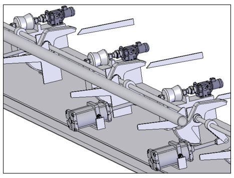
Colle 1



Banc d'épreuve hydraulique

Xavier Pessoles

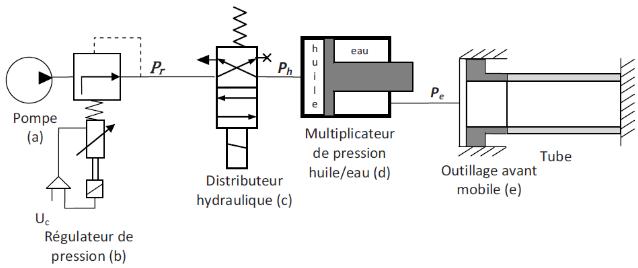
Savoirs et compétences :

Présentation

Vallourec & Mannesmann Tubes (V&M Tubes), entreprise du groupe Vallourec, est le leader mondial dans la production de tubes en acier sans soudure laminés à chaud. Afin de valider la caractéristique de tenue en pression des tubes, ceux-ci sont soumis à une pression hydraulique donnée durant un temps spécifié. Ces paramètres dépendent de la taille des tubes et de leur future utilisation.

Analyse de la fonction technique « mettre le tube sous pression ».

Un schéma hydraulique simplifié est donné figure suivante :



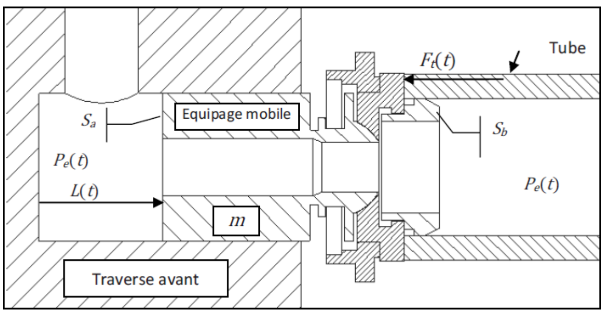
Mise en place du modèle

En appliquant le théorème de la résultante dynamique selon $\overrightarrow{z}$ sur le piston du multiplicateur, on a :

$$M\ddot{z}(t) = S_h p_h(t) - S_e p_e(t) - Mg - f\dot{z}(t).$$

Question 1 *Déduire de la relation précédente l'équation reliant $Z(p)$, $P_e(p)$, $P_h(p)$, et Poids$(p) = Mg/p$, transformées de Laplace de $z(t)$, $P_e(t)$, $P_h(t)$ et du poids perçu comme une perturbation. Les conditions initiales sont supposées nulles.*

Modélisation du chariot avant



On note :

- $L(t)$ la position de l'équipage mobile repérée par rapport à sa position initiale ;
- $V_t(t)$ le volume du tube ;
- $F_t(t)$ l'effort du tube sur l'équipage mobile, avec $F_t(t) = -rL(t)$.

On néglige les variations de volume du tube dues à ses déformations. L'équation du débit s'écrit alors :

$$Q_e(t) = (S_a - S_b).\frac{\mathrm{d}L(t)}{\mathrm{d}t} + \frac{V_t}{B_e}\frac{\mathrm{d}P_e(t)}{\mathrm{d}t}.$$

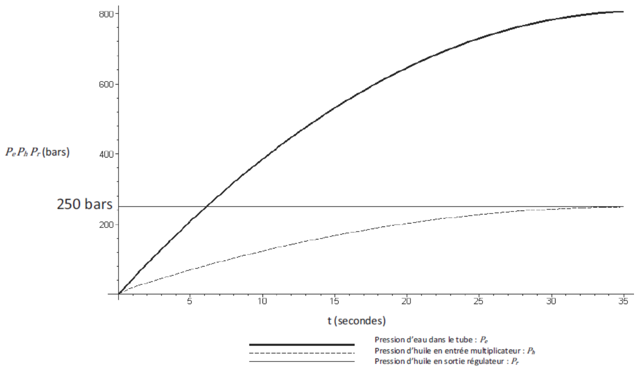
L'équation du mouvement de l'équipage mobile est donnée par :

$$m\ddot{L}(t) = -rL(t) + (S_a - S_b)p_e(t) - f'\dot{L}(t).$$

Question 2 *En déduire, en tenant compte de l'équation du débit, deux équations liant $L(p)$, $P_e(p)$ et $Q_e(p)$, transformées de Laplace de $L(t)$, $P_e(t)$ et $Q_e(t)$.* Les conditions initiales sont supposées nulles.

Question 3 *Compléter le schéma-blocs (au verso) de l'ensemble (sans le distributeur hydraulique), l'entrée étant la pression d'huile régulée $P_r(p)$ et la sortie la pression d'épreuve dans le tube $P_e(p)$.*

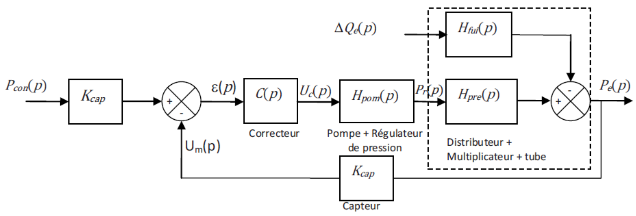
La figure suivante représente la réponse de l'ensemble de mise sous pression pour un échelon de 250 bars : P_r est la pression d'huile en sortie du régulateur, P_h la pression d'huile dans le distributeur et P_e la pression d'eau dans le tube.



