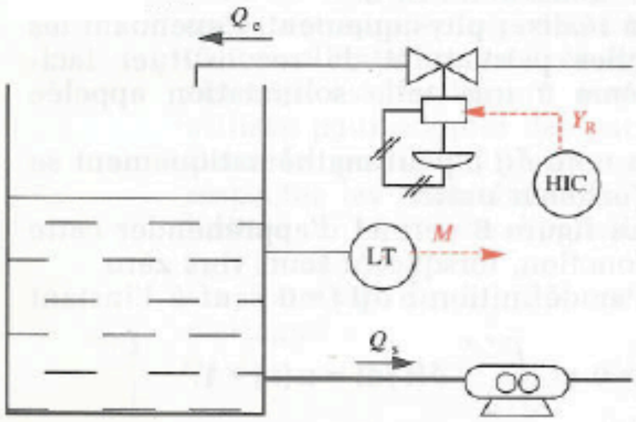
Feuille de TD n° 3

Exercice 1 :

L'industrie chimique a souvent recours au stockage intermédiaire de liquides qui peuvent être des produits de récupération ou des réactifs de base. Suivant le procédé, le soutirage en fond de cuve peut être naturel ou forcé, c'est-à-dire assisté par une pompe. Cet exercice concerne un bac à soutirage forcé par pompe



Les caractéristiques de l'installation sont les suivantes :
- le réservoir a une section S de 0,50 m²;
- l'échelle du transmetteur de niveau LT est égale à 1,0 m. On peut noter que le zéro du transmetteur peut ne pas correspondre au fond de la cuve;
- la vanne de type NF, à caractéristique linéaire, permet un débit maximal $Q_{e\,maxi} = 1{,}5\ m^3/h$ lorsque son ouverture atteint 100 %. Le débit de sortie Q_s est maintenu constant et égal à 0,60 m³/h grâce à une pompe volumétrique.

La relation liant une variation $q_e(t)$ du débit d'entrée $Q_e(t)$ à une variation $y_R(t)$ du signal de commande de la vanne est :

$$\tau \frac{dq_e}{dt} + q_e(t) = K y_R(t) \quad (1)$$

en désignant par τ une constante homogène à une durée de 30 secondes, par K le gain statique, et si y_R et q_e sont exprimés en pourcentage de leur valeur maximale.

Le point de fonctionnement initial est défini par : $Q_{s0} = 0{,}6\ m^3/h$; signal mesure : $M_0 = 50\ \%$

1. Déterminer quel débit d'entrée Q_{e0} permet d'obtenir un point de fonctionnement stable.

2. Calculer la valeur de K.

4. Etablir la relation liant la variation $m(t)$ de l'image du niveau et la variation $q_e(t)$ autour du point de fonctionnement qui lui a donné naissance, ces deux grandeurs étant exprimées en pourcentages.

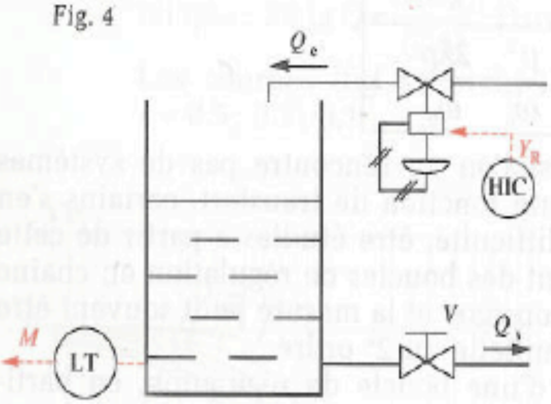
5. Établir la relation liant la variation $m(t)$ de l'image du niveau et la variation $y_R(t)$ autour du point de fonctionnement qui lui a donné naissance.

6. En déduire la fonction de transfert du système considéré.

Exercice2

on aborde le cas où la vanne constitue un système du 1er ordre qui ne permet pas une variation en échelon du débit. Le schéma T.I. est fourni figure 4. Le point de fonctionnement initial du système stable est défini par les valeurs suivantes : M_0, Y_{R0}, Q_{e0}, Q_{s0}. Chaque grandeur est un pourcentage de sa variation maximale ou de l'échelle de son transmetteur.

