

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Ecole Supérieure de Technologie de Fès
Filière Génie Thermique : 2^{ème} année

Examen de régulation industrielle (2009-2010)

Durée : 2 h

Les documents personnels sont autorisés

Dr M.Rabi

Enoncé

Soit une partie de l'installation de production du produit XP (Figure 1) :

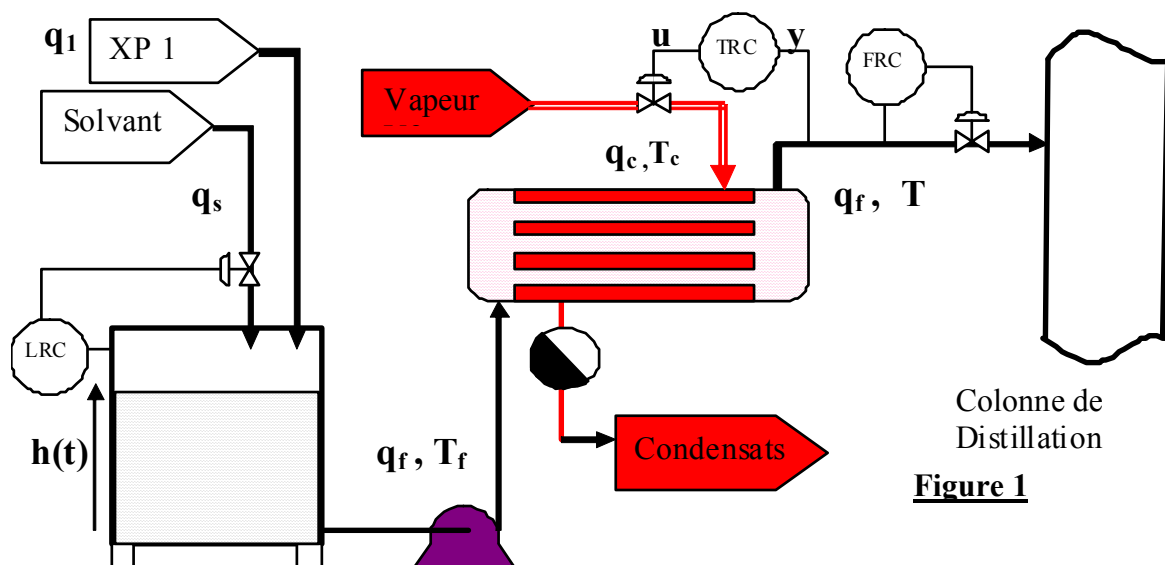


Figure 1

A l'issue d'un premier atelier, on obtient le produit XP 1 (à gauche sur le schéma : mélange de XP et de solvant principalement). XP1 est envoyé dans un réservoir tampon (à gauche toujours) dont le niveau est maintenu grâce à l'adjonction de solvant. XP1 est alors à température ambiante. Il doit être injecté sous forme de liquide bouillant dans une colonne de distillation (section alimentation de la colonne à droite du schéma). Pour élever la température de XP1, il est nécessaire d'utiliser l'échangeur de chaleur (au centre). Le fluide utilitaire est de la vapeur à 2 bar qui est condensée dans l'échangeur.

Caractéristiques de fonctionnement :

- Le réservoir tampon a une capacité de 20 m³ pour une hauteur de 7 m. La hauteur nominale de stockage est de 4 m.

- Le débit maximum de XP1 en alimentation du réservoir tampon est de 10 m³/h. Son débit minimum admissible est de 2 m³/h (au dessous de ce seuil, l'installation sera arrêtée). Son débit nominal de 5 m³/h.
- Le débit nominal de l'alimentation de la colonne est de 12 m³/h, au maximum 15 m³/h.
- La température nominale d'entrée dans l'échangeur de chaleur du fluide procédé est de 20 °C (ambiante).
- La température nominale de sortie de l'échangeur (alimentation de la colonne) est de 110 °C.
- Le débit nominal de vapeur est de 1000 kg/h, au maximum de 1200 kg/h
- Milieu explosif, XP1 et solvants, fluides conducteurs.

Caractéristiques d'instrumentation :

LT	actif	0 à 8 m	4-20 mA	ADF
TT	passif	-10 à 150 °C	4-20 mA	SI
FT	actif	0-15 m ³ /h	4-20 mA	ADF

LV	Pneumatique	NO	Positionneur	0.2 à 1.0 bar	0 à 13 m ³ /h	Linéaire
TV	Pneumatique	NF	Positionneur	0.2 à 1.0 bar	0 à 1200 m ³ /h	Linéaire
FV	Pneumatique	NF	Positionneur	0.2 à 1.0 bar	0 à 17 m ³ /h	Linéaire

LC, FC sont des régulateurs PID mixtes et TC est un régulateur série, en entrée mesure et sortie commande 4-20 mA. Ils sont capables d'alimenter une boucle de mesure.

