




---

 TD : réglage et correction des SLCI
 

---

## Télescope motorisé

Les télescopes motorisés se sont beaucoup démocratisés ces dernières années. Les modèles assez répandus de la société *MEADE* sont accessibles à des prix de quelques centaines d'euros, largement accessibles pour des amateurs.

La société *SET* a créé un système didactisé « *Astro-lab* » à partir du système réel *Meade ETX125EC* en photographie ci-contre. L'étude menée par la suite reflète l'état d'esprit de conception d'un tel système asservi, mais le cahier des charges proposé n'est pas celui du système réel.



De façon traditionnelle, le système est piloté par trois boucles imbriquées :

- Une boucle externe en position (angle permettant de suivre un astre), donnant une consigne de vitesse.
- Une boucle intermédiaire en vitesse, déterminant l'accélération à donner au système
- Une boucle interne en courant (donc couple ou accélération), très rapide.

On se propose d'étudier l'asservissement de vitesse dont on veut optimiser les performances pour atteindre :

- une très grande précision (erreur statique en vitesse nulle)
- un temps de réponse minimum (pour un échelon de 0,1V)

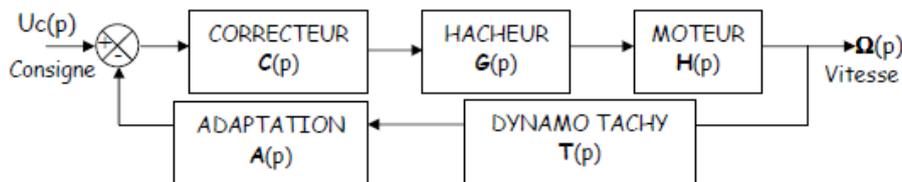
On utilise un moteur de caractéristiques :  $U_n=60V$ ,  $I_n=6A$ ,  $N_n=3000$  tr/min,  $R=0,5\Omega$ ,  $I_{max}=10I_n$  et dont l'identification a donné le résultat suivant :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{5}{(1+0.004p)(1+0.04p)}$$

Le capteur utilisé est une dynamo tachymétrique :  $7mV/tr/min$ .

Le préactionneur est un hacheur avec : entrée  $\pm 10V$ , sortie  $\pm 60V$  (considéré comme un amplificateur de puissance de gain pur  $G=6$ ).

Voici le schéma bloc proposé :



\*  $G(p)=6$

\*  $A(p)=0,476$

\*  $T(p)=0,0668Vs/rad$

### 1. Système

1.1. Donner l'expression de la fonction de transfert du système complet en boucle ouverte  $F_{B0}(p)$  en prenant 1 comme valeur du correcteur  $C(p)$ .

1.2. Tracer le diagramme de Bode du système.

### 2. Correction proportionnelle

2.1. Sur la base d'une étude graphique, en traçant le nouveau bode sur le précédent, déterminer le gain à placer dans le correcteur (action proportionnelle) pour atteindre une marge de phase de  $45^\circ$ .

2.2. Déterminer l'erreur statique de position  $e_s$  (en %). Le système ainsi corrigé est-il précis ?

### 3. Amélioration de la précision

3.1. Quel type de correcteur faut-il ajouter au proportionnel afin de supprimer l'erreur statique sans dégrader de trop la stabilité ? Donner sa forme (on appellera  $T_i$  sa constante de temps).

3.2. On placera  $T_i$  à une décade de  $T_{w_{c0}}$  du système. Le placement de ce correcteur avec  $w_{Ti}$  plus petit que  $w_{c0}$  n'a quasi pas d'influence sur la rapidité en BF. Calculer  $T_i$  et donner l'expression du nouveau correcteur ainsi obtenu  $C(p)$ . Vérifiez vous que ce correcteur n'a pas d'influence sur la rapidité ? Justifiez.

