

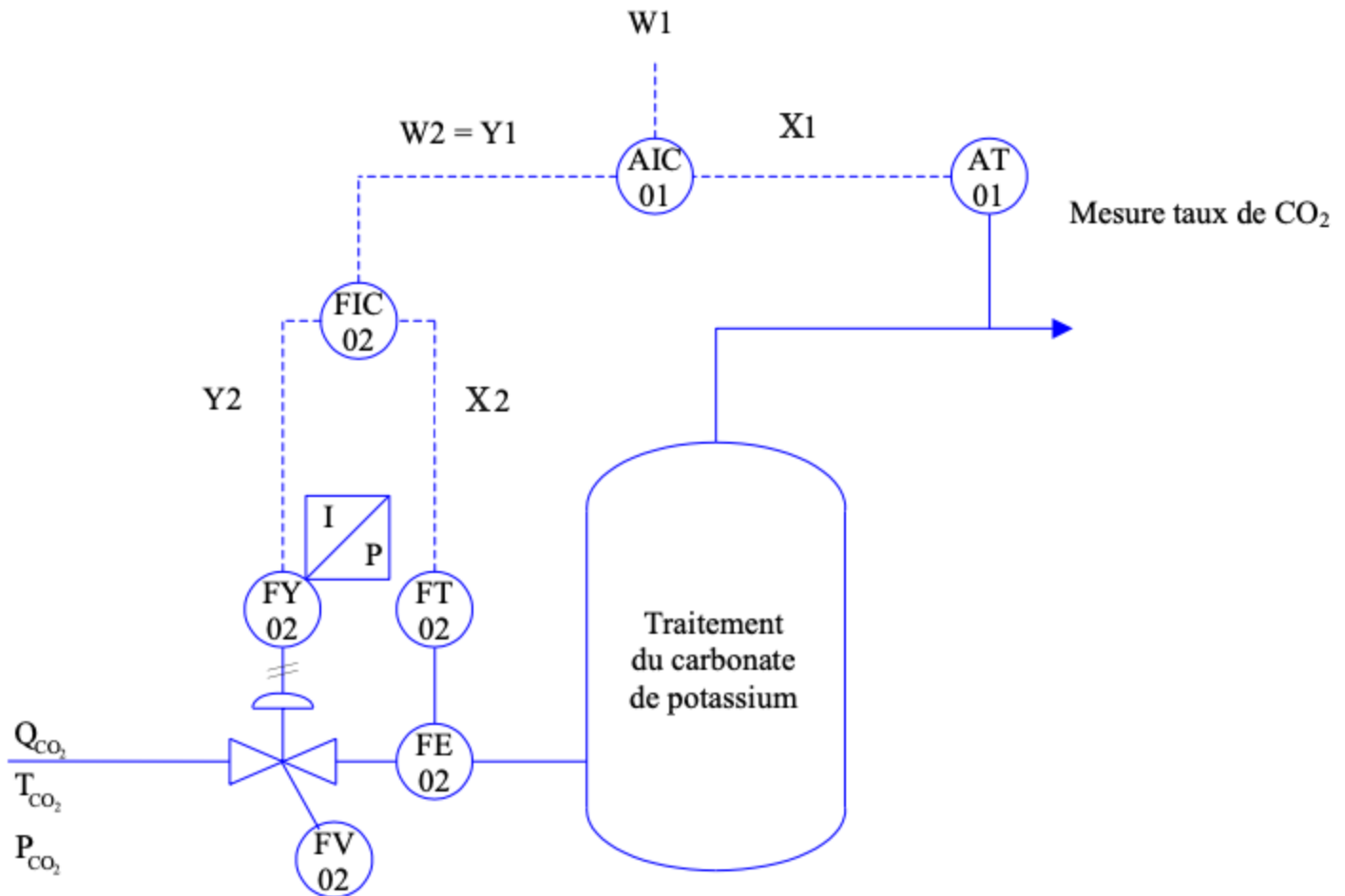
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
A	D	B	B	D	A	D	A	A	C	C	X	C	C	A	A	A	A

Purification de carbonate de potassium

Le carbonate de potassium est un des composants utilisés dans la fabrication du verre. Au cours de sa fabrication, on introduit de l'amine, qui doit ensuite être éliminée.

Pour cela on fait réagir sous pression atmosphérique le mélange de carbonate de potassium et d'amine avec de l'eau (H_2O) et du gaz carbonique (CO_2). La réaction chimique ainsi obtenue permet à l'amine de se dissoudre dans l'eau. Si la réaction est incomplète, tout le CO_2 est consommé. Il faut donc toujours avoir un excédent de CO_2 à la sortie du procédé pour s'assurer de l'élimination complète de l'amine.

