

# ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2017

**Examen à livre ouvert**

**Calculatrice: modèles autorisés seulement**

**Durée: 3 heures**

**16-CH-A6 Contrôle et dynamique des procédés**

**Les quatre questions valent 25 %**

## Question 1 : (25 points)

Le modèle mathématique de procédé dynamique suivant a été posé pour un réacteur chimique exothermique bien mélangé qui doit être régulé pour les variables  $h$ ,  $C_A$  et  $T$ . Le modèle est fortement non-linéaire. Obtenez la forme linéarisée du modèle.

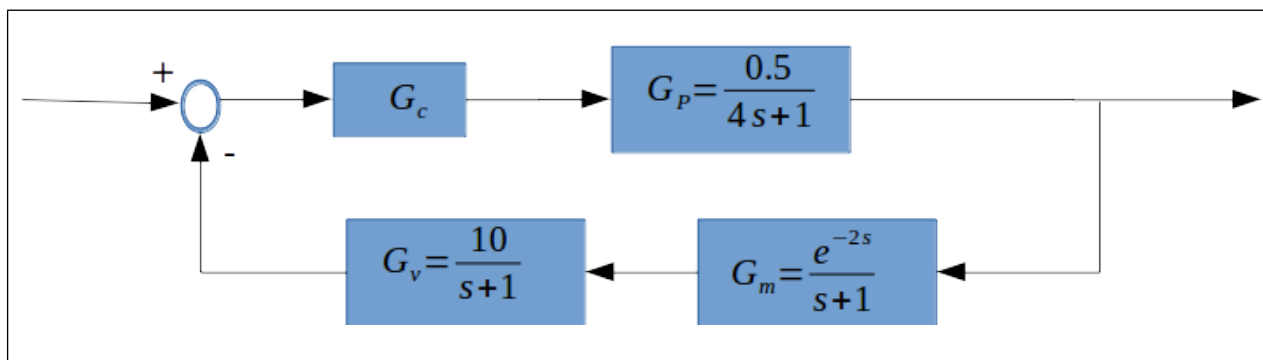
$$\frac{dh}{dt} = \frac{F_i}{S} - \frac{C}{S} \sqrt{h}$$

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{F_i}{Sh} (C_{A0} - C_A) - Ae^{-E/RT} C_A$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{F_i}{sh} (T_i - T) + \frac{(\Delta H_r) Ae^{-E/RT} C_A}{\rho C_p}$$

## Question 2 (25 points):

a)(5 points) Écrivez l'équation caractéristique de ce procédé avec un contrôleur proportionnel (P).

