

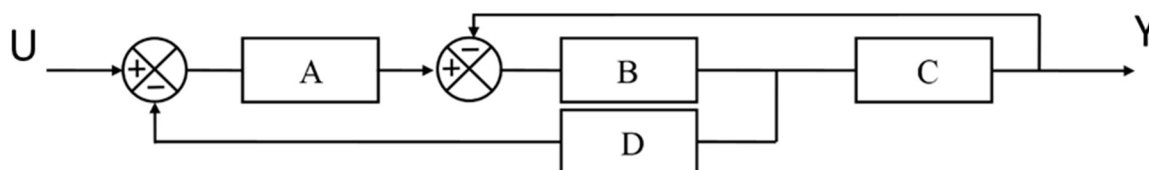


*Les photocopies de cours comprenant des notes manuscrites sont autorisées. Toute photocopie est rigoureusement interdite. La rédaction et la présentation sont des éléments importants d'appréciation des copies. Les durées sont données à titre indicatif. Le barème est donné à titre indicatif et susceptible de modifications.*

<b>NOM Prénom</b>	<b>LES REPONSES DOIVENT ETRE FOURNIES SUR LE SUJET - AUCUN AUTRE DOCUMENT NE SERA RENDU A L'ENSEIGNANT</b>
-------------------	--

**Exercice 1 Schéma bloc (3 points – 15 minutes)**

Simplifier le schéma bloc suivant afin d'exprimer la fonction de transfert  $\frac{Y}{U}$  :



Réponse :

**Exercice 2 (6 points – 45 minutes)**

Soit un système du second ordre d'équation différentielle :  $\ddot{y}(t) + 10\dot{y}(t) + 100y(t) = 20u(t)$  .

1. Déterminez la pulsation naturelle, l'amortissement et le gain statique du système en boucle ouverte.

*Réponse :*

On envisage d'asservir ce système par un correcteur proportionnel-dérivé dont le comportement est régi par l'équation différentielle de la forme :  $u(t) = K_p(r(t) - y(t)) - K_d\dot{y}(t)$  où  $r(t)$  représente la référence donnée en consigne.

2. Proposez un schéma bloc décrivant précisément le système asservi.

*Réponse :*

3. Considérant le système asservi, déterminez la forme de l'équation différentielle liant la référence  $r(t)$  et la sortie  $y(t)$ .

*Réponse :*

4. Déterminez les paramètres  $K_p$  et  $K_d$  du correcteur afin que le système décrit par la fonction de transfert  $\frac{Y(p)}{R(p)}$  ait une pulsation naturelle de 50 rad/s et un amortissement égal à 1.

*Réponse :*

5. Déterminez le gain statique du système asservi ainsi réglé.

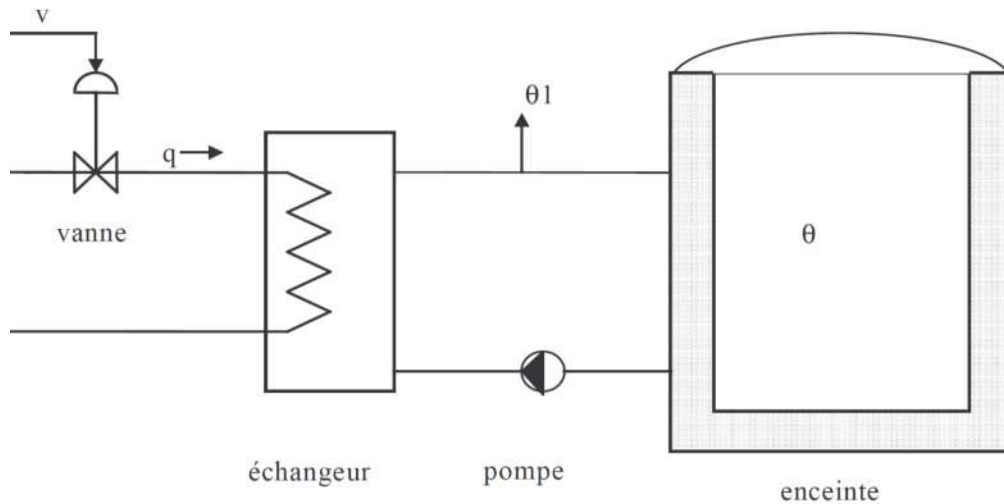
*Réponse :*

6. Quel type de régulateur permettrait d'annuler l'écart statique ?

*Réponse :*

### Exercice 3 (7 points – 45 minutes)

On désire réguler la température  $\theta(t)$  d'une enceinte à chauffage indirect. On donne les relations suivantes :  $q(t) = a \int_0^t v(\tau) d\tau$   $\theta_1(t) + \tau_1 \frac{d\theta_1(t)}{dt} = q(t)$   $\theta(t) + \tau_2 \frac{d\theta(t)}{dt} = b \theta_1(t)$  où  $v(t)$  est la tension de commande de la vanne,  $q(t)$  le débit dans l'échangeur,  $\theta_1(t)$  la température en sortie de l'échangeur et  $\theta(t)$  la température interne. Leur transformées de Laplace respectives sont  $V(p)$ ,  $Q(p)$ ,  $\theta_1(p)$  et  $\theta(p)$ . On suppose que toutes les conditions initiales sont nulles. On posera  $\lambda = a \times b$ . Pour les applications numériques, on prendra :  $\tau_1 = 600$  s,  $\tau_2 = 6000$  s,  $b = 20$  U.S.I.,  $a = 2 \cdot 10^{-4}$  U.S.I.



