ETUDE DU PLAN HORIZONTAL REGLABLE DE L'AIRBUS A340

Le PHR, ou Plan Horizontal Réglable, peut être assimilé à une mini aile située à l'extrémité du fuselage de l'avion.

Système de commande asservie du PHR

Afin de répondre aux exigences de fiabilité qui stipulent, en particulier, que le PHR doit pouvoir fonctionner durant 10^9 FH (Fly Hour) sans subir de défaillance, un certain nombre de composants de la chaîne de commande du PHR sont doublés ou triplés suivant les cas.

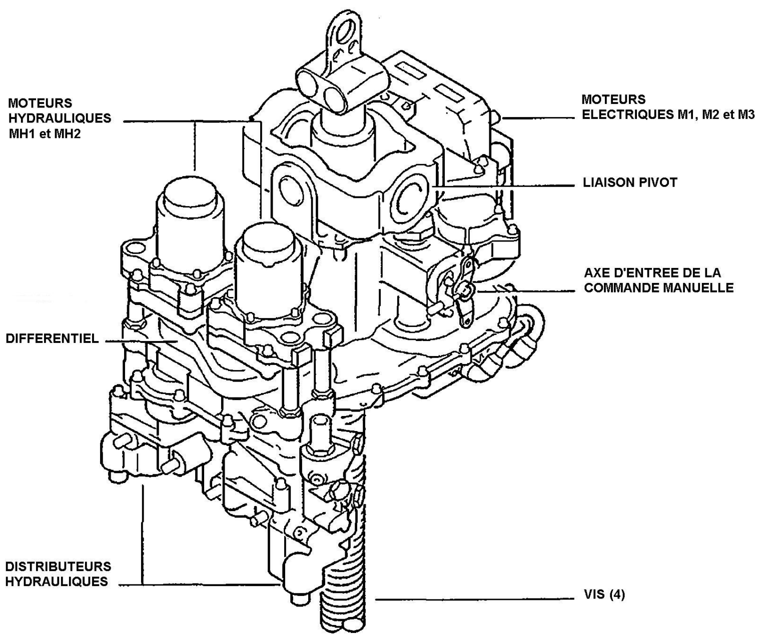
D'autre part, toujours par souci de sécurité, le PHR peut être commandé :

- soit automatiquement par un ordinateur de bord qui détermine, à partir des paramètres du vol, la valeur optimale de l'angle β,
- soit manuellement par le pilote à partir d'un volant de commande situé dans le poste de pilotage et ce en cas de défaillance de la commande automatique du PHR.

Dans les deux cas, les consignes émises par le calculateur ou par le pilote agissent sur les tiroirs des distributeurs alimentant deux moteurs hydrauliques fonctionnant simultanément et dont les arbres de sortie entraînent, via un différentiel et un réducteur, la rotation de la vis **4** et donc celle du PHR.

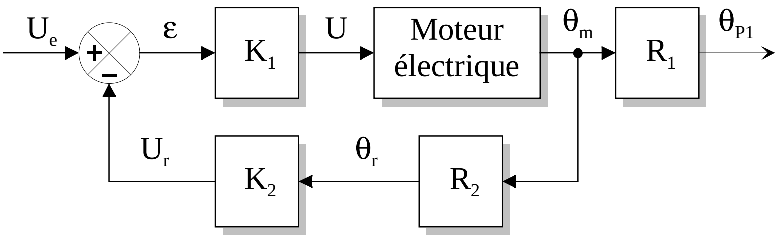
En raison de sa complexité, on se limitera, dans le cadre de ce sujet, à une étude « simplifiée » de l'asservissement en position angulaire de la vis **4** agissant sur le PHR.

La figure ci-contre présente globalement la situation des différents éléments intervenant dans cette étude : les moteurs hydrauliques, le différentiel, les distributeurs, les moteurs électriques (au nombre de trois par sécurité, mais un seul fonctionne à un instant donné), la vis **4**.



Etude de la boucle d'asservissement en position du moteur électrique

Cette boucle d'asservissement est représentée ci-dessous :



Le rapport de transmission du réducteur **1** est $R_1 = \dfrac{1}{150}$.

