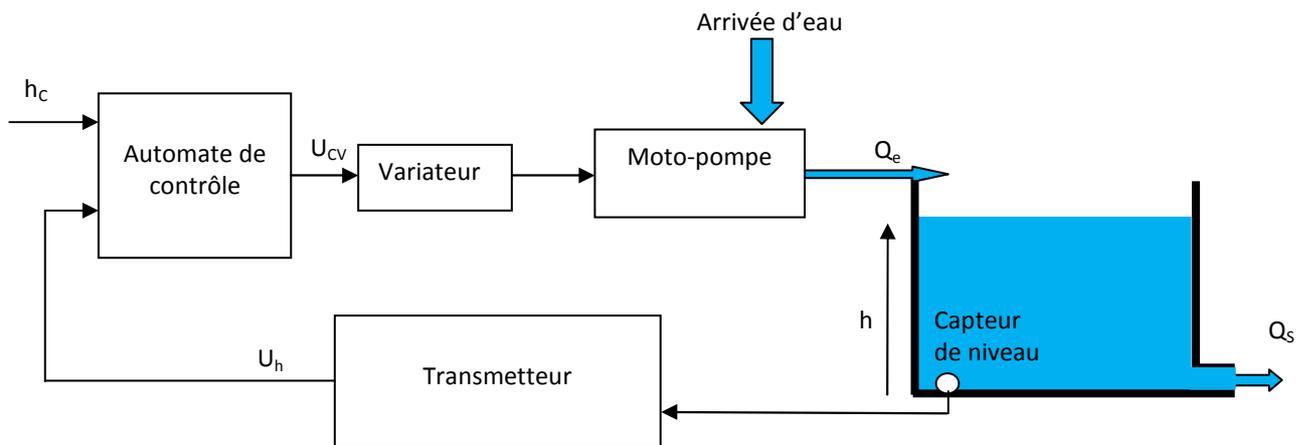


Evaluation :
Régulation de niveau

Consignes : les documents ressources peuvent servir de réponse si vous jugez utiles pour montrer la construction de vos points de lecture.

Au sein de la station de traitement des eaux, il s'agit de réguler le niveau d'eau dans le clarificateur en fonction du débit de sortie qui est la perturbation.

L'action sur le débit d'entrée permet de contrer la perturbation. L'architecture fonctionnelle implantée est consignée ci-dessous :



Identification du groupe variateur + moto-pompe en boucle ouverte

- Q1.** On a consigné la réponse du groupe variateur+ moto-pompe en fonction de la grandeur réglante dont le standard est 0-10 V. Préciser le type d'excitation utilisé lors de cet essai d'identification.
- Q2.** Préciser l'ordre du système. Justifier votre réponse.
- Q3.** Donner la constante de temps du système, le gain statique ainsi que le coefficient d'amplification statique. Quel sera le temps de réponse de ce système à 5 % ?

Régulation de niveau dans le réservoir

Pour des raisons de durée de simulation raisonnables, les données de l'exercice sont adaptées. Cependant le principe de la régulation proposé est transférable pour d'autres dimensions et données.

Le réservoir a une section S_R de 10 m^2 la hauteur maximale H_{\max} est de 10 mètres.

Sens d'action du régulateur :

On appelle M la mesure de niveau C la consigne de niveau et Y_R la grandeur réglante.

- Q4.** Associer les grandeurs images à M, C et Y_R .
- Q5.** Lorsque le débit augmente comment varie le niveau, en déduire le sens de variation (direct ou inverse) du procédé.
- Q6.** Lorsque niveau augmente comment doit varier le débit, en déduire le sens direct ou inverse du régulateur.

Modélisation en régime dynamique de la cuve :

- Q7.** Pendant un petit intervalle de temps noté dt, le niveau a varié d'une hauteur notée dh. Quel est le volume d'eau dV correspondant à la variation de niveau dh ?
- Q8.** Montrer que l'on peut exprimer $\frac{dh(t)}{dt}$ en fonction de Q_e , Q_s et S_R par la relation $\frac{dh(t)}{dt} S_R = Q_e - Q_s$.
- Q9.** Pour l'étude en régime dynamique, on applique la transformation de Laplace à l'équation trouvée à la question précédente. En déduire la relation entre $Q_e(p)$, $Q_s(p)$, $H(p)$ et S_R avec des conditions initiales nulles.

