposer et de valider des modèles d'un système à partir d'essais, par évaluation de l'écart entre les performances mesurées et les performances simulées (écart 2),
- De prévoir le comportement à partir de modélisations, par l'évaluation de l'écart entre les performances simulées et les performances attendues du cahier des charges (écart 3).

Pour ce TP, vous aurez à votre diposition les documents suivants :
- **La Mise en oeuvre du système,**
- **de la procédure d'utilisation de Simscape disponible à la page ??,**
- **Les divers documents des Ressources système.**

1 Modéliser la chaîne d'énergie du système en Boucle Ouverte

Nous allons dans cette partie chercher à déterminer la fonction de transfert qui lie la tension en entrée du moteur $u_m(t)$ (V)et la vitesse de rotation de la manivelle $\Omega_v(t)$ $(rad.s^{-1})$.

On donnera le système d'équations suivants :

— $J.\dfrac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t)$

Les caractéristiques du système sont données sur la page Ressources système. Si les valeurs numériques de certaines grandeurs ne sont pas données, c'est qu'elles seront négligées par la suite.

Question 1 Donner l'ensemble des équations temporelles permettant de modéliser un moteur à courant continu.

La question suivante est une des plus complexes et plus importantes du TP. Pour y répondre, il faudra fouiller dans le logiciel de pilotage du système, proposer des mesures à réaliser sur le système,... et proposer à votre enseignant des idées sur la démarche à suivre.

Question 2 Déterminer les équation qui lient les paramètres suivants :
- la vitesse de rotation du moteur $\omega_m(t)$,
- la vitesse de rotation de la manivelle $\Omega_v(t)$ $(rad.s^{-1})$.

2 Résolution des équations du modèle

Question 3 Passer ces équations dans le domaine de Laplace.

Question 4 Mettre le système sous la forme de la fonction de transfert suivante : $H(p) = \dfrac{\Omega_v(p)}{U_m(p)}$.

Question 5 Donner les caractéristiques de cette fonction de transfert et vérifier l'homogénéité des constantes déterminées.

Afin de tracer les réponses temporelles, il est possible d'utiliser un script python téléchargeable ici.

3 Expérimentation sur le système réel

Mettre en œuvre le système, et préparer la prise de mesure.

Question 6 Après avoir analysé le logiciel d'expérimentation, déterminer quelles grandeurs peuvent être utilisées en entrée. Est-ce que la tension en entrée du moteur $u_m(t)$ (V)en fait partie ?

Question 7 Relever les tracés des réponses temporelles de la tension en entrée du moteur $u_m(t)$ (V)et de la vitesse de rotation de la manivelle $\Omega_v(t)$ $(rad.s^{-1})$.

Question 8 En mettant en parallèle les tracés issus de la modélisation et ceux issus de l'expérimentation, conclure quand à la validation du modèle utilisé.

$$J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} = Cm(t) \tag{1}$$

$$Um(t) = R \cdot i(t) + e(t) \tag{2}$$

$$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \tag{3}$$

$$Cm(t) = K_t \cdot i(t) \tag{4}$$

$$H(p) = \frac{\frac{1}{K_e}}{1 + \frac{R \cdot J}{K_e \cdot K_t} \cdot p}$$

Avec $U = \frac{U_0}{p}$.

$$\Omega(p) = \frac{\frac{U_0}{K_e}}{p \cdot \left(1 + \frac{R \cdot J}{K_e \cdot K_t} \cdot p\right)}$$, donc $\omega(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} = Cm(t) - Cr(t) - f.\omega(t) \tag{5}$$

$$Um(t) = R \cdot i(t) + e(t) \tag{6}$$

$$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \tag{7}$$

$$Cm(t) = K_t \cdot i(t) \tag{8}$$

Avec $Cr(t) = Cr_0.cos(\omega_r.t) + Cs_0$.