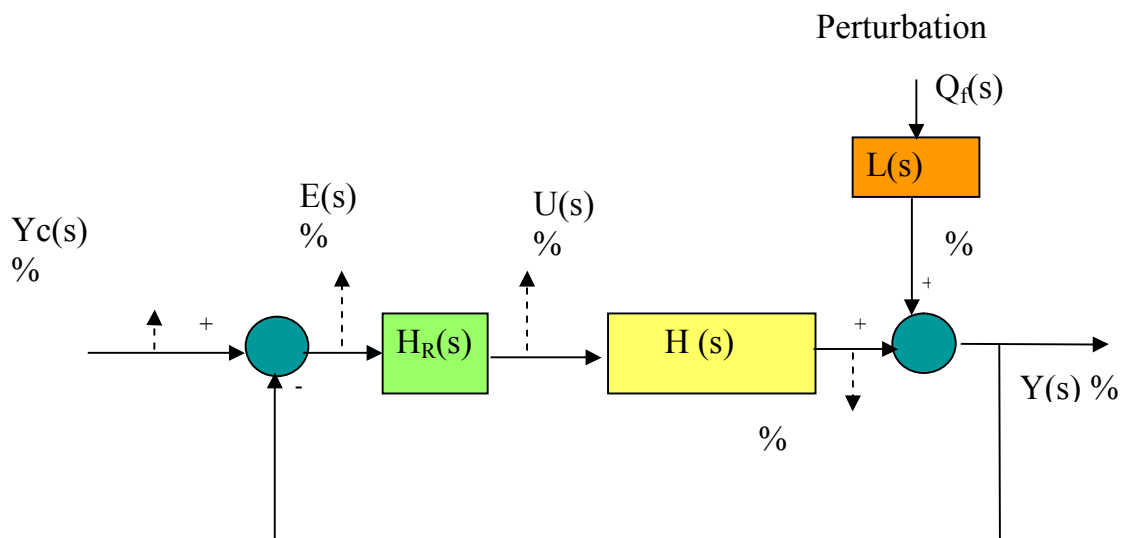
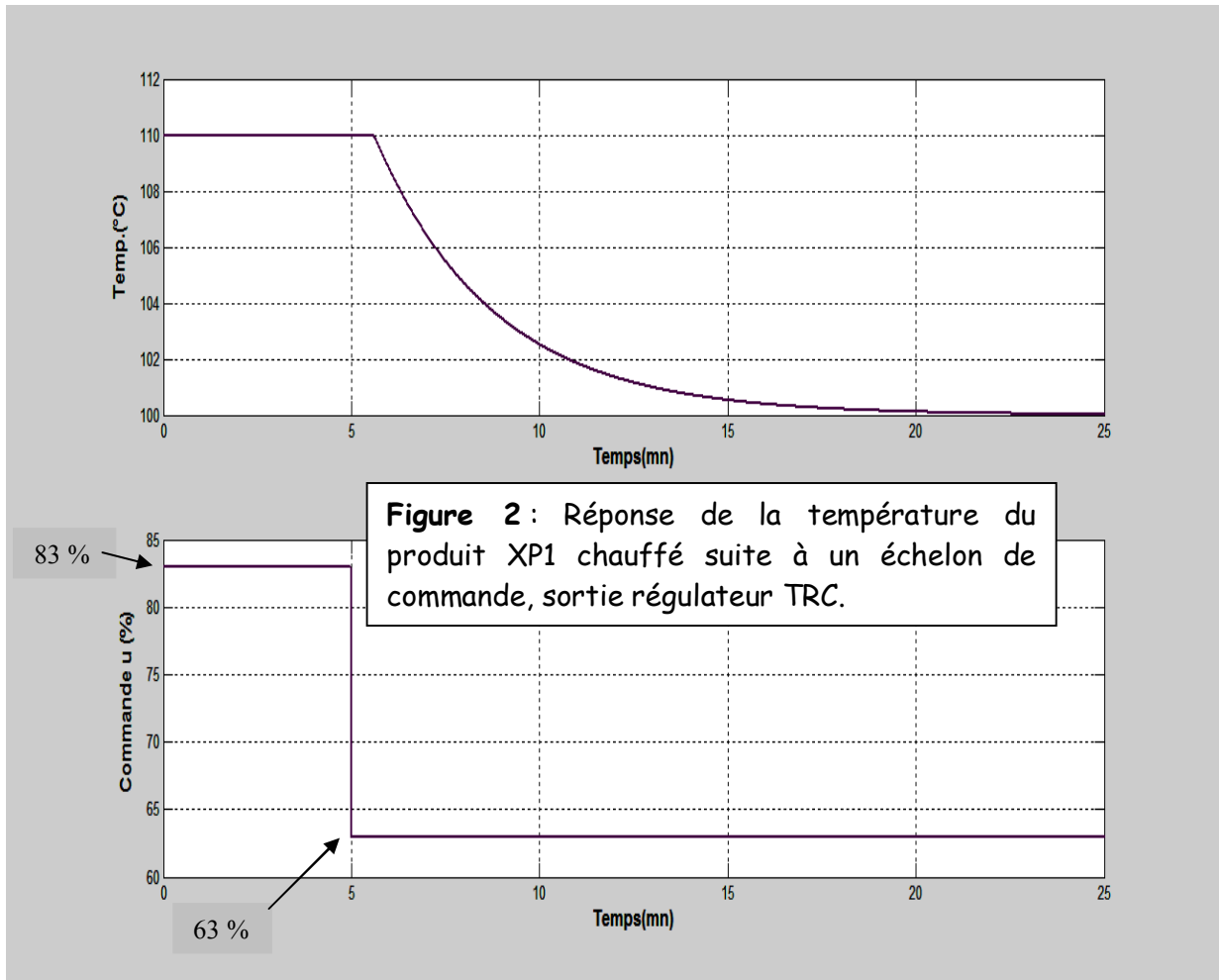
- 1- Préciser pour les 3 boucles de régulation la grandeur réglée, la grandeur réglante, les grandeurs perturbantes et la consigne.
- 2- Effectuer le schéma de câblage de la boucle LRC et de la boucle TRC. On souhaite enregistrer la mesure et la commande dans chacune de ces boucles, le LR est un enregistreur 2 voies en entrée 4-20 mA et le TR est un enregistreur 2 voies en entrée 2-10 V. Vous disposez de tous les appareils périphériques dont vous avez besoin (alimentations, convertisseurs...).
- 3- La mesure de niveau effectuée par le LT est de 5 m, quelle est l'intensité qui circule dans le circuit de mesure ?
- 4- Quelle est la valeur de consigne à programmer sur le régulateur FC et sur le régulateur LC ?

