

# TD4 - Vogel

		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	B				0,375
3	En excluant les capteurs de pression, citer deux autres principes de mesure de niveau.	0,5	A				0,5
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	B				0,75
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	A				1
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	A				1
11	Faire l'analyse critique de ce résultat.	1	A				1
12	Calculer les écarts statiques $\epsilon_1$ pour la courbe 1, $\epsilon_2$ pour la courbe 2 et $\epsilon_3$ 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 tr définit-il ?	1	A				1
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	A				1
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	A				1
22	Faire apparaître ci-dessous la mesure X3, la consigne W3 et la sortie Yr3 du régulateur FIC3.	0,5	A				0,5

ote : 18,425/20

# TD4 Vogel

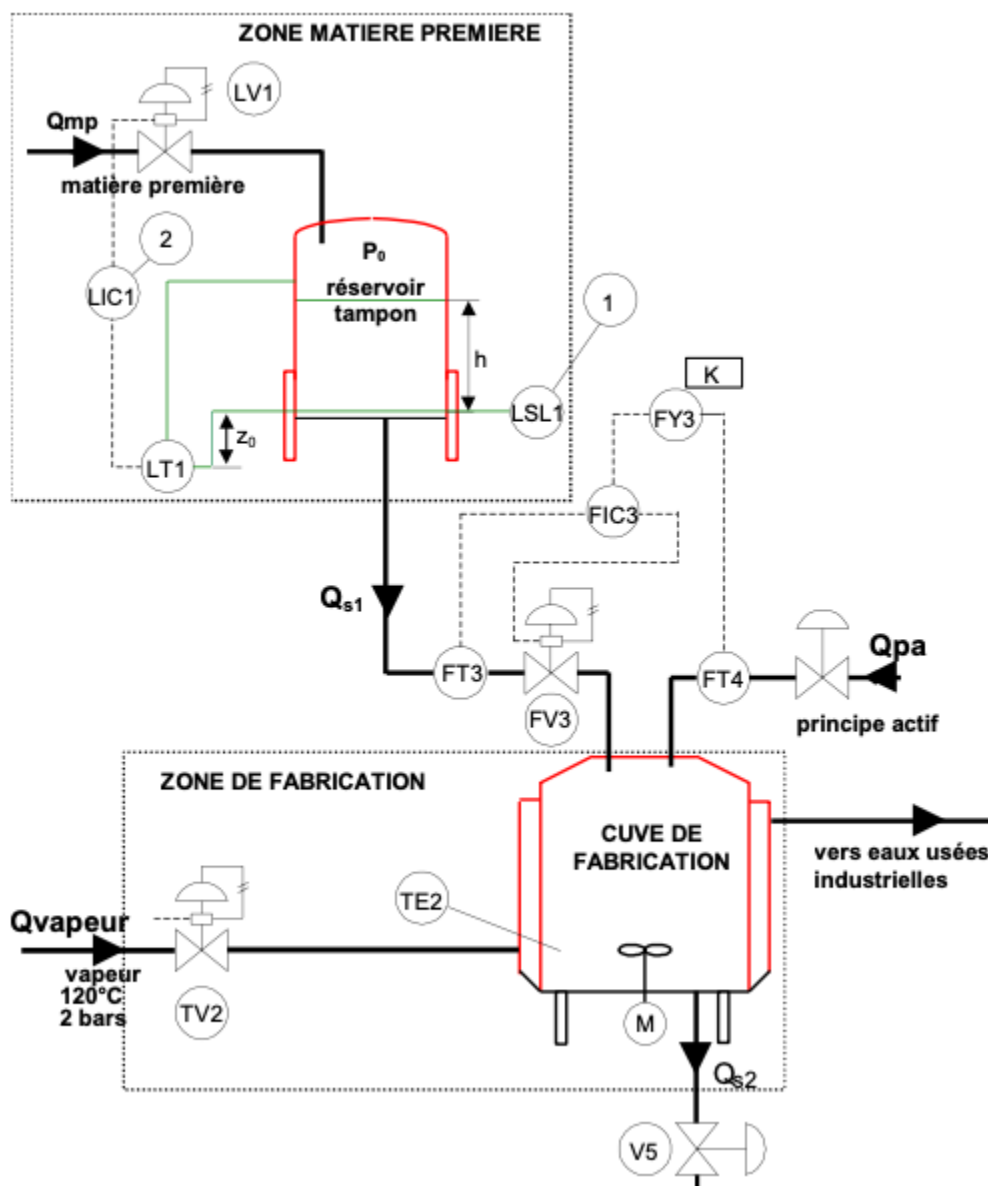
Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q10 Q11 Q12 Q13 Q14 Q15 Q16 Q17 Q18 Q19 Q20 Q21 Q22

