Travaux Dirigés	Commande de réacteur d'avion Transmission de puissance

1. MISE EN CONTEXTE

La figure 1 représente le système d'asservissement mécanique de vitesse de l'arbre de puissance d'un réacteur d'avion. Ce dispositif, mis au point au début de l'ère de la propulsion à réaction, a été utilisé jusqu'à une époque récente. La technologie actuelle lui préfère une servovalve commandée électriquement.

Le pilote en agissant sur la manette de commande solidaire du levier **1** déplace le tiroir du distributeur **5**. Ce distributeur pilote la position de la tige de vérin **7** qui commande l'arrivée du kérosène. Le régulateur permet le contrôle de la vitesse de rotation de l'arbre du réacteur, à l'aide d'un dispositif composé de 2 masselottes **4** et **4'**, et agit également sur le tiroir du distributeur.

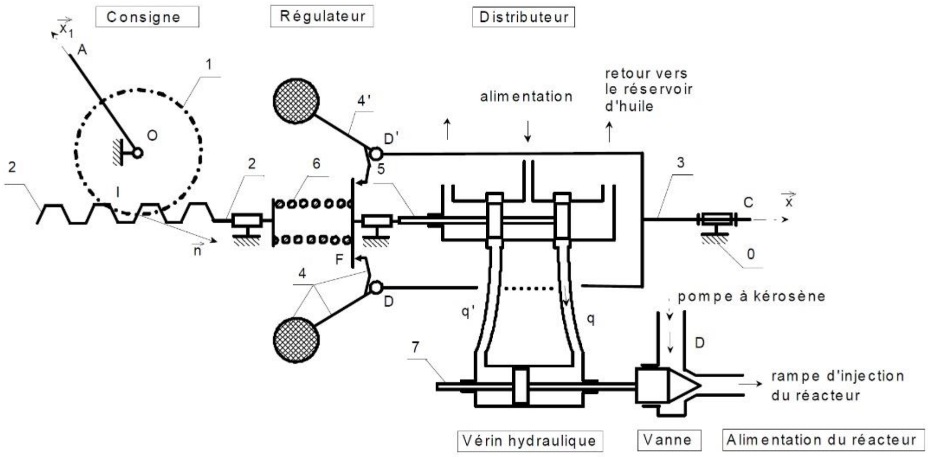


Figure 1 - Modèle global de la commande de réacteur

Consigne

L'utilisateur impose la commande en fixant la position angulaire du levier **1** qui est solidaire d'un pignon de rayon primitif R_1. Ce dernier est en liaison pivot d'axe $(O,\vec{z})$ avec le bâti **0**. La transmission de puissance entre le pignon **1** et la crémaillère **2** s'effectue sans frottement avec un angle de pression α. Cela implique que l'action de **1** sur **2** est un glisseur en I de résultante $\vec{F}_{1\to 2} = F_{12}.\vec{n}$ avec $\alpha = (\vec{n},\vec{x})$ (α positif).

L'action de l'utilisateur sur le levier **1** est modélisée à l'aide d'un glisseur en A de résultante $\vec{F}_{ext\to 1} = -F_{ext1}.\vec{x}$

Paramétrage

Solide **1** : levier + pignon $\theta_1 = (\vec{x},\vec{x}_1)$ $\overrightarrow{OA} = l_1.\vec{x}_1$ $\overrightarrow{IO} = R_1.\vec{y}$
Solide **2** : crémaillère $\overrightarrow{IB} = x_2(t).\vec{x}$

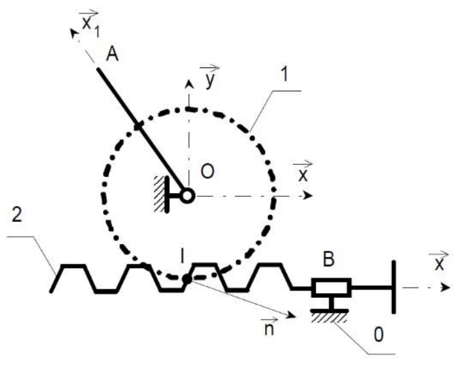


Figure 2 - Modèle de la partie "Consigne"

Régulateur

Pour des raisons d'équilibrage dynamique les masselottes sont au nombre de deux et disposées symétriquement par rapport à l'axe de rotation du solide **3**. Les masselottes **4** et **4'**, appuient sur le tiroir **5** sur lequel s'exerce également l'action mécanique d'un ressort de compression **6**. Cet ensemble forme le comparateur du système bouclé.

