

# M1 – U.E. CSy

## Examen Ecrit du Module P2

7 décembre 2012 – Durée 2h – Documents autorisés

Les cinq exercices sont indépendants.

**N.B.** : Vous joindrez à votre copie les pages 4 à 6 sur lesquelles vous n'oublierez pas de porter votre prénom et votre nom.

—

Le sujet comprend cinq exercices pouvant être traités indépendamment les uns des autres. Pour chacun d'eux, on considère l'asservissement de température vu en Travaux Pratiques. L'étude est réalisée dans les mêmes conditions que lors de la manipulation\*. Par souci de clarté, on modifie légèrement la représentation et les notations (voir figure 2); on pose :

$$G(p) = \frac{K_t}{(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)} \quad \text{avec} \quad K_t = 22, \tau_1 = 5 \text{ et } \tau_2 = 20$$

Le capteur de température est supposé linéaire et de gain  $K_c = 0.1$ .

On note respectivement  $T_{\text{ref}}(t)$ ,  $T^o(t)$  et  $u(t)$  les signaux de consigne, de sortie de l'asservissement et de commande.

### Exercice I – Schéma-blocs [2 points]

1. Faire clairement apparaître sur le schéma-blocs de la figure 2 les signaux de consigne, de sortie et de commande;
2. Sur ce même graphique, entourer clairement l'ensemble constitutif du **système de commande**.

### Exercice II – Marge de phase [3 points]

On pose  $D(p) = K$  (correction Proportionnelle) avec  $K > 0$ .

La réponse harmonique de la fonction de transfert  $K_c \times G(p)$  est reportée sur la figure 3.

3. L'asservissement est-il déstabilisable par action sur  $K$ ? Justifier.
4. Quelle condition doit respecter  $K$  pour que la marge de phase soit supérieure à  $70^\circ$  (c'est à dire un premier dépassement inférieur à 5%)? Pour répondre à cette question, utiliser la réponse harmonique de la figure 3 comme support de travail; y reporter clairement les éléments nécessaires à la démonstration.

---

\*. Nous prenons le même point de fonctionnement et considérons des variations faibles des signaux autour de cet état. Les limitations physiques liées au matériel (saturation de commande, ...) ne sont pas considérées ici.

### Exercice III – Degré de stabilité de l’asservissement [5,5 points]

Deux correcteurs  $D_1(p)$  et  $D_2(p)$  ont été calculés pour l’asservissement ; on donne :

$$D_1(p) = \frac{3.2}{5p}(1 + 5p) \quad \text{et} \quad D_2(p) = \frac{10}{25p}(1 + 25p)$$

5. Quel est l’intérêt commun aux correcteurs  $D_1(p)$  et  $D_2(p)$  ?
6. La réponse harmonique de la fonction de transfert  $K_c \times G(p)$  à utiliser pour cette question est reportée sur la figure 4.  
Sur cette figure, tracer le lieu de transfert du correcteur  $D_1(p)$  seul.  
Déduire la réponse harmonique de la boucle ouverte ainsi corrigée. Dessiner clairement cette réponse sur la figure.
7. La figure 5 correspond au lieu de transfert de la boucle ouverte de l’asservissement considéré avec le correcteur  $D_2(p)$ .  
Faire apparaître clairement les marges de stabilité sur la figure et donner leurs valeurs.  
L’asservissement ainsi corrigé est-il stable ? Justifier.
8. Quel est, parmi les correcteurs  $D_1(p)$  et  $D_2(p)$ , celui pour lequel le degré de stabilité de l’asservissement est le meilleur (premier dépassement le plus faible) ? Justifier.

### Exercice IV – Modification structurelle [5,5 points]

Une modification structurelle du procédé thermique a été réalisée (éloignement du ventilateur de la lampe de chauffe). Le modèle proposé devient :

$$G_\delta(p) = e^{-\delta p} G(p) \quad \text{avec} \quad \delta = 9 \text{ s}$$

On pose  $D(p) = K$  (correction Proportionnelle) avec  $K > 0$ .

