

TD4 - Bertolotti

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	C					0,175
3	En excluant les capteurs de pression, citer deux autres principes de mesure de niveau.	0,5	B					0,375
4	Déterminer les différentes grandeurs fonctionnelles.	1	A					1
5	Indiquer le nom et la fonction des appareils numérotés 1 et 2 dans la zone matière première.	1	A					1
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	B					0,75
9	Décrire le protocole expérimental permettant de vérifier que ce procédé est naturellement stable.	1	C					0,35
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	A					1
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	A					1
14	Calculer la valeur de l'écart statique entre la mesure et la consigne.	1	A					1
15	Quelle est l'action qui a permis d'obtenir cette valeur ?	1	A					1
16	Quel critère de performance d'une boucle de régulation, le paramètre t_r définit-il ?	1	D					0,05
17	Que provoquerait une augmentation excessive de l'action intégrale (T_i 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	A					1
21	Indiquer le nom et la fonction de l'élément FY3 (voir TD3).	1	C					0,35
22	Faire apparaître ci-dessous la mesure X3, la consigne W3 et la sortie Yr3 du régulateur FIC3.	0,5	A					0,5

Note : 14,9/20

TD4 Bertolotti

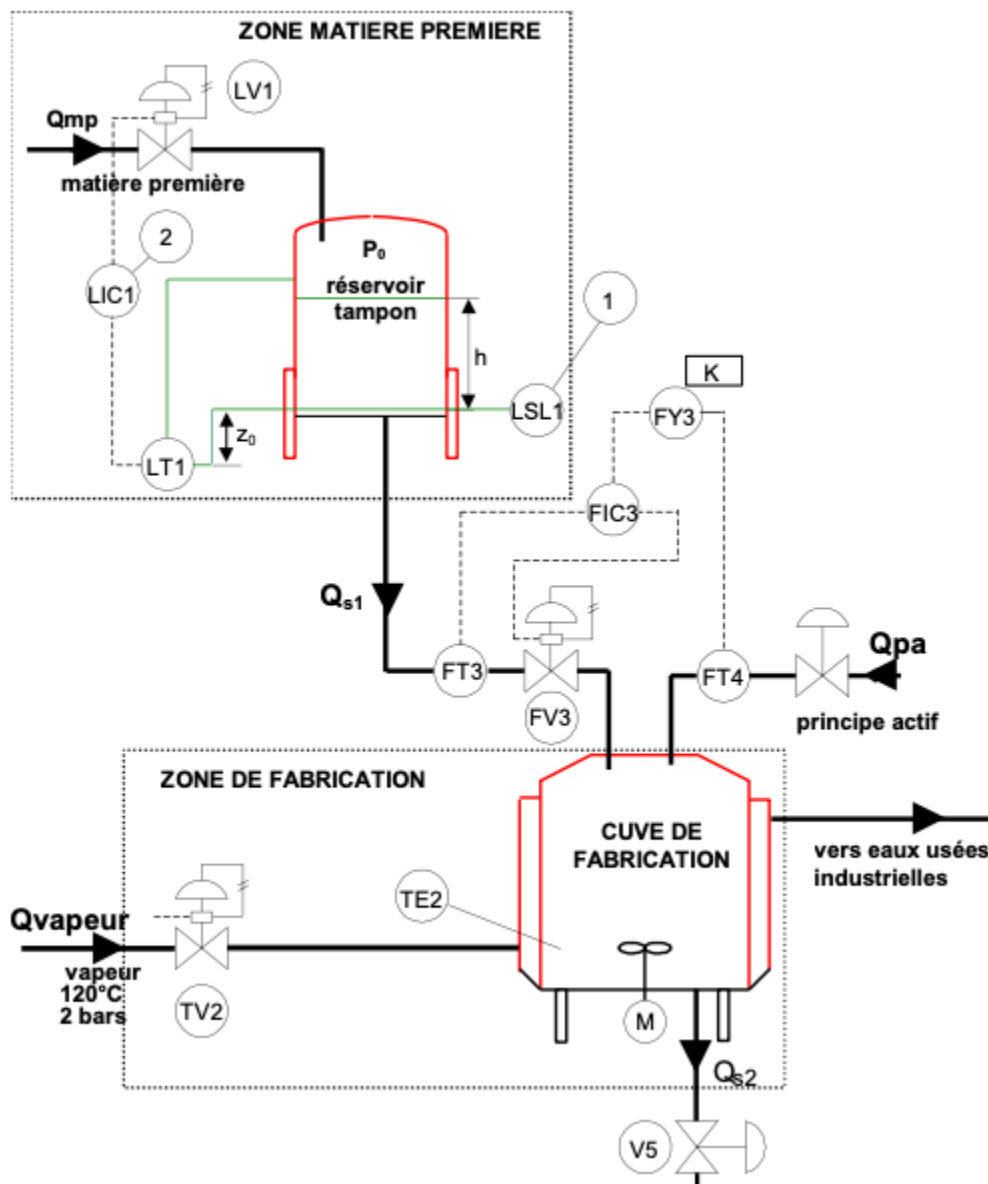
[Q1](#) [Q2](#) [Q3](#) [Q4](#) [Q5](#) [Q6](#) [Q7](#) [Q8](#) [Q9](#) [Q10](#) [Q11](#) [Q12](#) [Q13](#) [Q14](#) [Q15](#) [Q16](#) [Q17](#) [Q18](#) [Q19](#) [Q20](#) [Q21](#) [Q22](#)