Le débit de CO_2 à l'entrée du procédé est donc régulé en fonction de la mesure du taux de CO_2 à la sortie. Le schéma du procédé est le suivant :



T_{CO_2} désigne la température du CO_2 en entrée du procédé.

P_{CO_2} désigne la pression du CO_2 en entrée du procédé.

Analyse fonctionnelle

Le procédé est composé de deux boucles repérées par les indices 01 et 02.
La boucle 01 est une régulation de taux de CO₂. Les appareils AT01 et AIC01 sont respectivement un analyseur/transmetteur de taux de CO₂ et un régulateur/indicateur de taux de CO₂.

Q1: Nommer les éléments de la boucle repérée 02. 1 A

FIC: régulateur indicateur de débit
FY: convertisseur I/P électrique en pneumatique
FV: vanne de débit
FE: sonde de débit de CO₂
FT: transmetteur du capteur au régulateur

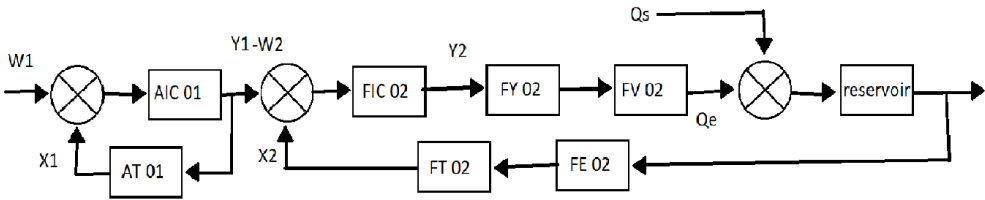
Q2: Quelles sont les grandeurs réglante(s), réglée(s) et perturbatrice(s) de la boucle 02 ? 1 D

grandeur réglante: débit de CO₂
grandeur réglée: débit de CO₂
grandeur perturbatrice: le débit de CO₂ à l'entré de la régulation

Q3: Quelles sont les grandeurs réglante(s), réglée(s) et perturbatrice(s) de la boucle 01 ? 1 B

grandeur réglante: le taux de CO₂
grandeur réglée: la régulation de débit de CO₂
grandeur perturbatrice: le débit de CO₂ de la boucle 02

Q4: Proposer un schéma fonctionnel des deux boucles. 1 B



Mesure de débit

La mesure de débit de CO₂ est une mesure de débit massique, c'est à dire qu'on mesure le débit volumique et la masse volumique du CO₂ (le produit des deux donnant le débit massique). La masse volumique est obtenue par une mesure de la température et de la pression du CO₂ (lois des gaz).

Q5: Proposer un moyen de mesurer la température (-10°C à +80°C). 1 

par calcul grâce à la loi des gaz parfait $T = (P \cdot V) / (n \cdot R) - 273,15$

Q6: Le transmetteur de température à une sortie 4-20 mA. Quelle est la valeur du courant pour une mesure de 50°C ? 1 

pour une température de 50°C on aura un signal de 14,66 mA

Q7: Proposer un moyen de mesurer la pression (0 à 4 bar) en expliquant le principe physique utilisé. 1 

par calcul grâce à la loi des gaz parfait $((n \cdot R \cdot T) / V) \cdot 10$ puissance 5.

Régulation de débit

Q8 : En cas de problème, on doit envoyer le CO₂ en excès pour être certain de dissoudre toute l'amine. En déduire le sens d'action de la vanne FVo2 (FMA ou OMA) 1 A

