TP 05.2 Rein artificiel ou dialyseur Corrigé

1) Objectifs du TP et sommaire.

2) Etude théorique.

21) Equations modélisant le fonctionnement du processus.

22) Schéma fonctionnel du moteur + réducteur.

Question 1 : *Les conditions initiales étant nulles, écrire les transformées de Laplace des 5 équations.*

Loi d'Ohm dans le circuit d'induit	$U(p) = E(p) + R.I(p) + L.p.I(p)$	$\frac{I(p)}{U(p)-E(p)} = \frac{1}{R+L.p}$
Équations de l'électromagnétisme dans le moteur	$E(p) = K_m.\Omega_m(p)$ $C_m(p) = K_m.I(p)$	$\frac{E(p)}{\Omega_m(p)} = K_m$ $\quad$ $\frac{C_m(p)}{I(p)} = K_m$
Équation de la dynamique de l'arbre moteur	$C_m(p) - \frac{1}{N}.C_r(p) - \mu_e.\Omega_m(p) = J_e.p.\Omega_m(p)$	$\frac{\Omega_m(p)}{C_m(p) - \frac{1}{N}.C_r(p)} = \frac{1}{\mu_e + J.p}$
Équation de la dynamique de l'arbre moteur	$\Omega_m(p) = N.\Omega_p(p)$	$\frac{\Omega_p(p)}{\Omega_m(p)} = \frac{1}{N}$

NB : attention pour la transformée de la 5ème équation :

$\frac{\omega_m(t)}{\omega_p(t)} = N \Rightarrow \omega_m(t) = N.\omega_p(t) \xrightarrow{L} \Omega_m(p) = N.\Omega_p(p)$ CORRECT

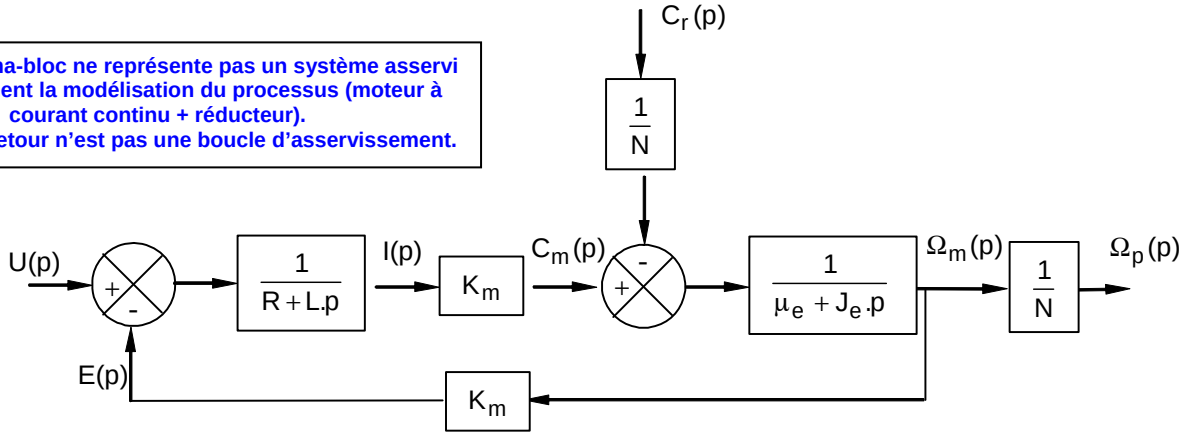
~~$\frac{\omega_m(t)}{\omega_p(t)} = N \xrightarrow{L} \frac{\Omega_m(p)}{\Omega_p(p)} = \frac{N}{p}$~~

FAUX selon les Propriétés de la transformée de Laplace :

	Multiplication d'une fonction par un scalaire	Multiplication d'une fonction par une fonction
f(t)	K.f(t)	f(t).g(t)
F(p)	K.F(p)	~~F(p).G(p)~~

Question 2 : *Recopier et compléter le schéma fonctionnel du processus, ci-dessous.*
(On précisera les différentes fonctions de transfert dans les différents blocs).

