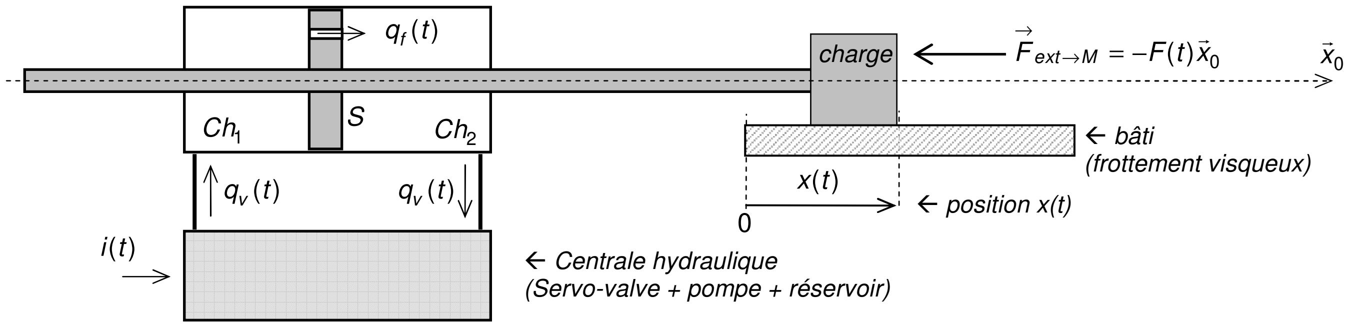
Schéma-blocs – Système d'ordre 1
Servovalve et vérin hydraulique

Présentation :

On étudie un système de positionnement d'une charge (qui glisse avec frottement sur un plan horizontal) poussée par un vérin hydraulique. Le vérin est équipé d'un ensemble piston/tige mobile de section utile S, piston qui sépare les deux chambres (1 et 2). La charge est également soumise à une action mécanique extérieure (effort résistant perturbateur) comme indiqué sur la figure ci-dessous.



On repère par $x(t)$ la position de la charge et on note $v(t) = \dfrac{dx(t)}{dt}$ la vitesse à laquelle se déplace la charge.

Le fonctionnement de la servovalve est tel que le débit volumique injecté dans le vérin est proportionnel à l'intensité : $q_v(t) = \lambda i(t)$

On modélise le défaut d'étanchéité du piston entre les deux chambres du vérin par l'existence d'un débit volumique dit de *fuite* entre les deux chambres, dont l'intensité est . $q_f(t) = \frac{1}{R_h}\left(p_1(t) - p_2(t)\right)$ où R_h correspond à une résistance hydraulique (constante) et $\left(p_1(t), p_2(t)\right)$ sont les niveaux de pression dans chacune des chambres en $[Pa]$.

La conservation du débit permet d'écrire la relation : $q_v(t) = Sv(t) + q_f(t)$ .Le frottement visqueux entre la charge et le bâti produit un effort résistant proportionnel à la vitesse, d'intensité $-f_v v(t)\vec{x}_0$, dont on tient compte dans le théorème de la résultante dynamique appliqué à l'ensemble en translation projeté sur l'horizontale $\vec{x}_0$, soit :

$$S\left(p_1(t) - p_2(t)\right) - f_v v(t) - F(t) = M\frac{d\,v(t)}{dt}$$

Questions :

1. Les unités dans le système international $\left[kg, m, s\right]$ de la plupart des grandeurs physiques sont ici immédiates.
Rappeler (ou retrouver) les unités (SI) d'une force (N), d'une pression (Pa) et d'un débit volumique.
En déduire celle de la résistance hydraulique : R_h .

2. En supposant toutes les conditions initiales nulles (conditions de Heaviside), donner les transformées de Laplace de chacune des 5 équations proposées. *<u>Indication</u> : on notera* $F(p) = \mathcal{L}\left[F(t)\right]$ *malgré l'emploi de la majuscule.*

En déduire comment compléter le schéma-blocs ébauché sur le document réponse avec :
en entrées les grandeurs $\left(I(p), F(p)\right)$ et en sortie la grandeur intermédiaire $V(p) = \mathcal{L}\left[v(t) = \frac{dx(t)}{dt}\right]$.

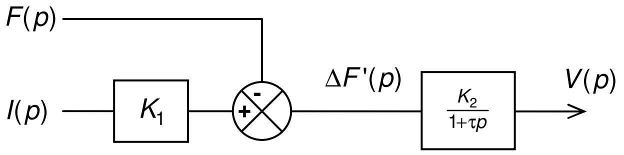
Donner finalement la fonction de transfert du dernier bloc dont la sortie est $X(p) = \mathcal{L}\left[x(t)\right]$.