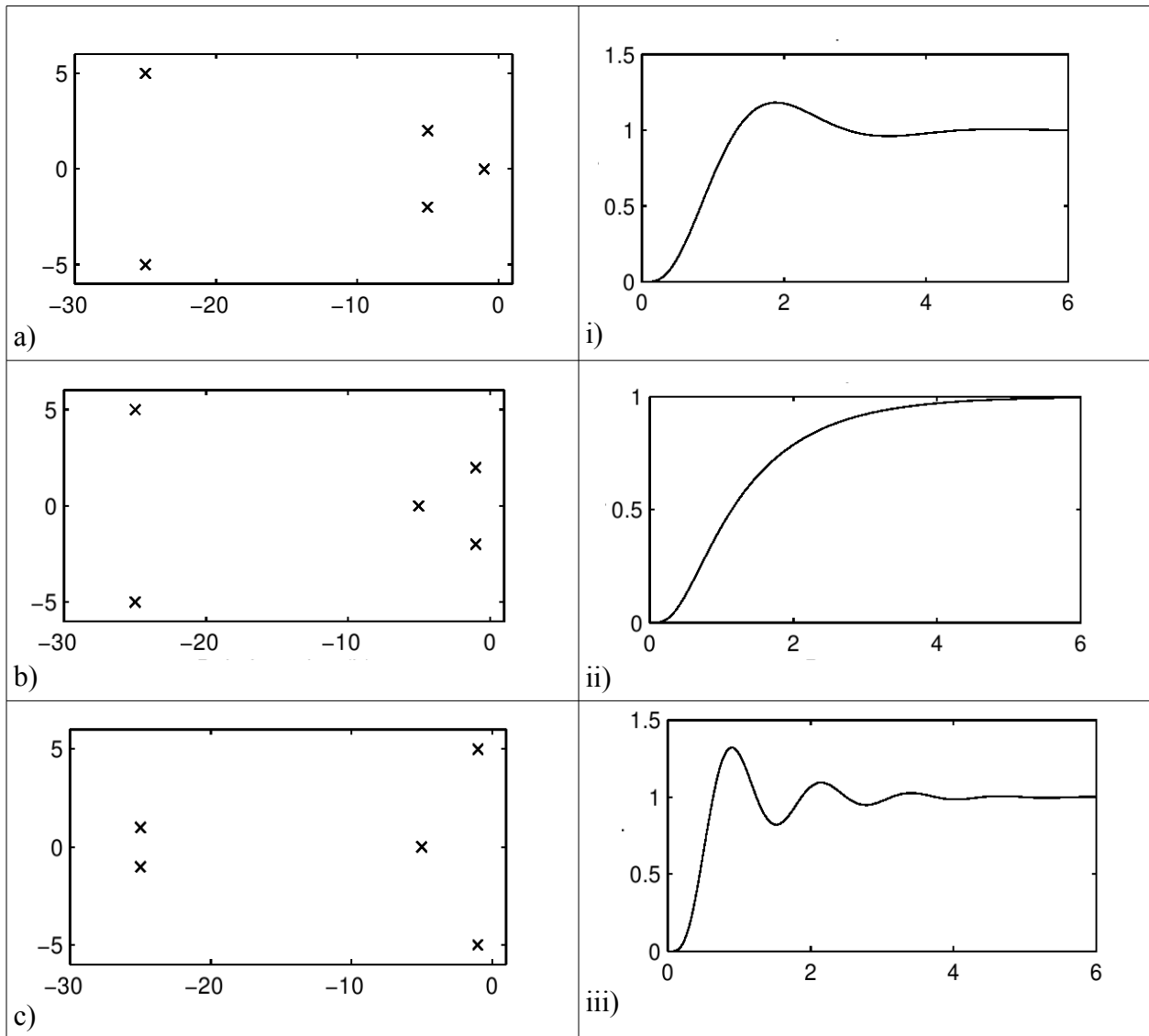


**b)(10 points)** Utilisez le critère de Routh pour trouver le gain de contrôleur (P) maximum. Utilisez une approximation de Padé du premier ordre.

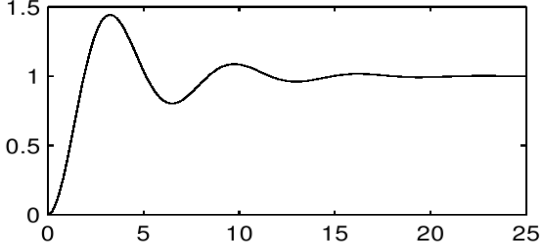
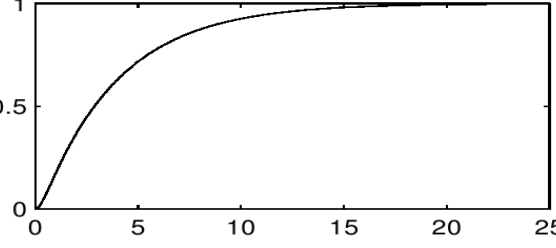
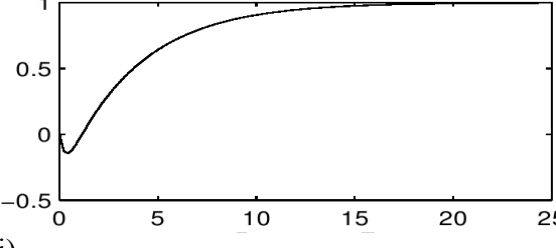
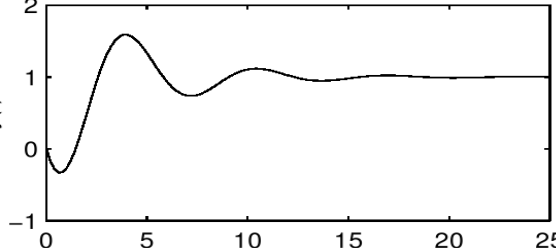
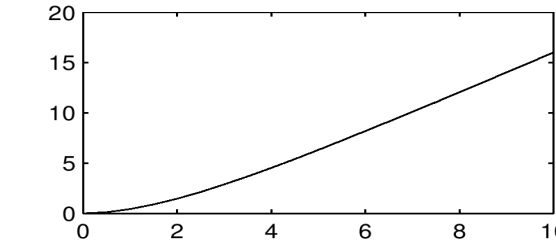
**c)(10 points)** Utilisez la substitution directe pour trouver la limite de stabilité.

**Question 3 (25 points):**

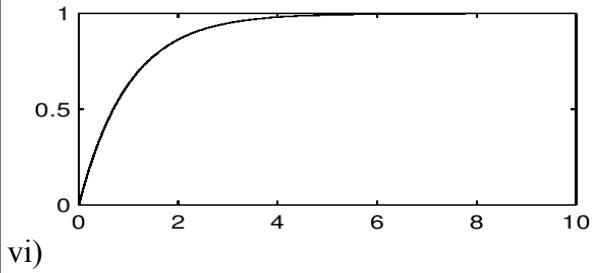
**a)(10 points)** Aux pôles complexes de gauche, associez une réponse à droite sur les figures suivantes:



**b)(15 points)** Répétez l'exercice précédant en associant cette fois la fonction de transfert à la réponse dynamique.

<p>a) <math>G_1 = \frac{1-s}{s^2+4s+1}</math></p>	 <p>i)</p>
<p>b) <math>G_1 = \frac{1}{s^2+0.5s+1}</math></p>	 <p>ii)</p>
<p>c) <math>G_1 = \frac{1}{s+1}</math></p>	 <p>iii)</p>
<p>d) <math>G_1 = \frac{1}{s^2+0.5s}</math></p>	 <p>iv)</p>
<p>e) <math>G_1 = \frac{1}{s^2+4s+1}</math></p>	 <p>v)</p>

f)  $G_1 = \frac{1-s}{s^2 + 0.5s + 1}$



**Question 4 (25 points):**

Un procédé du deuxième ordre a un gain statique de  $K$  et deux constantes de temps réelles  $\tau_1$  et  $\tau_2$ . Trouvez les trois paramètres du contrôleur PID que l'on obtient en utilisant la synthèse directe avec un temps de réponse imposé  $\tau_c$ .