La réponse harmonique de la fonction de transfert  $K_c \times G(p)$  est reportée sur la figure 6.

9. Que traduit physiquement la composante  $e^{-\delta p}$  dans la fonction de transfert  $G_\delta(p)$  ?
10. A partir de la réponse de la figure 6, tracer, sur le même graphe, la réponse harmonique de la fonction de transfert  $K_c \times G_\delta(p)$ . Les points correspondant à l’ensemble des pulsations 0.02, 0.08, 0.1 et 0.2 rad.s<sup>-1</sup> doivent apparaître clairement sur le graphique.
11. Déduire de votre tracé, la valeur limite du gain  $K$  qui assure la stabilité de l’asservissement.
12. Quelle condition doit respecter  $K$  pour que la marge de phase soit supérieure à 70° (c’est à dire un premier dépassement inférieur à 5%) ?

## Exercice V – Lieu des racines [4 points]

Le correcteur  $D(p)$  choisi s'écrit :

$$D(p) = K \left( 1 + \frac{1}{10p} \right)$$

pour lequel  $K$  est variable. La figure 1 décrit l'évolution des 3 pôles  $p_1$ ,  $p_2$  et  $p_3$  de l'asservissement ainsi corrigé pour  $K$  variant de 0 à l'infini.

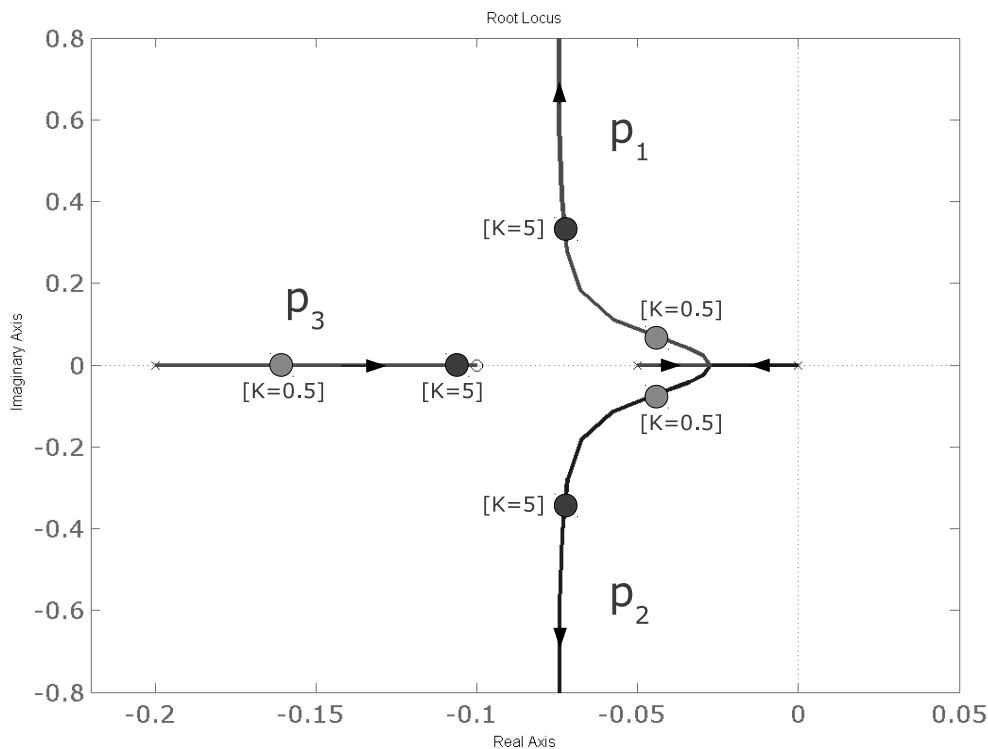


FIGURE 1 – Lieu des racines

13. L'asservissement est-il déstabilisable par action sur  $K$ ? Justifier.

On s'intéresse plus particulièrement à deux cas ( $K = 0.5$  et  $K = 5$ ) pour lesquels les pôles de l'asservissement sont mis en évidence sur la figure 1.