3. En travaillant sur les équations (dans le domaine symbolique) par élimination de $\Delta P(p) = P_1(p) - P_2(p)$ et $Q_f(p)$, montrer que le système peut se modéliser sous la forme du nouveau schéma-blocs proposé sur le document réponse que vous compléterez (*).

<u>(*) variante</u> : il est également possible de travailler par manipulation sur le schéma-blocs en consultant si besoin le rappel donné en annexe (page suivante).

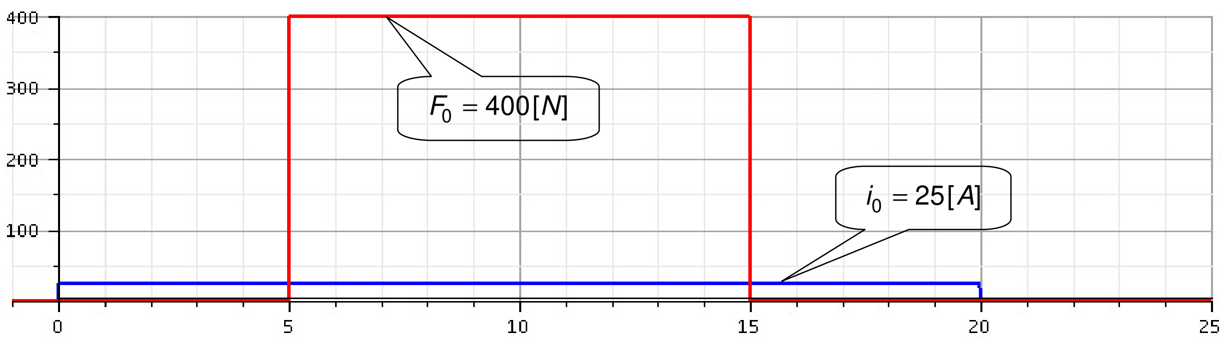
Dans ce nouveau schéma-blocs, l'effort extérieur apparait bien comme une perturbation vis-à-vis de la consigne transmise. Peut-on dire si le système est asservi ou non ? Justifier.

Pour toute la suite, on adopte le schéma-blocs ci-dessous dont les fonctions de transfert sont proposées sous forme canonique.



On donne les valeurs numériques approchées des différents paramètres : $K_1 = 40\left[N \cdot A^{-1}\right]$, $K_2 = 2.10^{-4}\left[kg^{-1} \cdot s\right]$, $\tau = 0.50\left[s\right]$.

On souhaite prédire/estimer la réponse en vitesse et position de ce modèle dans une situation où la commande en intensité est un échelon i_0 de durée $T_0 = 20\ s$ et où une perturbation constante $F(t)$ (effort résistant) d'intensité F_0 apparait durant une courte période de temps $t \in [5\ s, 15\ s]$ comme le montre la figure ci-dessous (où ont été superposées les courbes des 2 grandeurs d'entrées $i(t)[A]$ et $F(t)[N]$).



4. Donner, presque sans aucun calculs mais avec le maximum d'informations graphiques, l'allure de la courbe de réponse <u>en vitesse</u> $v(t)$ dans cette situation.

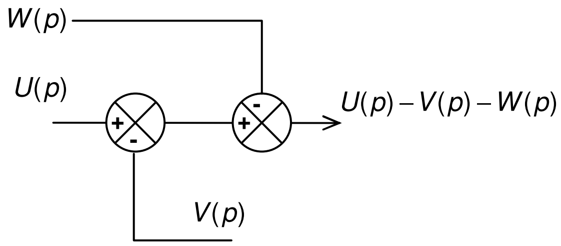
Si on néglige les transitoires de la réponse en vitesse (cela revient à négliger la constante de temps associée) :

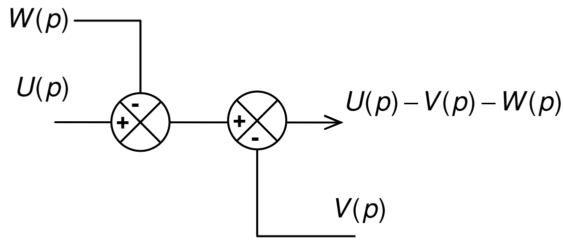
- comment estimer simplement la distance approximative parcourue par la charge durant cet essai ?

