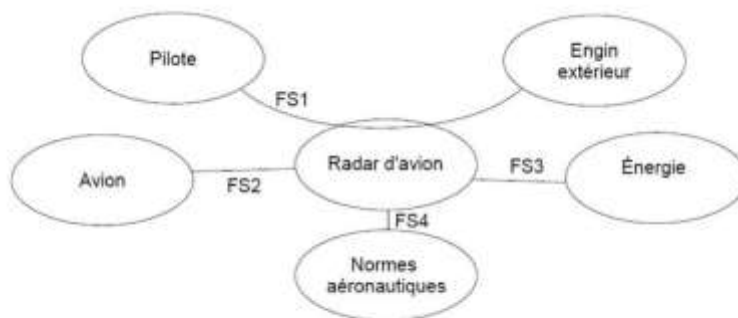


RADAR D'AVION

Problématique : Les exigences du cahier des charges sont-elles vérifiées ?

Contexte

Le support de cette étude est un radar d'avion. Il permet au pilote de connaître la position d'engins extérieurs (avions, hélicoptères, bateaux...). Notre objectif est de vérifier les performances de la fonction FS1, décrites dans le cahier des charges de ce système.



FS1 : permettre au pilote de connaître la position des engins extérieurs
 FS2 : s'adapter à l'avion
 FS3 : s'adapter à l'énergie
 FS4 : respecter les normes aéronautiques

Fonction	Critère	Niveau
FS1	Rapidité	$t_{5\%} < 0,2 \text{ s}$
	Bande passante	$\omega_{3dB} > 18 \text{ rad.s}^{-1}$
	Précision	erreur < 2%

On réalise un asservissement de position angulaire du radar d'avion : l'angle souhaité $\theta_c(t)$, l'angle réel du radar est $\theta_r(t)$. La différence des deux angles est transformée en une tension $u_m(t)$, selon la loi $u_m(t) = A(\theta_c(t) - \theta_r(t))$. La tension $u_m(t)$ engendre, via un moteur de fonction de transfert $H_m(p)$, une vitesse angulaire $\omega_m(t)$. Cette vitesse angulaire est réduite grâce à un réducteur de vitesse, selon la relation $\omega_r(t) = B\omega_m(t)$, avec $B < 1$, $\omega_r(t)$ étant la vitesse angulaire du radar.

On donne la relation $\omega_r(t) = \frac{d\theta_r(t)}{dt}$.

Questions

Q1 Réaliser le schéma bloc du système.

Les équations du moteur à courant continu, qui est utilisé dans la motorisation, sont les suivantes :

(1)	$u_m(t) = e(t) + Ri(t)$
(2)	$e(t) = K_c \omega_m(t)$
(3)	$c_m(t) = J \frac{d\omega_m(t)}{dt}$
(4)	$c_m(t) = K_e i(t)$

Avec :

- $u_m(t)$: Tension d'entrée aux bornes du moteur (V)
- $e(t)$: Force contre électromotrice (V)
- $i(t)$: Intensité (A)
- $\omega_m(t)$: Vitesse de rotation du moteur (rad.s^{-1})
- $c_m(t)$: Couple moteur (N.m)
- J : Inertie équivalente en rotation de l'arbre moteur (Kg.m^2)
- R : Résistance électrique du moteur (Ω)
- K_e : Constante de force contre-électromotrice ($\text{V.rad}^{-1}.\text{s}$)
- K_c : Constante de couple (N.m.A^{-1})

Q2 Déterminer la fonction de transfert $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$.

Q3 Montrer que $H_m(p)$ peut se mettre sous la forme canonique $H_m(p) = \frac{K_m}{1+T_m p}$ et déterminer les expressions

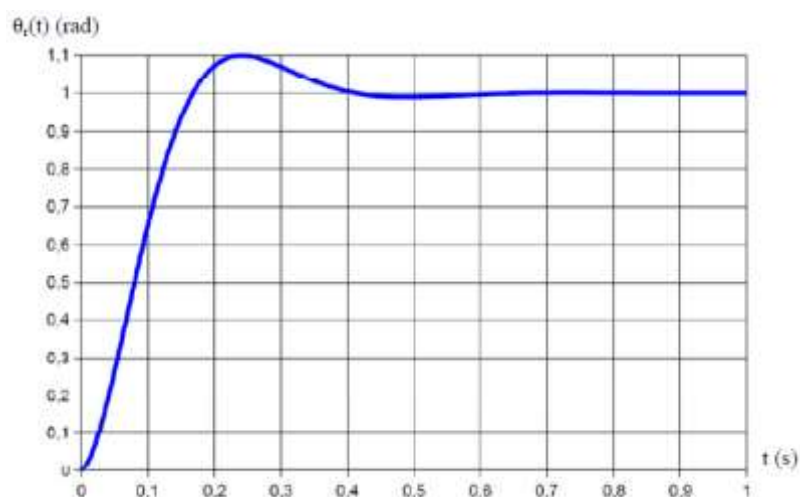
RADAR D'AVION

littérales de K_m et T_m .