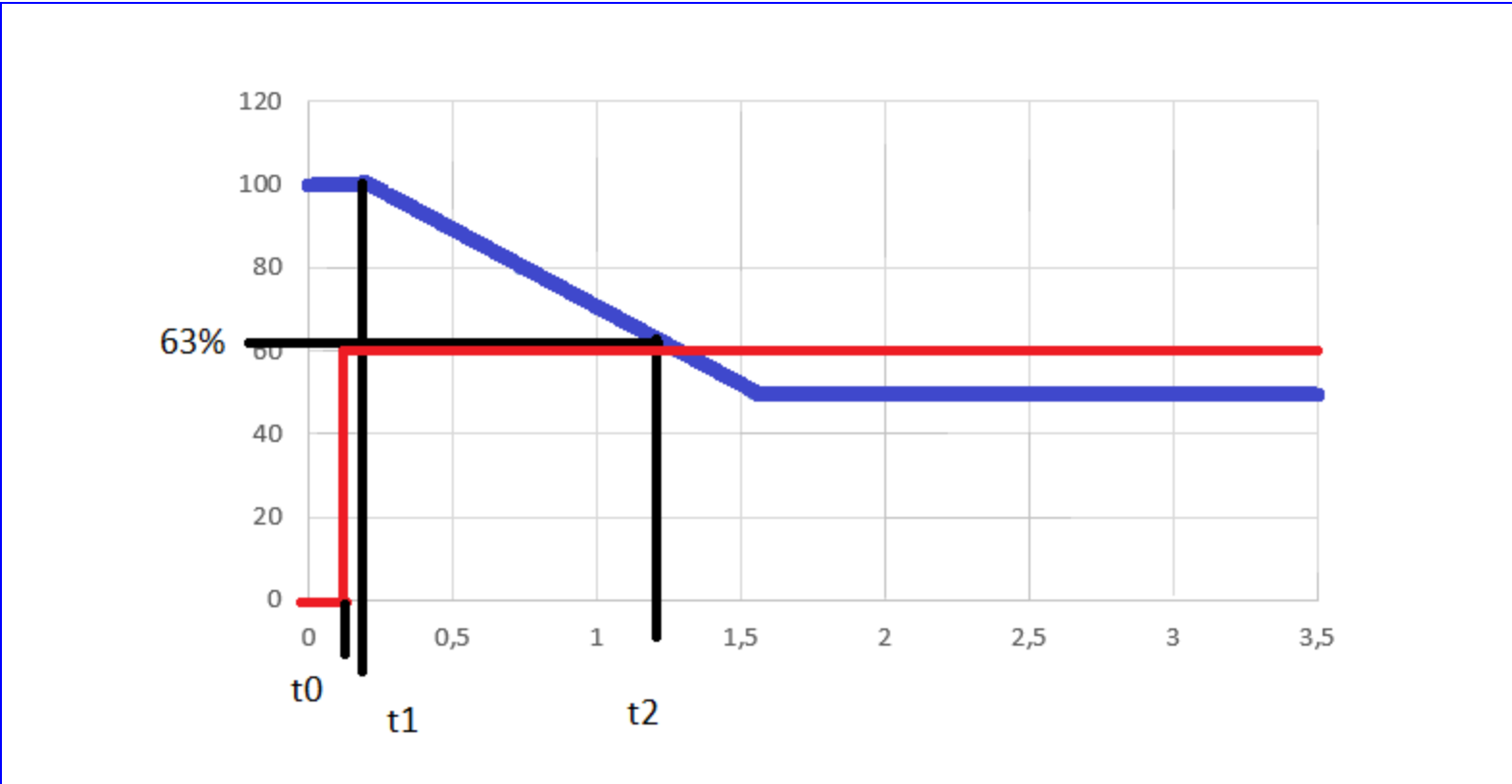
en cas de problème la vanne doit être OMA.

Q9 : Quel doit être le sens d'action du régulateur de la branche o2 ? (Justifier la réponse). 1 A

le procédé à un sens d'action inverse donc le régulateur à un sens d'action direct

On isole le régulateur FICo2. Initialement Y2 = 50 % et X2 = W2 = 40 %. On lui applique un échelon sur l'entrée mesure de +10 % à l'instant t = 0. La structure du régulateur est PI série. Les paramètres sont les suivants : Xp = 50 % ; Ti = 1 min.

Q10 : Tracer X2(t) et Y2(t), en tenant compte du sens d'action retenu question Q9. 2 C



