

Travaux Dirigés 10

Réponses temporelles de système du 2nd ordre

Exercice 1 : Système de freinage de l'Airbus A318

On s'intéresse au système de freinage des roues d'un Airbus A318 dont on donne une description structurelle ainsi qu'un extrait partiel de cahier des charges. Le freinage est une des fonctions vitales d'un avion, au même titre que la propulsion ou la sustentation. C'est notamment grâce au système de freinage que l'avion peut s'immobiliser après l'atterrissage (le pilote actionne aussi dans ce cas les inverseurs de poussée des moteurs et les aérofreins).



Figure 1 : un airbus A318

On s'intéresse dans le sujet uniquement à la phase de décélération du mode automatique et plus particulièrement à l'asservissement en décélération du système de freinage de l'avion.

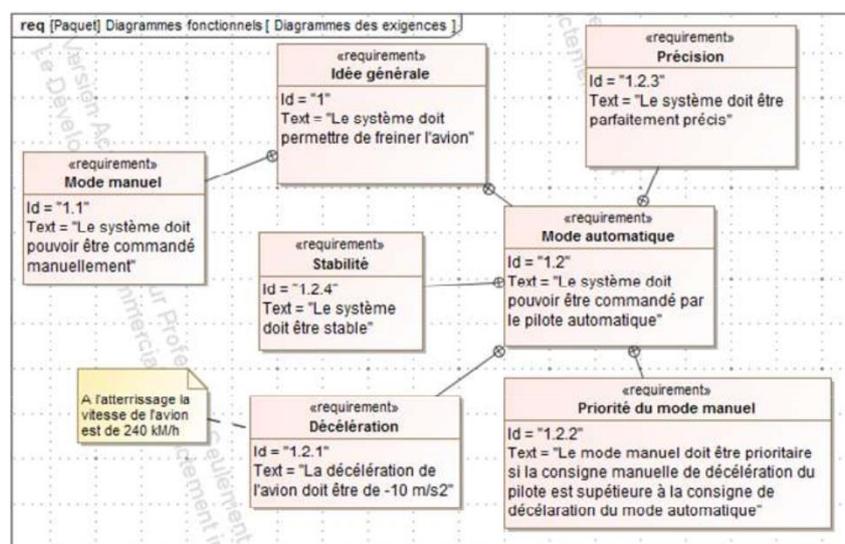


Figure 2 : diagramme des exigences du système de freinage

Bien que les variables manipulées dans la partie commande du système soient normalement des variables numériques, on les considèrera dans tout le sujet comme étant des variables analogiques et le modèle étudié sera considéré linéaire, continu et invariant. L'utilisateur donne une consigne de décélération $a_c(t)$ convertie en une image en tension $u_c(t)$ par le transcodeur, $u_c(t)$ est ensuite comparée à la valeur $u_a(t)$ fournie par l'accéléromètre et qui correspond à l'image de la décélération réelle de l'avion $a(t)$. Le calculateur génère à partir de cet écart $\varepsilon(t)$, une commande $i(t)$ pour la servovalve. Celle-ci fournit alors la pression $P_h(t)$ au système de freinage qui entraîne alors la décélération $a(t)$ de l'avion.

Question 1 : Réaliser un schéma-bloc fonctionnel de l'asservissement en décélération à partir des indications ci-dessus. On prendra $a_c(t)$ comme entrée et $a(t)$ comme sortie.

Modélisation en SLCI de la servovalve électrohydraulique

La servovalve électrohydraulique dont on donne une description structurelle ci-dessous est, dans l'asservissement étudié, le système qui convertit la grandeur électrique (courant) en une grandeur hydraulique proportionnelle (pression du fluide délivré). Elle est constituée des trois éléments suivants :

- un actionneur électrique ;
- un amplificateur hydraulique constitué d'un mécanisme buse-palette ;
- un tiroir de distribution.

