

TD4 - Laou-Hap

| TD4 - Laou-Hap | | Pt | A | B | C | D | Note |
|----------------|---|-----|---|---|---|---|-------|
| 1 | Quel type de capteur-transmetteur doit-on utiliser ici ? Justifier la réponse. | 0,5 | A | | | | 0,5 |
| 2 | Donner l'expression de la pression Pm mesurée en fonction du niveau h. | 0,5 | D | | | | 0,025 |
| 3 | En excluant les capteurs de pression, citer deux autres principes de mesure de niveau. | 0,5 | C | | | | 0,175 |
| 4 | Déterminer les différentes grandeurs fonctionnelles. | 1 | D | | | | 0,05 |
| 5 | Indiquer le nom et la fonction des appareils numérotés 1 et 2 dans la zone matière première. | 1 | D | | | | 0,05 |
| 6 | Déterminer et justifier le sens d'action du régulateur. La vanne LV1 est fermée par manque d'air | 1 | A | | | | 1 |
| 7 | Compléter le schéma d'instrumentation (TI) de la boucle de régulation de température. | 1 | A | | | | 1 |
| 8 | Compléter le schéma de raccordement électrique permettant de mesurer X sur la voie 1 de l'enregistreur et Yr sur la voie 2 de ... | 1 | D | | | | 0,05 |
| 9 | Décrire le protocole expérimental permettant de vérifier que ce procédé est naturellement stable. | 1 | A | | | | 1 |
| 10 | Tracer l'allure de $X = f(t)$ sachant que : le gain statique $K = \Delta M / \Delta Y_r = 1$; le retard $T = 8 \text{ min}$ et la constante de temps $\tau = 20 \text{ min}$. | 1 | | | | | 0 |
| 11 | Faire l'analyse critique de ce résultat. | 1 | A | | | | 1 |
| 12 | Calculer les écarts statiques ϵ_1 pour la courbe 1, ϵ_2 pour la courbe 2 et ϵ_3 pour la courbe 3. | 1 | A | | | | 1 |
| 13 | Comment a évolué le gain A pour les courbes 1, 2 et 3 ? | 1 | C | | | | 0,35 |
| 14 | Calculer la valeur de l'écart statique entre la mesure et la consigne. | 1 | | | | | 0 |
| 15 | Quelle est l'action qui a permis d'obtenir cette valeur ? | 1 | C | | | | 0,35 |
| 16 | Quel critère de performance d'une boucle de régulation, le paramètre tr définit-il ? | 1 | | | | | 0 |
| 17 | Que provoquerait une augmentation excessive de l'action intégrale (Ti trop petit) ? | 1 | B | | | | 0,75 |
| 18 | Quel compromis doit on obligatoirement faire pour le réglage de cette boucle ? | 1 | D | | | | 0,05 |
| 19 | Donner le nom de cette régulation (voir TD3). | 1 | D | | | | 0,05 |
| 20 | Déterminer le débit libre et le débit asservi. | 1 | | | | | 0 |
| 21 | Indiquer le nom et la fonction de l'élément FY3 (voir TD3). | 1 | B | | | | 0,75 |
| 22 | Faire apparaître ci-dessous la mesure X3, la consigne W3 et la sortie Yr3 du régulateur FIC3. | 0,5 | C | | | | 0,175 |

