CSI3/CIR3

Durée 2H

Examen à distance, avec documents, avec calculatrice 13 mai 2020

Examen Automatique

Exercice 1

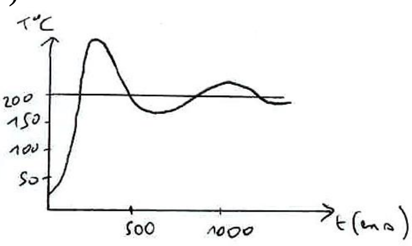
1°) On veut chauffer un four à une température de consigne Tc donnée ; si la température Ti à l'intérieur du four est plus petite que Tc, alors on chauffe (à une valeur fixe). Dans le cas contraire, on ne fait rien.

Représenter qualitativement sur un graphique la réponse possible à un échelon. On fera apparaître en fonction du temps, la consigne, la commande, et la température du four et on pourra considérer que le système réagit comme un second ordre.

Que pensez-vous de cette façon de commander le four ?

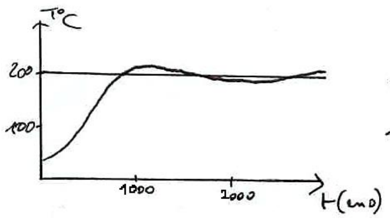
2°) Après avoir trouvé un régulateur adéquat, un étudiant a réalisé trois acquisitions de la température du four pour différents types de régulateurs.

a)



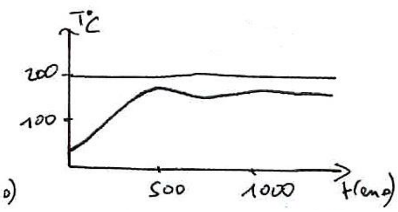
La température maximale est de 272°C.
La consigne est atteinte en 400s.

b)



La température maximale est de 216°C.
La consigne est atteinte en 700s.

c)

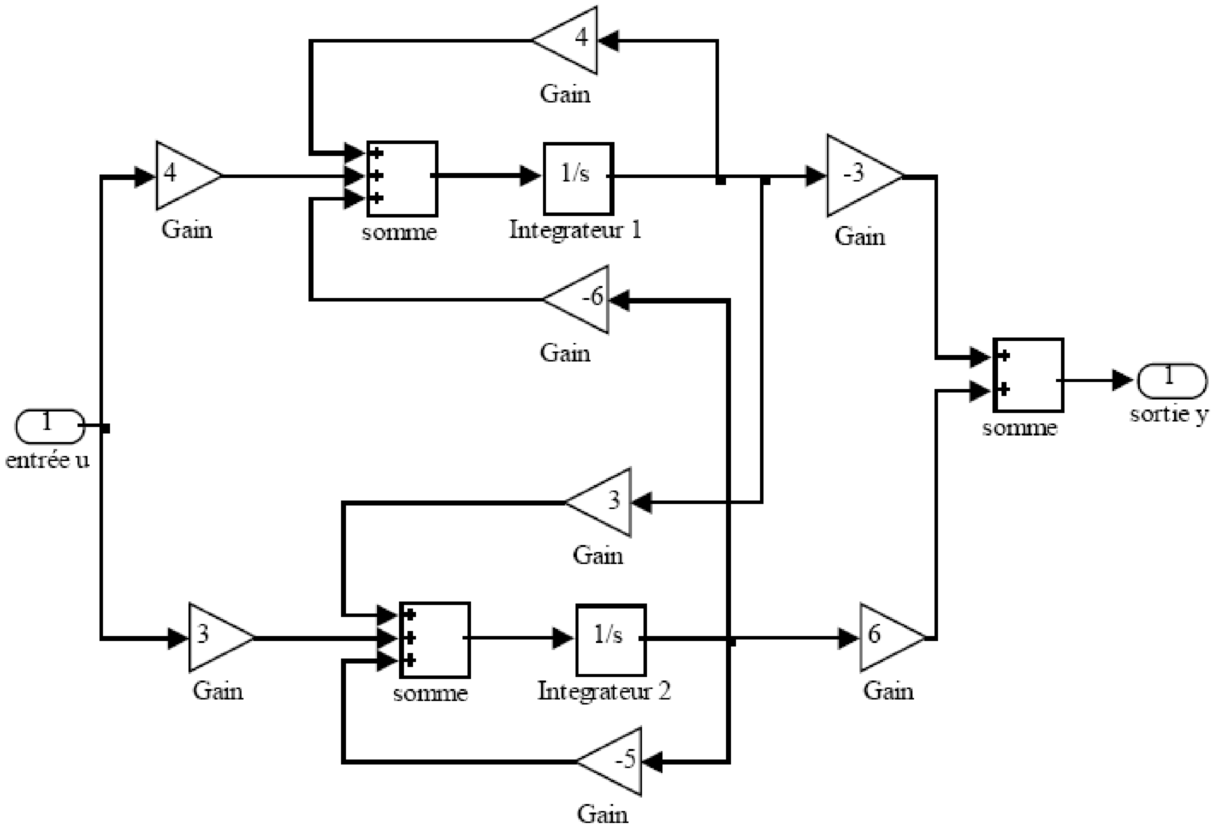


La température maximale est de 191°C.
La consigne n'est pas atteinte.

En analysant ces courbes, pouvez-vous choisir quel graphe est le plus adapté à l'utilisation usuelle qu'une famille peut faire d'un four ? Justifiez succinctement et précisément.

Exercice 2

La mise en équation d'un procédé physique a conduit au schéma de représentation suivant :



On considère le vecteur d'état $x = [x_1 \ x_2]^T$ où x_1 est la composante située en sortie de l'intégrateur 1.

