

Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
20/10/2021		TD3

Performances des systèmes asservis

TD3

Rapidité

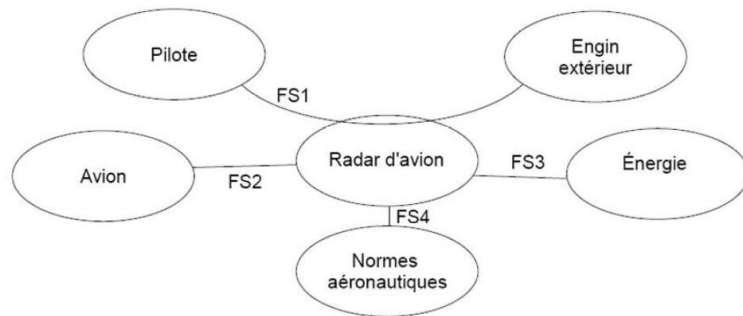
Radar d'avion



Programme - Compétences		
B228	Modéliser	<ul style="list-style-type: none"> · Pôles dominants et réduction de l'ordre du modèle ; · Performances et réglages ; · Précision d'un système asservi en régime permanent pour une entrée en échelon, une entrée en rampe, une entrée en accélération ; · Rapidité d'un système asservi : <ul style="list-style-type: none"> - temps de réponse, - bande passante.

Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
20/10/2021		TD3

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%

Schéma bloc du système

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.

Question 1: Réaliser le schéma bloc du système.

Etude du moteur

On définit :

- $u_m(t)$: 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})

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

Question 2: Déterminer la fonction de transfert $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{K_m}{1+T_m p}$ et donner les expressions littérales de K_m et T_m

Dernière mise à jour 20/10/2021	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY TD3
------------------------------------	--------------------------------	-----------------------

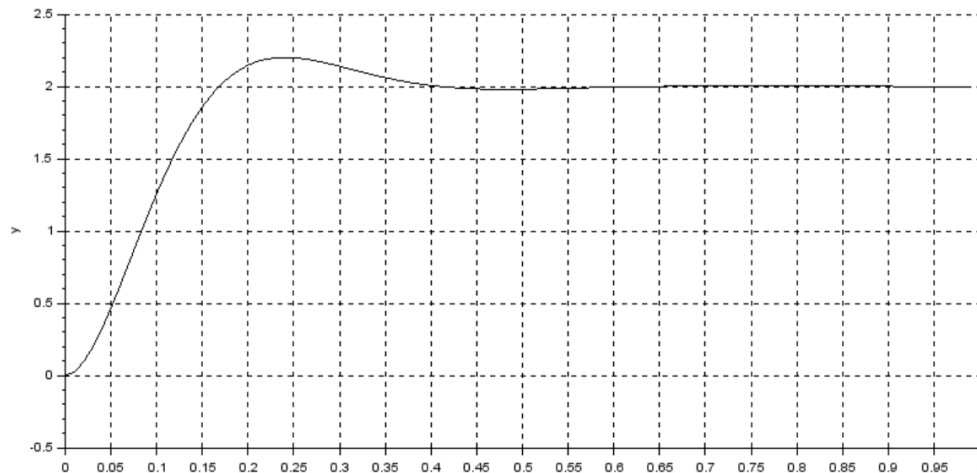
Fonction de transfert du système

Question 3: Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{\theta_r(p)}{\theta_c(p)}$

Question 4: 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 de 2 radians est donnée sur la figure suivante :



Question 5: Déterminer, en expliquant la démarche utilisée, les valeurs numériques de K , z et ω_0 (on n'exploitera pas $t_{r5\%}$)

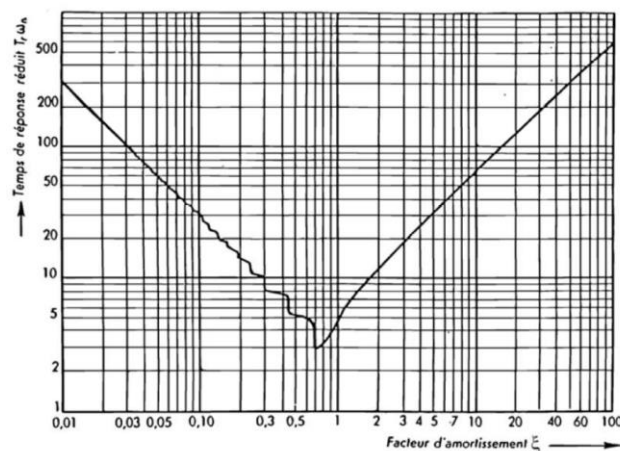
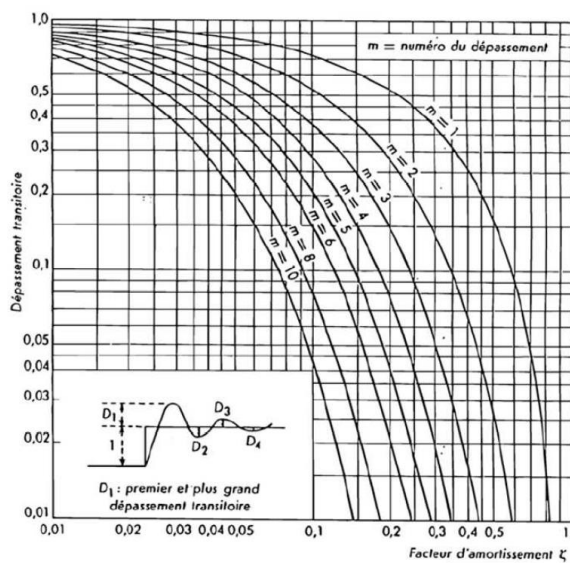
Question 6: Retrouver la valeur du coefficient d'amortissement à l'aide de l'abaque fourni.