NB : ce schéma-bloc ne représente pas un système asservi mais seulement la modélisation du processus (moteur à courant continu + réducteur).
la boucle de retour n'est pas une boucle d'asservissement.



Question 3 : *Exprimer de façon littérale la fonction de transfert* $\left.\frac{\Omega_p(p)}{U(p)}\right|_{Cr(p)=0}$ *(sans perturbation).*

Exprimer de façon littérale la fonction de transfert $\left.\frac{\Omega_p(p)}{Cr(p)}\right|_{U(p)=0}$.

$$\left.\frac{\Omega_p(p)}{U(p)}\right|_{Cr=0} = \frac{1}{N}.\frac{\frac{1}{R+Lp}.K_m.\frac{1}{\mu_e+J_ep}}{1+K_m.\frac{1}{R+Lp}.K_m.\frac{1}{\mu_e+J_ep}} = \frac{1}{N}.\frac{K_m}{(R+Lp)(\mu_e+J_ep)+{K_m}^2} = \frac{1}{N}.\frac{K_m}{R\mu_e+RJ_ep+L\mu_ep+LJ_ep^2+{K_m}^2}$$

$$\boxed{\left.\frac{\Omega_p(p)}{U(p)}\right|_{Cr=0} = \left(\frac{K_m}{N.(R\mu_e+{K_m}^2)}\right).\left(\frac{1}{1+\frac{RJ_e+L\mu_e}{R\mu_e+{K_m}^2}.p+\frac{LJ_e}{R\mu_e+{K_m}^2}.p^2}\right) = F1(p)}$$

$$\left.\frac{\Omega_p(p)}{C_r(p)}\right|_{U=0} = \frac{-1}{N^2}.\frac{\frac{1}{\mu_e+J_ep}}{1-\frac{1}{\mu_e+J_ep}.K_m.(-1).\frac{1}{R+Lp}.K_m} = \frac{-1}{N^2}.\frac{R+Lp}{(R+Lp)(\mu_e+J_ep)+{K_m}^2} = \frac{-1}{N^2}.\frac{R+Lp}{R\mu_e+RJ_ep+L\mu_ep+LJ_ep^2+{K_m}^2}$$

$$\boxed{\left.\frac{\Omega_p(p)}{C_r(p)}\right|_{U=0} = \left(\frac{-R}{N^2.(R\mu_e+{K_m}^2)}\right).\left(\frac{1+\frac{L}{R}.p}{1+\frac{RJ_e+L\mu_e}{R\mu_e+{K_m}^2}.p+\frac{LJ_e}{R\mu_e+{K_m}^2}.p^2}\right) = F2(p)}$$

$\boxed{\Omega_p(p) = F1(p).U(p)+F2(p).C_r(p)}$ (Théorème de superposition)

23) Fonction de transfert du moteur seul sans son réducteur.

Question 4 : *Dans le cas où L et* μ_e *sont négligés, donner l'expression littérale de la fonction de transfert du moteur* $\left.\frac{\Omega_m(p)}{U(p)}\right|_{Cr(p)=0}$ *(sans perturbation).*

$$\left.\frac{\Omega_m(p)}{U(p)}\right|_{Cr(p)=0} = \left(\frac{1}{K_m}\right).\left(\frac{1}{1+\frac{RJ_e}{{K_m}^2}.p}\right) = F1(p)$$

Question 5 : *Calculer la constante de temps* τ *et le gain statique K du moteur ainsi simplifié.*

En négligeant μ_e et L, le système simplifié est du premier ordre, ses paramètres caractéristiques sont donc :

$$\boxed{\tau = \frac{R.J_e}{K_m^2} = \frac{3{,}4.15{,}8.10^{-6}}{(70{,}2.10^{-3})^2} = 10{,}9\ ms}$$

$$\boxed{K = \frac{1}{K_m} = \frac{1}{70{,}2.10^{-3}} = 14{,}2\ rad.s^{-1}.V^{-1}}$$

3) Expérimentation en Boucle Ouverte.