Le débit d'entrée est contrôlé grâce à une moto-pompe électrique. Le groupe moto-pompe est alimentée par un variateur de vitesse qui agit sur la fréquence des tensions d'alimentation du groupe moto-pompe.

Dans un souci de simplification, on admet que le débit de la pompe est proportionnel à la vitesse du moteur qui l'entraîne. On, peut écrire $Q_e = K_p \cdot N$, avec N exprimée en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

La vitesse est proportionnelle à la fréquence des tensions d'alimentation du moteur qui entraîne la pompe. On relève $N = 1445 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ pour une fréquence de $F_V = 50 \text{ Hz}$ On notera K_N le coefficient de proportionnalité. Pour une fréquence de 50 Hz on a un débit $Q_e = 0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Le variateur est commandé en tension au standard 0-10 V que l'on notera U_{CV} . Pour 10 V on a $F_V = 50 \text{ Hz}$. On peut écrire $F_V = K_F \cdot U_{CV}$

Etude de la chaîne de retour :

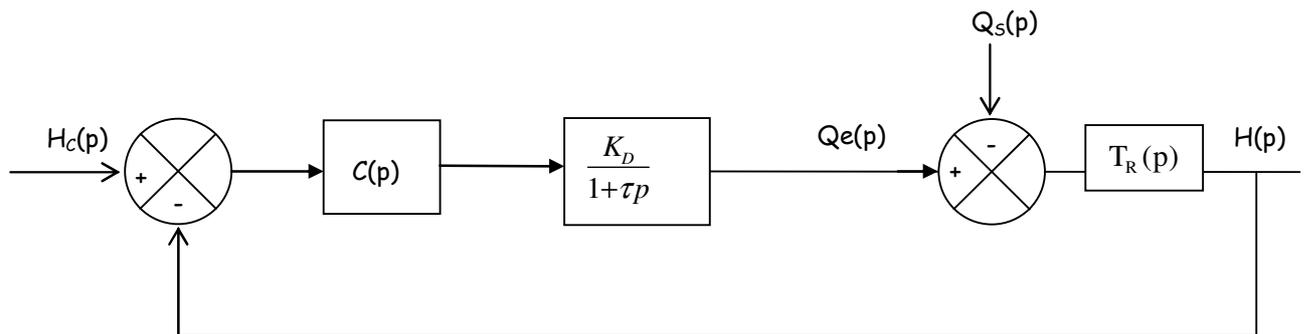
- Q10.** Le capteur de niveau délivre 0 volts pour $h = 0 \text{ m}$ et 10 Volts pour $h = 10 \text{ m}$. On peut écrire que $u_h = K_h \cdot h$. Exprimer puis calculer K_h . Préciser l'unité de K_h .

Etude de la chaîne directe :

Q11. Montrer que $Q_e = K_D \cdot U_{CV}$ on précisera K_D en fonction des différents coefficients de proportionnalité.

Pour la suite, bien que le régulateur implanté dans l'automate soit de type numérique, nous faisons une étude analogique linéaire équivalente. Avec ces hypothèses, le schéma fonctionnel de l'asservissement est le suivant :

$$T_1(p) = \frac{Q_e(p)}{U_{CV}(p)} = \frac{K_D}{1 + \tau p} \quad \text{avec } K_D = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \text{ et } \tau = 0,3 \text{ s.}$$



Q12. Exprimer $T_R(p)$.

Q13. En **régime statique**, quelle doit être la relation entre le débit de remplissage Q_e et le débit de vidange Q_s pour que le niveau reste constant ?

Q14. Par la méthode de votre choix montrer que :

$$H(p) = \frac{C(p) \cdot K_D}{S_R(1 + \tau p)p + C(p) \cdot K_D} H_c(p) - \frac{1 + \tau p}{S_R(1 + \tau p)p + C(p) \cdot K_D} Q_s(p)$$

Etude avec un correcteur proportionnel tel que $C(p) = A$ (une constante).