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

Capteur-transmetteur de pression différentielle

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

$P_m = \rho \cdot g \cdot (h + z_0) + P_0$

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

Il y a des capteurs placés au dessus de la cuve qui mesurent la hauteur h avec des ondes

Régulation de niveau dans le réservoir tampon

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

Réglée - niveau h
Réglante - le débit Qnp
Perturbatrice - débit Qsl

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

1-commutateur de niveau très bas 2- régulateur de niveau

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.

Quand la commande augmente,la vanne s’ouvre, le débit augmente et le niveau h augmente aussi, la mesure augmente donc le procédé est direct, le régulateur doit être réglée en inverse

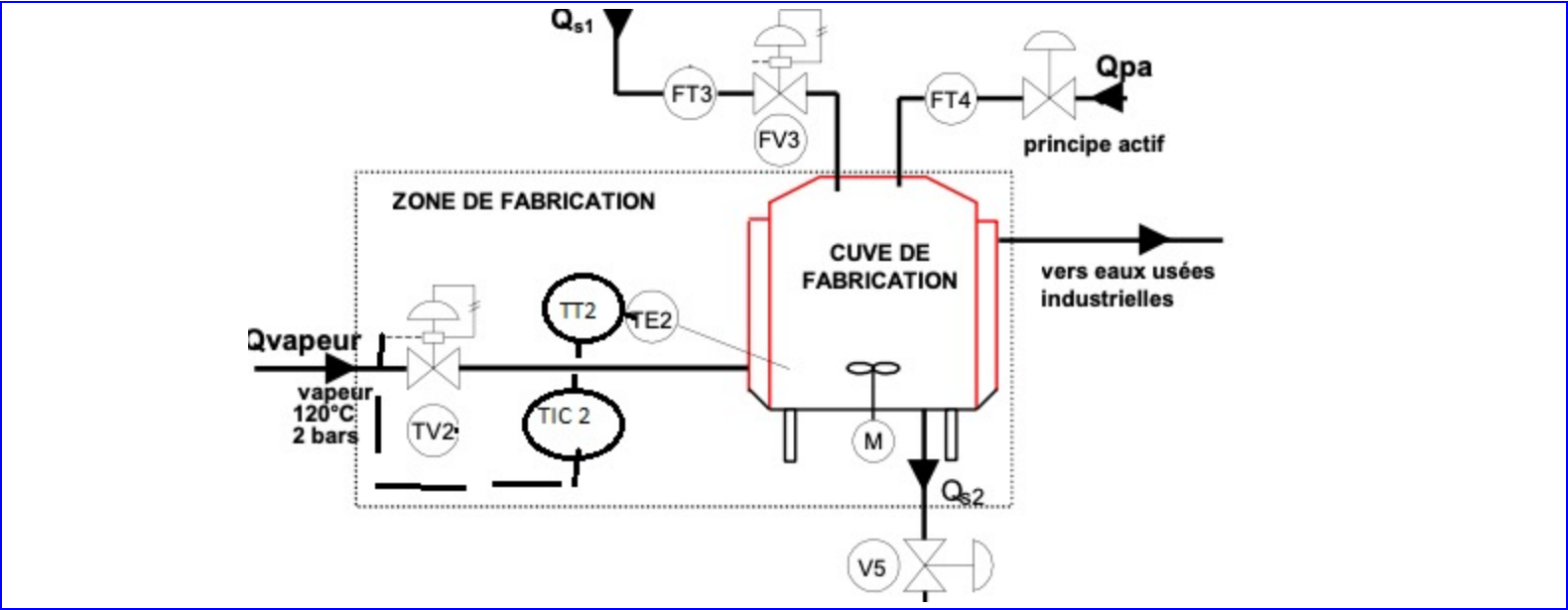
Régulation de température de la cuve à double enveloppe