Note : 8,325/20

TD4 Laou-Hap

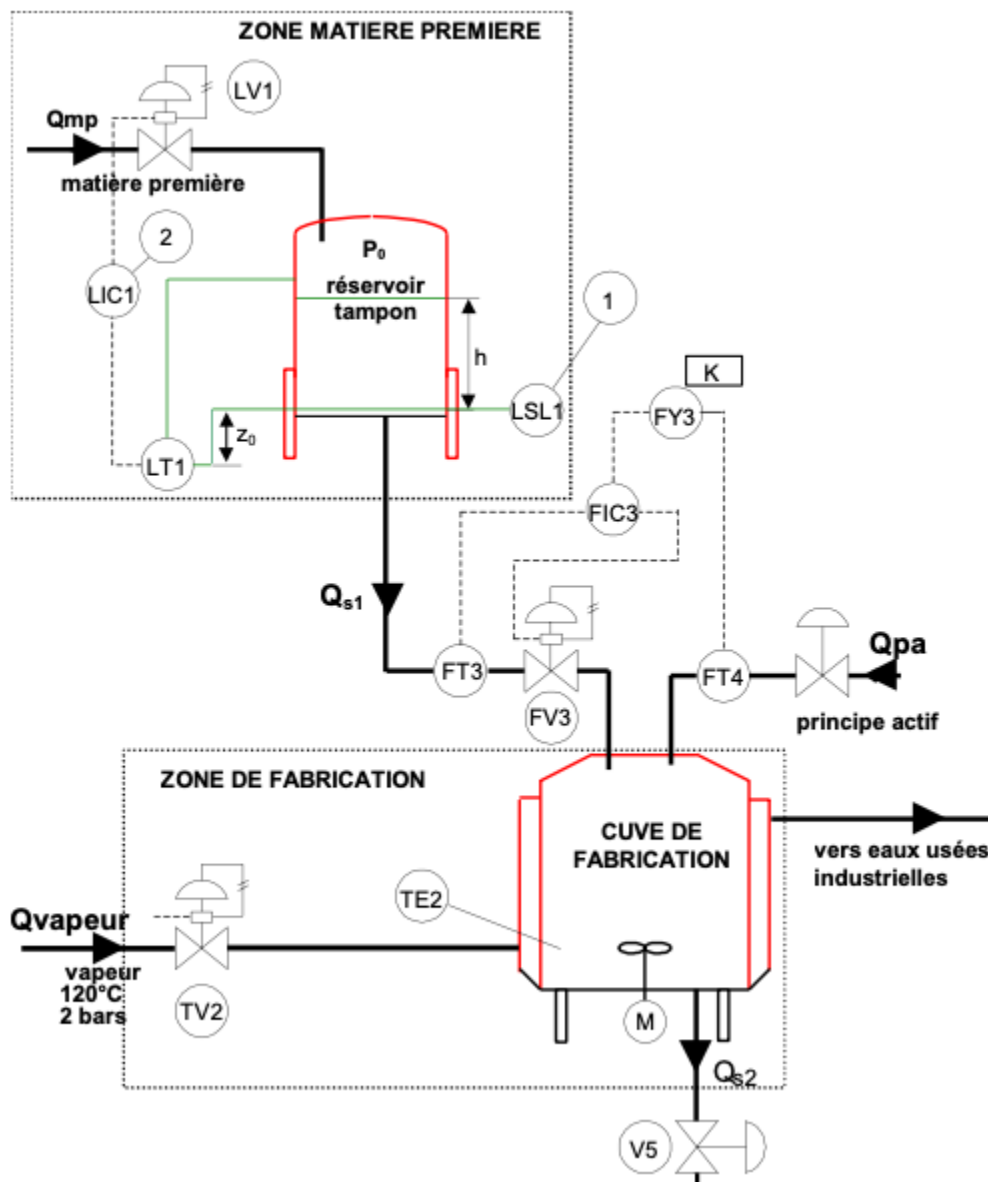
Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q10 Q11 Q12 Q13 Q14 Q15 Q16 Q17 Q18 Q19 Q20 Q21 Q22

Produits pharmaceutiques

Présentation

Le procédé à étudier est implanté au sein d'une entreprise de produits pharmaceutiques. Cette unité fabrique des formes liquides (sirops conditionnés en flacons). Sa production est obtenue par lot (Batch) de 10 000 flacons de 300ml chacun. L'unité est divisée en deux zones :

- Zone matières premières liquides
Dans cette zone, l'étude ne portera que sur une seule matière première, (un seul réservoir tampon). Le niveau de liquide dans ce réservoir doit être maintenu constant (hauteur h).
- Zone de fabrication
Elle est composée d'une cuve de fabrication à double paroi dans laquelle on mélange et on chauffe la matière première et le principe actif (Expectorant). Le principe utilisé pour le chauffage est basé sur l'échange calorifique entre la double enveloppe et le contenant. Dans la double enveloppe circule de la vapeur à 120°C et à 2 bars.



Mesure de niveau dans le réservoir tampon

La mesure du niveau h de matière première est réalisée par un capteur-transmetteur de pression $LT1$. Il existe des capteurs-transmetteurs de pression relative, absolue et différentielle. Au dessus du liquide se trouve un gaz non condensable maintenu à une pression P_0 constante (par un procédé non représenté ici).

