

AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES SLCI

TRAIN D'ATERRISSAGE D'HÉLICOPTÈRE

1 Présentation

Parmi les hélicoptères lourds de dernière génération, le *NH90* (*NATO Helicopter*) est un hélicoptère biturbine européen de transport militaire de la classe des 10 tonnes conçu entre la France, l'Allemagne, l'Italie et les Pays Bas, rejoints par le Portugal en juin 2001 et la Belgique en 2006.



FIGURE 1 – NH90 NFH

Le vol d'un hélicoptère présente plusieurs phases. Le contrôle de ces phases est toujours délicat et l'atterrissage d'un hélicoptère, surtout pour les plus lourds, conduit le plus souvent à une mise en contact avec le sol relativement violente.

Une étude dynamique préliminaire a montré qu'on ne pouvait satisfaire toutes les exigences du cahier des charges avec un unique amortisseur passif. Le constructeur a donc prévu de mettre en place un amortissement actif (piloté par une servovalve) en parallèle de l'amortisseur passif (voir FIGURE 2).

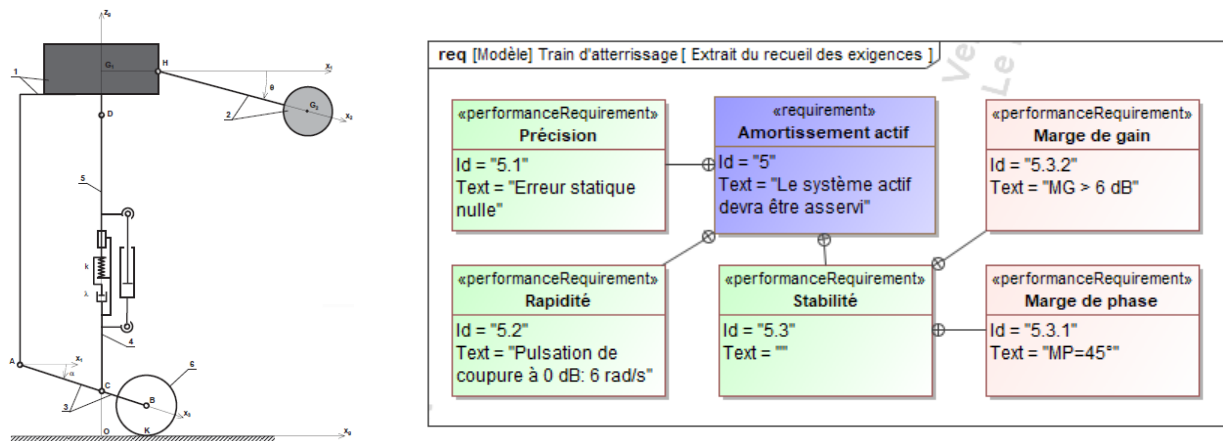


FIGURE 2 – Schéma de principe et extrait du cahier des charges

Objectif

Ce travail a pour objectif de proposer un réglage pour le correcteur de la commande asservie afin de satisfaire tous les critères du cahier des charges.

2 Modélisation

L'asservissement mis en place est complexe à régler car il fait intervenir de nombreuses grandeurs physiques. On admettra que le correcteur peut être réglé en ne considérant qu'une seule des sollicitations subies par le système. On se propose donc d'étudier la stabilité vis-à-vis de la seule consigne $\dot{Z}_c^*(p)$, en considérant le schéma suivant :

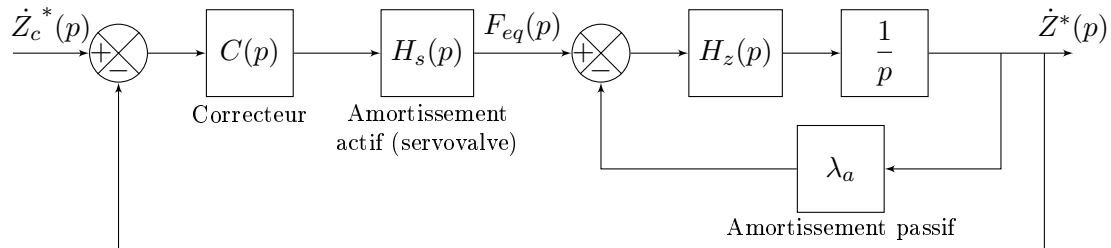


FIGURE 3 – Schéma-bloc retenu pour l'étude

On note dans ce schéma :