Question 4 *À partir de ces réponses temporelles, proposer une expression numérique des fonctions de transfert $P_h(p)/P_r(p)$, $P_e(p)/P_r(p)$. Justifier vos valeurs numériques.*

Mise en place d'un asservissement de pression

Pour limiter l'erreur statique due aux fuites, on envisage d'asservir la pression d'eau dans le tube. L'objectif est ici de proposer un réglage du correcteur pour répondre aux critères du cahier des charges. La pression d'eau à l'intérieur du tube est mesurée par un capteur de pression. Le schéma-blocs de l'asservissement est défini ci-dessous.



Hypothèses :

- quels que soient les résultats précédents, l'ensemble de mise sous pression {tube + distributeur + multiplicateur de pression} est défini par les transmittances suivantes : $H_{\text{pre}}(p) = \dfrac{K_m}{1+T_1 p}$ et $H_{\text{fui}}(p) = \dfrac{K_f}{1+T_1 p}$ avec $K_m = 3{,}24$; $K_f = 2.55\,10^{10}\,\text{Pa}/(\text{m}^3/\text{s})$; $T_1 = 10\,\text{s}$;

- l'ensemble {pompe+régulateur de pression} est modélisé par la fonction de transfert : $H_{\text{pom}}(p) = \dfrac{K_{\text{pom}}}{1+T_2 p}$ avec $K_{\text{pom}} = 1.234\,10^7\,\text{Pa/V}$; $T_2 = 5\,\text{s}$;
- le capteur est modélisé par un gain pur : $K_{\text{cap}} = 2.5\,10^{-8}\,\text{V/Pa}$.

La pression de consigne est de $P_{\text{con}} = 800\,\text{bars}$ et les débits de fuite sont estimés à $\Delta Q_e = 5\,10^{-4}\,\text{m}^3/\text{s}$.

On rappelle que le cahier des charges concernant le réglage de la pression de test est le suivant :

Rapidité :	temps d'établissement $t_e < 40\,\text{s}$
Précision :	erreur statique < 5% soit pour une consigne de 800 bars : erreur statique due à la consigne : $\varepsilon_{\text{con}} < 5\%$ erreur statique due à la perturbation $\varepsilon_{\text{pert}} < 40\,\text{bars}$
Amortissement :	pas de dépassement

On envisage tout d'abord un correcteur de type proportionnel : $C(p) = K_p$.

Question 5 *Modifier le schéma-blocs pour obtenir un schéma-blocs à retour unitaire.*

Question 6 *Déterminer, en fonction de K_p, ε_{con} définie comme l'erreur statique pour une entrée consigne P_{con} de type échelon, dans le cas où le débit de fuite est nul.*

Question 7 *Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{con} à la valeur spécifiée dans le cahier des charges.*

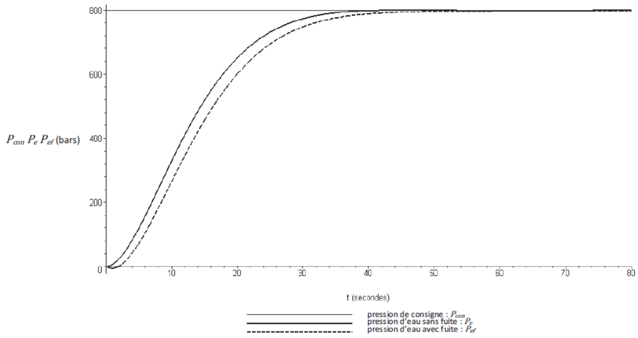
Question 8 *Dans le cas où la consigne de pression est nulle, déterminer en fonction de K_p la fonction de transfert en régulation définie par : $H_{pert}(p) = \dfrac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}$. En déduire, en fonction de K_p, ε_{pert} définie comme l'erreur statique pour une perturbation ΔQ_e de type échelon, dans le cas où la consigne de pression est nulle.*

Question 9 *Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{pert} à la valeur spécifiée au cahier des charges.*

Question 10 *Déterminer la fonction de transfert $\dfrac{P_e(p)}{P_{con}(p)}$ en faisant l'hypothèse que $\Delta Q_e(p)$=0. Mettre la fonction de transfert sous forme canonique.*

Question 11 *Proposer un réglage de K_p pour vérifier le critère d'amortissement. À partir des résultats des questions précédentes, conclure quant au choix d'un correcteur proportionnel.*

On donne ensuite la réponse temporelle du système corrigé avec et sans débit de fuite pour une pression de consigne d'eau de 800 bars.



Question 12 *La réponse du système est-elle satisfaisante au regard du cahier des charges ? Justifier.*