Q1 : Quel type de capteur-transmetteur doit-on utiliser ici ? Justifier la réponse. 0.5

On a une cuve fermée avec une pression de référence P_0 . Il faut donc utiliser un capteur de pression différentiel pour effectuer une mesure.

Q2 : Donner l'expression de la pression P_m mesurée en fonction du niveau h . 0.5

$P_m = (h \cdot \rho_g / Z_0) + P_0$

Q3 : En excluant les capteurs de pression, citer deux autres principes de mesure de niveau. 0.5

Principe de la poussée d'archimède et le principe de pesage

Régulation de niveau dans le réservoir tampon

Q4 : Déterminer les différentes grandeurs fonctionnelles (grandeur réglée, grandeur réglante et la principale grandeur perturbatrice).

Grandeur réglée : niveau dans la cuve
Grandeur réglante : la pression dans la cuve
Grandeur perturbatrice : débit Qmp

Q5 : Indiquer le nom et la fonction des appareils numérotés 1 et 2 dans la zone matière première.

1 : régulateur de niveau, 2 : capteur de niveau bas

Q6 : Déterminer et justifier le sens d’action du régulateur. La vanne LV1 est fermée par manque d'air (normalement fermée, signal ouvre). Le capteur-transmetteur LT1 fournit au régulateur un signal de mesure directement proportionnel au niveau h.

Lorsque la commande augmente, la vanne s'ouvre et le niveau dans la cuve augmente. La mesure de pression augmente alors aussi, le procédé est donc direct et le régulateur est en action inverse.

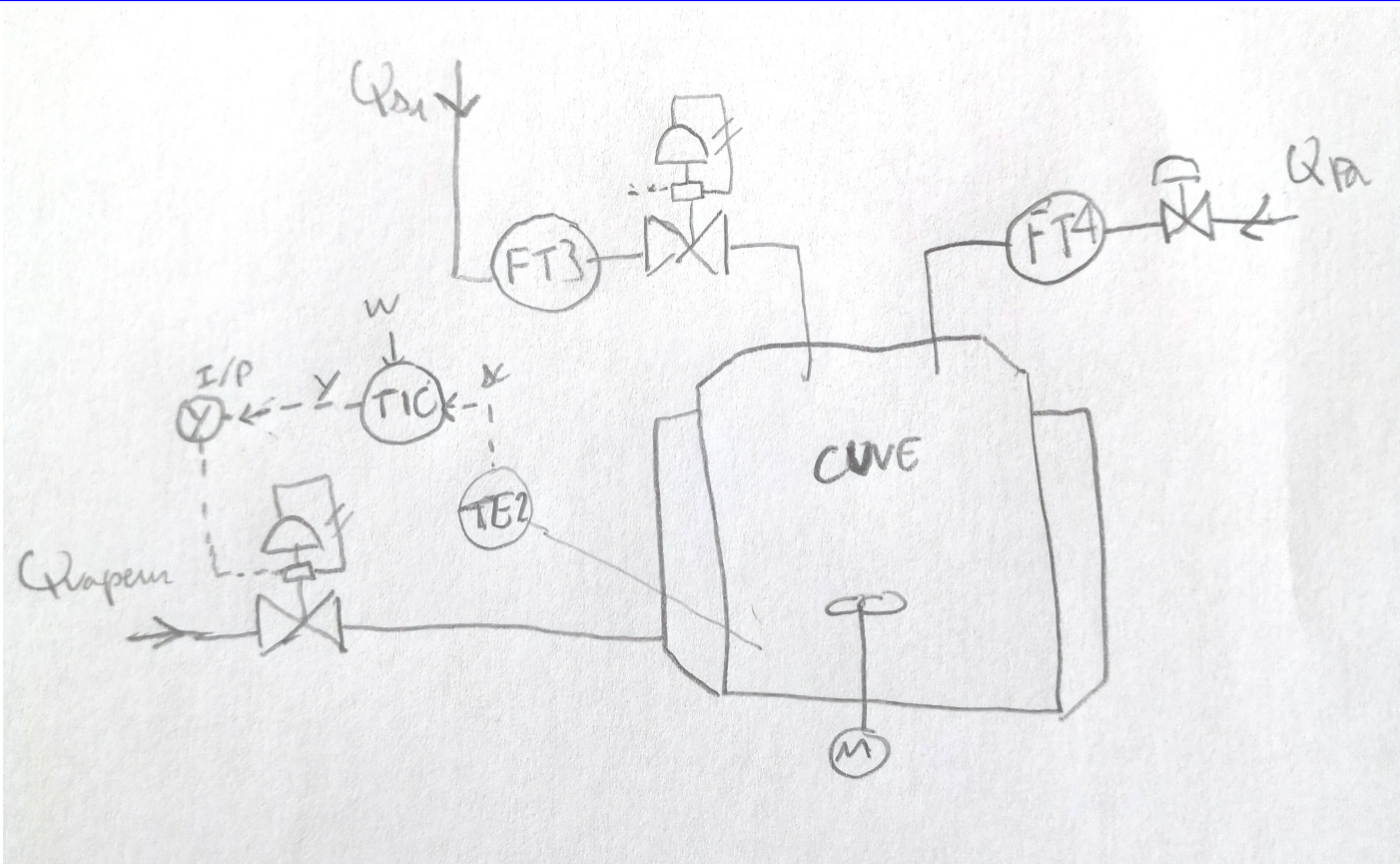
Régulation de température de la cuve à double enveloppe