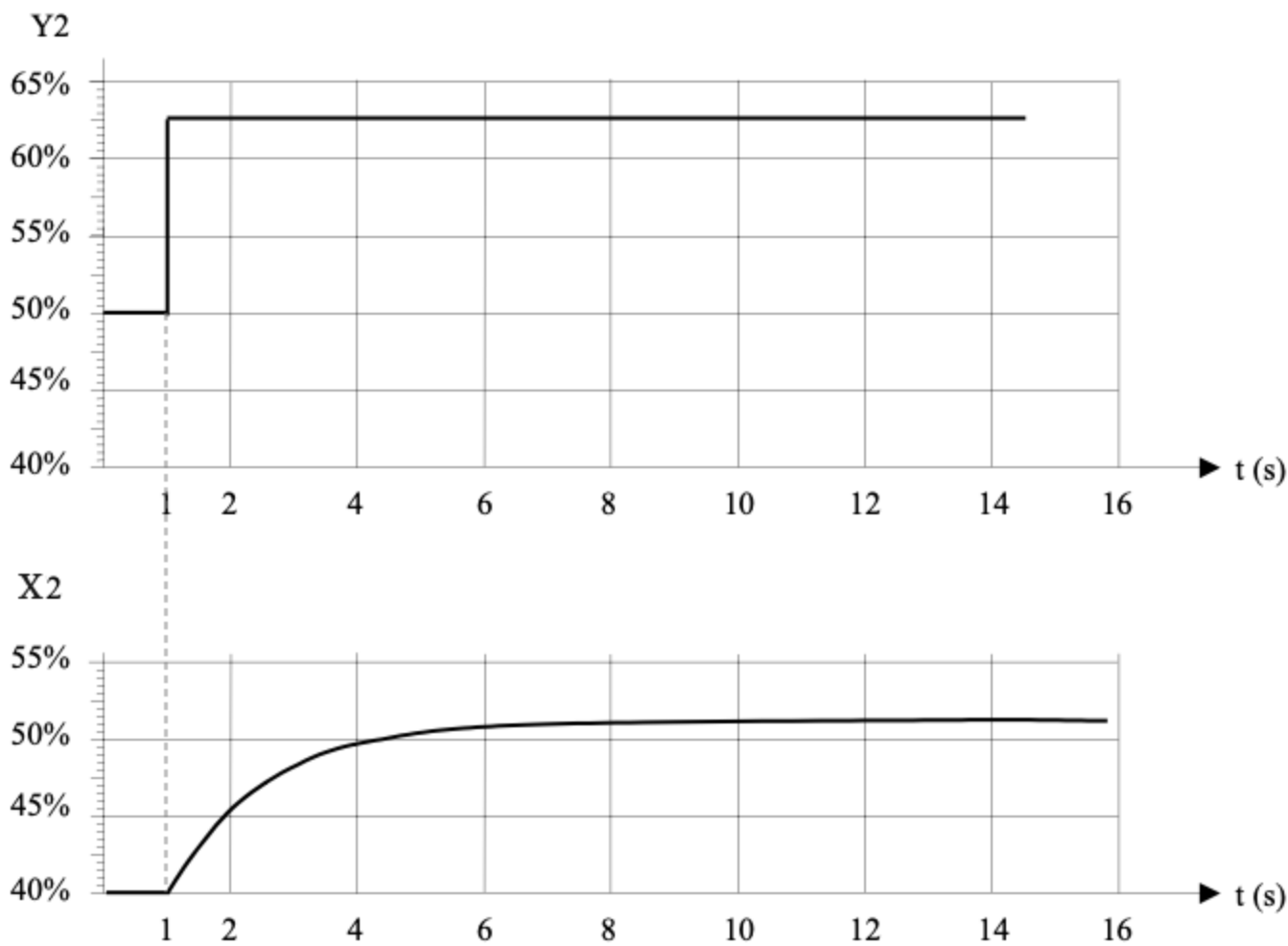
On réalise un essai en boucle ouverte pour modéliser le procédé. On applique un échelon de 12,5 % sur la sortie du régulateur. (voir Q12)
On cherche un modèle de la forme :

$$H(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$$

Q11 : Déterminer la valeur de K et celle de τ en vous aidant de la courbe obtenue. 1

