

## Colle 01

## Asservissement en température d'un four

Equipe PT – La Martinière Monplaisir

## Savoirs et compétences :

- C1-02 : Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.
- C2-04 : Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.

Un four électrique destiné au traitement thermique d'objets est constitué d'une enceinte close chauffée par une résistance électrique alimentée par une tension  $v(t)$ . Dix objets peuvent prendre place simultanément dans le four. Le traitement thermique consiste à maintenir les objets pendant 1 heure à une température de  $1200^\circ\text{C}$  (régulée de façon optimale car les objets sont détruits si la température dépasse  $1400^\circ\text{C}$ ). Entre deux cuissons, un temps de 24 minutes est nécessaire pour procéder au refroidissement du four et à la manutention. Le four est régi par l'équation différentielle :  $\frac{d\theta(t)}{dt} + 2000 \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = 0,02v(t)$ .

**Question 1** Calculer la fonction de transfert  $G(p)$  du four en boucle ouverte. Quel est le gain statique du four ? Que se passerait-il si on alimentait le four en continu et en boucle ouverte ?

On décide de réguler la température  $\theta(t)$  dans le four en utilisant un capteur de température qui délivre une tension  $u(t)$ . Le capteur est régi par l'équation différentielle :  $u(t) + 2 \frac{du(t)}{dt} = 5 \cdot 10^{-3} \theta(t)$ . On introduit également

un gain  $K$  dans la chaîne directe.

**Question 2** Faire le schéma de la boucle de régulation et calculer sa fonction de transfert en boucle fermée. Rappeler les conditions de stabilité d'un système.

On donne  $t_m$  le temps de montée du système en BF :  $t_m \simeq \frac{3}{\omega_{co}}$  avec  $\omega_{co}$  est la pulsation de coupure à 0 dB du système en BO.

**Question 3** On souhaite se placer dans des conditions de stabilité suffisantes en imposant une marge de phase  $\Delta\varphi = 45^\circ$ . Quelle est dans ces conditions, la valeur du temps de montée en boucle fermée ?

On souhaite atteindre une cadence de 100 pièces en 24h, ceci est obtenu pour  $K = 11,3$ .

**Question 4** Pour conserver une marge de phase égale à  $60^\circ$  on introduit un correcteur à avance de phase sous la forme  $C(p) = K_a \frac{1 + aTp}{1 + Tp}$ . Déterminer les constantes du correcteur.

## Colle 02

## Réglage d'un correcteur proportionnel et d'un correcteur à avance de phase

Equipe PT – La Martinière Monplaisir

## Savoirs et compétences :

- C1-02 : Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.
- C2-04 : Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.

On considère un système de fonction de transfert en boucle ouverte  $G(p)$  que l'on souhaite réguler à l'aide d'une boucle à retour unitaire :  $G(p) = \frac{K}{(10p+1)^2(p+1)}$

On souhaite que la boucle de régulation fonctionne selon le cahier des charges suivant :

- marge de phase :  $\Delta\varphi \geq 45^\circ$ ;
- dépassement  $D\% < 10\%$ ;
- écart statique  $\varepsilon_s < 0,08$ ;
- temps de montée  $t_m < 8\text{ s}$ .

**Question 1** Quelle est la condition sur  $K$  pour obtenir  $\varepsilon_s < 0,08$  ?

On note  $t_m$  le temps de montée du système en BF et  $t_m \simeq \frac{3}{\omega_{co}}$  et  $\omega_{co}$  est la pulsation de coupure à 0 dB du système en BO.

**Question 2** Quelle est la condition sur  $K$  pour obtenir  $t_m < 8\text{ s}$  ?

**Question 3** Quel choix faire pour la valeur de  $K$  ?

**Question 4** Calculer la valeur de la marge de phase obtenue dans ces conditions.

Expérimentalement, on constate que  $z_{BF} \simeq \frac{\Delta\varphi^o}{100}$  et

on rappelle que  $D\% = e^{\frac{-\pi z_{BF}}{\sqrt{1-z_{BF}^2}}}$ .

**Question 5** Que vaut alors le dépassement  $D\%$  ?

**Question 6** À partir de la relation précédente, déterminer la marge de phase qui correspond à un dépassement de 10%.

Avec la valeur de  $K = 16,1$ , on introduit, en amont de  $G(p)$ , dans la chaîne directe, un correcteur  $C(p) = K_a \frac{1+ap}{1+Tp}$  à avance de phase destiné à corriger le dépassement et la marge de phase, sans altérer ni la rapidité, ni la précision qui correspondent au cahier des charges.

