

	TP 5 : analyse temporelle et fréquentielle système cordeuse de raquettes	
CPGE 2	S4 Comportement des systèmes S43 Modélisation des systèmes multi-physiques S432 Systèmes asservis multi-physiques S4321 Modélisation d'un système asservi multi-physiques	B2 Proposer un modèle de connaissance et de comportement

Objectifs

Il est proposé, sur le système de cordeuse de raquettes :

- d'analyser les réponses temporelles du système ;
- d'analyser les réponses fréquentielles du système ;
- corriger le système afin de répondre au cahier des charges en dimensionnant le correcteur;



Cordeuse de raquettes

Vous devrez rédiger un compte rendu de votre travail et le renvoyer au **format *pdf** à la fin de séance à l'adresse mail suivante : grandguillaume.sii@gmail.com.

(Nom à donner : TP5-AsservissementCordeuse-Nom1-Nom2.pdf)

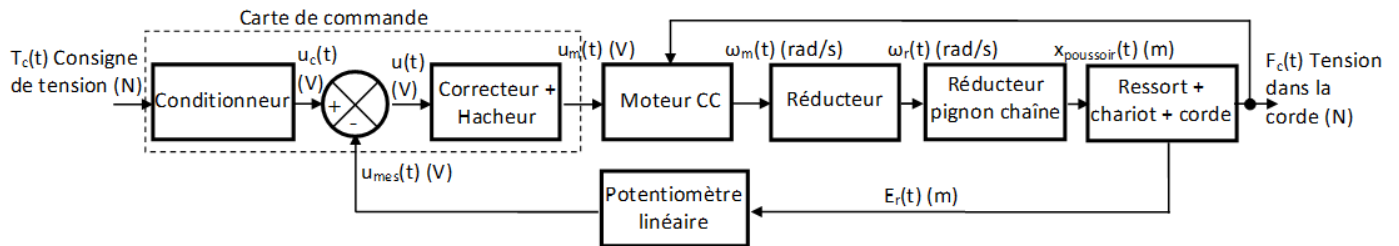
Contenu minimal attendu du compte rendu :

- ✓ Nom du TP
- ✓ Rappel des 2 noms des étudiants
- ✓ Rappel du ou des objectif(s) du TP
- ✓ Réponse clairement rédigée à chaque question
- ✓ Courbes résultats demandées avec des remarques/conclusions pertinentes ... ne pas se contenter de coller une image pour faire plaisir au prof, il est impératif d'avoir une démarche scientifique !
- ✓ Conclusion vis-à-vis des objectifs.
- ✓ Bilan/remarque(s).

Si le compte rendu arrive hors délai, il ne sera pas corrigé.