## 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  $120^{\circ}\text{C}$  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

pression différentielle vu qu'on a les valeurs des 2 pressions donc on peut appliquer la formule :  $P_2 = P_1 + \rho h \cdot g$

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

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

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

le capteur à ultrason et flotteur

**Régulation de niveau dans le réservoir tampon**

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

grandeur réglée : h  
grandeur réglante : Qmp  
grandeur perturbatrice : Qs1

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

1 : Commutateur de niveau 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 on augmente la commande du LIC la vanne NF s'ouvre donc le niveau dans la cuve augmente donc la mesure du LT augmente donc le procédé est direct et il faut régler le régulateur avec une action inerse

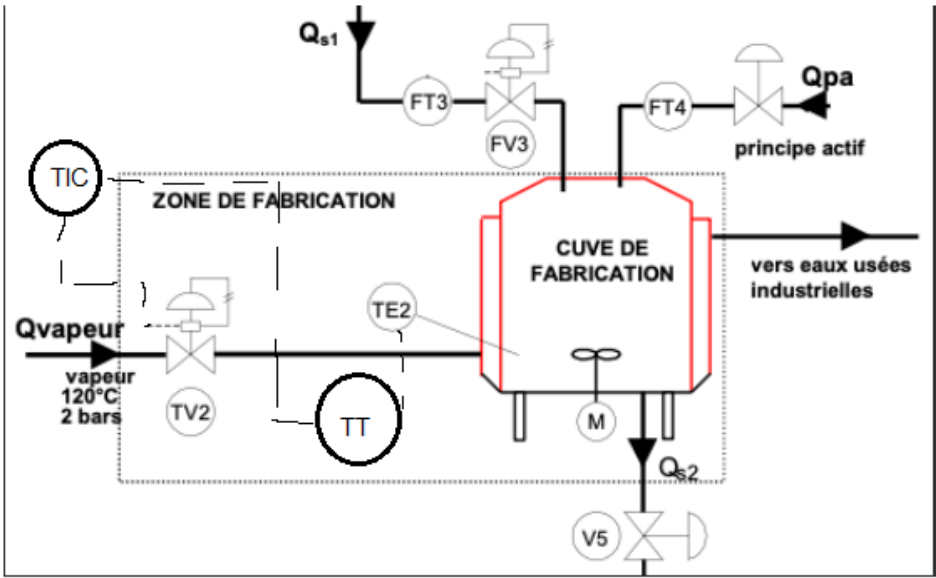
**Régulation de température de la cuve à double enveloppe**

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



**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.

Diagram illustrating a 220 V three-phase system configuration with four transformers: TE2, TT2, TIC2, and TIR2. The system is connected to a 220 V source. The transformers are connected as follows:

- TE2 is connected to TT2.
- TT2 has terminals X and Yr.
- TIC2 has terminals X and Yr.
- TIR2 has terminals X and Yr.
- TV2 is connected to TIR2.

The diagram shows two paths for the system:

- voie 1** (black line): Connects the top terminal of TT2 to the top terminal of TIR2.
- voie 2** (blue line): Connects the bottom terminal of TT2 to the bottom terminal of TIR2.