Q15. Comportement en asservissement, avec $Q_s(p) = 0$ et $H_c(p) = \frac{\Delta h}{p}$:

En utilisant le théorème de la valeur finale, calculer h en régime permanent, que dire de l'erreur dans ce cas.

Q16. Comportement en régulation : $h_c(p) = 0$ et $Q_s(p) = \frac{\Delta Q_s}{p}$ (échelon d'amplitude ΔQ_s).

Montrer que la variation en régime statique de la hauteur d'eau dans le réservoir est : $\Delta h = \frac{-\Delta Q_s}{A \cdot K_D}$.

Q17. On donne la réponse à un essai pour un échelon de consigne d'amplitude 8 m et pour une perturbation $Q_s(p)$ de type échelon d'amplitude. Que vaut alors Q_e si $\Delta Q_s = 0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$? On a en régime final (établi) une hauteur $h = 6,21$ mètres.

Commenter l'allure et les valeurs particulières des courbes. Donner l'erreur en présence de la perturbation. En déduire la valeur de A lors de cette simulation, puis conclure.

Q18. On place un correcteur proportionnel intégral (PI) tel que : $C(p) = A(1 + \frac{1}{\tau_i p})$

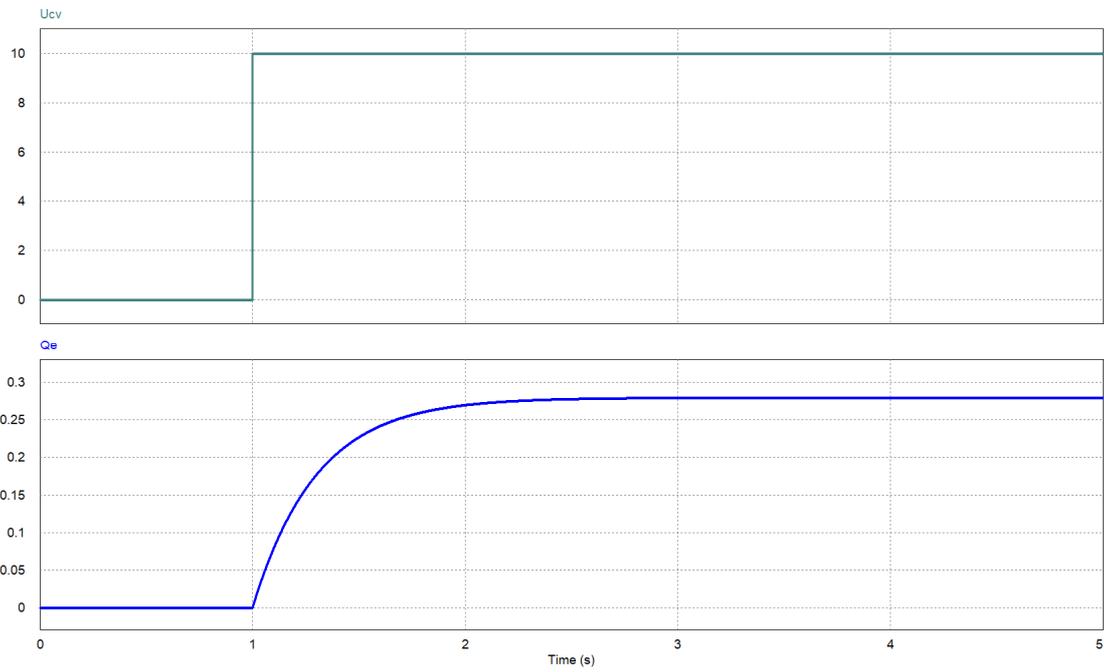
Montrer qu'en régulation et en régime permanent : $\Delta h = 0$, puis conclure sur la précision par rapport au correcteur proportionnel.

Conduite d'une simulation :

Q19. Conduire une simulation pour valider l'étude menée en boucle ouverte et en boucle fermée avec les différents types de correction et avec des valeurs différentes ? Analyser les performances obtenues en fonction des différents réglages.

Documents ressources 1

Identification du processus



Résultat pour un essai en boucle fermé avec un correcteur proportionnel :