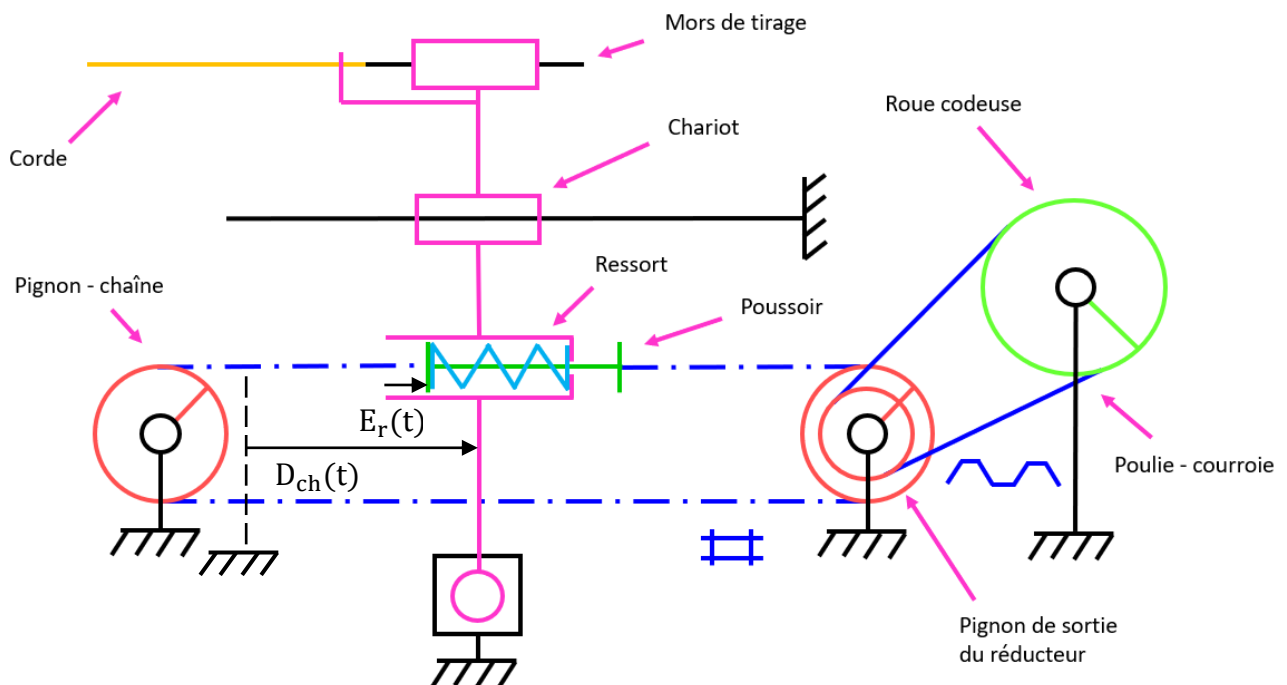
DOCUMENT RESSOURCE

1. Schéma bloc de l'asservissement en effort du système de mise en tension de la corde



2. Dispositif de mise en tension de la corde

Lors d'une mise en tension de la corde, le poussoir se déplace vers la droite. Le poussoir écrase le ressort et a donc un mouvement relatif par rapport au chariot. Ce déplacement relatif noté E_r est mesuré par un potentiomètre linéaire qui envoie à la carte électronique une tension (en V) signal correspondant à l'image de la tension (force) dans la corde.



Données :

- La raideur du ressort est 36700 N/m.
- La raideur de la corde est 4450 N/m.

3. Modèle de connaissance du moteur à courant continu

On donne la modélisation du MCC piloté en tension suivante :

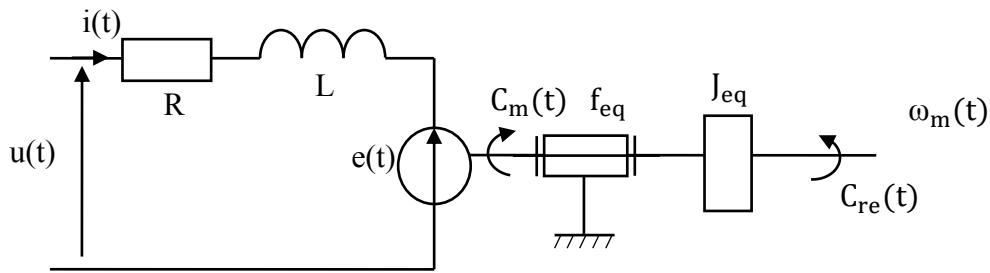


Schéma électro-mécanique du MCC

Equation électrique :

Loi des mailles et loi d'Ohm :

$$u(t) = R i(t) + L \frac{di}{dt}(t) + e(t)$$

Equations de couplage :

Maxwell-Faraday :

$$e(t) = K_e \omega_m(t)$$

Couple moteur engendrée par la Force de Laplace :

$$C_m(t) = K_t i(t)$$

Equation mécanique :

Principe fondamental de la dynamique appliqué à l'arbre moteur :

$$C_m(t) - C_{re}(t) = J_{eq} \frac{d\omega_m}{dt}(t) + f_{eq} \omega_m(t)$$

Avec :

$u_m(t)$: Tension aux bornes du moteur	[V]
$e(t)$: Force contre électromotrice du moteur	[V]
$i(t)$: Intensité dans le moteur	[A]
$C_m(t)$: Couple exercé par le moteur	[N.m]
$\omega_m(t)$: Vitesse angulaire du moteur	[rad/s]
R_m : Valeur de la résistance	[Ω]
K_e : Constante de force contre électromotrice	[V/(rad/s)]
J : Inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur	[kg.m²]
K_m : Constante de couple	[N.m/A]
$F_c(t)$: Tension dans la corde	[N]
R_p : Rayon du pignon	[m]
r : rapport de réduction du réducteur	[Ø]

$$\Omega_m(p) = \frac{\frac{K_c}{K_e K_c + R f_{eq}}}{1 + \frac{R J_{eq} + L f_{eq}}{K_e K_c + R f_{eq}} p + \frac{L J_{eq}}{K_e K_c + R f_{eq}} p^2} U_m(p) - \frac{\frac{R}{K_e K_t + R f_{eq}} \left(1 + \frac{L}{R} p\right)}{1 + \frac{R J_{eq} + L f_{eq}}{K_e K_c + R f_{eq}} p + \frac{L J_{eq}}{K_e K_c + R f_{eq}} p^2} C_r(p)$$