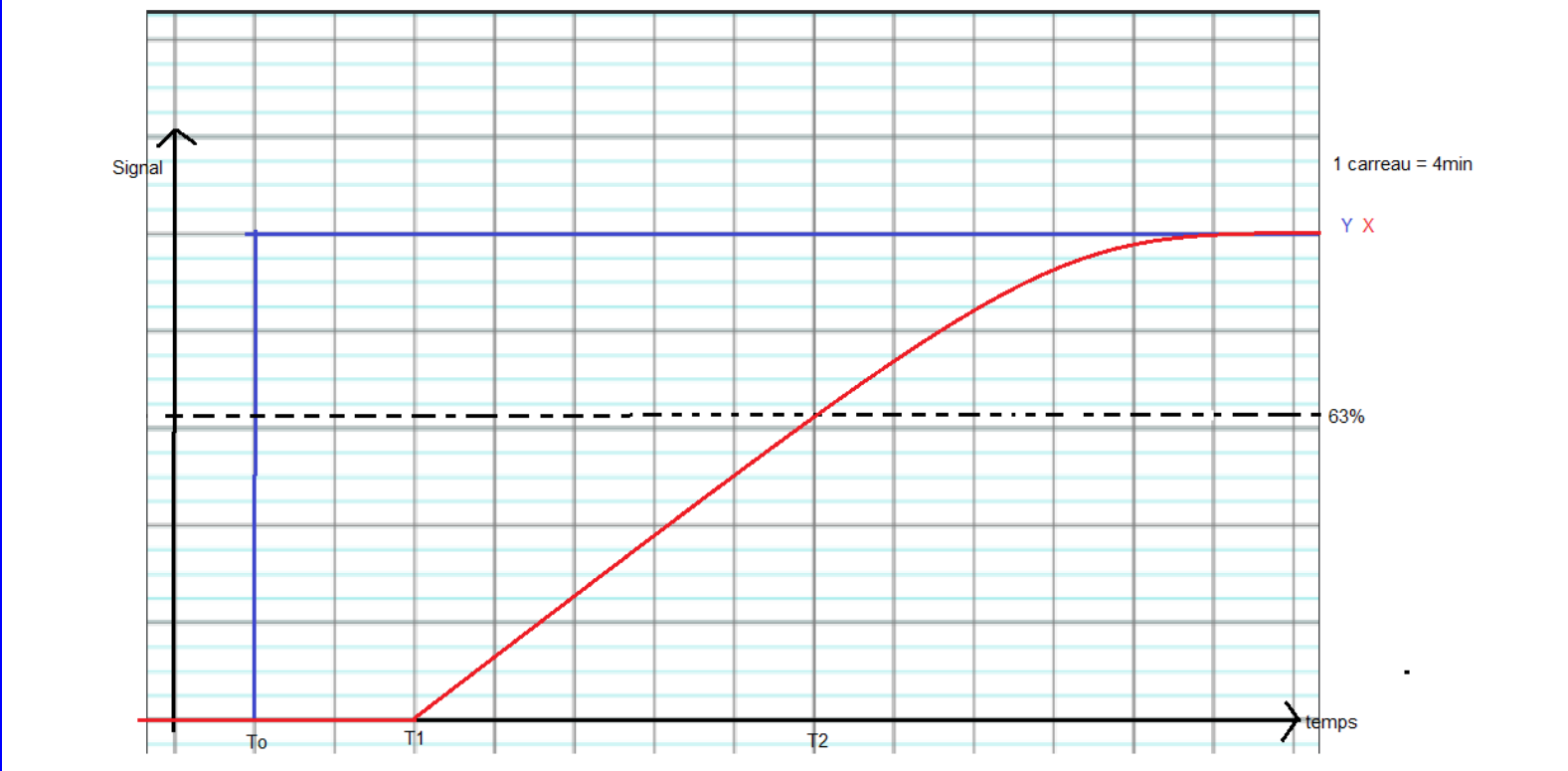
Comportement du procédé en boucle ouverte

**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

Le régulateur doit être en manuel. On augmente la commande du LIC et on observe la courbe de la mesure et si on a une variation finie de la mesure le système est stable sinon il est instable

