



Faculté des Sciences
Master SIS

Régulation industrielle

Travaux Pratiques N°2

Régulation par PID discret sous Real-Time Windows Target
Moteur à courant continu Tergane 25

Julien Marot, Mostafa El Adel

2011-2012

1 Généralités

1.1 Présentation de la maquette

La maquette est constituée du moteur à courant continu, d'un gain le précédant, et d'un rebouclage qui peut être ouvert. Elle est alimentée par une source externe, que vous commanderez lors de ce TP par Real-time windows target. *Attention : la maquette ne contient pas de régulateur PID intégré, il faut donc utiliser un régulateur créé sur l'ordinateur.*

La Figure 1.1 schématise le dispositif expérimental.

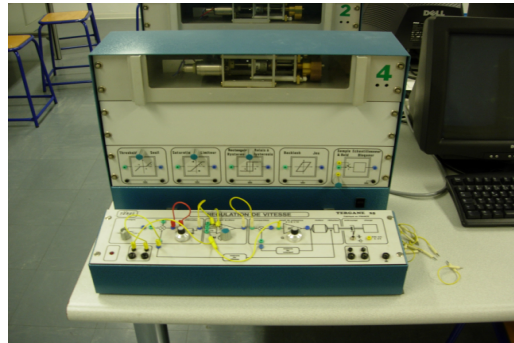


Figure 1: Moteur à courant continu Tergane 25

1.2 Objectif du TP

L'objectif est de réguler le système en boucle fermée par un correcteur PID discrétisé. Les paramètres de ce PID seront réglés par la méthode de Broïda, mais aussi en prenant en compte les contraintes de saturation de la commande du moteur.

1.3 Aspects techniques

L'acquisition des données est réalisé par Real-Time Windows Target. La visualisation des données est réalisée par Matlab.

Les fichiers que vous utiliserez et que vous aurez à compléter sont les suivants:

- Real-Time Windows Target : `Boucle_Ouverte_Tergane_25.mdl` permet d'étudier le système en boucle ouverte en vue de le caractériser; `Regulation_Tergane_25_PID.mdl` permet d'effectuer une régulation PID du Tergane 25;
- Matlab : `Identification_Regulation_Tergane_25.m` permet de calculer les paramètres du système à étudier et de calculer les paramètres du PID. Il permet aussi de confronter la réponse obtenue par le moteur en boucle fermée, et sa réponse théorique en fonction de la fonction de transfert discrète du système bouclé.

Les fichiers cités ci-dessus sont disponibles sur le site web suivant:

<https://sites.google.com/site/regulindusm1sisu3/> (Tergane 25 RTWT)

2 Fonction de transfert du PID numérique

Le fichier `Regulation_Tergane_25_PID.mdl` contiennent un PID qui prend en entrée un signal discret. L'influence du PID sur ce signal discret est traduite par sa fonction de transfert $C(z)$ que l'on souhaite calculer. Le fichier qui vous est fourni contient un PID mixte. La fonction de transfert $C(p)$ du PID continu mixte est:

$$C(p) = K(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p) \quad (1)$$

où K , T_i , T_d caractérisent le PID.

Pour trouver la fonction de transfert numérique $C(z)$ du PID numérique, on applique une transformée bilinéaire à la fonction de transfert continue. C'est une méthode de discrétisation parmi d'autres:

$$p \rightarrow \frac{2}{T_e} \frac{z - 1}{z + 1} \quad (2)$$

Question 1: A partir des équations (1) et (2), montrez que l'on peut écrire la transmittance $C(z)$ sous la forme d'une fraction rationnelle:

$$C(z) = \frac{c_0 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + z^{-1})} \quad (3)$$

Question 2: Exprimez c_0 , c_1 , c_2 , en fonction de K , T_i , T_d .

On souhaite maintenant créer ce correcteur PID discret, sous real-time windows target (en procédant de la même façon qu'avec simulink).

3 Correcteur: choix des paramètres

Le choix du type de correcteur et les valeurs de paramètres du correcteur dépendent des caractéristiques du système à corriger. Ces caractéristiques sont déterminées dans ce TP par la méthode de Broïda (voir annexe). La maquette Tergane 25 contient un moteur à courant continu qui peut être modélisé par un système d'ordre 1 retardé, ou par un système d'ordre 2 car le retard du système est très faible devant sa constante de temps.

Mise en oeuvre:

En boucle ouverte, donnez une consigne au système et enregistrez la sortie par le fichier RTWT `Boucle_Ouverte_Tergane_25.mdl`:

Décrivez brièvement dans votre compte-rendu les éléments du programme. Les branchements adéquats doivent normalement être déjà faits. L'entrée de la carte est connectée à la sortie du système, la sortie à l'entrée du système non bouclé. Demandez à l'enseignant responsable une vérification.

Le fichier `Boucle_Ouverte_Tergane_25.mdl` a besoin d'une valeur de paramètre, la période d'échantillonnage T_e pour pouvoir être compilé et pour fonctionner.

Dans le fichier `Identification_Regulation_Tergane_25.m`, donnez une valeur faible de la période d'échantillonnage:

$T_e=1E-4$

Lancez le fichier le fichier `Identification_Regulation_Tergane_25.m`.

