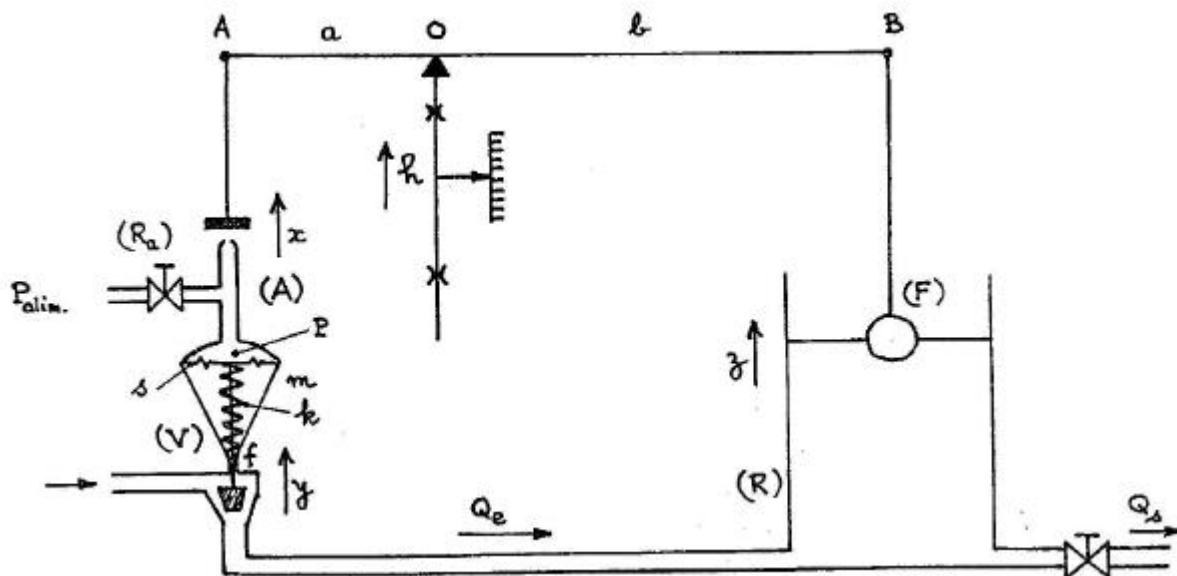


## TD14 - RÉGULATION D'UN NIVEAU DE LIQUIDE

*Thèmes abordés.* Mise en équation - Identification - Marge de phase - Précision - Perturbations.

On désire étudier le dispositif suivant destiné à maintenir constant le niveau de liquide dans un réservoir.



Les conditions de fonctionnement du système (petites variations autour d'un point de repos) sont telles que l'on pourra admettre que ses différents éléments peuvent être représentés par des **modèles linéaires**.

L'alimentation du réservoir cylindrique (R) de section  $S_R$  (diamètre  $D_R$ ) se fait par l'intermédiaire d'une vanne (V) à commande pneumatique ; le débit volumique  $Q_e$  à la sortie de la vanne, débit d'entrée du réservoir, est proportionnel (coefficient  $a$ ) à la position  $y$  de l'ensemble tige-clapet.

On désigne respectivement par  $k$  la raideur du ressort,  $f$  le coefficient de frottement visqueux de la tige sur le presse-étoupe,  $m$  la masse de l'équipage mobile et  $S$  la surface de la membrane.

La pression  $P$  de commande de la vanne, délivrée par un amplificateur buse-palette (A), est proportionnelle à la position  $x$  de la palette par rapport à la buse :  $P = -A.x$ , cette variation de position étant comptée positivement vers le haut comme toutes les autres.

On suppose qu'en l'absence de perturbations sur le débit de sortie du réservoir, ce débit volumique  $Q_s$  s'établit de telle sorte qu'il est proportionnel à la hauteur d'eau  $z$  dans les conditions de fonctionnement :  $Q_s = I.z$ .

Un levier AOB, supposé sans inertie, dont les deux bras OA et OB ont pour longueurs respectives  $a$  et  $b$ , relie la palette de l'amplificateur à un flotteur (F) repérant le niveau  $z$  dans le réservoir. L'affichage  $h$  du niveau désiré dans le réservoir se fait au moyen d'un index qui permet de faire varier la position verticale du point O.

## 1 Processus étudié - Principe de l'asservissement

- Repérer l'entrée de consigne, la sortie du système et les éventuelles entrées de perturbation.
- Expliquer rapidement le principe de l'asservissement.

## 2 Mise en équation.

### 2.1 Régime général.

Écrire les 6 relations du régime général liant les variables du problème (en particulier la relation liant  $x$ ,  $z$  et  $h$ ). La position du ressort non chargé au repos est donnée par  $y_0$ . On prendra comme notations  $Q_e$ ,  $Q_s$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $X$  et  $P$ .

### 2.2 Régime statique.

Écrire les relations précédentes en régime statique. On prendra comme notations  $Q_{e0}$ ,  $Q_{s0}$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ,  $X_0$  et  $P_0$ .

### 2.3 Régime dynamique.

Établir les relations du régime dynamique. On prendra comme notations  $q_e = Q_e - Q_{e0}$ ,  $q_s = Q_s - Q_{s0}$ ,  $y = Y - Y_0$ ,  $z = Z - Z_0$ ,  $x = X - X_0$  et  $p = P - P_0$ .