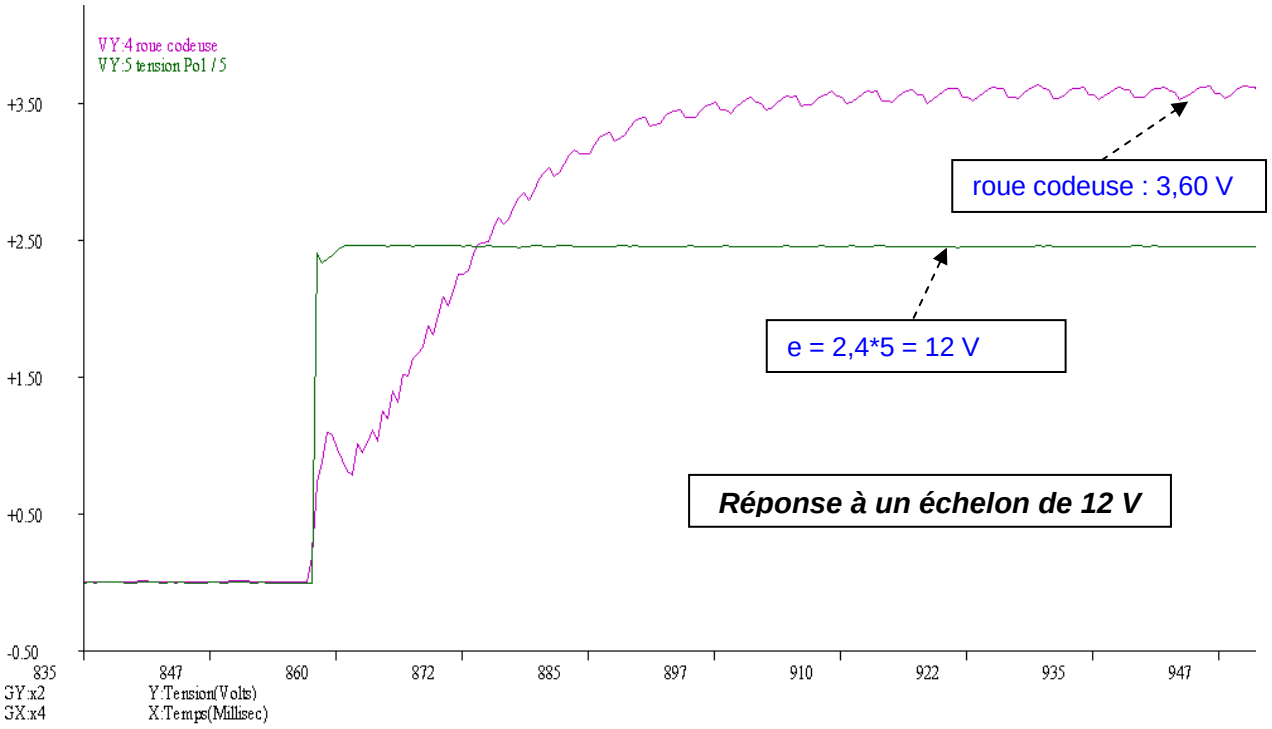
31) Ensemble capteur de la roue-codeuse + convertisseur fréquence-tension.