#### 4. Amélioration de la rapidité (temps de réponse)

En théorie, il n'existe aucune limite pour un système linéaire, mais, dans notre système, il existe 2 limites physiques :  
 - la tension que peut délivrer le hacheur,  
 - le courant maxi autorisé (contrainte moteur et hacheur)

Le courant maxi du moteur est de  $10I_n$  soit :  $10 \times 6 = 60A$ .

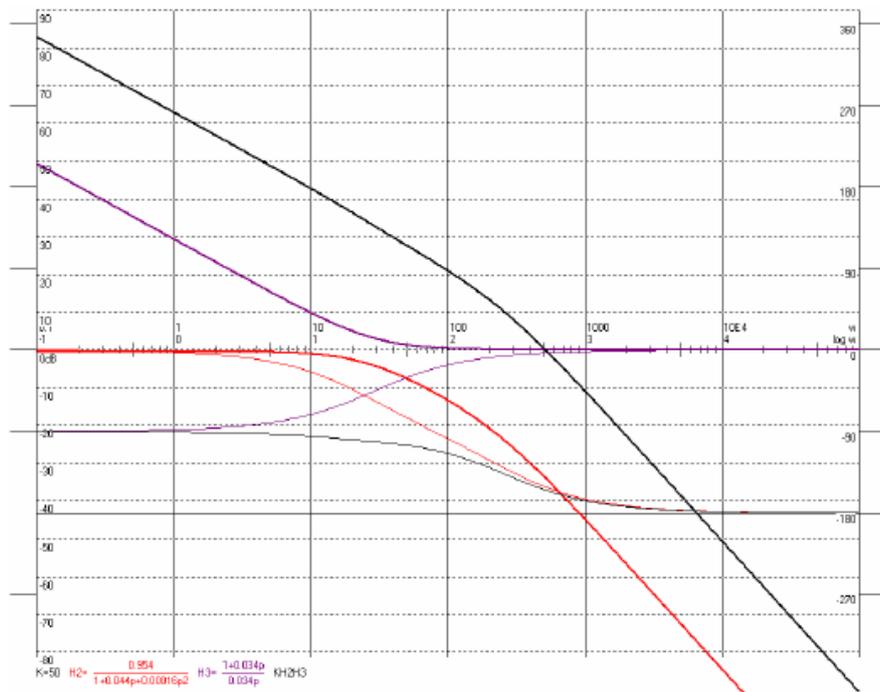
Si on néglige le temps de montée dû à l'inductance ( $L/R$ ), l'échelon de tension maxi applicable au moteur est de  $\Delta U_m = R \cdot I_{max} = 0,5 \cdot 60 = 30V$ .

On est donc limité sur le moteur à un échelon de 30V pour une consigne à 0,1V. Soit un gain maxi entre consigne et moteur de  $U_c(p) = 30/0,1 = 300$ .

4.1. Calculer la valeur maxi du gain du correcteur  $C(p)$  afin d'obtenir le gain maxi entre la consigne et le moteur.

Vous trouverez ci-dessous le diagramme de Bode du système avec le nouveau correcteur :

4.2. Déterminer graphiquement la nouvelle marge de phase ainsi que la nouvelle pulsation  $w_{c0}$ . Quelles sont les conséquences sur la stabilité du système de ce nouveau réglage ?



4.3. On considère que la marge de phase obtenue au 4.2 est de  $25^\circ$ . On souhaite ajouter au correcteur  $C_2(p)$  un correcteur à avance de phase du type :

$$C_{av}(p) = \frac{1 + T_p p}{1 + a T_p p}$$

Calculer le coefficient  $a$  de sorte à atteindre une marge de phase de  $50^\circ$ .

rappel :  $\sin(\varphi_m) = 1 - a / 1 + a$ ,  $w_m = T / \sqrt{a}$

On centre le correcteur sur une pulsation légèrement supérieure à la pulsation critique du système  $1.05w_{c0}$ . Le correcteur à avance de phase présentant du gain à la pulsation critique, celle-ci se trouve décalée vers les pulsations plus élevées.

4.4. Donner l'expression du correcteur à avance de phase puis l'expression du correcteur complet PID retenu en identifiant chacun de ses termes.