14. Pour  $K = 0.5$ , que peut-on dire des pôles  $p_1$  et  $p_2$  par rapport au pôle  $p_3$ ?

15. Parmi les deux cas ( $K = 0.5$  et  $K = 5$ ), lequel présente le meilleur degré de stabilité? Justifier.

16. Parmi les deux cas, lequel présente le meilleur temps de réponse? Justifier.

17. Quelle valeur prend approximativement le temps de réponse de l'asservissement pour  $K = 5$ ? Si on augmente  $K$  au delà de la valeur 5, comment évolue ce temps? Justifier.

PRÉNOM & NOM :

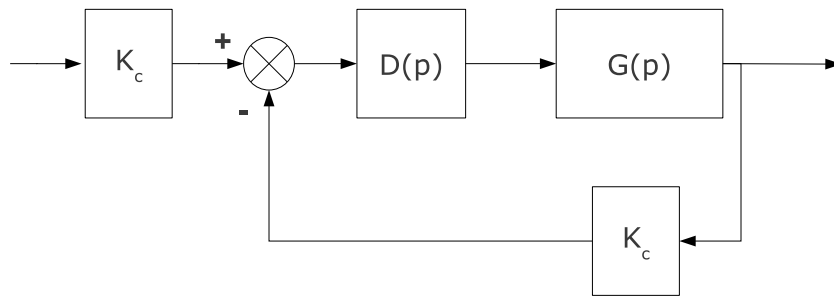


FIGURE 2 – Asservissement de température

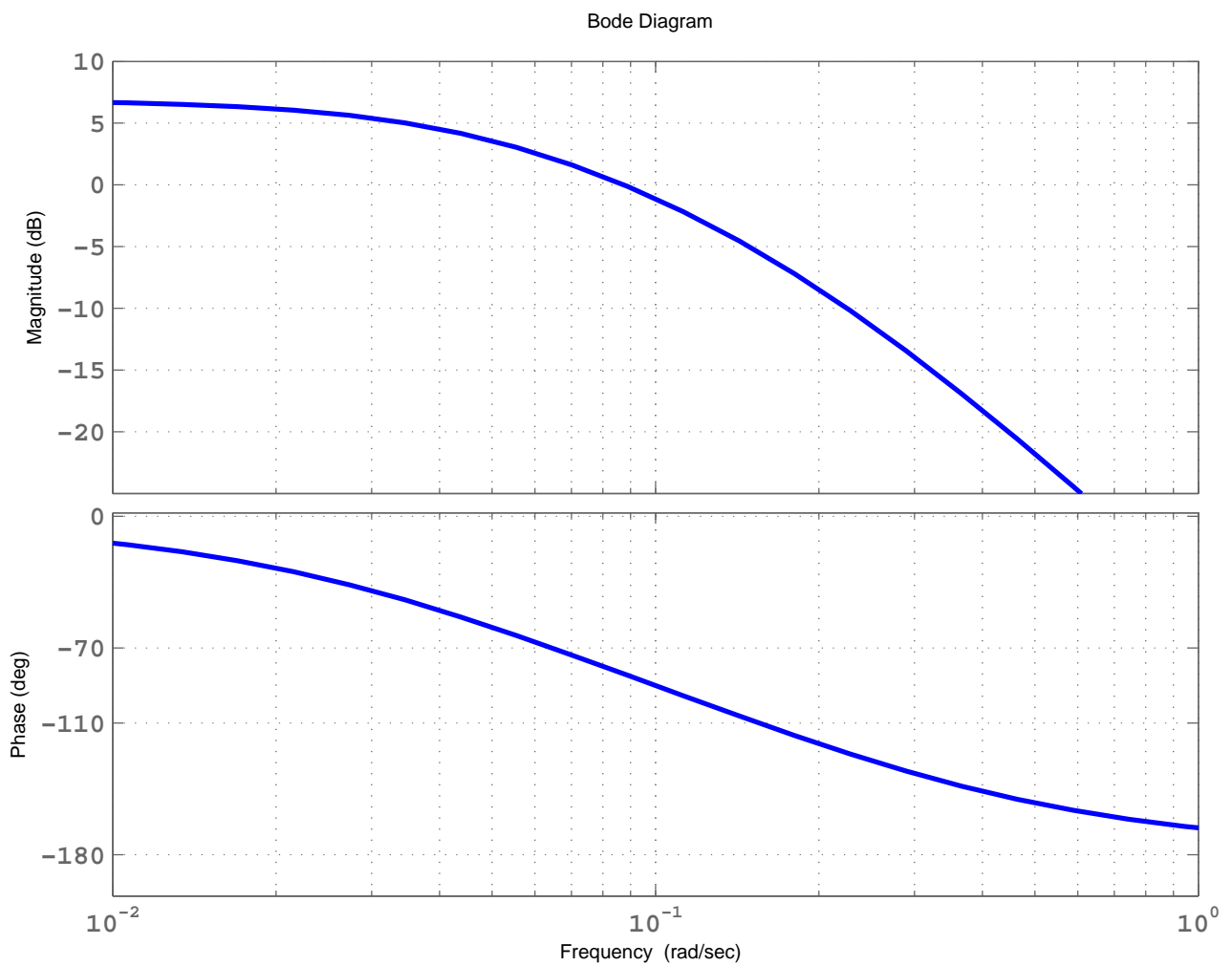


FIGURE 3 – Réponse harmonique – Exercice II

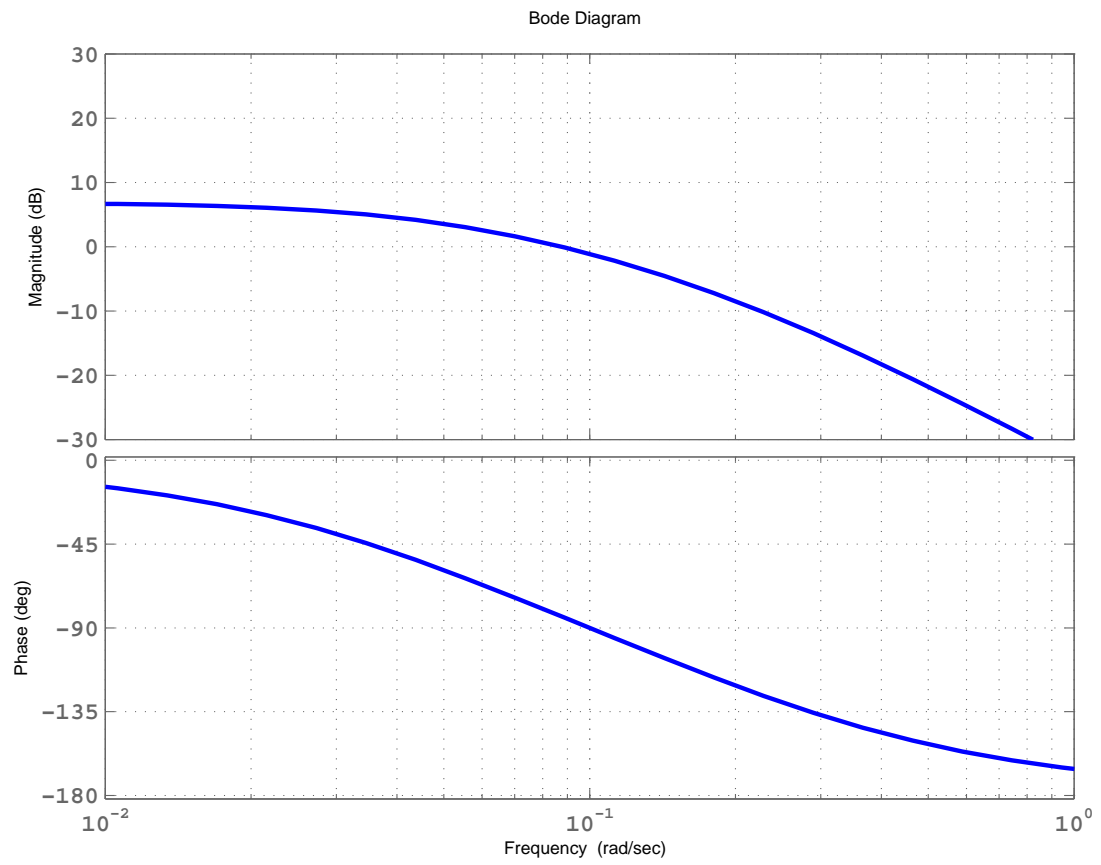


