

Nom :

Prénom :

Durée : 2 heures

## Automatique et Traitement du Signal

Aucun document autorisé / Calculatrices non autorisées

Répondre obligatoirement et uniquement sur le sujet

FTBO et FTBF désignent respectivement les fonctions de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée.

### Exercice 1 (5 pts)

Cocher les cases qui vous paraissent justes :

- 1) Un système de fonction de transfert  $H(p) = \frac{p^2 - 0,75p + 2}{p^2(0,5p^3 - 2p)}$  est :
  - a. D'ordre 3 et de classe 2 :
  - b. D'ordre 5 et de classe 3 :
  - c. D'ordre 5 et de classe 2 :
  
- 2) La commande en boucle fermée vise à :
  - a. Rejeter l'effet des perturbations sur les systèmes :
  - b. Améliorer la rapidité des systèmes :
  - c. Améliorer la précision des systèmes :
  
- 3) Un système de fonction de transfert  $H(p) = \frac{p^2 + 0,25p - 1}{p^2 + 0,33p + 1,24}$  est :
  - a. Un système propre :
  - b. Un système impropre :
  - c. Un système strictement propre :
  
- 4) La méthode de « Ziegler-Nichols » de réglage en boucle fermée d'un PID :
  - a. Est applicable aux systèmes instables :
  - b. Nécessite de connaître la fonction de transfert du système à contrôler :
  - c. Permet le réglage de ce correcteur selon un cahier des charges donné ( $tr_{5\%}$ ,  $D\%$ , ...) :
  
- 5) Dans la pratique, pour réaliser un correcteur PID, il est nécessaire d'ajouter un filtre passe-bas sur :
  - a. L'action proportionnelle :
  - b. L'action dérivée :
  - c. L'action intégrale :

## Exercice 2 (5 pts)

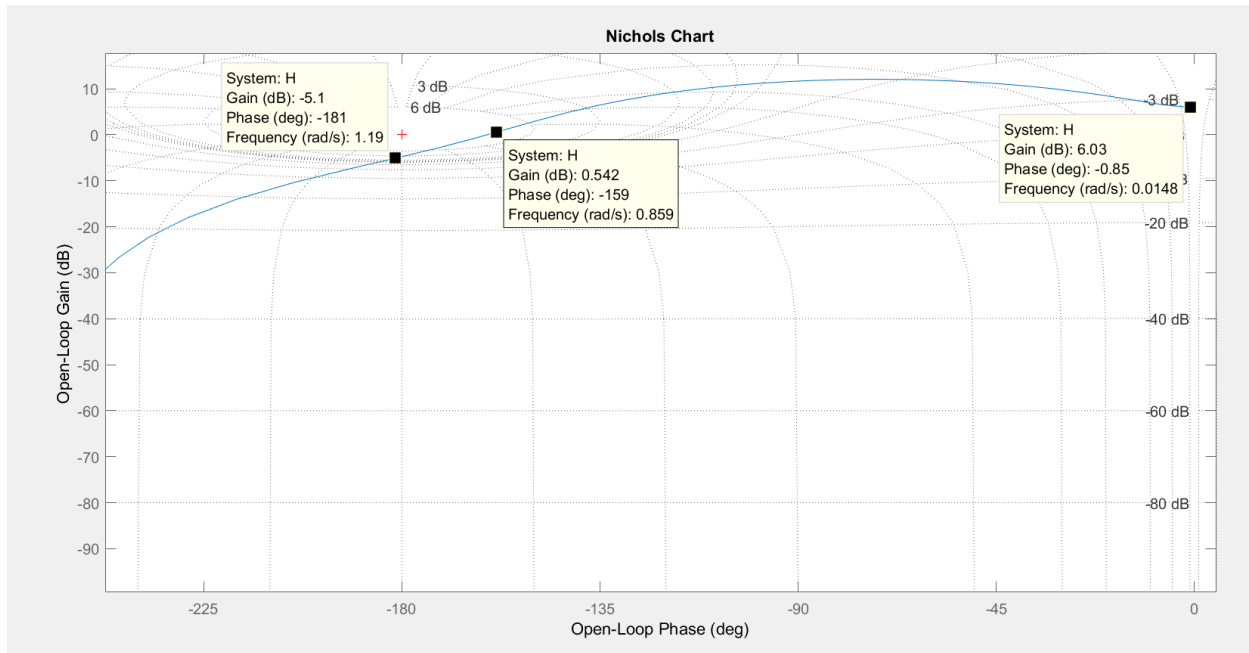
Soit un système bouclé dont les fonctions de transfert des chaînes directe et de retour sont connues.

1) Sachant que les pôles de la FTBO de ce système sont  $-0,86 \pm 1,25i$  et  $-0,13 \pm 0,44i$ , indiquer, justifications à l'appui, les critères pouvant être appliqués pour statuer sur la stabilité du système bouclé.