$$J \cdot p \cdot \Omega = Cm(p) - Cr(p) - f.\Omega$$

$$Um(p) - \frac{R \cdot Cr(p)}{K_t} = \left(\frac{R \cdot (J \cdot p + f)}{K_t} + K_e\right) \cdot \Omega = \left(\frac{R \cdot (J \cdot p + f)}{K_t} + K_e\right) \cdot \Omega$$

$$\Omega(p) = \frac{\frac{Kt}{Kt \cdot Ke + R \cdot f}}{1 + \frac{R \cdot J}{Kt \cdot Ke + R \cdot f} \cdot p} \cdot \left(Um(p) - \frac{R \cdot Cr(p)}{K_t}\right)$$

Avec $U = \frac{U_0}{p}$ et $Cr = 0$.

$$\Omega_1(p) = \frac{\frac{Kt}{Kt \cdot Ke + R \cdot f}}{1 + \frac{R \cdot J}{Kt \cdot Ke + R \cdot f} \cdot p} \cdot \frac{U_0}{p}$$

Avec $U = 0$ et $Cr = \frac{Cr_0 \cdot p}{p^2 + \omega_r^2} + \frac{Cs_0}{p}$.

$$\Omega_2(p) = -\frac{\frac{Kt}{Kt \cdot Ke + R \cdot f}}{1 + \frac{R \cdot J}{Kt \cdot Ke + R \cdot f} \cdot p} \cdot \frac{R}{K_t} \cdot \left(\frac{Cr_0 \cdot p}{p^2 + \omega_r^2} + \frac{Cs_0}{p}\right)$$

On prend :

$$K = -\frac{Kt}{Kt \cdot Ke + R \cdot f} \cdot \frac{R}{K_t}$$

$$\tau = \frac{R \cdot J}{Kt \cdot Ke + R \cdot f}$$

$$\Omega_2(p) = \frac{K}{1+\tau\cdot p}\cdot\left(\frac{Cr_0\cdot p}{p^2+\omega_r^2}+\frac{Cs_0}{p}\right) = \frac{K\cdot(Cr_0\cdot p^2 + Cs_0\cdot p^2 + Cs_0\cdot\omega_r^2)}{(1+\tau\cdot p)\cdot(p^2+\omega_r^2)\cdot p}$$

$$\Omega_2(p) = \frac{A}{1+\tau\cdot p} + \frac{B\cdot p + C}{p^2+\omega_r^2} + \frac{D}{p}$$

$$= \frac{A\cdot p^3 + A\cdot\omega_r^2\cdot p + B\cdot p^2 + C\cdot p + B\cdot\tau\cdot p^3 + C\cdot\tau\cdot p^2 + D\cdot p^2 + D\cdot\omega_r^2 + D\cdot\tau\cdot p^3 + D\cdot\omega_r^2\cdot\tau\cdot p}{(1+\tau\cdot p)\cdot(p^2+\omega_r^2)\cdot p}$$

$$A + B\cdot\tau + D\cdot\tau = 0 \tag{9}$$

$$B + C\cdot\tau + D = K\cdot(Cr_0 + Cs_0) \tag{10}$$

$$A\cdot\omega_r^2 + C + D\cdot\omega_r^2\cdot\tau = 0 \tag{11}$$

$$D\cdot\omega_r^2 = K\cdot Cs_0\cdot\omega_r^2 \tag{12}$$

$$D = K\cdot Cs_0$$

$$C = B\cdot\tau\cdot\omega_r^2$$

$$B\cdot(1+\tau^2\cdot\omega_r^4) + D = K\cdot(Cr_0 + Cs_0)$$

$$B = \frac{K\cdot Cr_0}{1+\tau^2\cdot\omega_r^4}$$

$$C = \frac{K\cdot Cr_0\cdot\tau\cdot\omega_r^2}{1+\tau^2\cdot\omega_r^4}$$

$$A = -\frac{K\cdot Cr_0\cdot\tau}{1+\tau^2\cdot\omega_r^4} - \tau\cdot K\cdot Cs_0$$

$$\omega_2(t) = \frac{A}{\tau}.e^{\frac{-t}{\tau}} + B\cdot cos(\omega_r\cdot t) + \frac{C}{\omega_r}\cdot sin(\omega_r\cdot t) + D$$