Q4 Déterminer $\omega_m(t)$ lorsque $u_m(t)$ est un échelon de tension d'amplitude u_0 . Exprimer le résultat en fonction de K_m , T_m et u_0 . Préciser la valeur de $\omega_m(t)$ à l'origine, la pente de sa tangente à l'origine et sa valeur finale.

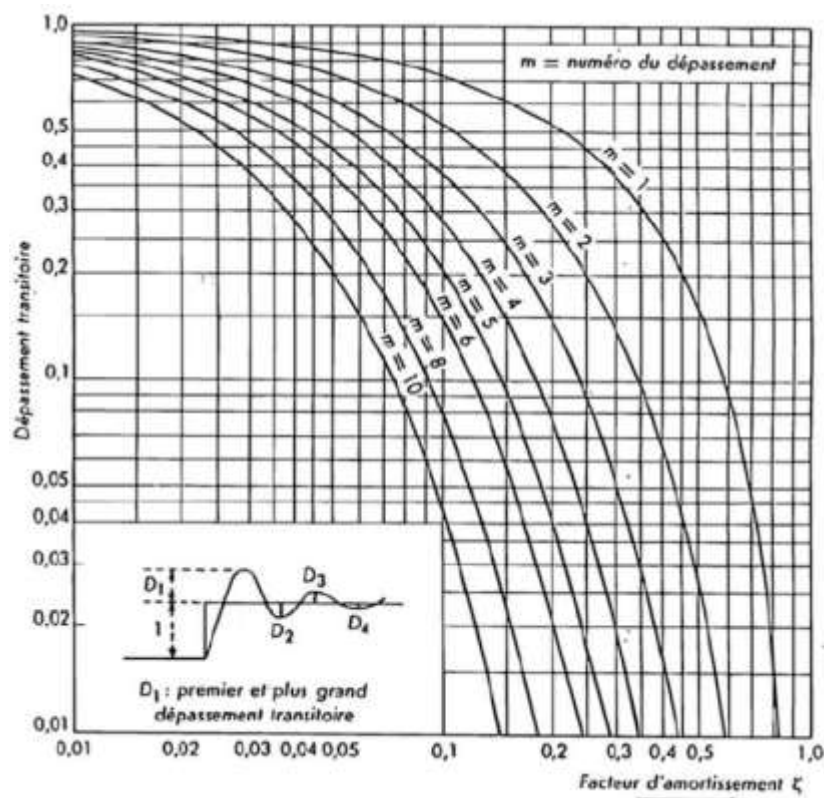
Q5 Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{\theta_r(t)}{\theta_c(t)}$. Montrer que cette fonction peut se mettre sous la forme $\frac{K}{1 + \frac{2z}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$. Déterminer les constantes K , z et ω_0 en fonction de K_m , T_m , A et B .

La réponse indicielle de $H(p)$ a un échelon unitaire est donnée sur la figure suivante :



Q6 Déterminer, en expliquant la démarche utilisée, les valeurs numériques de K , z et ω_0 .

Q7 Retrouver la valeur du coefficient d'amortissement à l'aide de l'abaque fourni.

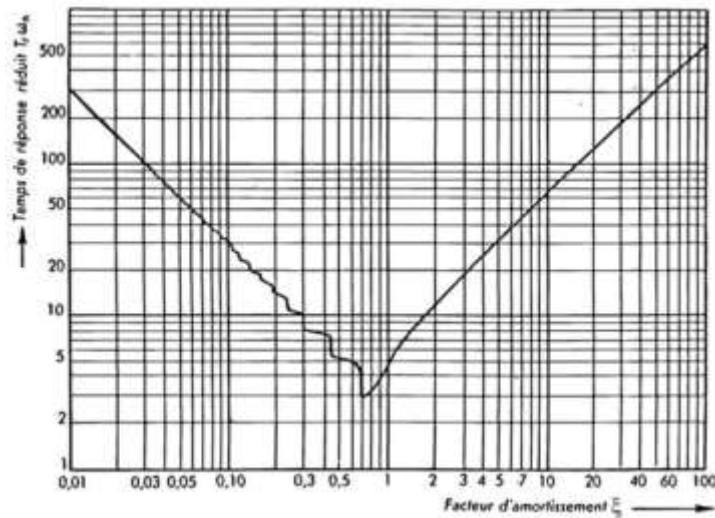


Sans préjuger du résultat trouvé dans la question précédente, on prendra pour la suite :

$$K = 1 \quad z = 0,5 \quad \omega_0 = 15 \text{ rad.s}^{-1}$$

RADAR D'AVION

Q8 Déterminer, en expliquant la démarche utilisée, le temps de réponse à 5%. Conclure quant à la capacité du radar à vérifier le critère de rapidité de la fonction FS1.