L'action de **2** sur **5** par l'intermédiaire du ressort **6** est un glisseur en B de résultante $\vec{F}_{res:2\to5} = F_{25}.\vec{x}$ avec

Paramétrage

Axe **3**	$\theta_3(t) = (\vec{y}, \vec{y}_3)$	$\omega_3(t) = \dot{\theta}_3(t)$	$\overrightarrow{DC} = R_3.\vec{y}_3$
Tiroir **5**	Position : $x_5(t)$	Masse négligée	
Ressort **6**	$\overrightarrow{IB} = x_2(t).\vec{x}$	Raideur : k	
	Ressort non sollicité quand $x_2(t) = x_5(t)$		

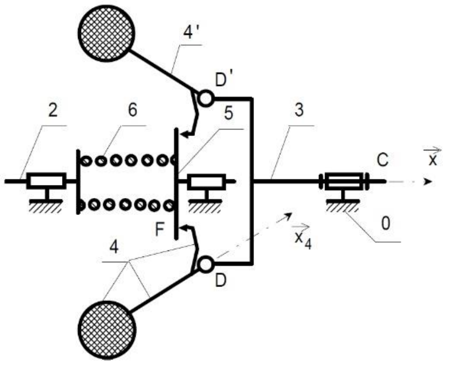


Figure 3 - Modèle de la partie "Régulateur"

Circuit hydraulique

La position du tiroir **5** du distributeur détermine le débit hydraulique du distributeur alimentant le vérin. La tige **7** du vérin est en liaison encastrement avec le boisseau de la vanne qui fixe le débit de kérosène alimentant le réacteur.

Paramétrage

Tige **7**	Position : $x_7(t)$
Vérin	Section utile : S
	Débit : $q(t)$

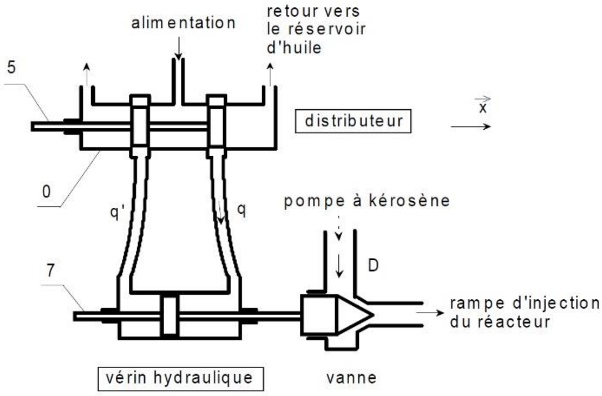


Figure 4 - Modèle du circuit hydraulique

2. MODELISATION DU SYSTEME BOUCLE

Objectif : Déterminer un modèle fonctionnel (schéma-bloc) pour simuler le comportement de la transmission.

On fournit les équations suivantes :

- Equations de la dynamique :
  - Isolement de **1** :

$$0 = l_1.F_{ext1}(t).\sin\theta_1(t) - R_1.F_{21}(t).\cos\alpha \qquad (1)$$

  - Isolement de **5** :

$$0 = F_{45}(t) - \frac{F_{65}(t)}{2} \qquad (2)$$

  - Isolement de **4** :

$$2.C_1.\omega_{3/0}(t)^2 = 2.L_F.F_{45}(t).\cos\theta_4 \qquad (3)$$

- Equation cinématique du pignon-crémaillère :

$$x_2(t) = R_1.\theta_1(t) \qquad (4)$$

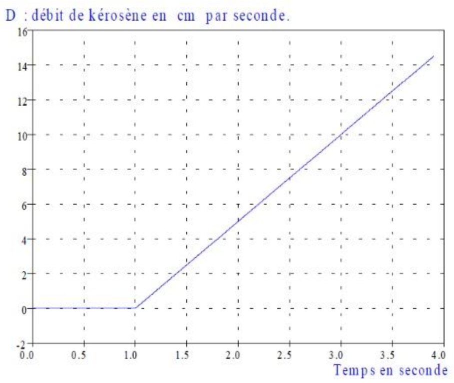
- Loi de comportement du ressort :

