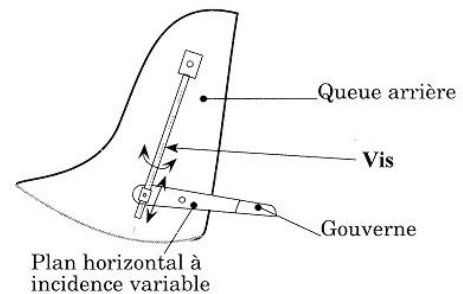


COMMANDE D'UN PLAN HORIZONTAL RÉGLABLE D'EMPENNAGE D'AVION

1 Présentation

Un empennage d'avion est composé principalement de deux parties :

- la première, le plan horizontal et la gouverne, qui assure la stabilité en profondeur de l'avion ;
- la deuxième, la queue arrière, qui assure la stabilité en direction de l'avion.



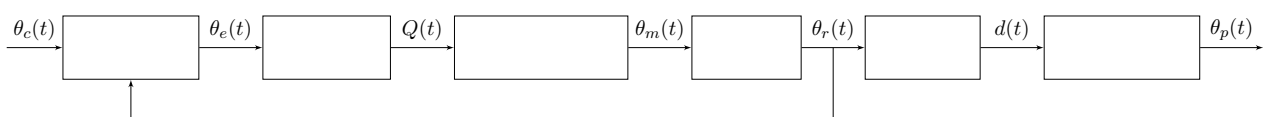
Nous nous intéressons dans ce sujet au système qui permet d'asservir en position le plan horizontal à incidence variable (qui entraîne dans son mouvement la gouverne). Les mouvements relatifs plan horizontal/gouverne ne seront pas étudiés.

2 Étude de l'asservissement du plan horizontal

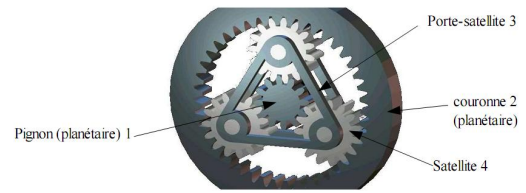
La commande en position du plan horizontal est assurée par un vérin à vis. Un moteur hydraulique asservi en position, à partir d'une consigne délivrée par un servomoteur, entraîne un réducteur, constitué d'un réducteur à roues coniques et d'un différentiel, lié à la vis du vérin à vis. La rotation de cette vis entraîne la translation d'un écrou qui permet le déplacement du plan horizontal.

L'inclinaison du plan horizontal est assurée par un vérin à vis. La rotation de cette vis $\theta_r(t)$ entraîne la translation $d(t)$ d'un écrou qui permet alors le déplacement $\theta_p(t)$ du plan horizontal par une structure articulée. Un moteur hydraulique commandée par un distributeur (débit noté $Q(t)$) génère un mouvement de rotation $\theta_m(t)$. Ce mouvement de rotation est transmis par l'intermédiaire d'un réducteur à la vis du vérin à vis. Un boîtier comparateur permet d'adapter l'angle de commande $\theta_e(t)$ du distributeur à partir de l'angle de consigne $\theta_c(t)$ et de l'angle $\theta_r(t)$ mesuré en sortie du réducteur.

Question 1 Compléter le schéma-blocs fonctionnel décrivant la structure du système.