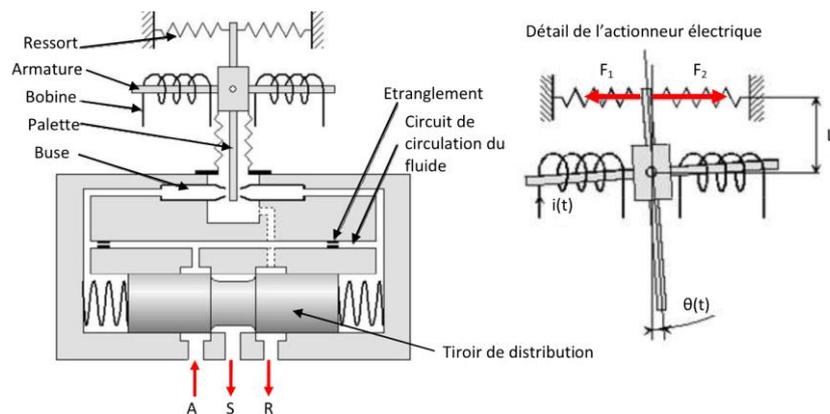


Figure 3 : schéma de principe de la servovalve

L'armature de l'actionneur électrique se prolonge dans l'entrefer d'un circuit magnétique. Le passage d'un courant continu $i(t)$ dans les deux bobines situées de part et d'autre de l'armature provoque le basculement de cette dernière d'un angle $\theta(t)$. L'armature est solidaire d'une palette plongeant dans l'amplificateur hydraulique et dont l'extrémité est située entre deux buses. Le mouvement de rotation de l'ensemble armature-palette vient étrangler le débit fluide traversant l'une ou l'autre des buses. La pression différentielle ainsi créée se répercute aux deux extrémités du tiroir du distributeur et provoque son déplacement. Ce tiroir possède ensuite trois orifices A (Alimentation), S (Sortie), R (Retour à la bêche). Au final le fluide en sortie de la servovalve est distribué à une pression $P_h(t)$ proportionnelle au déplacement du tiroir compté à partir de la position zéro (position du milieu). On donne ensuite la loi entrée sortie reliant l'intensité $i(t)$ de l'actionneur électrique à l'angle $\theta(t)$ dont bascule l'armature, Figure 4.

Question 2 : Que peut-on dire de cette caractéristique sur tout le domaine de variation de $i(t)$? Sachant que $\theta(t)$ effectue des petites variations autour de 0 on peut modéliser la relation entre $\theta(t)$ et $i(t)$ par la relation suivante : $\theta(t) = K_1.i(t)$. Déterminer la valeur de K_1 à partir de la courbe.

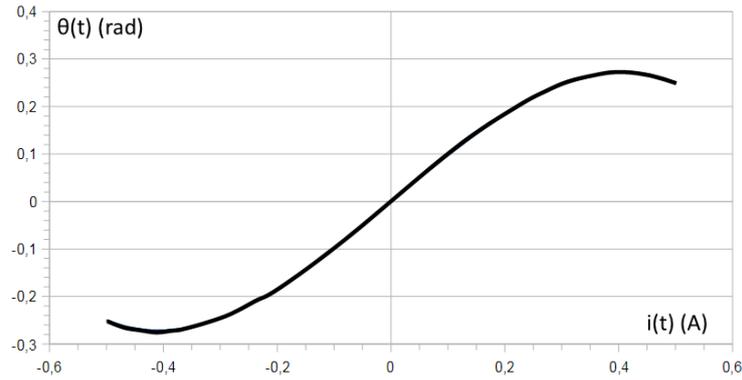


Figure 4 : évolution de $\theta(t)$ en fonction de $i(t)$

On admet que, pour l'amplificateur hydraulique constitué du mécanisme buse-palette, la rotation d'angle $\theta(t)$ de la palette se traduit par un accroissement ou une diminution de la distance buse-palette. Les sections de fuite sont alors augmentées ou diminuées, ce qui entraîne une augmentation ou diminution des pressions $P_A(t)$ et $P_B(t)$ proportionnelle à $\Delta P(t)$.

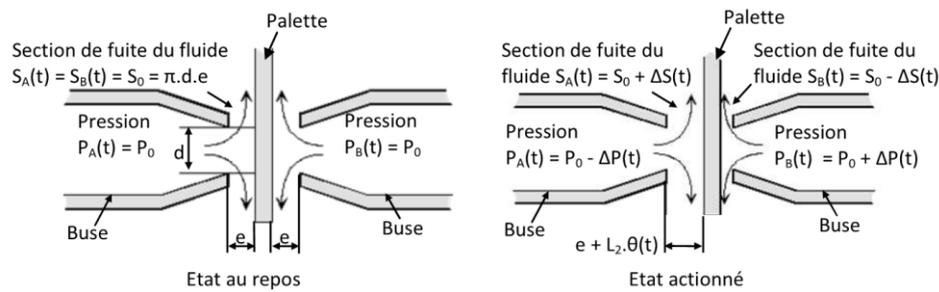


Figure 5 : schématisation de l'amplificateur hydraulique

On définit afin de modéliser le comportement de l'amplificateur hydraulique les modèles de connaissance suivants : $\Delta S(t) = K_2 \cdot \theta(t)$ et $\Delta P(t) = K_3 \cdot \Delta S(t)$. L'existence de cette pression différentielle générée par l'amplificateur hydraulique permet au final de mettre en mouvement le tiroir de distribution de la servovalve :