- quelle sera l'allure approximative la courbe de $x(t)$?

Annexe : *Rappel sur la manipulation des blocs dans un schéma-blocs*

Pour information, si besoin, on rappelle que les deux structures ci-dessous sont rigoureusement équivalentes :
(la permutation des comparateurs ne modifie pas la grandeur physique de sortie, ici : $U(p)-V(p)-W(p)$)





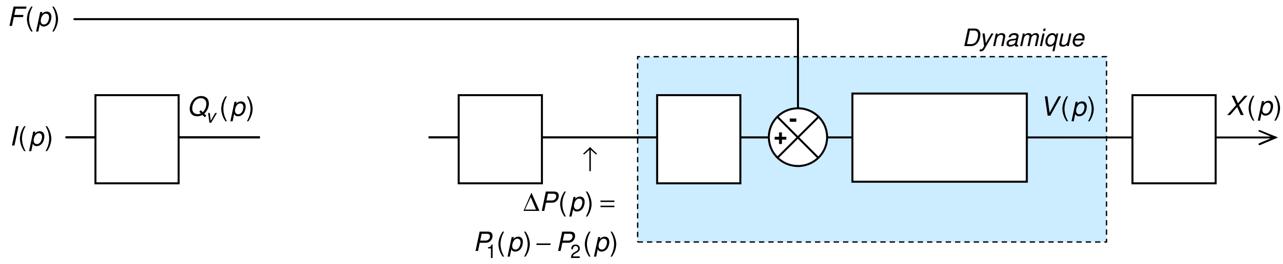
<u>Document Réponse</u> : Nom : Prénom :

Servovalve Vérin Hydraulique Note :

CALCULATRICE AUTORISEE

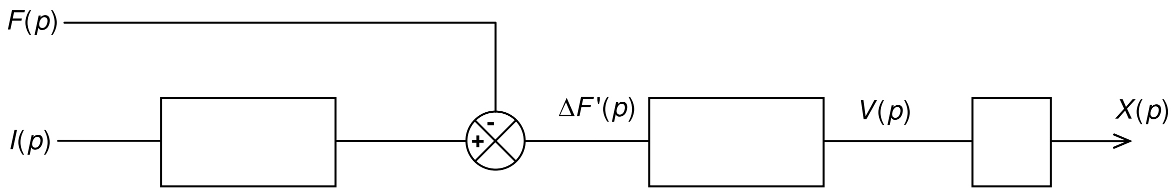
1.

2.



3. *Réponse avec manipulation des équations : (si réponse par manipulation de schéma-blocs, répondre page suivante)* :

Nouveau schéma-blocs envisagé :



Réponse avec manipulation de schéma-blocs :

Schéma-blocs de départ

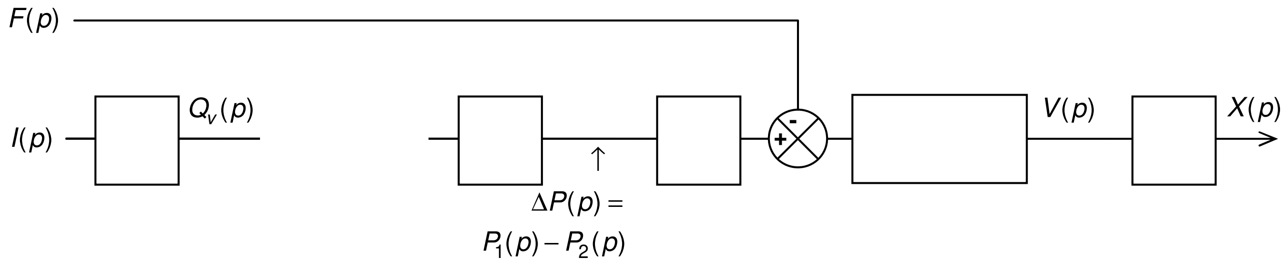
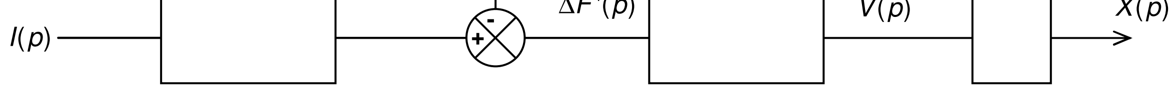


Schéma-blocs d'arrivée :



4. Tracés des réponses en vitesse $v(t)$ et déplacement $x(t)$ dans la situation envisagée (avec et sans perturbation).