FIGURE 4 – Réponse harmonique – Exercice III

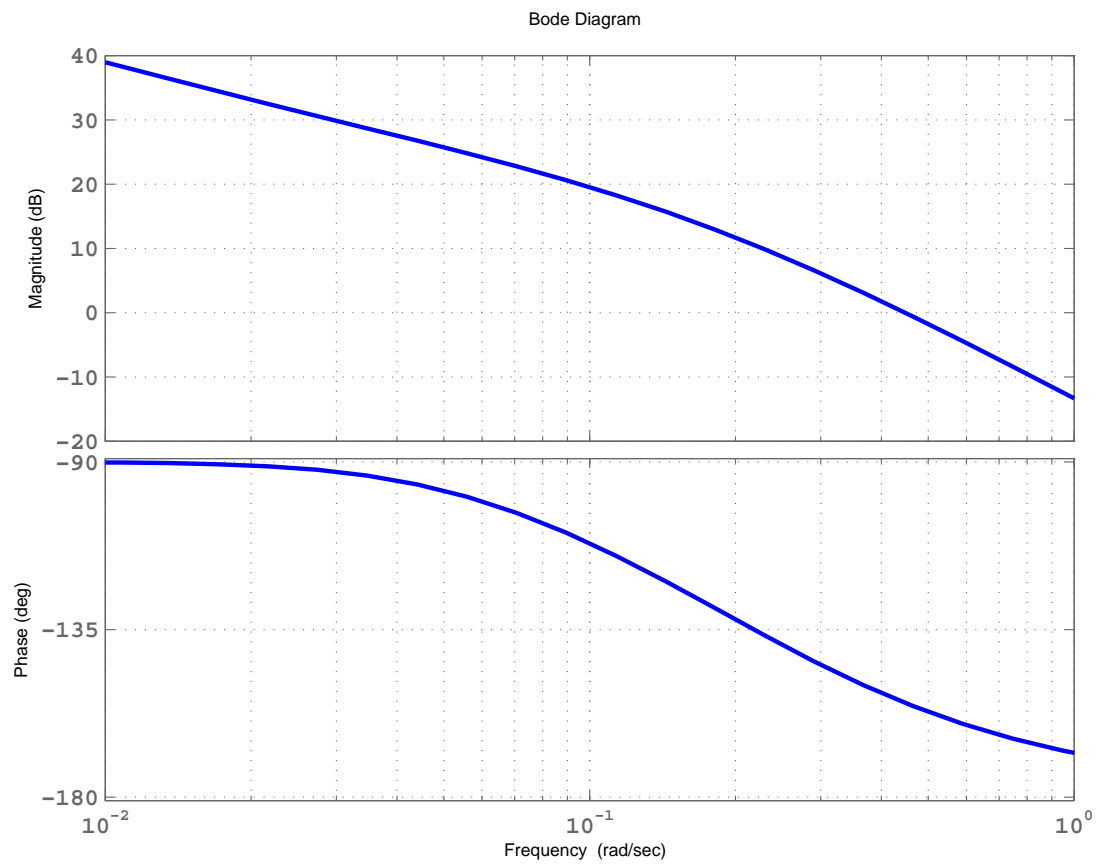


FIGURE 5 – Réponse harmonique – Exercice III

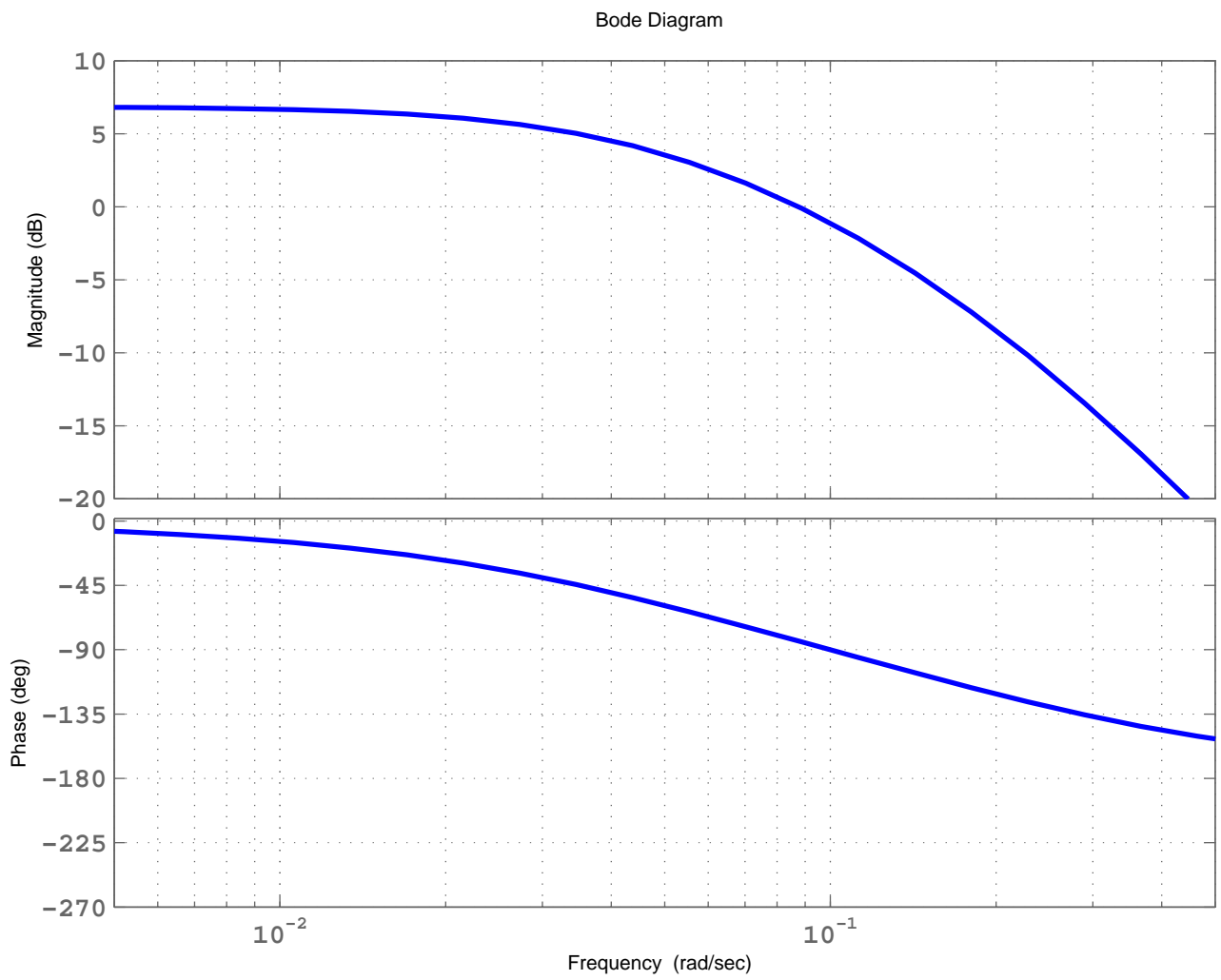


FIGURE 6 – Réponse harmonique – Exercice IV