### 2.4 Système de Laplace.

Écrire les relations de la question 1.3 dans le « domaine de Laplace ».

## 3 Diagramme fonctionnel - Fonction de transfert.

### 3.1 Diagramme fonctionnel.

Établir le diagramme fonctionnel du système complet.

### 3.2 Fonction de transfert en boucle ouverte.

Établir l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte  $T(p)$ . Montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme canonique suivante :

$$T(p) = \frac{K_s}{\left[1 + \frac{2\mathbf{x}}{\mathbf{w}_n} p + \left(\frac{p}{\mathbf{w}_n}\right)^2\right] [1 + \mathbf{t}p]}$$

avec  $K_s = A.K$ . Donner l'expression littérale de  $K$ ,  $\mathbf{w}_n$ ,  $\mathbf{x}$  et  $\mathbf{t}$ .

### 3.3 Application numérique.

On donne :  $\lambda = 5,89.10^{-2} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  ;  $\alpha = 0,1178 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  ;  $S = 4 \text{ dm}^2$  ;  $k = 2 \text{ kg.s}^{-2}$  ;  $a = 1 \text{ m}$  ;  $b = 2 \text{ m}$ .

### 3.4 Identification.

On réalise une analyse harmonique expérimentale en boucle ouverte de façon à identifier la fonction de transfert  $T(p)$  et à en déduire les valeurs numériques des paramètres encore inconnus. Les résultats sont consignés sur les diagrammes de Bode (Module et Phase de  $T(p)$ ) fournis en annexe.

Ces résultats expérimentaux sont-ils en accord avec la forme de la fonction de transfert  $T(p)$  établie à la question 2.2 ?

En déduire les valeurs du diamètre du réservoir  $D_R$ , de la masse  $m$  de l'équipage mobile et du coefficient de frottement visqueux  $f$  de la tige de la vanne.

### 3.5 Marge de phase.

Par l'intermédiaire de la résistance pneumatique ( $R_a$ ), on règle le gain  $A$  de façon que la marge de phase soit de  $45^\circ$ . Donner la valeur numérique de  $A$  dans ces conditions en utilisant les diagrammes de Bode.

## 4 Système asservi - Caractéristiques en boucle fermée.

### 4.1 Caractéristiques du système en boucle fermée.

L'asservissement étant réglé avec  $A$  obtenu à la question 3.5., tracer le lieu de transfert en boucle ouverte dans le plan de Black à l'échelle de l'abaque de Nichols.

En déduire la pulsation de résonance du système en boucle fermée et le facteur de résonance correspondant.

### 4.2 Précision.

L'asservissement étant réglé avec  $A$  obtenu à la question 3.5., donner l'expression de l'erreur statique du 1<sup>er</sup> ordre du système.

## 5 Fonctionnement en régulation.

On considère à présent le fonctionnement du dispositif en régulateur de niveau vis-à-vis de perturbations du débit de sortie.

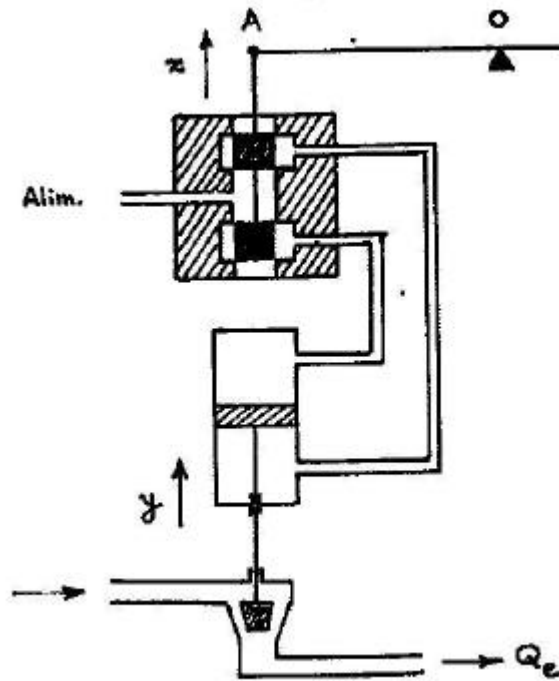
Modifier le diagramme fonctionnel afin de prendre en compte une telle perturbation  $\Delta Q_s$ .

Donner, en régime permanent, la variation de niveau  $\Delta Z$  qui résulte d'une perturbation en échelon d'amplitude  $\Delta Q_s$ .

Effectuer l'application numérique avec  $\Delta Q_s = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 6 Utilisation d'un vérin.

On modifie le dispositif en commandant la tige de la vanne par un vérin actionné par un distributeur schématisé ci-dessous.



On admettra que la vitesse de déplacement du piston solidaire de la tige et du clapet est proportionnelle au déplacement du tiroir du distributeur :  $\frac{dy}{dt} = k' \cdot x$ .

Donner l'expression de l'équation précédente dans le domaine de Laplace en considérant les variations de  $x$  et de  $y$  (régime dynamique).

Modifier le diagramme fonctionnel de la question 4. en conséquence.

Quel est l'avantage principal apporté par cette modification sur les performances du système (calculer l'erreur statique du 1<sup>er</sup> ordre du système vis-à-vis d'un échelon de consigne) ?