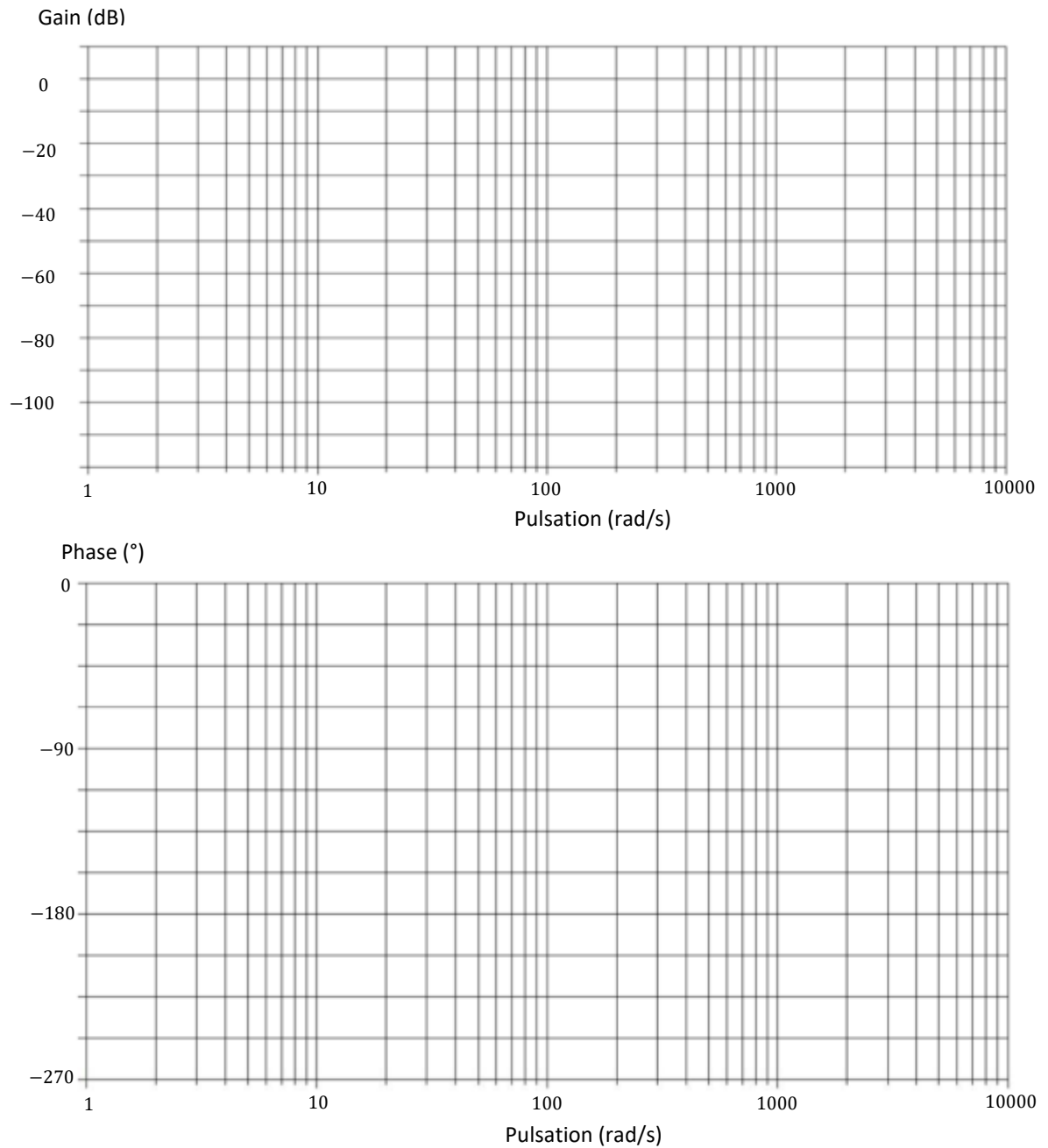


On améliore la performance du radar en ajoutant un composant électronique (correcteur) entre l'amplificateur et le moteur. La nouvelle fonction de transfert est :

$$H(p) = \frac{1}{(1 + 0,05p)(1 + 0,0005p)(1 + 0,002p)}$$

Q9 Tracer le diagramme de Bode asymptotique (en gain et en phase) de cette fonction de transfert

RADAR D'AVION



Pour $\omega < 20 \text{ rad.s}^{-1}$, on a $H(p) \approx \frac{1}{1+0,05p}$.

Q10 Déterminer G et φ pour $\omega = 10 \text{ rad.s}^{-1}$.

Q11 Déterminer, en régime permanent, $\theta_r(t)$ pour une entrée $\theta_c(t) = 0,2 \sin(10t)$.

Q12 Déterminer, sur cette approximation, la pulsation de coupure à -3 dB. Conclure quant à la capacité du radar à satisfaire le critère de bande passante de la fonction FS1.

Q13 Déterminer, sur cette approximation, le temps de réponse à 5% du système. Conclure quant à la capacité du radar à satisfaire le critère de rapidité de la fonction FS1.