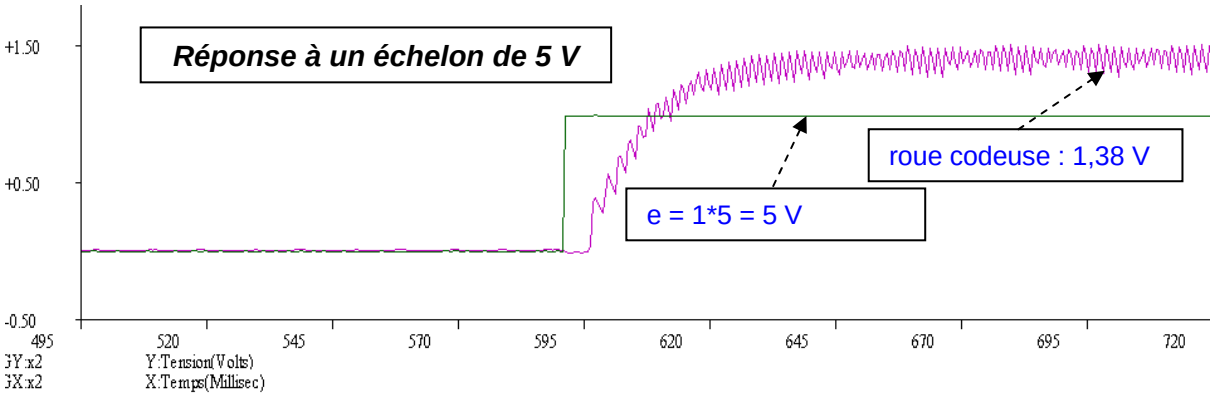
Question 6 : *Selon vous, pourquoi le capteur (roue codeuse) est-il placé sur l'arbre de sortie du moteur et non pas sur l'arbre de sortie du réducteur ? Pourquoi cette roue comporte-t-elle un nombre d'encoches si important ?*

Plus la fréquence sera importante, moins l'erreur de mesure faite sur celle-ci sera grande…
C'est pourquoi, le capteur est mis sur l'arbre du moteur et que la roue codeuse comporte un nombre important d'encoches.

32) Fonction de transfert du moteur seul.

Grâce aux deux tensions disponibles d'alimentation du moteur, on réalise deux enregistrements de la phase de mise sous tension du moteur.





Question 7 : *A partir des acquisitions, déterminer* $\omega_m(+\infty)$ *pour les 2 essais.*

	Essai BO 12 V	Essai BO 5 V
Avec la relation de la roue codeuse (convertisseur fréquence-tension), on a :	$\omega_m(+\infty) = \frac{3,60}{24,4.10^{-3}} = 148 \text{ rad/s}$	$\omega_m(+\infty) = \frac{1,38}{24,4.10^{-3}} = 56,6 \text{ rad/s}$

Question 8 : *Identifier les réponses à un modèle connu, et déterminer les paramètres caractéristiques K et* τ*, ainsi que la fonction de transfert du moteur seul.*

On peut modéliser le moteur par un système du 1er ordre : $H(p) = \frac{K}{1+\tau.p}$ car :

- La réponse à un échelon ne présente pas de dépassement de la valeur finale.
- La pente à l'origine n'est pas nulle.

Détermination de K :
La réponse à un échelon (pour un système du 1er ordre) tend vers K.Ec lorsque $t \to +\infty$.
Ici pour un échelon de u = 12 V on a $\omega_m(+\infty) = 148 \text{ rad/s}$ donc K=12,3.
et pour un échelon de u = 5 V on a $\omega_m(+\infty) = 56,6 \text{ rad/s}$ donc K=11,3.

$$K_{moyen} = 11,8 \text{ rad.s}^{-1}.\text{V}^{-1}$$

Détermination de τ :
A partir des renseignements fournis par 0,63 fois la valeur finale :
pour 12 V : $\tau = 11 \text{ ms}$
pour 5 V : $\tau = 12 \text{ ms}$

Donc $$H_{moteur}(p) = \frac{11,8}{1+0,011.p}$$

4) Conclusion.

Question 9 : *Comparer votre modèle issue de vos résultats expérimentaux à votre modèle théorique. Conclure.*

Résultat en bonne corrélation pour τ, et un peu moins pour K.
Les différences proviennent des hypothèses du modèle théorique : on a négligé l'inductance L, le paramètre de frottement fluide μ_e et le couple résistant…
La constante de temps du processus, incluant l'inertie de tous les éléments entraînés (réducteur et codeur) est nécessairement légèrement plus importante que celle du moteur seul. On peut remarquer que la faible différence provient du fait que les éléments entraînés possèdent déjà une faible inertie.

Conclusion : Le modèle du premier ordre peut donc être retenu, et valide les différentes hypothèses formulées.

AVANT DE PARTIR, RANGER LE POSTE