- 5- La commande issue du régulateur LC est de 35 %, quelle est la valeur de l'intensité dans le circuit de commande ? Quelle est la valeur de pression de commande ? Quelle est la valeur de pression dans le servomoteur de la vanne ? Quelle est l'ouverture de la vanne ? Quel est le débit qui traverse alors la vanne LV ?
- 6- Le débit qui traverse alors la vanne FV est de 8 m³/h. Quelle est la commande issue du régulateur FC ? Quelle est la valeur de l'intensité dans le circuit de commande ? Quelle est la valeur de pression de commande ? Quelle est la valeur de pression dans le servomoteur de la vanne ? Quelle est l'ouverture de la vanne ?
- 7- Le capteur de température TT envoie une intensité de 14 mA, quelle est la valeur de la température mesurée ?
- 8- Déterminer le sens d'action de la régulation LRC.
- 9- Déterminer la valeur centrale de la régulation LRC.
- 10- Le débit d'XP1 est de 8 m³/h et le débit d'alimentation de la colonne est à sa valeur nominale, le régulateur LC est réglé en P seul avec un gain de 2, la consigne, le sens d'action et la valeur centrale ont été correctement réglés. Le régulateur est en mode automatique, le niveau est stabilisé par la régulation LRC. Quelle est la valeur de stabilisation du niveau ?

Soit sur la boucle de régulation TRC, la réponse de la grandeur réglée en système ouvert suivante (Figure 2).

Exprimer la fonction de transfert réglante $H(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-\tau s}}{(1+Ts)}$ (voir figure 1).

- 11- Le schéma fonctionnel de la boucle de régulation TRC est donné par la figure 3 où $H(s)$ est la fonction de transfert réglante et $L(s)$ est la fonction de transfert liée à la principale perturbation $Q_f(s)$, $H_R(s)$ est la fonction de transfert du régulateur.



Exprimer $Y(s)$ (mesure en % de la température à la sortie du capteur-transmetteur) en fonction de $Y_c(s)$ et $Q_f(s)$. Que peut-on conclure des études de stabilité par rapport à $Y_c(s)$ et par rapport à $Q_f(s)$?

12-Etude de la régulation TRC

L'étude se poursuit sans tenir compte de la perturbation.

a- On crée un échelon de consigne $Y_c(t) = a$, exprimer l'écart statique si $H_R(s)=1$, et donner la précision de ce système.

b- Calculer le module et l'argument de $FTBO(j\omega)$, puis tracer alors la représentation de cette fonction dans le plan complexe (Nyquist). La boucle TRC est-elle stable ?

c- L'utilisation des deux sortes de régulateurs est envisagée : à gain proportionnel ou PID. Dans un premier temps on règle : $H_R(s)=K_{R1}$. Le réglage de la stabilité sera considéré comme correct avec une marge de gain de 0.5 ou 6dB. Calculer alors la valeur maximale de K_{R1} en fonction de K , T et τ (faire l'approximation $\omega\tau = \frac{\pi}{2}$ pour $\omega = \omega_\pi$ avec $\varphi(\omega_\pi) = \text{Arg}(FTBO(j\omega_\pi)) = -\pi$).

d- Le régulateur est maintenant du type PID série : $H_R(s) = K_{R2} \left[\frac{1 + T_i s}{T_i s} \right] (1 + T_d s)$.

Le réglage de T_i et T_d se faisait de la manière suivante : $T_i = T$ et T_d est telle que son action apporte une avance de phase de $\frac{\pi}{4}$ rad pour $\omega = \omega_\pi$.

Calculer la valeur de K_{R2} dans les mêmes conditions que précédemment. Comparer à K_{R1} et interpréter.

Bonne chance