#### 1. Etude du système en boucle ouverte

- a) Calculer les fonctions de transfert  $G_0(p) = \frac{Q(p)}{V(p)}$ ,  $G_1(p) = \frac{\theta_1(p)}{Q(p)}$  et  $G_2(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_1(p)}$

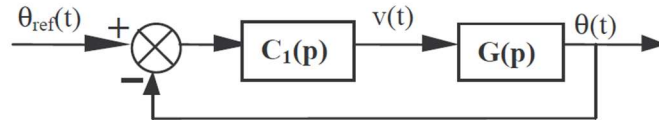
Réponse :

- b) Proposer un schéma bloc pour le système, ayant pour entrée  $V(p)$  et sortie  $\theta(p)$  et en y faisant figurer les fonctions de transfert  $G_0(p)$ ,  $G_1(p)$ , et  $G_2(p)$ .

Réponse :

## 2. Etude du système en boucle fermée

On désire asservir la température  $\theta$  de l'enceinte. On va donc améliorer les performances du système donné par la fonction de transfert  $G(p) = \frac{\theta(p)}{V(p)} = \frac{\lambda}{p(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$  en utilisant un correcteur proportionnel  $C_1(p) = K$  tel que  $v(t) = K (\theta_{\text{ref}}(t) - \theta(t))$ .  $\theta_{\text{ref}}(t)$  est la température de consigne et  $\theta_{\text{ref}}(p)$  sa transformée de Laplace. Le schéma bloc est donné par la figure suivante :



- a) Donnez l'expression de la boucle fermée  $G_{F1}(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_{\text{ref}}(p)}$  en fonction de  $K$ ,  $\lambda$ ,  $\tau_1$  et  $\tau_2$ .

*Réponse :*

- b) Déterminez les conditions de stabilité sur  $K$  (critère de Routh).

*Réponse :*

- c) Pour déterminer  $K$ , on simplifie  $G(p)$  de manière à le remplacer dans le schéma bloc par une fonction de transfert du deuxième ordre  $H(p) = \frac{\theta(p)}{V(p)} = \frac{\lambda}{p(1+\tau_2 p)}$ . Expliquer pourquoi cette approximation est justifiée (sans calcul).

*Réponse :*

- d) Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $H_F(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_{ref}(p)}$  en fonction de  $K$ ,  $\lambda$ ,  $\tau_2$ . Vérifier que  $H_F(p)$  est un second ordre. Exprimer  $H_F(p)$  (supposé stable) sous la forme standard et donner ses paramètres caractéristiques (gain statique, facteur d'amortissement et pulsation propre  $\omega_0$ ) en fonction de  $K$ ,  $\lambda$  et  $\tau_2$  (l'application numérique n'est pas demandée).

*Réponse :*

- e) On désire régler notre système de manière à obtenir un facteur d'amortissement de 0,7. Calculez  $K$  pour satisfaire cette performance (précision dynamique).

*Réponse :*

- f) Pour cette valeur de  $K$ , déterminer le temps de réponse à 5% ( $t_{r5\%} = \frac{0.45}{\omega_0}$  (rapidité)).

*Réponse :*

- g) Pour cette valeur de  $K$ , donner la valeur finale (en °C) et calculer la valeur maximale de la température de sortie en réponse à un échelon  $\theta_{ref}$  de 20°C. Représenter l'allure de la sortie en y faisant figurer les points importants (valeur finale, échelon d'entrée, dépassement, temps de réponse, erreur statique).

*Réponse :*

*Voir quadrillage ci-après pour la figure...*


#### **Exercice 4 (4 points – 15 minutes) QCM de TP**

**Cocher la bonne réponse...**

**Attention : une réponse fausse peut entraîner des pénalités...**

1	Le logiciel utilisé en TP pour la régulation de débit s'appelle :	Cassy <input type="checkbox"/>	Massy <input type="checkbox"/>	Passy <input type="checkbox"/>
2	La régulation PID basée sur les réglages de type ZN en boucle ouverte a été mise en œuvre sur le TP :	Niveau <input type="checkbox"/>	Luminosité <input type="checkbox"/>	Température <input type="checkbox"/>
3	Pour le TP sur la régulation de température, la fonction de transfert du système est plus proche :	D'un second ordre <input type="checkbox"/>	D'un premier ordre <input type="checkbox"/>	D'un premier ordre avec retard <input type="checkbox"/>
4	Pour la régulation de débit, le liquide dans la cuve est	Rose <input type="checkbox"/>	Bleu <input type="checkbox"/>	Transparent <input type="checkbox"/>
5	Des réglages basés sur la méthode de ZN en boucle fermée font référence à des :	Essais de pompage <input type="checkbox"/>	Oscillations amorties <input type="checkbox"/>	Essais Tout ou Rien <input type="checkbox"/>
6	Pour la régulation de niveau (cuve sans fuite), la réponse à un échelon conduit à une réponse en boucle ouverte :	nulle <input type="checkbox"/>	bornée <input type="checkbox"/>	infinie <input type="checkbox"/>

7	La réponse temporelle a été analysée à l'aide d'un oscilloscope pour le TP régulation de :	Niveau <input type="checkbox"/>	Luminosité <input type="checkbox"/>	Température <input type="checkbox"/>
8	Les Travaux pratiques d'automatique m'ont permis ...	D'approfondir mes connaissances <input type="checkbox"/>	De regarder mon binôme travailler <input type="checkbox"/>	De découvrir les principes et l'intérêt de la régulation <input type="checkbox"/>