Fig. 4



On rappelle que la vitesse de variation du niveau $m(t)$ dans le réservoir peut s'exprimer, en fonction des débits d'entrée $q_e(t)$ et de sortie $q_s(t)$, par l'équation :

$$\tau_1 \frac{dm(t)}{dt} = q_e(t) - q_s(t) \quad \text{avec ici :}$$

$\tau_1 = 40$ s (1)

On rappelle que la relation liant une variation $q_e(t)$ du débit d'entrée $Q_e(t)$ à une variation $y_R(t)$ du signal de commande d'une vanne est :

$$\tau_2 \frac{dq_e(t)}{dt} + q_e(t) = K y_R(t) \quad (2)$$

avec : $\tau_2 = 20$ s, $K = 1$, y_R et q_e étant des pourcentages de leur valeur maximale.

Pour un système à soutirage naturel, la variation du débit de sortie $q_s(t)$ est proportionnelle à la variation de niveau $m(t)$. Dans le cas considéré de la vanne manuelle V, on admet que :

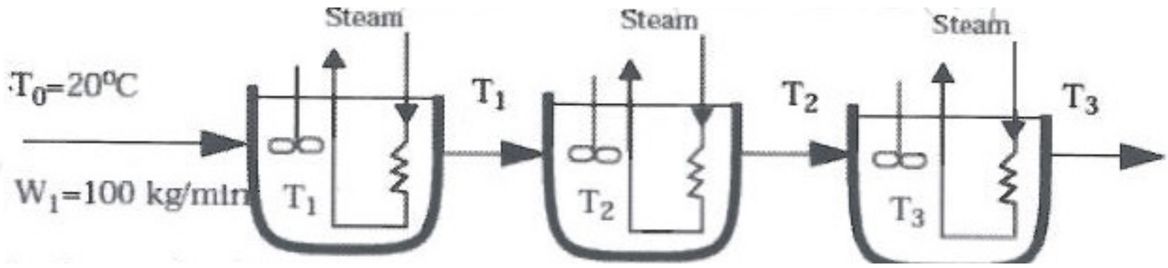
$q_s(t) = 0{,}2\,m(t)$ (3)

1. Établir la fonction de transfert $H(p) = \dfrac{M(p)}{Y_R(p)}$.
2. Établir le schéma fonctionnel technologique correspondant.
3. Déterminer la réponse indicielle $m(t)$ pour un échelon de commande $y_R(t) = 10\,u(t)$.
4. Représenter graphiquement les variations de $m(t)$. L'hypothèse linéaire est-elle vraie sur cet intervalle de variation de $m(t)$?
5. Conclusions sur le contrôle-commande.

Exercice 3 : Echange de chaleur dans une série de réacteurs

3 réacteurs batch en série servent à préchauffer un mélange d'huiles (Cp=2kJ/kg) avant une unité de distillation. Chaque réacteur a une capacité de 1 tonne (M1=M2=M3=M) est initialement à 20°C. La chaleur est apportée par la valeur saturée à 250°C. Le débit d'alimentation (à 20°C) est de 100 kg/min (W) et par débordement, le même débit est obtenu dans les réacteurs 2 et 3.

On considère les réacteurs comme parfaitement agité et la température est donc homogène.



La chaleur transférée Q au sein d'un réacteur par le serpentin contenant la vapeur est donnée par :

$$Q = UA(T_{vapeur} - T)$$

Avec (T_{vapeur} **constant**). Le produit UA (coefficient global de transfert thermique x aire de contact) vaut 10kJ/min.°C et T est la température dans le réacteur.

Le bilan de la chaleur dans le réacteur 1 s'écrit de manière générale :

Accumulation = Entrée – Sortie

$$MC_p \frac{dT1}{dt} = WC_pT_0 + UA\left(T_{vapeur} - T1\right) - WC_pT_1$$

1) Ecrire la fonction de transfert (FT) du réacteur 1 liant la température de sortie $\left(T_1 - T_{vapeur}\right)$ à la température initiale $\left(T_0 - T_{vapeur}\right)$.
2) Quel délai est nécessaire pour que le réacteur 1 soit à 95% de son état stationnaire
3) Ecrire de la même manière les FT des réacteurs 2 et 3.
4) Déterminer la température d'équilibre de chaque réacteur.
5) Ecrire la fonction de transfert du processus complet. Est-il bouclé ?
6) Quel délai est nécessaire pour que le réacteur 3 soit à 99% de son état stationnaire.