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.

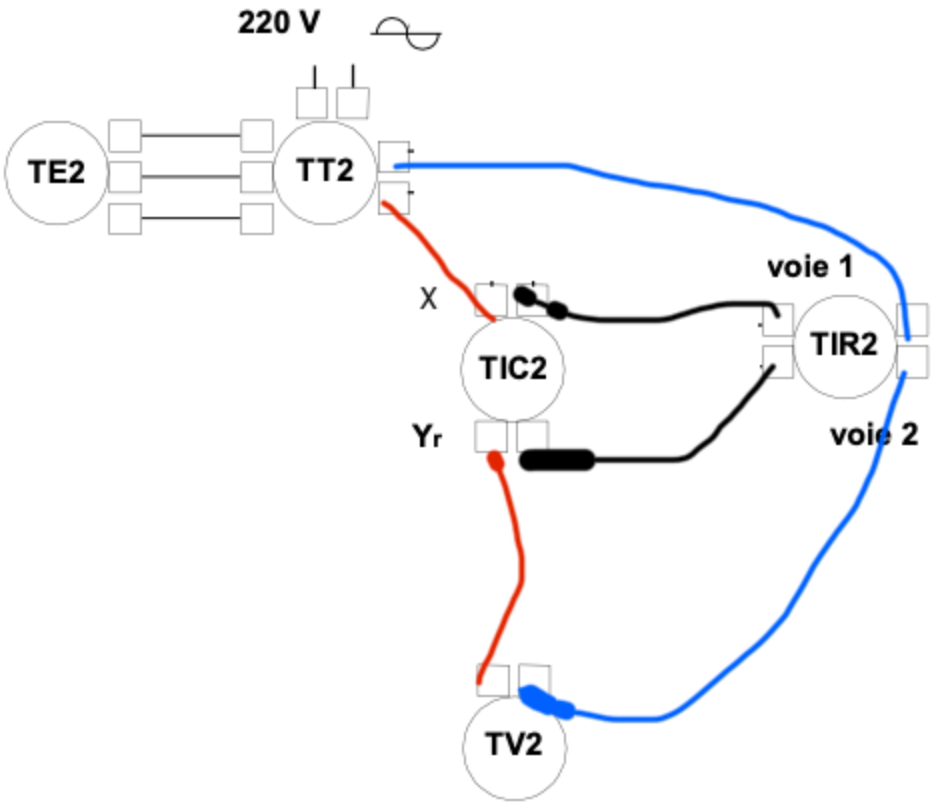
1



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



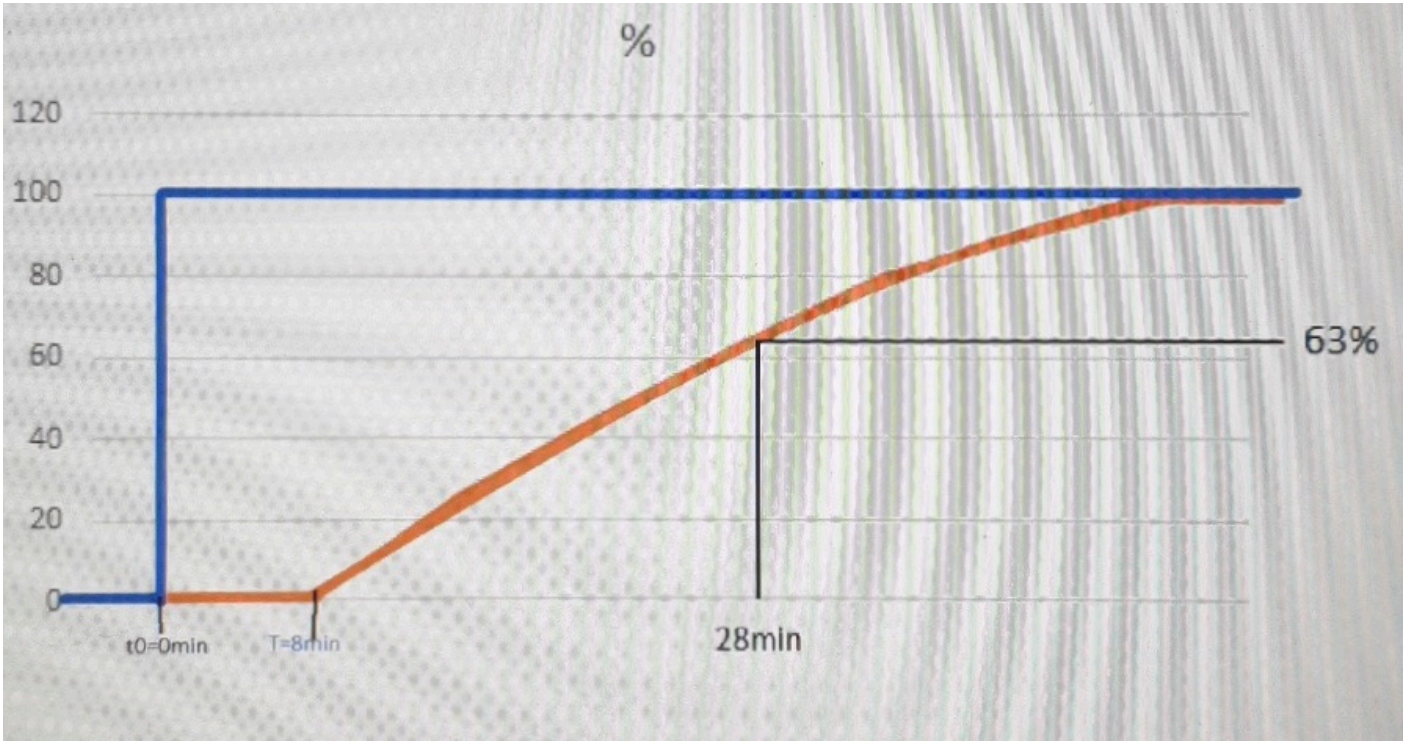
Comportement du procédé en boucle ouverte

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

Pour vérifier sur le procédé est naturellement stable, il faut que le régulateur soit en boucle ouverte soit en manuel et il faut que la variation finis de la mesure corresponde à la variation finis de la commande.