$$\omega_{m\infty} = \frac{K_c}{K_e K_c + R f} U_{m\infty} - \frac{R}{K_e K_c + R f} C_{fs} = a U_{m\infty} + b$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a = \frac{K_c}{K_e K_c + R f} \\ b = -\frac{R}{K_e K_c + R f} C_{fs} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a(K_e K_c + R f) = K_c \\ C_{fs} = -b \frac{K_e K_c + R f}{R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f = \frac{K_c - a K_e K_c}{a R} \\ C_{fs} = -\frac{b K_c}{a R} \end{cases}$$

4. Caractéristiques du moteur

Le principe fondamental de la dynamique appliqué au rotor moteur

$$J_{eq} \frac{d\omega_m}{dt}(t) = C_m(t) - C_r(t)$$

Avec : $C_r(t) = f_{v\,eq} \omega_m(t) + C_{fs\,eq} - F_r r R_p$

$R = 1,1 \, \Omega$: résistance du bobinage du rotor (induit) ;

$L = 1 \, \text{mH}$: inductance du bobinage du rotor (induit) ;

$K_e = 2,62 \, \text{V}/(1000 \, \text{tr/min})$: coefficient de la force contre électromotrice (= inverse de la constante de vitesse) ;

$K_c = 25 \, \text{mN.m/A}$: constante de couple.

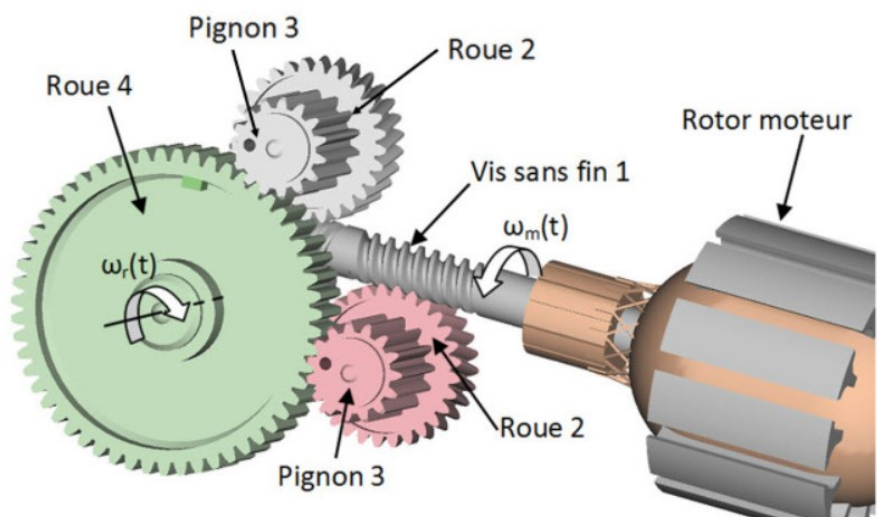
Attention dans le cas où le modèle du moteur est intégré dans un schéma-bloc, on utilisera :

$J = 1,2 \cdot 10^{-4} \, \text{kg.m}^2$: inertie équivalente de tous les solides en mouvement, ramenée sur l'axe moteur ;

$f = 8 \cdot 10^{-5} \, \text{N.m}/(\text{rad/s})$: coefficient de frottement visqueux dans les liaisons du mécanisme, ramené sur l'axe moteur ;

$C_{fs} = 11 \cdot 10^{-3} \, \text{N.m}$: couple résistant dû aux frottements secs dans les liaisons du mécanisme, ramené sur l'axe moteur.

5. Caractéristique du réducteur



La vis sans fin 1 possède deux portions de 2 filets dont les angles d'hélice sont opposés.

Les roues 2 ont 29 dents.

Les pignons 3 ont 15 dents.

La roue 4 a 55 dents.

6. Elaboration du modèle d'asservissement

Question 1. A partir du **document ressource**, déterminer K_{red} et K_{pc} , respectivement les rapports de transmission du réducteur roue/vis et du système pignon/chaine.

Question 2. A partir des équations de la MCC, déterminer le schéma bloc complet du moteur (en entrée $U(p)$ et en sortie $\Omega(p)$, ne pas oublier le couple résistant $C_{re}(p)$ dû à la corde).

