

**UE ICCP - module CSy**  
**ANALYSE ET COMMANDE DES SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS**

(Notes de cours et TD autorisées)

– Durée : 1h30 –

– Les 3 exercices sont indépendants –

---

Exercice 1 : Etude d'une montgolfière<sup>1</sup> (7 points)

---

L'objectif est de maintenir une montgolfière à une altitude stationnaire par rapport à une altitude de référence indiquée en traits pointillés sur la figure 1.

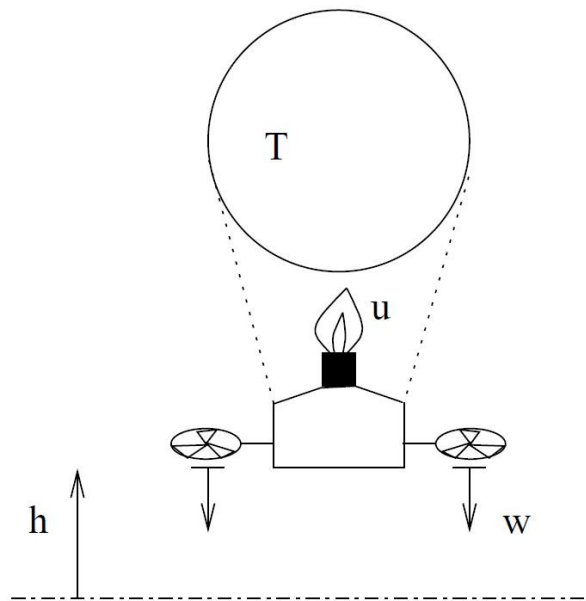


FIG. 1 – Montgolfière

L'état de la montgolfière peut être caractérisé par :

- $h$  : l'écart d'altitude par rapport à l'altitude de référence
- $T$  : l'écart de température par rapport à la température de l'air dans le ballon pour se maintenir à l'altitude de référence
- $v = \frac{dh}{dt}$  : la vitesse verticale du ballon

---

<sup>1</sup>d'après un sujet d'examen de la Maîtrise GEE à l'UPS-PCA.

Les commandes applicables (entrées du système) sont au choix :

- $u$  : la puissance thermique dégagée par le brûleur
- $w$  : la force verticale exercée par les hélices

L'évolution de la température du ballon est donnée par l'équation :

$$m C \frac{dT}{dt} = -k T + u$$

Le bilan mécanique conduit à :

$$m \frac{dv}{dt} = -\alpha v + \beta T + w$$

$m$  représente la masse du système,  $C$  la capacité thermique massique de l'air à pression constante.  $k$ ,  $\alpha$  et  $\beta$  sont des constantes positives.

1.1) Compléter le schéma-blocs en boucle ouverte de la figure 2.

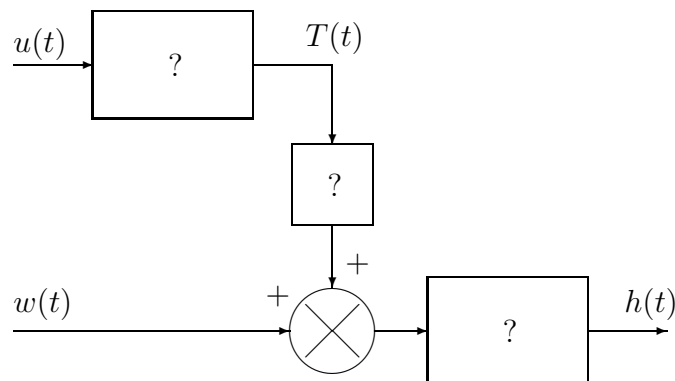


FIG. 2 – Système en boucle ouverte

On décide d'asservir les variations d'altitude de la montgolfière en agissant sur la puissance thermique dégagée par le brûleur.

On utilise un altimètre qui délivre un courant proportionnel à l'altitude de la montgolfière (on assimilera ce capteur à un gain pur  $K_c$ ).

On notera  $C(p)$  le correcteur utilisé.

1.2) Donner le schéma-blocs en boucle fermée correspondant à cette stratégie de commande. Indiquer les principales variables sur le schéma.