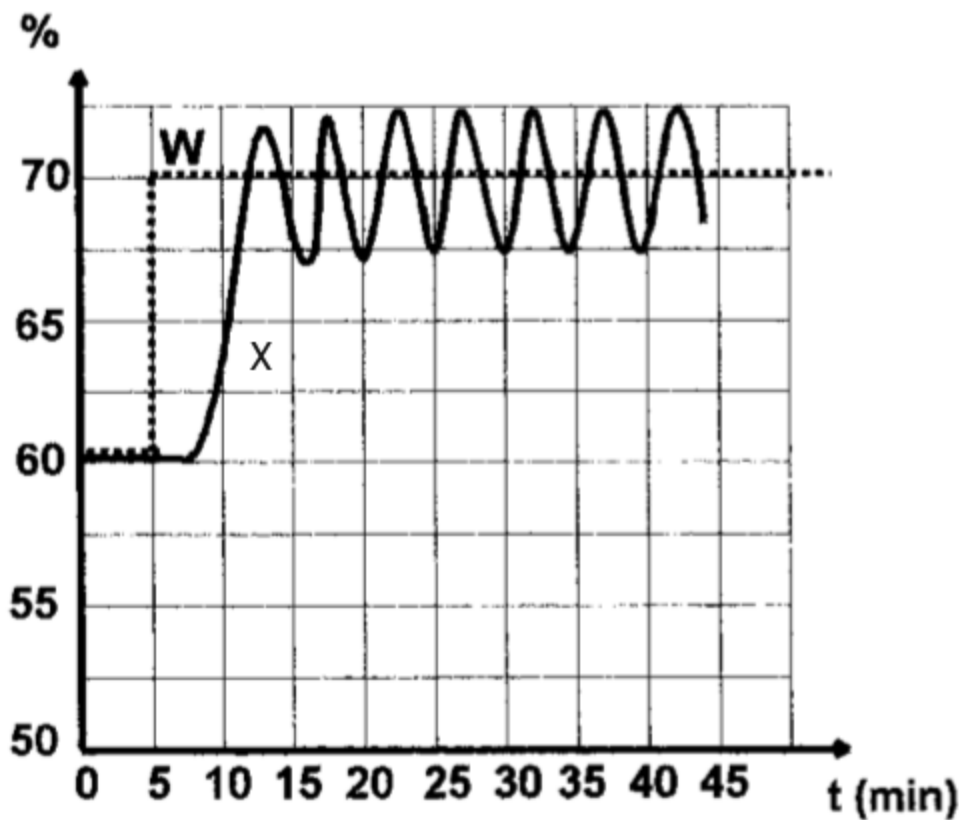
Après avoir effectué cet essai, on constate que $X=f(t)$ peut être approximé par la réponse à un échelon d'un système du premier ordre avec retard pur.

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. 1



Essais du système en boucle fermée

Essai n°1 :



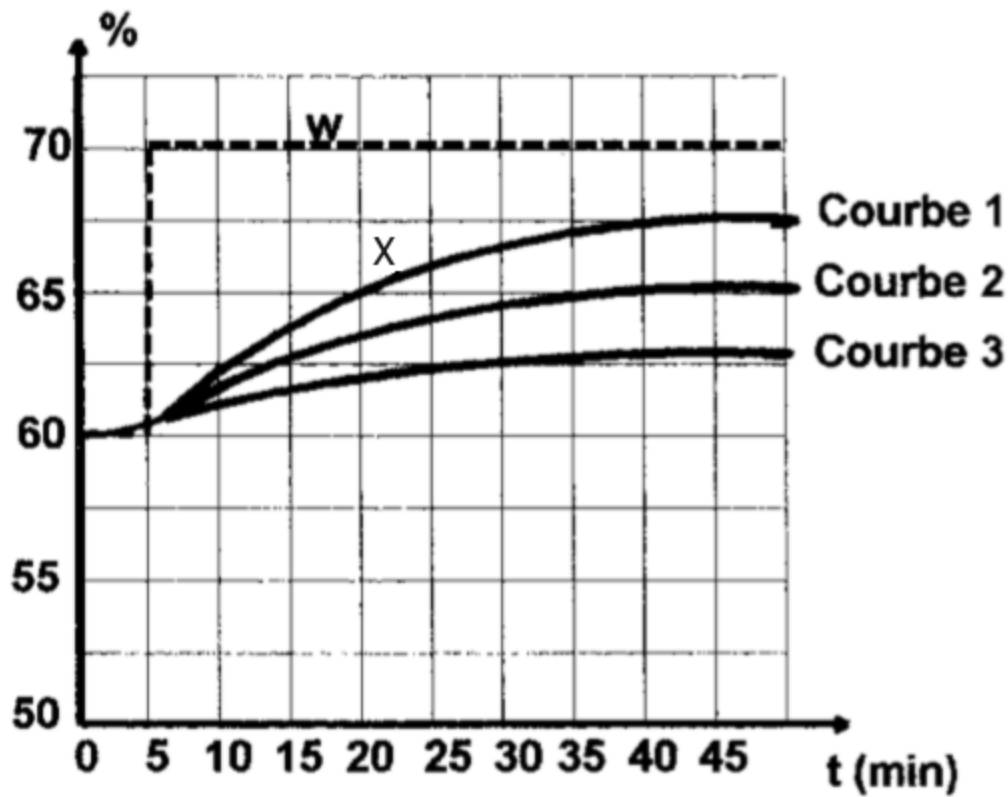
Q11: Faire l'analyse critique de ce résultat.