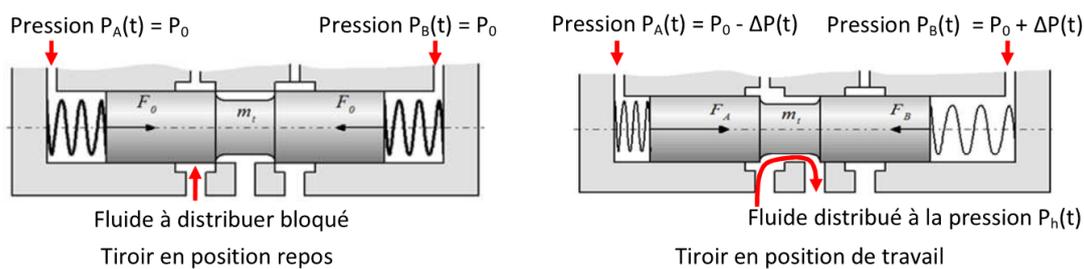


Figure 6 : les deux positions du tiroir

Le modèle de connaissance du tiroir est obtenu à l'aide du principe fondamental de la dynamique appliqué et s'écrit :

$$m_t \cdot \frac{d^2 z(t)}{dt^2} = -2 \cdot k_t \cdot z(t) + 2 \cdot S_t \cdot \Delta P(t) - c_t \cdot \frac{dz(t)}{dt}$$

Question 3 : Calculer, en précisant l'hypothèse nécessaire, la fonction de transfert du système

Question 4 : Mettre cette fonction de transfert sous forme canonique et donner sa classe et son ordre.

On admet finalement que la pression d'utilisation $P_h(t)$ du fluide délivré par la servovalve est proportionnelle au déplacement $z(t)$ du tiroir : $P_h(t) = K_4 \cdot z(t)$.

Question 5 : A partir de toutes les informations précédentes (modélisation armature, buse/palette, tiroir...), compléter sur le Document Réponse le schéma-bloc correspondant à la servovalve en définissant les fonctions de transfert de chaque bloc (utiliser les notations littérales).

Question 6 : En déduire la fonction de transfert de la servovalve.

Question 7 : Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme d'un système du second ordre. Donner l'expression de ses caractéristiques.

On souhaite que la réponse à une entrée $i(t)$ de type échelon de valeur i_0 soit la plus rapide possible sans toutefois produire de dépassement.

Question 8 : A quelle valeur de coefficient d'amortissement correspond cette spécification ?

Question 9 : En déduire la valeur de k_t .

Question 10 : En déduire la forme simplifiée de la fonction de transfert $H_{SV}(p)$.

Modélisation de l'accéléromètre

La centrale inertielle contient des accéléromètres qui permettent de mesurer les accélérations suivant les trois directions x_a , y_a et z_a d'un repère lié à l'avion. L'accéléromètre renvoie au calculateur un signal électrique $u_a(t)$ image de l'accélération $a(t)$ suivant la direction x_a . La fonction de transfert de l'accéléromètre peut se mettre sous la forme :

$$H_{acc}(p) = \frac{K_{acc}}{\frac{1}{\omega_{acc}^2} \cdot p^2 + \frac{2 \cdot \xi_{acc}}{\omega_{acc}} \cdot p + 1}$$

Question 11 : A partir du Document Réponse, déterminer les valeurs des caractéristiques de cette fonction de transfert.

Etude de l'asservissement global

La boucle d'asservissement en décélération est donnée ci-après :

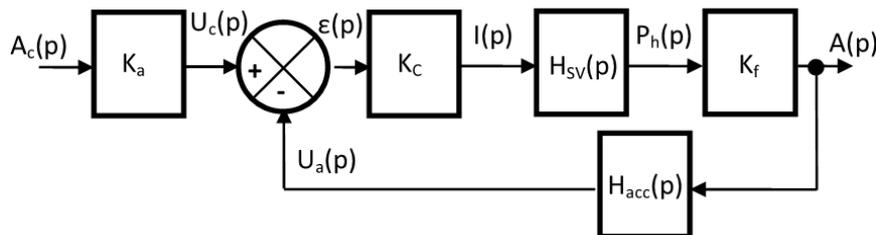


Figure 5 : schéma bloc du système ($K_a=1$)

Question 12 : Exprimer sous forme canonique la fonction de transfert en boucle ouverte. En déduire l'ordre, la classe et le gain de la FTBO(p).

Question 13 : Déterminer l'expression de l'écart $\epsilon(p)$ en fonction de $A_c(p)$ et de FTBO(p)

Question 14 : Calculer l'erreur statique du système précédent. Conclure sur le respect du cahier des charges.

Document Réponse :