1.3) Calculer toutes les fonctions de transfert qui permettent d'étudier le comportement dynamique de cette montgolfière.

1.4) Le problème posé est-il un problème d'asservissement ou de régulation ? Expliquer.

On considère une commande proportionnelle de gain  $K$ .

1.5) Si la force verticale exercée par les hélices varie brusquement sous la forme d'un échelon de position d'amplitude  $f_0$ , quelle sera la variation d'altitude de la montgolfière en régime permanent ?

---

Exercice 2 : (7 points)

---

On considère le système asservi de la figure 3.

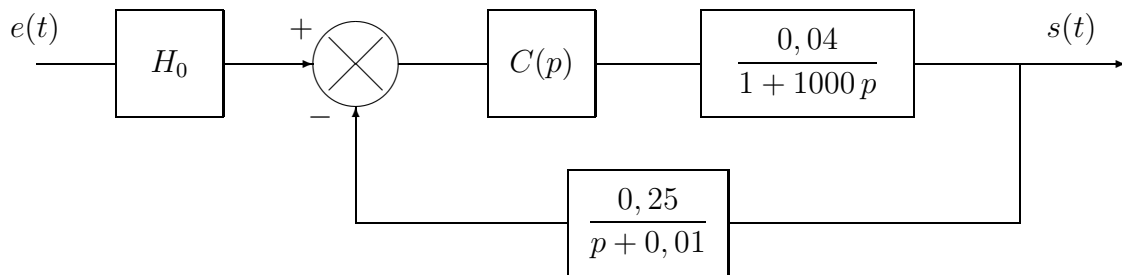


FIG. 3 – Un système asservi avec un correcteur  $C(p)$

On décide de mettre en œuvre un correcteur de type PI.

$$C(p) = K_i \left( 1 + \frac{1}{T_i p} \right)$$

Le but de l'exercice est de régler le correcteur.

2.1) Quelle doit être la valeur du gain pur  $H_0$  ?

2.2) Calculer la FTBO du système corrigé.

2.3) Déterminer la valeur de  $T_i$  qui permet de compenser le pôle dominant de la FTBO sans correcteur.

2.4) Calculer la valeur de  $K_i$  pour que le système asservi ait une marge de phase de  $+50^\circ$ .

2.5) En négligeant le zéro de la FTBF, déterminer la valeur du 1er dépassement relatif ( $D_1\%$ ) et le temps de réponse à 5% ( $tr_{5\%}$ ) de la réponse indicielle.

- 2.6) Un essai indiciel expérimental a fourni les résultats suivants :  $D_1\% = 34\%$  et  $tr_{5\%} = 633$  s. Expliquer la différence avec les prévisions calculées à la question précédente.

---

Exercice 3 (7 points) :

---

On considère le système asservi de la figure 4.

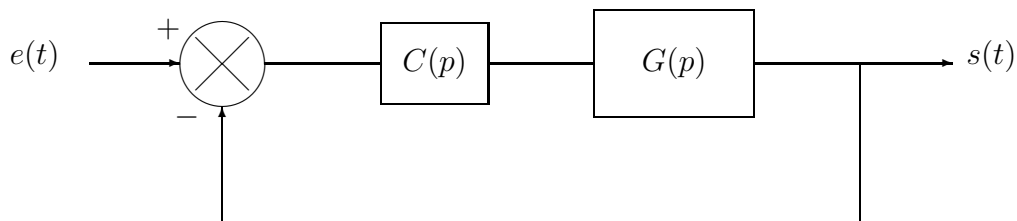


FIG. 4 – Un système asservi avec un correcteur  $C(p)$

La figure 5 fournit le lieu de Bode de la FTBO non corrigée.

- 3.1) Donner les marges de stabilité. Le système non corrigé est-il stable?

Partie 1 : correction proportionnelle

$$C(p) = K$$

- 3.2) Déterminer la valeur du gain limite de stabilité  $K_{lim}$  pour lequel le système asservi est à la limite de la stabilité.
- 3.3) Déterminer la valeur du gain  $K$  pour lequel le système a une marge de gain de 10 dB.
- 3.4) Pour  $K = 1$  quel sera le gain statique de la FTBF ?  
Quelle sera alors l'erreur de position en régime permanent ( $\varepsilon_p(+\infty)$ ) ?