Le moteur électrique est un moteur à courant continu dont les équations caractéristiques sont :

- Equations électriques :

$$\begin{cases} u(t) = R.i(t) + e(t) \\ e(t) = k_e.\omega_m(t) \end{cases}$$

- Equation mécanique :

$$J_e.\frac{d\omega_m(t)}{dt} = k_a.i(t)$$

Avec :

- *R* : résistance de l'induit $R = 1\,\Omega$
- *Je* : inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur $J_e = 4.10^{-6}\,\text{kg.m}^2$
- k_e : constante de force contre électromotrice $k_e = 0{,}02\ \text{V/(rad/s)}$
- k_a : constante de couple $k_a = 0{,}02\ \text{Nm/A}$

Question 1 : Fonction de transfert du moteur

a) *Déterminer la fonction de transfert* $M(p) = \dfrac{\theta_m(p)}{U(p)}$ *du moteur électrique et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme :*

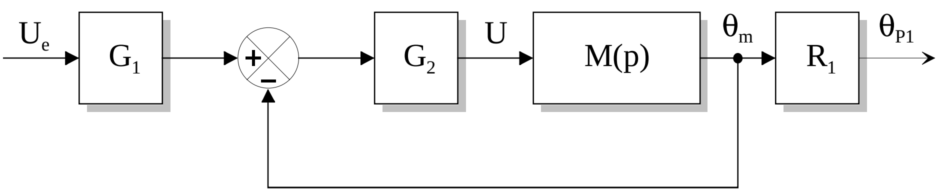
$$M(p) = \frac{\theta_m(p)}{U(p)} = \frac{K_m}{p(1+\tau_m.p)}$$

b) *Donner les expressions littérales de* K_m *et* τ_m.

c) Application numérique : *calculer* K_m *et* τ_m *en précisant leurs unités.*

Question 2 : *Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte* $T(p) = \dfrac{U_r}{\varepsilon}$ *et en déduire l'expression du gain de boucle* K_{BO}.

Le schéma bloc est simplifié de la façon suivante afin de rendre unitaire la boucle de retour :



Question 3 : Fonction de transfert en boucle fermée

a) *Donner les expressions des transmittances G_1 et G_2.*

b) *En déduire la fonction de transfert en boucle fermée* $F(p)=\dfrac{\theta_{P1}}{U_e}$ *et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme d'un système du second ordre :*

$$F(p)=\frac{K_{BF}}{1+2\dfrac{\xi}{\omega_0}p+\dfrac{p^2}{\omega_0^{\,2}}}$$

c) *Donner l'expression littérale de K_{BF} et celles de ξ et ω_0 en fonction de K_{BO} et τ_m.*

Question 3-4 : Analyse des performances

a) *Déterminer la valeur du gain de boucle K_{BO} de telle sorte que la réponse à une entrée de type échelon soit la plus rapide possible sans toutefois produire de dépassement.*

b) *Quelle est alors l'écart de position ε_S.*

c) *Déterminer le temps de réponse à 5% à l'aide de la* Figure 1*.*

d) *Déterminer la marge de phase $M\varphi°$ pour cette valeur de K_{BO}.*

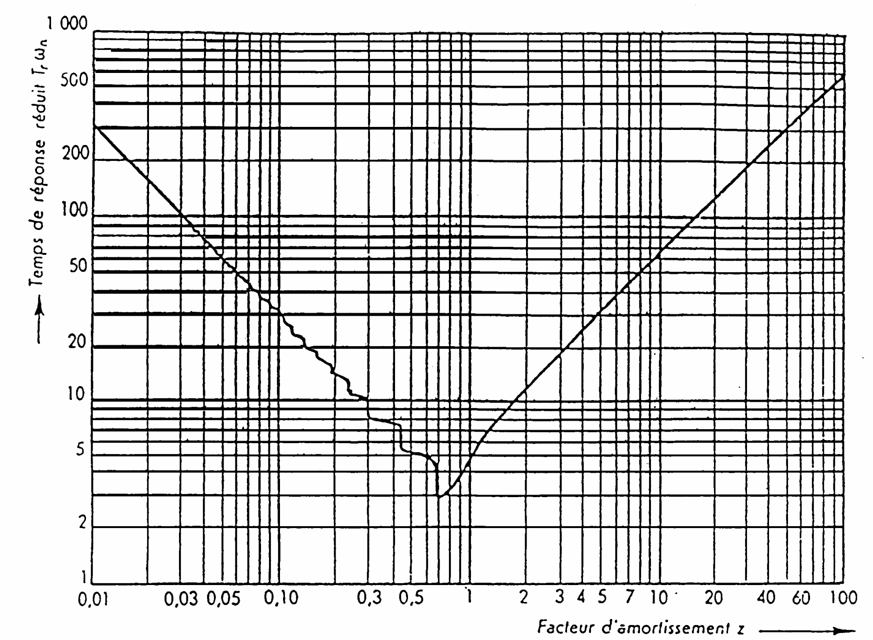


Figure 1 : *Abaque* $T_r.\omega_n = f(\xi)$