- $\dot{Z}_c^*(p)$ la transformée de $\dot{z}^*(t) = \dot{z}(t) + V_0$ avec V_0 la vitesse d'impact et $\dot{z}(t)$ la vitesse absolue de la cabine par rapport au sol (voir FIGURE 2) ;
- $F_{eq}(p)$ l'effort équivalent ramené au déplacement de la cabine et fourni par la partie active de l'amortisseur ;
- λ_a le coefficient d'amortissement passif équivalent ramené au déplacement de la cabine ;
- $H_s(p) = \frac{K_s}{1 + T_s \cdot p}$ la fonction de transfert de la partie active de l'amortisseur. On prendra : $K_s = 12 \cdot 10^4 \text{ N/A}$ et $T_s = 5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$;
- $H_z(p) = \frac{K_z p^2}{1 + \frac{2\xi_z}{\omega_z} p + \frac{p^2}{\omega_z^2}}$ la fonction de transfert traduisant le comportement dynamique du train ;
- $C(p)$ la fonction de transfert du correcteur dont le réglage fait l'objet de cette partie.

3 Travail demandé

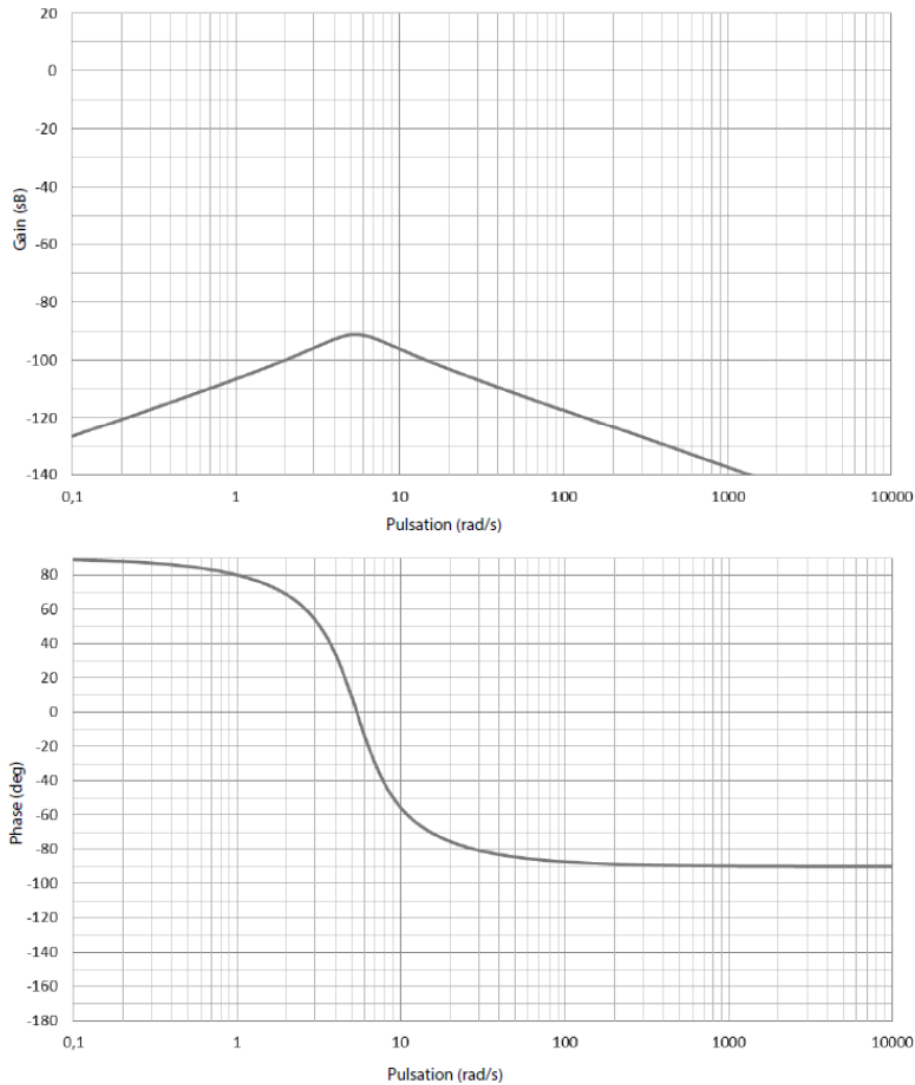
3.1 Fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée

Question 1 Déterminer la forme canonique de la fonction de transfert $H_F(p) = \frac{\dot{Z}^*(p)}{F_{eq}(p)}$.