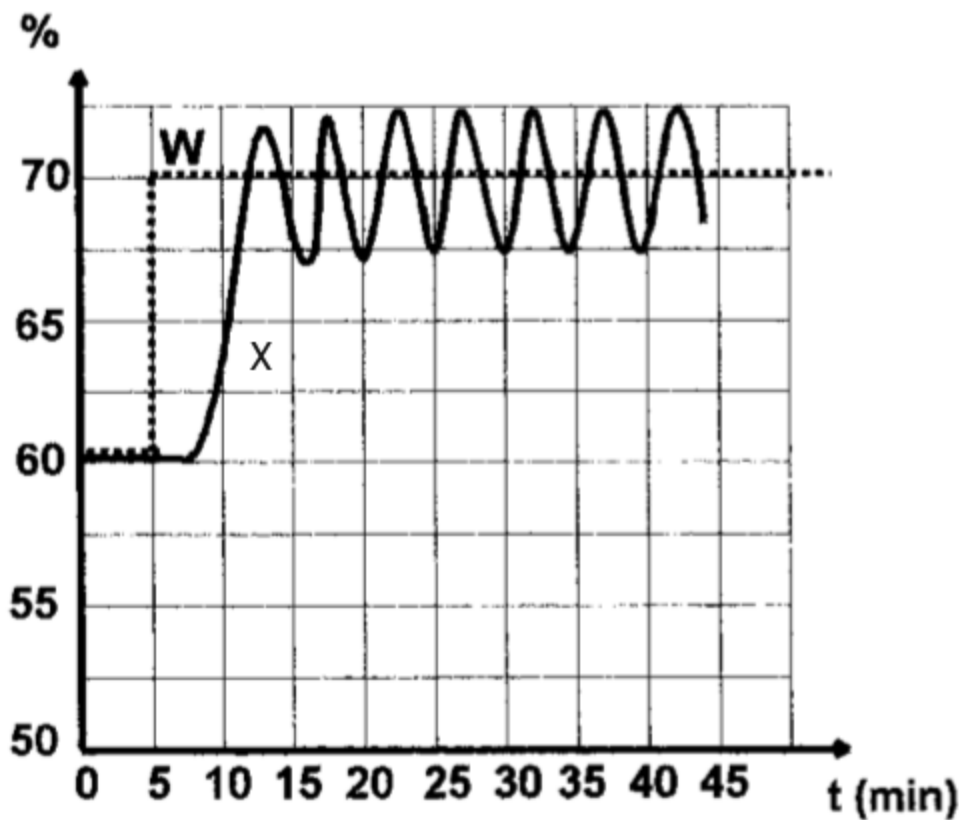
Après avoir effectué cet essai, on constate que  $X=f(t)$  peut être approximé par la réponse à un échelon d'un système du premier ordre avec retard pur.

**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.

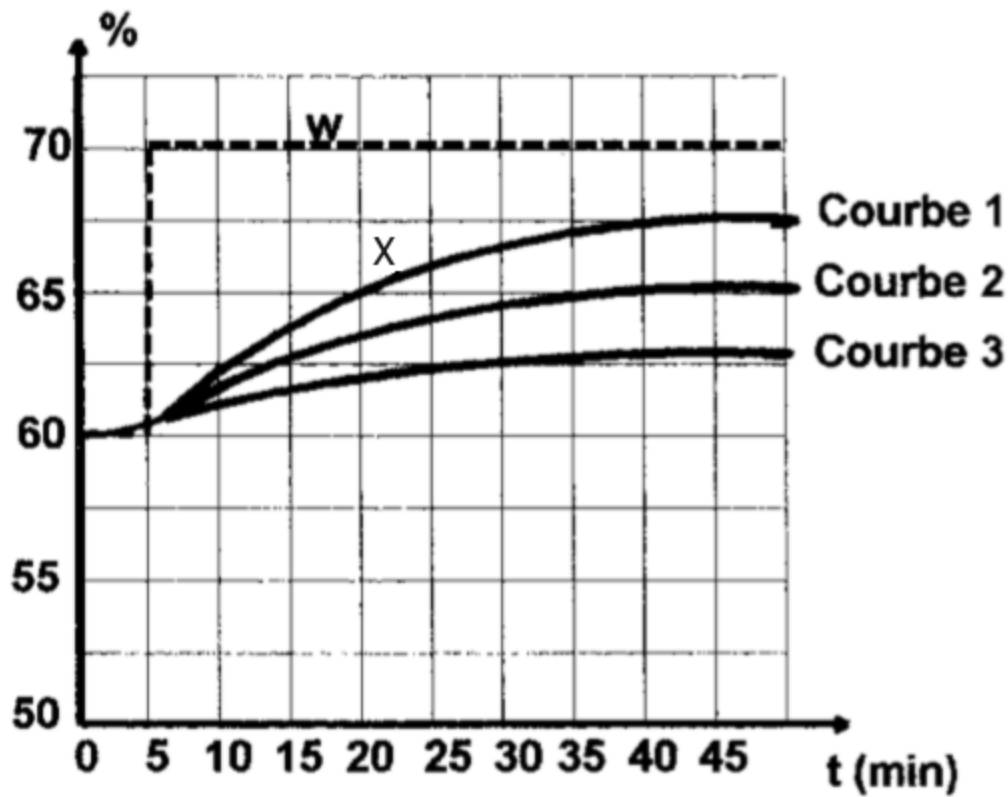
1

le système est 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 :