La commande numérique PWM reçue par le hacheur est codée sur 9 bits, soit $2^9 = 512$ valeurs, dont 1 bit est réservé au signe. Selon cette commande numérique PWM, comprise alors entre -256 et +256 points, le hacheur délivre une tension d'alimentation au moteur comprise entre -18 et +18 V.

Question 3. D'après les informations précédentes, déterminer la fonction de transfert K_{hach} du hacheur.

Le potentiomètre linéaire (Megatron MM15) est alimenté par une tension de 5 V, et a une course électrique de 15 mm. Il délivre donc une tension comprise entre 0 et 5 V proportionnelle au déplacement linéaire compris entre 0 et 15 mm.

Question 4. D'après les informations précédentes, déterminer la fonction de transfert K_{pot} du potentiomètre.

Le potentiomètre linéaire est associé à un CAN codant sur 8 bits, soit $2^8 = 256$ valeurs. C'est à dire que la mesure comprise entre 0 et 5 V est convertie entre 0 et 256 points.

Question 5. D'après les informations précédentes, déterminer la fonction de transfert K_{CAN} du CAN.

Question 6. D'après la documentation technique, le ressort du capteur linéaire et la corde travaillent en parallèle, déterminer alors la raideur réelle équivalente K_{REEL} de cet ensemble.

Le correcteur que nous utiliserons sera de type Proportionnel Intégral : $\text{Corr}(p) = \frac{K_p * p + K_i}{p}$. Avec : K_p : le gain du correcteur **proportionnel** et K_i celui du correcteur **intégral**.

Question 7. En vous aidant du schéma bloc de l'asservissement en effort de la cordeuse du document ressource et de vos réponses précédentes, réaliser le schéma bloc complet de cet asservissement. On pourra appeler K_{adapt} la fonction de transfert du conditionneur.

Question 8. Déterminer alors la valeur K_{adapt} .

7. Construction et exploitation du modèle numérique

Question 9. Construire à présent sur Scilab le modèle numérique de l'asservissement en effort de la cordeuse.

Question 10. Dans un premier temps, choisir $K_p = 1$ et $K_i = 0$. Conclure quant au respect du cahier des charges.

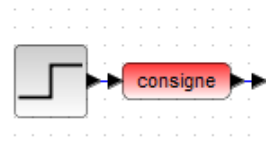
Question 11. A l'aide d'un bloc « paramètre variation » de la bibliothèque CPGE, faire varier K_p . Conclure

Question 12. Faire de même pour K_i .

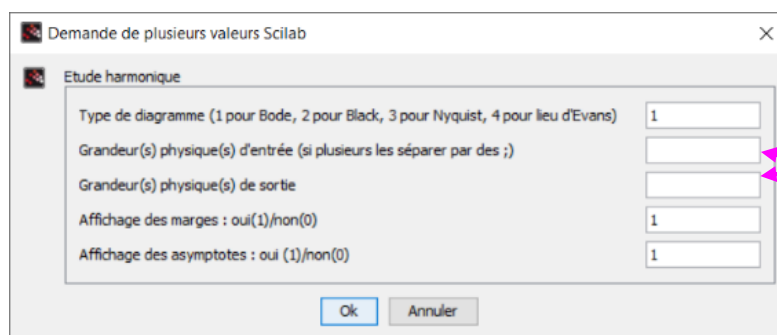
Question 13. Déterminer le « couple » K_p et K_i qui permet de respecter le cahier charges.

8. Analyse fréquentielle du modèle numérique

Question 14. Placer dans votre modèle 4 blocs rouge « grandeur physique » qu'il faudra nommer de la bibliothèque CPGE, de manière à visualiser : consigne, écart, mesure et réponse. Ci-contre l'exemple avec « consigne »



Question 15. A l'aide d'un bloc « Rep Freq » de la bibliothèque CPGE, visualiser la réponse fréquentielle du système en **boucle ouverte**.



Choisir le flux :
Consigne, écart,
réponse, mesure.

Question 16. Relever la valeur de la marge de phase M_ϕ et modifier K_p afin que M_ϕ soit supérieure à 45° afin de garantir la stabilité du système. Que constatez-vous alors ? Conclure.

Remarque : pour déterminer M_ϕ il faut relever la valeur de la phase lorsque le gain est nul et en faire la différence à 180° (en valeur absolue) : $M_\phi = 180 - |\varphi_{G=0dB}|$