Partie 2 : correction PI

$$C(p) = K_i \left( 1 + \frac{1}{T_i p} \right)$$

3.5) Pourquoi l'erreur de position en régime permanent ( $\varepsilon_p(+\infty)$ ) est-elle nulle ?

On choisit  $K_i = \frac{K_{lim}}{2}$ .

3.6) Proposer une valeur de  $T_i$  qui permet de ne pas trop dégrader les marges de stabilité.

3.7) Quelle sera alors l'erreur de vitesse en régime permanent ( $\varepsilon_v(+\infty)$ ) ?

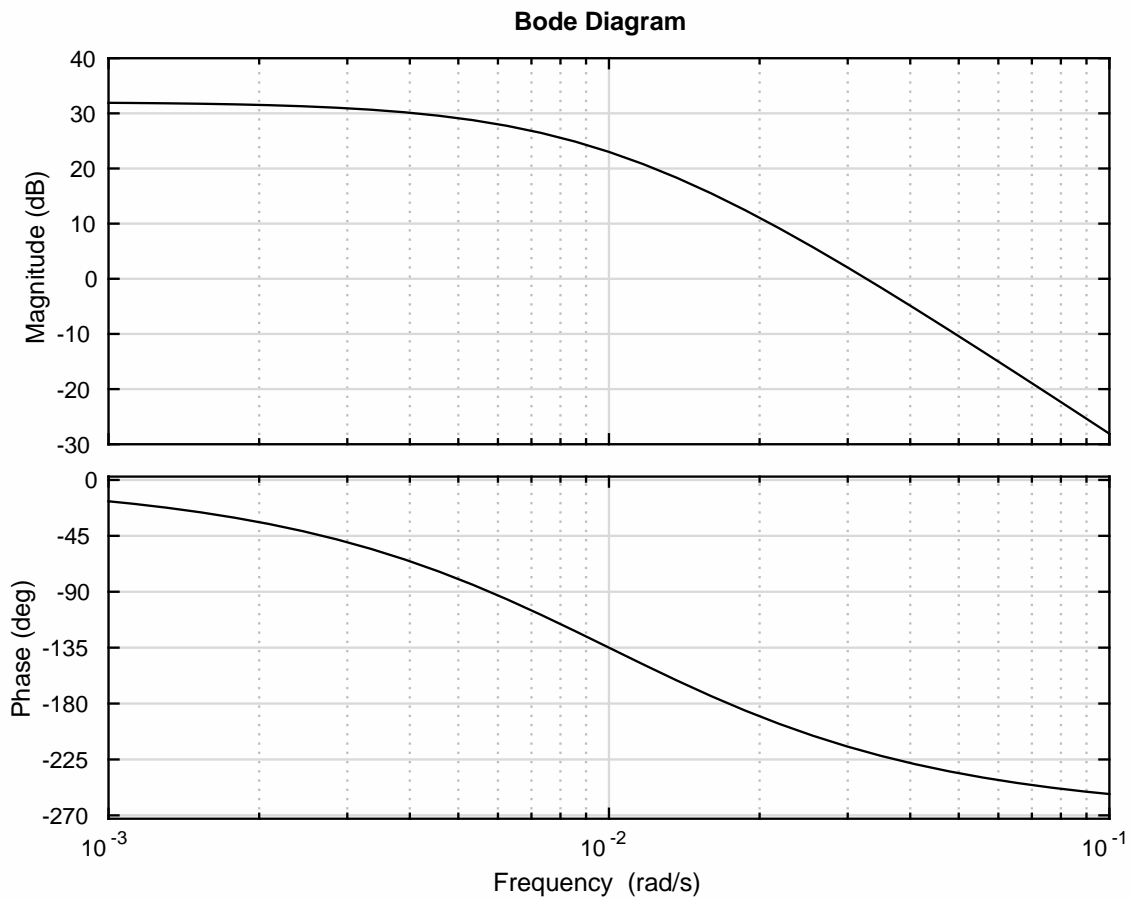


FIG. 5 – [EXERCICE 3] Lieu de Bode de la FTBO non corrigée