Le sirop dans la cuve doit être maintenu à une température de 90°C. On dispose des appareils ci-dessous :

- Une sonde de température type PT100 (montage 3 fils)
- Un transmetteur de température analogique -> Entrée : PT100 (3 fils) ; sortie : 4 - 20mA (réglage possible du 0 et de la pleine échelle).
- Un régulateur numérique -> Entrée mesure analogique (X) : 4 - 20mA ; sortie analogique (Yr) : 4 - 20mA.
- Une vanne TV2 avec positionneur électro-pneumatique (commande en 4-20 mA).

Q7: Compléter le schéma d'instrumentation (TI) de la boucle de régulation de température.

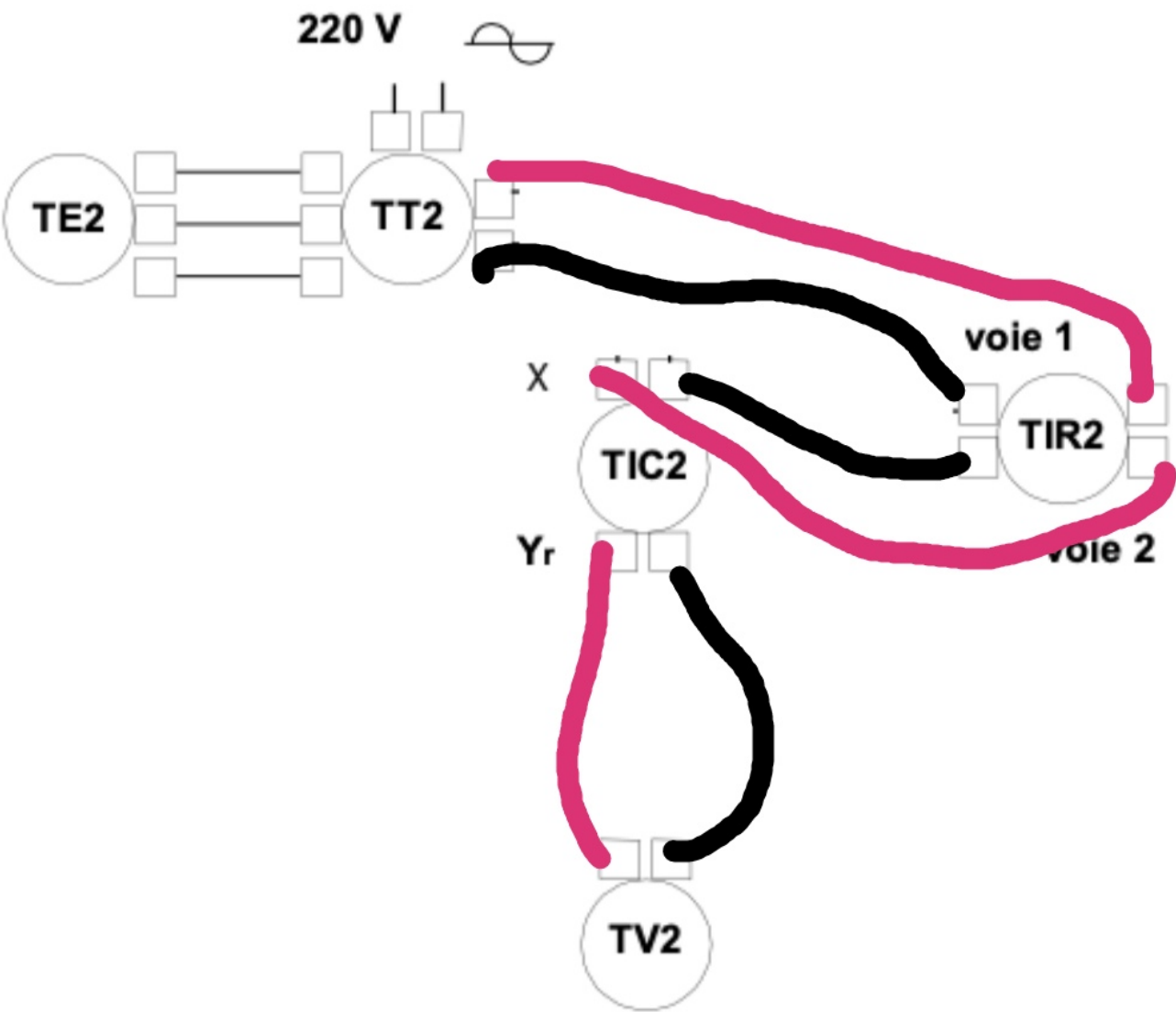
1



On désire enregistrer l'évolution de la mesure (Tcuve) et la valeur du signal (Yr) de pilotage de la vanne TV2, en fonction du temps. On utilise un enregistreur à 2 voies 4-20 mA.

Q8 : Compléter le schéma de raccordement électrique permettant de mesurer X sur la voie 1 de l'enregistreur et Yr sur la voie 2 de l'enregistreur : on précisera les polarités et on ajoutera les fils nécessaires.