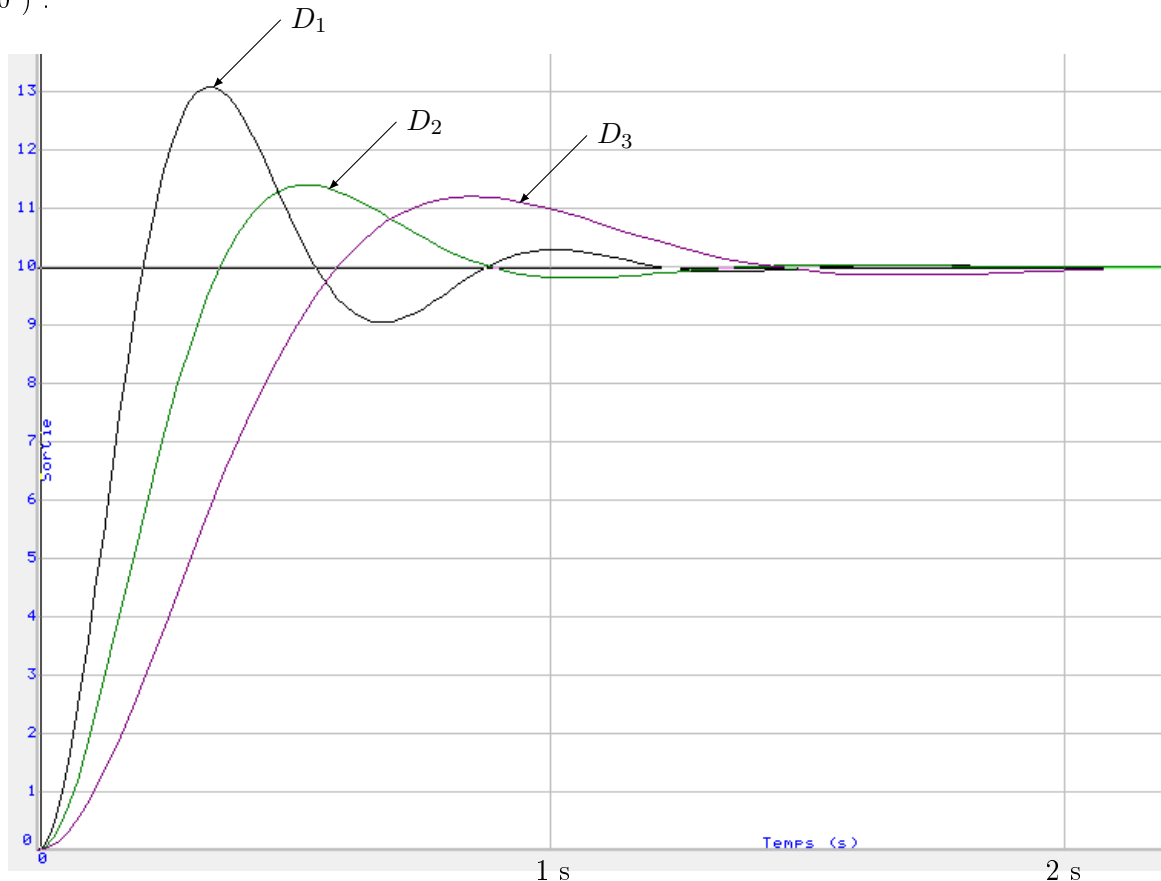
La solution retenue pour le boîtier comparateur est un train épicycloïdal, dispositif de transmission mécanique. Ce système a la particularité de posséder 3 degrés de liberté, c'est à dire qu'il associe trois mouvements de rotation possibles. En utilisant le nombre de dents des roues intervenant dans ce système, on peut montrer que la relation caractéristique du train épicycloïdal est donnée par :

$$3\theta_e + \theta_r - 4\theta_c = 0.$$


Question 2 Proposer une modification du schéma-blocs précédent, au niveau du boîtier comparateur, en utilisant la relation précédente et un symbole de comparaison.

Le cahier des charges impose un **taux de dépassement** $D_1\%$ maximal de **20%** et un **système précis**. Le système doit être rapide également mais ce n'est pas le critère fondamental ($t_{5\%} < 2$ s). Il doit bien évidemment être stable.

Lors de la conception, plusieurs distributeurs sont disponibles. Des simulations numériques utilisant trois distributeurs différents (D_1, D_2, D_3) ont donné les réponses indicielles suivantes (entrée échelon de 10°) :



Question 3 Après l'analyse des performances obtenues par simulation pour les 3 distributeurs, proposer un choix (justifié) qui permet au système de répondre le mieux possible au cahier des charges. Vous prendrez soin de déterminer les performances (précision, stabilité, rapidité) pour chaque résultats de simulation.