Question 2 Déterminer littéralement et sous forme canonique la fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée $H_{\text{BONC}}(p)$.

On donne FIGURE 4 le diagramme de Bode de $H_F(p)$.

Question 3 Justifier la forme de ce diagramme en traçant les asymptotes et en indiquant comment retrouver sur le tracé les valeurs de K_z et ω_z . Tracer en rouge les diagrammes de la fonction $H_{\text{BONC}}(p)$. On prendra pour cela $20 \log(K_s) \approx 100 \text{ dB}$.

FIGURE 4 – Diagramme de Bode de $H_F(p)$

3.2 Choix et réglage de la correction

Question 4 Quelle doit être la classe minimale du correcteur afin de garantir l'exigence de précision ?

On choisit dans un premier temps un correcteur de la forme $C(p) = \frac{K_p}{p^2}$. On donne sur la FIGURE 5 les diagrammes de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte du système ainsi corrigé pour $K_p = 1$.

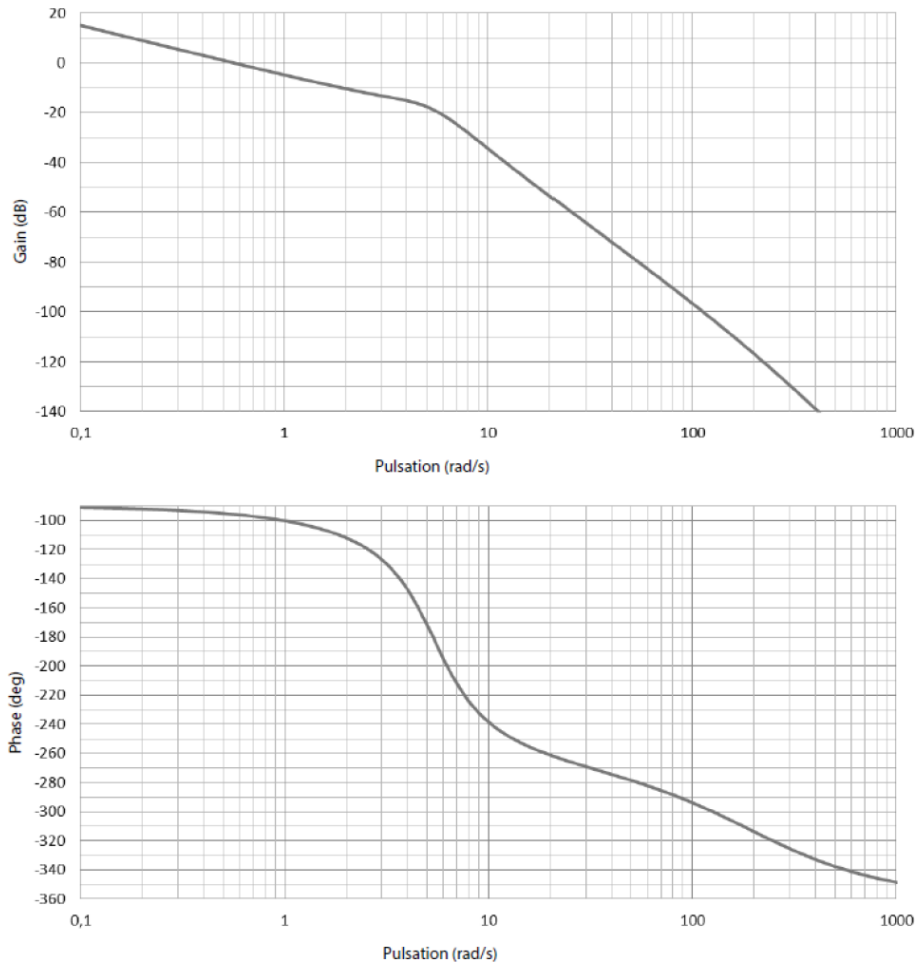


FIGURE 5 – Diagramme de Bode de $H_F(p)$ avec $C(p) = \frac{K_p}{p^2}$