1



Comportement du procédé en boucle ouverte

Q9 : Décrire le protocole expérimental permettant de vérifier que ce procédé est naturellement stable. Préciser si le régulateur doit être en automatique ou en manuel.

1

En boucle ouverte on règle le régulateur en mode manuel puis on donne une valeur de la grandeur réglante. Dès la stabilisation de la courbe on fait un échelon de commande et on observe l'évolution de la courbe.

Après avoir effectué cet essai, on constate que $X=f(t)$ peut être approximé par la réponse à un échelon d'un système du premier ordre avec retard pur.

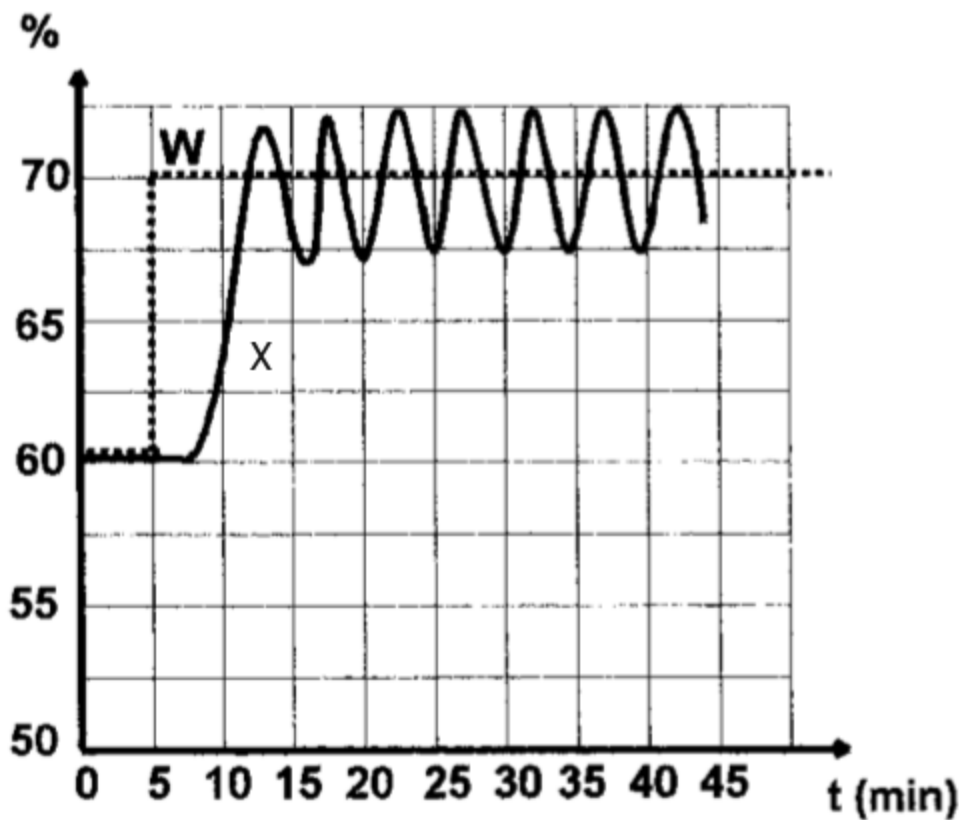
Q10 : Tracer l'allure de $X = f(t)$ sachant que : le gain statique $K = \Delta M / \Delta Y_r = 1$; le retard $T = 8\text{min}$ et la constante de temps $\tau = 20\text{ min}$. Faire apparaître ces différents paramètres sur le graphique.