2) Sachant que cette FTBO est de la forme  $FTBO(p) = \frac{G}{den(p)}$  où  $G = 0,5$ , donner l'expression factorisée de  $den(p)$ . Proposer un programme sous Matlab permettant de tracer le diagramme de Black-Nichols de cette FTBO.

3) Rappeler rigoureusement la définition mathématique de la marge de phase.

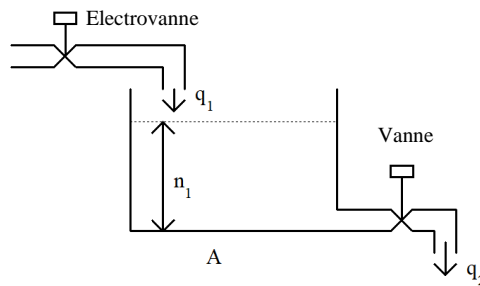
4) A l'aide du diagramme ci-dessous, déterminer la marge de phase. Indiquer si elle est suffisante.



5) Afin d'améliorer la réponse indicielle de ce système bouclé, un correcteur à avance de phase est intégré dans la chaîne directe. Rappeler l'expression de la fonction de transfert d'un tel correcteur. Sans effectuer les calculs, indiquer les étapes à suivre pour avoir une marge de phase égale à  $55^\circ$ .

### Exercice 3 (5 pts)

Soit un bac de section  $A$  représenté dans la figure ci-dessous où  $q_1$  désigne le débit d'eau versée dans ce bac et  $n_1$  le niveau de ce liquide. Une électrovanne alimentée par une tension  $u$  permet de modifier le débit  $q_1$ . Une vanne actionnée manuellement permet de modifier le débit  $q_2$ .



1) En supposant que  $q_2 = n_1/R$  avec  $R > 0$ , établir la fonction de transfert  $H(p) = \frac{n_1(p)}{q_1(p)}$

2) L'ensemble précédent est intégré dans une boucle fermée visant à réguler le niveau  $n_1$  au niveau désiré  $n_{des}$ . Cette boucle comporte un correcteur qui commande l'électrovanne. Un potentiomètre permet de convertir  $n_{des}$  en une tension  $v_c$ . La mesure de  $n_1$  est possible grâce un capteur de niveau délivrant une tension  $v_{capt}$ . Représenter le schéma-bloc de cette boucle de régulation en indiquant toutes les grandeurs physiques impliquées et en considérant que  $H_b$ ,  $H_{ev}$ ,  $H_{capt}$ ,  $H_{pot}$  et  $H_{cor}$  désignent respectivement les fonctions de transfert du bac, de l'électrovanne, du capteur, du potentiomètre et du correcteur.

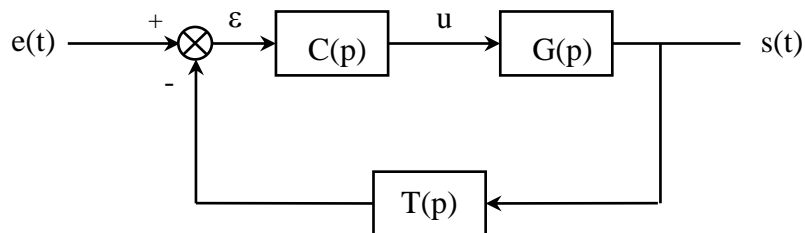
3) Un champ électromagnétique extérieur  $c$  perturbe maintenant le fonctionnement de l'électrovanne. Ce champ est supposé agir sur le débit  $q_I$  par l'intermédiaire d'une fonction de transfert  $H_{pem}$ . Etablir la relation donnant  $n_I(p)$  en fonction de  $n_{des}(p)$ ,  $c(p)$  et de toutes les fonctions de transfert considérées.

4) Sachant que le potentiomètre, le correcteur et le capteur ont respectivement pour fonction de transfert  $H_{pot}(p) = 1$ ,  $H_{cor}(p) = K$  et  $H_{capt}(p) = \frac{1}{p^2+p+1}$ , déterminer les conditions sur  $K$  assurant la stabilité de cette boucle de régulation.

5) En supposant les conditions précédentes respectées, étudier la précision de cette boucle de régulation.

#### Exercice 4 (5pts)

Soit le système bouclé suivant :



Avec  $C(p) = K \left( 1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right)$ ,  $G(p) = \frac{10}{4p^3 + 7p^2 + 4p + 1}$  et  $T(p) = \frac{1}{p+1}$

Où  $K$ ,  $T_i$  et  $T_d$  sont les constantes positives du correcteur.

1) Calculer la FTBF de ce système bouclé.

2) Déterminer l'expression des coefficients  $\alpha_{n-1} = \frac{a_{n-1}^2}{a_{n-2} a_n}$  pour  $n = \{2, 3, 4\}$  selon la méthode de Naslin.

3) Sans faire les calculs, indiquer la dernière étape à effectuer de la méthode de Naslin pour déterminer les valeurs numériques de  $K$ ,  $T_i$  et  $T_d$ .