Compilez le fichier `Boucle_Ouverte_Tergane_25.mdl`. Réalisez la connection à la cible puis lancez l'expérience (flèche noire).

Visualisez l'entrée et la sortie sur le scope.

Appliquez la méthode de Broïda.

Question 3: La valeur de période d'échantillonnage choisie est-elle suffisamment faible pour que la condition de Shannon soit respectée ?

La méthode de Broïda préconise certaines valeurs de paramètres pour la régulation PID (voir tableau ci-dessous). Le rapport entre les paramètres de constante de temps et de retard conduisent au choix du régulateur: soit P, soit PI, soit PID. C'est une méthode très générale qui peut être adaptée au cas par cas.

θ/τ	$\cdot > 20$	$10 < \cdot < 20$	$5 < \cdot < 10$	$2 < \cdot < 5$	$\cdot < 2$
Type de régulation	TOR	P	PI	PID	Autre
K_p		$\frac{0.8\theta}{K_m\tau}$	$\frac{0.8\theta}{K_m\tau}$	$\frac{\theta/\tau+0.4}{1.2K_m}$	
T_i			$\frac{K_m\tau}{0.8}$	$\theta + 0.4\tau$	
T_d				$\frac{\theta\tau}{2.5\theta+\tau}$	

Pour effectuer une régulation PID, un système doit être rebouclé. Cela est fait par le fichier `Regulation_Tergane_25_PID.mdl`.

Question 4: Complétez le fichier `Regulation_Tergane_25_PID.mdl` avec un PID.

Question 5: Les branchements sur la maquette sont-ils toujours adéquats ?

Sur le fichier `Regulation_Tergane_25_PID.mdl` placez des scopes pour visualiser la commande.

Lancement de l'expérience et précautions de réglage du PID:

donnez une valeur plus élevée à la période d'échantillonnage (sinon Matlab ne supporte pas la charge de calcul):

$T_e=1E-3$

Question 6: Pourquoi ce choix pour la période d'échantillonnage ?

Essayez tout d'abord une régulation PI en supprimant la partie dérivateur ($T_d = 0$). Prenez ensuite la valeur calculée précédemment pour T_d .

Remarque 1: La commande du moteur ne doit pas saturer !

Vous devez donc visualiser les valeurs de commande, et vérifier qu'elles ne sortent pas de l'intervalle -10:10.

Vous choisirez une valeur faible de gain sur la maquette Tergane 25, que vous augmenterez progressivement, jusqu'à atteindre la limite de saturation.

4 Simulation

Sur le fichier Matlab `Identification_Regulation_Tergane_25.m`:

Vous créez la fonction de transfert discrétisée de l'ensemble correcteur-moteur. Vous utiliserez la fonction Matlab `c2d.m`, avec comme troisième option `'tustin'`, transformée bilinéaire.

Question 7: Quelle démarche faut-il adopter théoriquement ? On discrétise le correcteur et le moteur successivement, puis on multiplie les deux résultats ? Ou on multiplie les deux fonctions de transfert continues, et on discrétise le résultat de la multiplication ?

Question 8: Comparez les signaux obtenus sous Matlab avec `lsim` et ceux obtenus avec RTWT. Sont ils ressemblants ?

Question 9: Effectuez la démarche suivante: discrétisez séparément le correcteur et le moteur. La forme obtenue pour la fonction de transfert du correcteur PID est-elle la même que la forme proposée par l'équation (3) ? Pourquoi ?

Créez la fonction de transfert discrète égale au produit des deux fonctions de transfert discrètes. Utilisez à nouveau la fonction `lsim` pour étudier le comportement de cette fonction de transfert.

Question 10: Le signal de sortie simulé ressemble-t-il au signal obtenu avec RTWT ? Faites quelques commentaires.

Question 11: Le résultat obtenu sans dérivateur est-il satisfaisant ? Quel est normalement le rôle du dérivateur ? Si le résultat obtenu est satisfaisant, pourquoi n'a-t-on pas besoin du dérivateur ?

Question 12: Refaites l'expérience de régulation en changeant la fréquence d'échantillonnage. La période d'échantillonnage a-t-elle une influence sur la régulation ?

5 Conclusion, commentaires

Question 13: Quel est le paramètre dominant dans le comportement d'un correcteur PID ?

Question 14: Que faut-il contrôler pour rester dans un domaine de fonctionnement linéaire ?

Annexe: Identification par la méthode de Broïda

On suppose que l'entrée échelon commence au temps $t=0$.

Soit $u_{\max}$ l'amplitude de l'échelon.

Soit $y_{\max}$ la valeur asymptotique de la sortie.

Soit t_1 tel que $y(t_1)=0.28*y_{\max}$.

Soit t_2 tel que $y(t_2)=0.40*y_{\max}$.

Le système est modélisé comme un système du premier ordre retardé, de gain K , de temps caractéristique θ , et de retard τ : $G(p) = e^{-\tau p} \frac{K}{1+\theta p}$ Tels que: $K = y_{\max}/u_{\max}$, $\theta = 5.5 * (t_2 - t_1)$, $\tau = 2.8 * t_1 - 1.8 * t_2$.