1°) Déterminer la représentation d'état du système en précisant le nom de chaque matrice.

2°) Etudier la stabilité du système.

3°) Le calcul de la fonction de transfert $H(p) = \dfrac{Y(p)}{U(p)}$ conduit à $H(p) = \dfrac{6}{p+2}$. En déduire que le système n'est pas observable.

4°) On propose une commande par retour d'état imposant la loi de commande : $u = h(t) - Kx$ avec $K = [2 \ -7/3]$ et $h(t) = -1/3$.

Montrer que cette correction assure

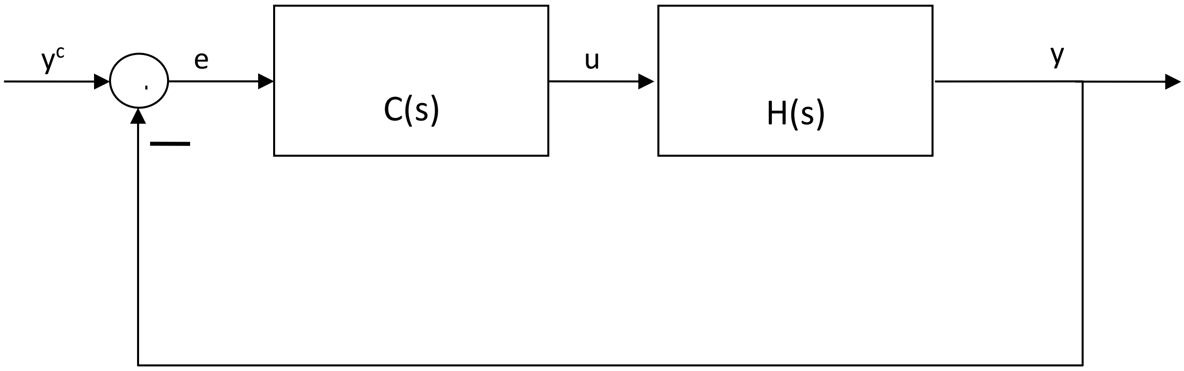
a) la stabilité du système
b) une erreur de position nulle
c) l'observabilité du système.

Exercice 3

Soit un système décrit par sa fonction de transfert

$$H = \frac{-s-5}{s^2+2.3s+3.78}.$$

On veut réguler le système en utilisant un correcteur de fonction de transfert C(s). Le schéma de régulation est donné dans la figure ci-dessous :



1. On suppose que $C(s) = \frac{1}{K}$. Trouver la valeur de K telle que l'erreur de position soit nulle.
2. Est-ce que le régulateur trouvé à la question 1 est réalisable physiquement ? Justifier votre réponse.
3. Proposer une autre solution pour le C(s) qui garantira que l'erreur de position soit nulle.
4. Après discussion avec le client, il s'avère que le cahier des charges initial n'est pas complet. En effet, le régulateur C(s) doit garantir que le système en boucle fermée ait une erreur de position nulle et que l'erreur de vitesse soit inférieure à 1%. Proposer une nouvelle fonction de transfert pour C(s) qui garantira le respect du nouveau cahier des charges et calculer la/les valeur(s) des paramètres.

Exercice 4

Soit le système modélisé par l'équation d'état suivante :

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix} x$$

1. Etudier la stabilité du système et la commandabilité du système.

Afin d'améliorer les performances du système, on se propose d'utiliser un retour d'état de type u = v - Kx.

2. Trouver la matrice de gain K qui garantit que le système en boucle fermée ait une erreur de position nulle et une racine du polynôme caractéristique en BF égale à -1.
3. Calculer la fonction de transfert du système bouclé par le retour d'état et vérifier que le cahier des charges de la régulation est respecté.
4. Dans la question précédente, vous avez conçu une commande par retour d'état garantissant les performances décrites par le cahier des charges.

Il s'agit maintenant d'ajouter un régulateur supplémentaire qui garantira que la sortie du système en BF obtenu à la question 3 suit, sans erreur, une consigne en rampe avec une dynamique définie par un dépassement de 10% et un temps de pic de 10s.

Choisir un régulateur adapté pour garantir ce cahier des charges et dessiner le schéma de simulation en Simulink (le calcul des coefficients du régulateur n'est pas à faire). Visualiser sur un Scope la consigne et la sortie du système, sur un deuxième Scope la commande par retour d'état, sur un troisième Scope la commande du régulateur choisi et sur un quatrième Scope l'erreur.

FORMULAIRE

Système d'ordre deux

Forme générale de la FdT : $H(s) = \dfrac{K\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$

Réponse indicielle y(t) : cas ζ <1

- Premier dépassement $D_1 = y(t_1) - K = Ke^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$
- Temps de montée : $t_m = \dfrac{1}{\omega_0\sqrt{1-\varsigma^2}}(\pi - \arccos\varsigma)$
- Temps pic : $t_1 = \dfrac{\pi}{\omega_0\sqrt{1-\zeta^2}}$
- Temps de réponse à n% (ζ < 0.7) : $t_r \cong \dfrac{1}{\omega_0\varsigma}\ln\left(\dfrac{100}{n}\right)$

Passage de l'équation d'état à la fonction de transfert

$$H(s) = C(sI - A)^{-1}B + D$$

Forme compagne horizontale : matrice de passage

$$M = [A^{n-1}B + A^{n-2}Ba_{n-1} + \ldots + ABa_2 + Ba_1 \;\ldots\; A^2B + ABa_{n-1} + Ba_{n-2} \quad AB + Ba_{n-1} \quad B]$$