**Question 7** Déterminer alors la fonction de transfert de ce correcteur à avance de phase permettant d'obtenir une marge de phase de  $60^\circ$ .

## Colle 03

## Réglage d'un correcteur proportionnel et d'un correcteur à avance de phase

Equipe PT – La Martinière Monplaisir

## Savoirs et compétences :

- ☐ C1-02 : Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.
- ☐ C2-04 : Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.

On considère un système de fonction de transfert est :  $G(p) = \frac{K}{(p+1)^3}$  placé dans une boucle de régulation à retour unitaire. On souhaite une marge de phase supérieure à  $45^\circ$ .

**Question 1** Définir la condition de stabilité théorique du système ?

On note  $t_m$  le temps de montée du système en BF avec  $t_m \simeq \frac{3}{\omega_{co}}$  et  $\omega_{co}$  est la pulsation de coupure à 0 dB du système en BO.

**Question 2** Calculer la valeur  $K$  qui assure, en boucle fermée, un temps de montée de 2,15 s.

**Question 3** Calculer pour cette valeur de  $K$  la marge de phase.

**Question 4** En déduire l'expression de la fonction de transfert du correcteur à avance de phase  $C(p) = K_a \frac{1+aTp}{1+Tp}$  qu'il faut introduire dans la chaîne directe.

## Colle 04

### Réglage d'un correcteur proportionnel et d'un correcteur intégral

Pôle Chateaubriand – Joliot Curie

#### Savoirs et compétences :

- C1-02 : Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.
- C2-04 : Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.

#### Correction proportionnelle

Soit  $F(p)$  la FTBO d'un système bouclé à retour unitaire. Les diagrammes de BODE de  $F(p)$  sont représentés sur la figure ci-dessous.

**Question 1** Déterminer les marges de phase et de gain du système, puis conclure quant à sa stabilité.

On décide d'ajouter au système un correcteur série de type proportionnel. On note  $K_p$  le gain de ce correcteur.

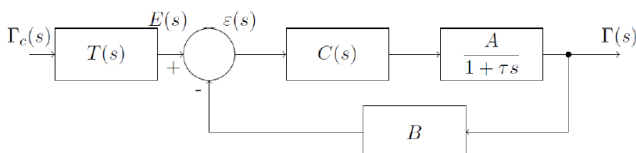
**Question 2** Déterminer la valeur de  $K_p$  permettant d'obtenir une marge de gain  $M_G = 12$  dB.

**Question 3** Déterminer la nouvelle marge de phase du système.

**Question 4** En le justifiant, déterminer l'erreur de position du système corrigé pour une consigne indicielle.

#### Correction intégrale – Asservissement en accélération

On désire contrôler l'accélération  $\gamma(t)$  d'un plateau. Pour cela, un capteur d'accélération, fixé sur le plateau et de sensibilité  $B$ , est utilisé dans la chaîne de retour du système. Le moteur permettant la motorisation du plateau est modélisé par la fonction de transfert :  $H(s) = \frac{A}{1 + \tau s}$ . On modélise le correcteur par la fonction de transfert  $C(s)$ .



On a  $A = 100 \text{ gms}^{-2} \text{V}^{-1}$ ,  $\tau = 0,2 \text{ s}$  et  $B = 10^{-2} \text{ g}^{-1} \text{Vm}^{-1} \text{s}^{-2}$ .

**Question 5** Quelle doit être la fonction de transfert du transducteur  $T(s)$  qui traduira l'accélération de

consigne  $\Gamma_c(s)$  en tension  $E(s)$ .

On applique à l'entrée du système une consigne d'accélération  $\gamma_c = 20 \text{ g}$ .

Système asservi sans correction :  $C(s) = 1$ .

**Question 6** Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée de ce système. Identifier les différents paramètres de cette fonction. Réaliser l'application numérique.

**Question 7** Calculer le temps de réponse à 5% de ce système pour une entrée en échelon.

**Question 8** Donner la valeur de l'accélération en régime permanent. Ce système est-il précis ? Donner l'erreur en régime permanent.

**Question 9** Donner l'allure de la réponse de ce système en précisant les points caractéristiques.

Système asservi avec correction intégrale :  $C(s) = \frac{1}{s}$ .

**Question 10** Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée de ce système. Identifier les différents paramètres de cette fonction. Réaliser l'application numérique.

**Question 11** Calculer le temps de réponse à 5% de ce système pour une entrée en échelon.

**Question 12** Donner la valeur de l'accélération en régime permanent. Ce système est-il précis ? Donner l'erreur en régime permanent. Pouvaient-on prévoir ce résultat.

**Question 13** Conclure en comparant le comportement du système avec et sans correction.