1

Procéder instable

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 :



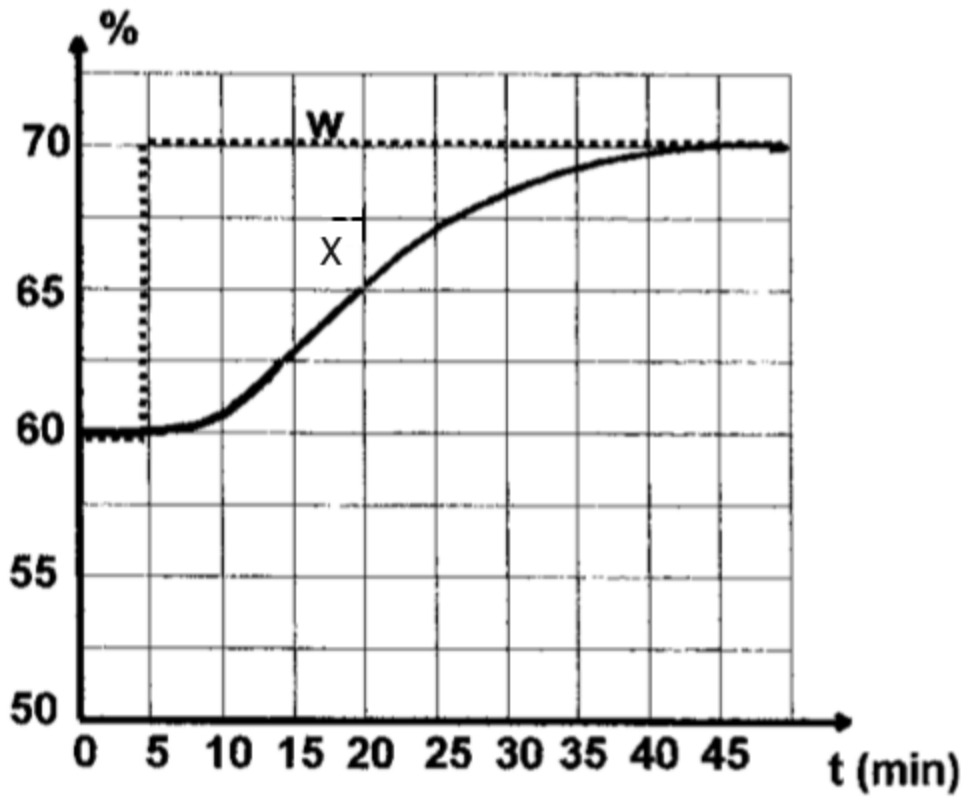
Q12 : Calculer les écarts statiques ϵ_1 pour la courbe 1, ϵ_2 pour la courbe 2 et ϵ_3 pour la courbe 3. 1

$\epsilon_1 = 2,5\%$; $\epsilon_2 = 5\%$; $\epsilon_3 = 7\%$

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

Le gain baisse

Essai n°3 :



Q14: Calculer la valeur de l'écart statique entre la mesure et la consigne. 1

0%

Q15: Quelle est l'action qui a permis d'obtenir cette valeur ? 1

L'action intégrale

Q16 : Quel critère de performance d’une boucle de régulation, le paramètre τ_r définit-il ?	1
Le critère de performance est la bande proportionnelle au plus elle est petite	
Q17 : Que provoquerait une augmentation excessive de l’action intégrale (T_i trop petit) ?	1
T_i trop petit provoque un dépassement de la consigne par la mesure	
Q18 : Quel compromis doit on obligatoirement faire pour le réglage de cette boucle ?	1
Entre le gain en puissance et aussi de la puissance à la boucle	

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

La régulation de la matière première

Q20 : Déterminer le débit libre et le débit asservi. 1

Le débit est libre et le débit de principe actif car sa vanne est manuelle

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

Relais de calcul qui permet d’optimiser le débit de principe actif avec le débit de Q_{s1}

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