±



Essais du système en boucle fermée

Essai n°1 :



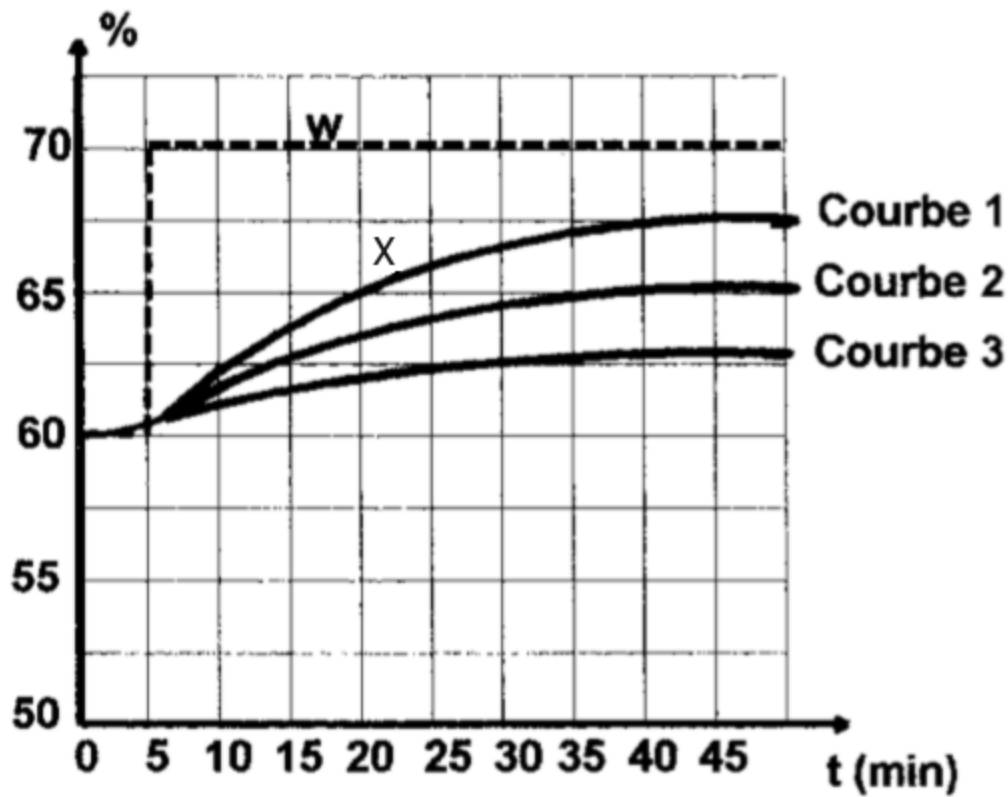
Q11: Faire l'analyse critique de ce résultat.

1

Il y a beaucoup trop d'instabilité il faut ajouter une action dérivée afin d'obtenir une meilleure allure de courbe.