Question 5 Évaluer les marges de stabilité pour ce réglage. Déterminer la valeur de K_p garantissant le critère de pulsation de coupure à 0 dB. Ce correcteur peut-il permettre de répondre aux critères de performances énoncés en début de partie ? Justifier la réponse.

On choisit finalement un correcteur de la forme $C(p) = \frac{K_p}{p^2} \frac{1 + \mu T p}{1 + T p}$ avec $\mu > 1$. Les caractéristiques du terme en $K_p \frac{1 + \mu T p}{1 + T p}$ ainsi que des abaques de calcul sont donnés page suivante.

Question 6 Comment se nomme l'action de correction obtenue avec ce terme ?

Question 7 Quelle valeur doit-on donner à μ pour garantir le critère de marge de phase ?

Question 8 En déduire les valeurs de T et de K_p permettant de satisfaire les exigences de stabilité et de rapidité du cahier des charges ?

Caractéristiques du terme $K_p \cdot \left(\frac{1 + \mu \cdot T \cdot p}{1 + T \cdot p} \right)$

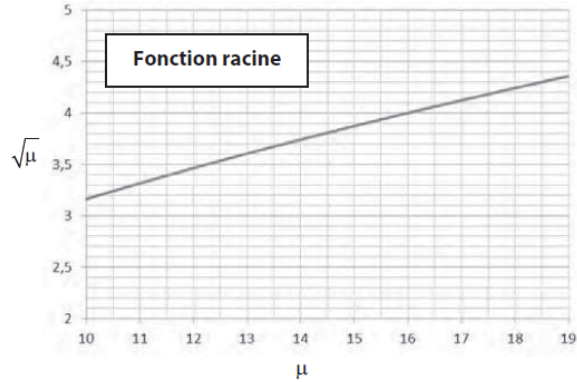
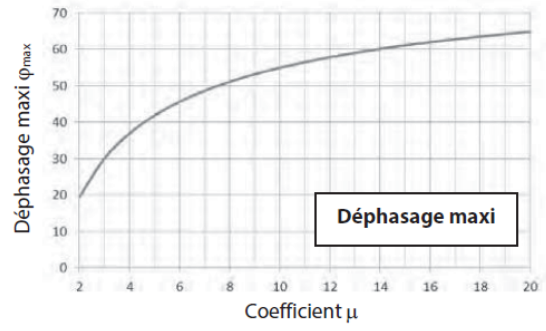
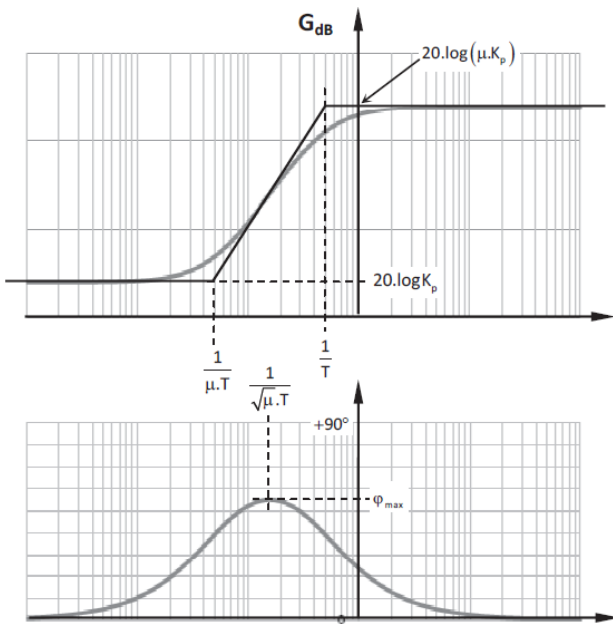


FIGURE 6 – Caractéristiques du terme en $K_p \frac{1 + \mu T \cdot p}{1 + T p}$ et abaques diverses