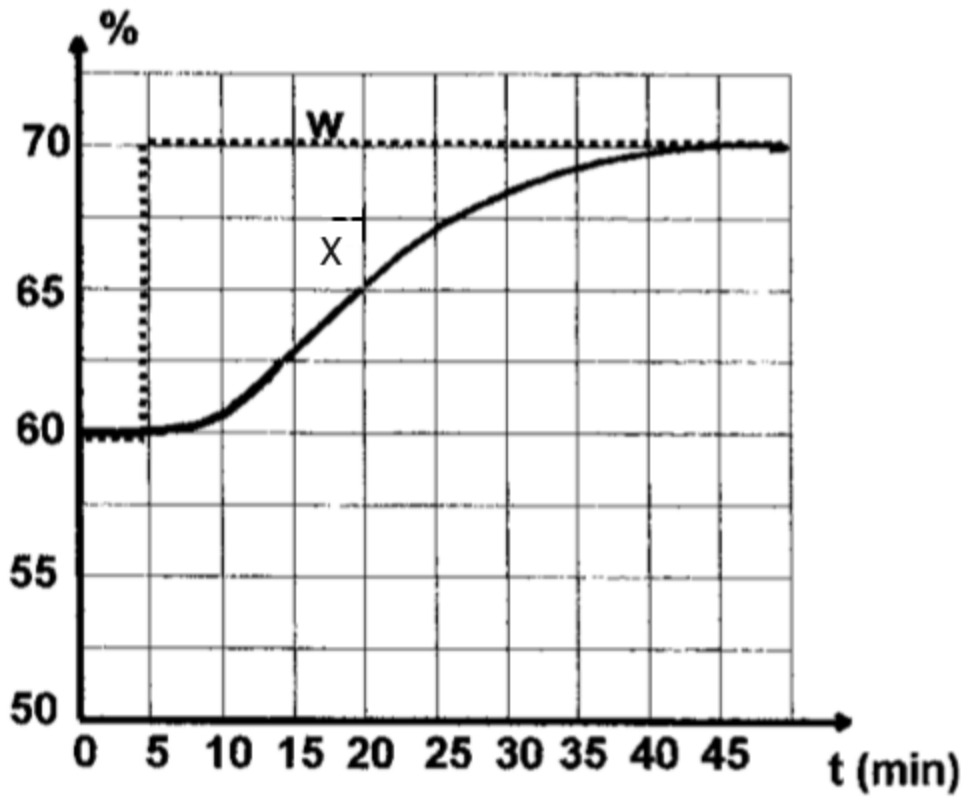
**Q12 :** Calculer les écarts statiques  $\varepsilon_1$  pour la courbe 1,  $\varepsilon_2$  pour la courbe 2 et  $\varepsilon_3$  pour la courbe 3. 1

$\varepsilon_1 = 2,5\%$  ;  $\varepsilon_2 = 5\%$  ;  $\varepsilon_3 = 7,5\%$

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

A a diminué entre la courbe 1, 2 et 3

*Essai n°3 :*



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

1

écart statique = 0%

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

1

c'est l'action intégrale qui a permis d'obtenir cette valeur

<b>Q16 :</b> Quel critère de performance d’une boucle de régulation, le paramètre tr définit-il ?	1
Tr définit la rapidité	
<b>Q17 :</b> Que provoquerait une augmentation excessive de l’action intégrale (Ti trop petit) ?	1
il y aura un dépassement	
<b>Q18 :</b> Quel compromis doit on obligatoirement faire pour le réglage de cette boucle ?	1
il faut augmenter Td	

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 maître-esclave

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

libre :  $Q_{pa}$  et asservi :  $Q_{s1}$

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

c'est un relai de calcul qui sert à faire  $K.Q_{pa}$

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