Essai n°2 :

On conserve les paramètres $T_i = 99 \text{ min}$ et $T_d = 0 \text{ min}$. On effectue 3 enregistrements avec 3 valeurs différentes de gain, respectivement A_1 pour la courbe 1, A_2 pour la courbe 2 et A_3 pour la courbe 3. Le protocole expérimental reste inchangé par rapport au 1er essai. Résultats obtenus :



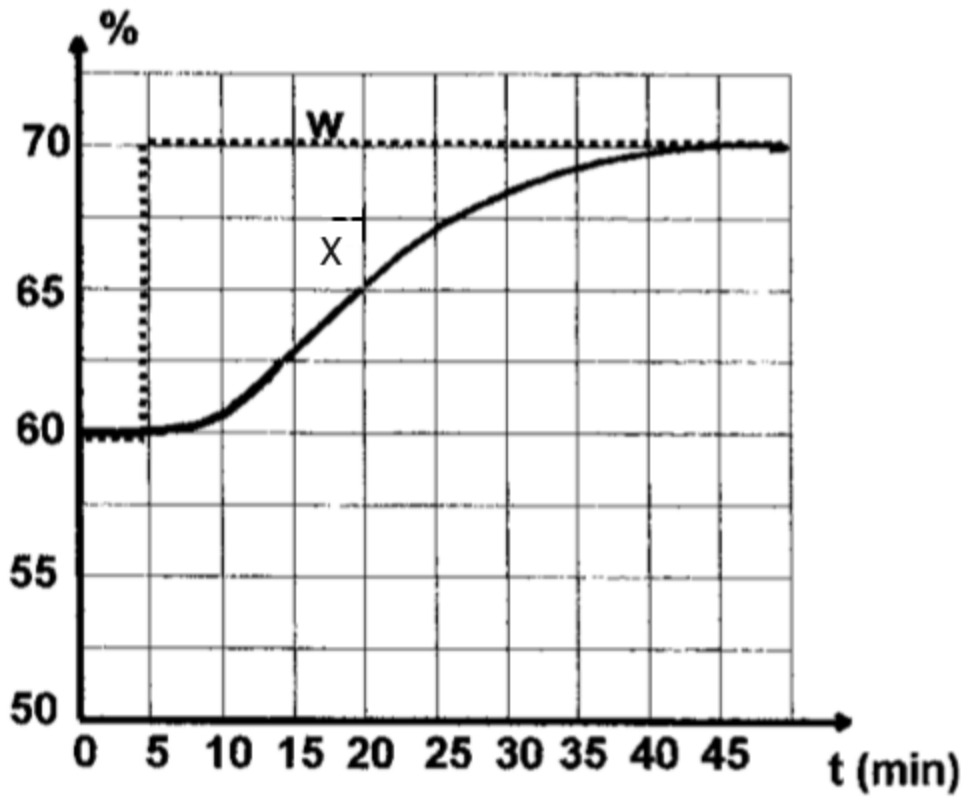
Q12 : Calculer les écarts statiques ϵ_1 pour la courbe 1, ϵ_2 pour la courbe 2 et ϵ_3 pour la courbe 3. 1

$E_1 = 70 - 67.5 = 2.5\%$; $E_2 = 70 - 65 = 5\%$; $E_3 = 70 - 62.5 = 7.5\%$

Q13 : Comment a évolué le gain A pour les courbes 1, 2 et 3 ? 1

Il y a eu une augmentation du gain de la courbe 1 à 3.

Essai n°3 :



Q14 : Calculer la valeur de l'écart statique entre la mesure et la consigne.

±

?

Q15 : Quelle est l'action qui a permis d'obtenir cette valeur ?

1

L'action proportionnelle.

Q16 : Quel critère de performance d’une boucle de régulation, le paramètre t_r définit-il ? ±

?

Q17 : Que provoquerait une augmentation excessive de l’action intégrale (T_i trop petit) ? 1

Si T_i est trop petit alors on observera un dépassement de la mesure par rapport à la consigne.

Q18 : Quel compromis doit on obligatoirement faire pour le réglage de cette boucle ? 1

Trouver un T_i correct en prenant en compte T_d et X_p .

Étude du mélange

La fabrication du sirop impose d'avoir un débit de matière première $Q_{s1} = K.Q_{pa}$ (débit de produit du principe actif). Le débit Q_{s1} est mesuré avec le débitmètre $FT3$. Le débit Q_{pa} est mesuré avec le débitmètre $FT4$.

Q19 : Donner le nom de cette régulation (voir TD3). 1

Régulation de débit de matière première.

Q20 : Déterminer le débit libre et le débit asservi. ±

?

Q21 : Indiquer le nom et la fonction de l'élément $FY3$ (voir TD3). 1

Relai de calcul de débit.

Q22 : Faire apparaître ci-dessous la mesure $X3$, la consigne $W3$ et la sortie $Yr3$ du régulateur $FIC3$. 0.5