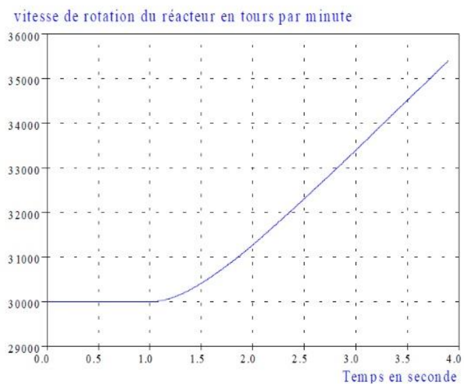
$$F_{65}(t) = -k.[x_5(t) - x_2(t)] \qquad (5)$$

- Equation hydraulique (conservation du débit) :

$$q(t) = S.\frac{d\,x_7(t)}{dt} \qquad (6)$$

- Loi de comportement du réacteur :





Grâce aux courbes ci-dessus, on obtient :

$$\frac{\delta\Omega_{réacteur}(p)}{\delta D(p)} = \frac{0,047}{1 + 0,5.p}$$

- Loi de comportement du distributeur :

$$\frac{\delta Q(p)}{\delta X_5(p)} = \frac{K_2}{1 + \tau_2.p}$$

1.1 Tracer le graphe d'isolement correspondant à la figure 1.

On cherche à compléter le schéma schéma-bloc (schéma fonctionnel) suivant avec les fonctions de transfert de $H_1(p)$, $H_3(p)$ et $H_7(p)$:

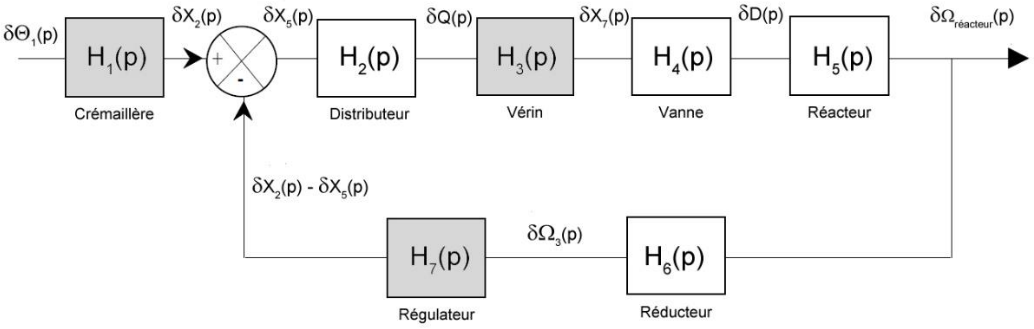


Figure 5 - Schéma-bloc de la commande de réacteur

1.2 Le schéma-bloc de la figure 5 représente-t-il un asservissement ? Pourquoi ?

A terme, on souhaite réaliser un asservissement en vitesse du dispositif. La consigne serait la vitesse angulaire souhaitée du réacteur. Le schéma-bloc de la figure 5 sera donc intégrer à un schéma-bloc plus complet comportant notamment un capteur de vitesse et un correcteur.

1.3 Utiliser l'équation (4) pour déterminer $H_1(p)$.

1.4 Utiliser l'équation (6) pour déterminer $H_3(p)$.

L'équation (3) n'est pas linéaire. Si on veut pouvoir l'intégrer dans le schéma-bloc d'un asservissement, il est nécessaire de linéariser l'équation avant de passer dans le domaine opérationnel.

Pour ce faire, la modélisation est réalisée autour d'un point de fonctionnement pour lequel :

$$x_2(t) = x_{20} + \delta x_2(t) \qquad \theta_1(t) = \theta_{10} + \delta\theta_1(t)$$
$$x_5(t) = x_{50} + \delta x_5(t) \qquad \omega_3(t) = \omega_0 + \delta\omega_3(t)$$
$$x_7(t) = x_{70} + \delta x_7(t) \qquad \theta_4(t) = (\vec{y}_3, \vec{y}_4) = cte$$

1.5 Linéariser l'équation (3).

1.6 Utiliser les équations (2), (3) linéarisée et (5) pour déterminer $H_7(p)$.

Les fonctions de transfert $H_4(p)$ et $H_6(p)$ sont des gains purs de valeurs respectives K_4 et K_6.

1.7 Reproduire le schéma-bloc de la figure 5 en remplaçant les fonctions de transfert $H_i(p)$ par leur expression.