K= 5/6 t = t2 = 1,2 min

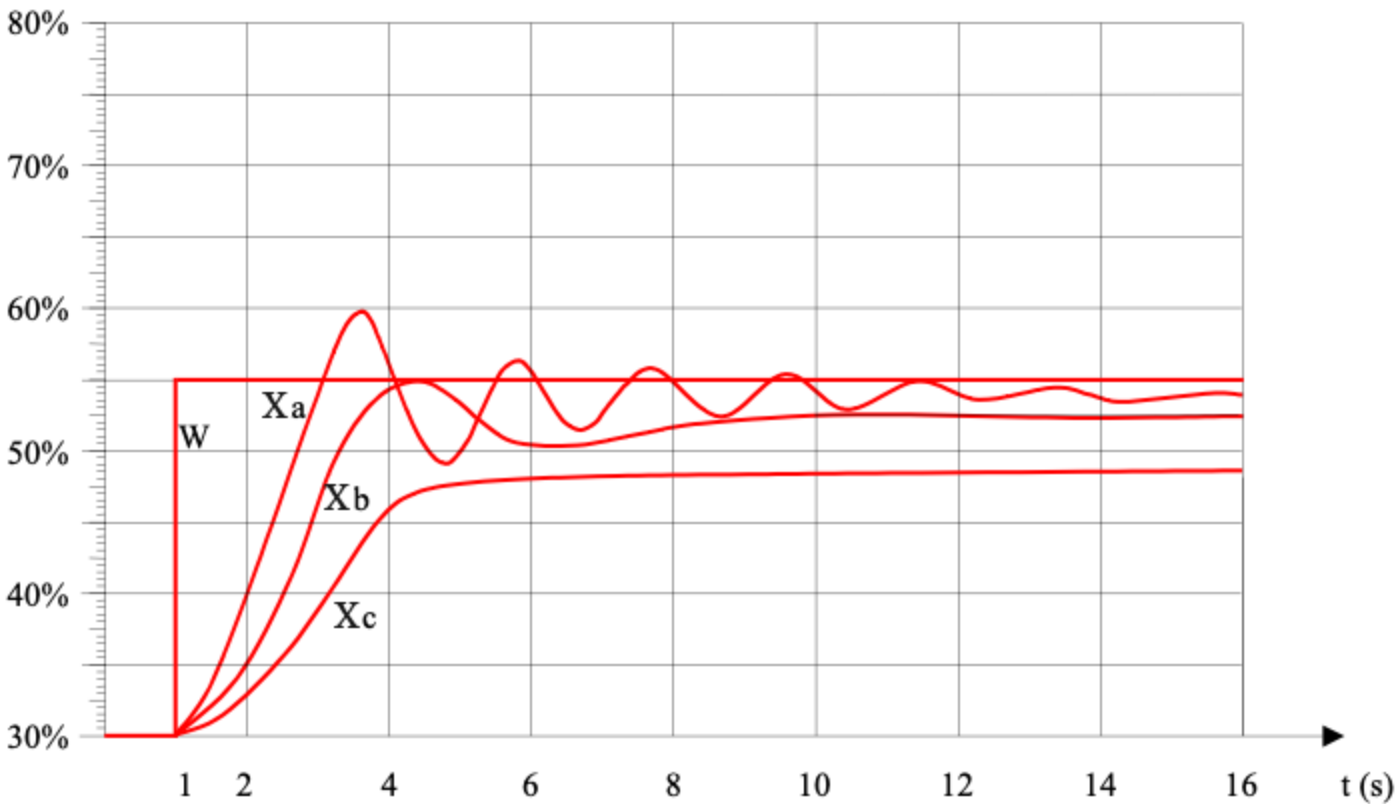
Q12 : Faire apparaître les constructions sur le graphique.



Le régulateur est placé en fonctionnement automatique, sans action intégrale ni dérivée.
 On réalise trois essais successifs du régulateur en mode automatique. Dans chaque essai on applique un échelon de consigne de 25% :

- Essai 1 : $X_p = 30\%$;
- Essai 2 : $X_p = 50\%$;
- Essai 3 : $X_p = 70\%$.

Les courbes correspondantes à chacun de ces essais sont données ci-dessous :



Q13 : Associer chacune des mesures Xa, Xb, Xc à chacun des essais (1, 2 ou 3). Justifier la réponse. 1

pour Xa le X_p est trop grand car on a un dépassement avec trop de variation
 pour Xb le X_p est correct car on a pas de dépassement et la mesure est proche de la consigne
 pour Xc le X_p est trop grand donc pas bon car la mesure est trop éloigné de la consigne

Q14 : Déterminer la valeur du premier dépassement de la mesure Xb. 1

il y a un dépassement très faible car Xb est sur la droite de la consigne elle doit être de 0.2%

Q15 : Calculer l'écart statique sur la courbe Xb. 1

$W-Xb= 55-52.5= 2.5\%$

Q16 : Quelle réponse vous paraît la plus convenable ? Justifier. 1

la réponse de Xb me paraît la plus convenable car il a un dépassement négligeable et il a un écart statique très faible comparé a Xc

Q17 : Proposer un réglage du régulateur PID mixte qui annule l'erreur statique. 2

$A= 2,278 \%$ $T_i= 2,605 \text{ s}$ $T_d= 0,339 \text{ s}$

Q18 : Donner la fonction de transfert C(p) du correcteur que vous proposez à la question Q17. 1

$C(p)=A*((1+T_i*p+T_i*T_d*p^2)/T_i*p)$