Critère de temps de réponse

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

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

Question 7: Déterminer le temps de réponse à 5%. Conclure quant à la capacité du radar à vérifier le critère de rapidité de la fonction FS1.



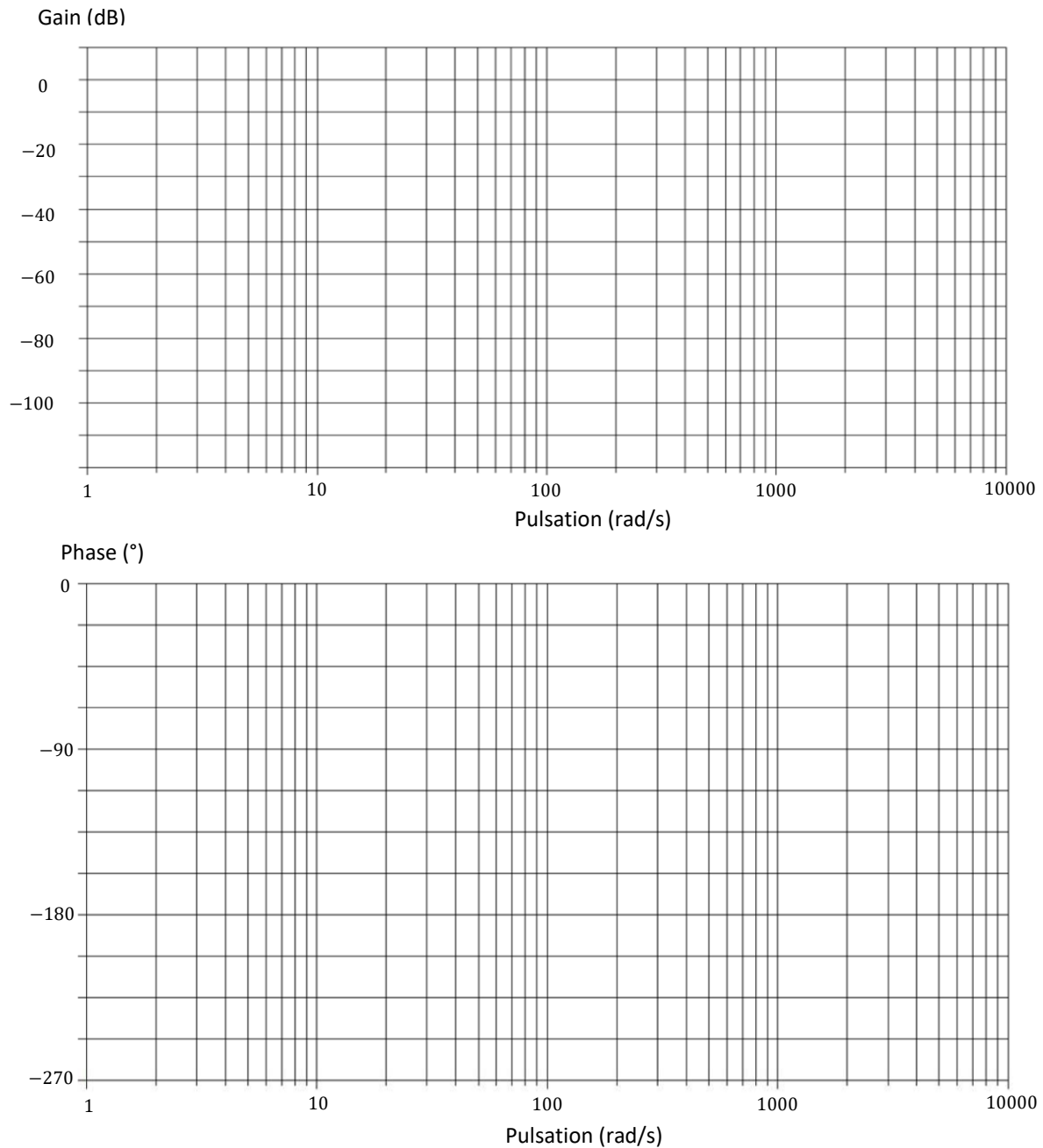
Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
20/10/2021		TD3

Diagramme de Bode

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

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

Question 8: Tracer le diagramme de Bode asymptotique (en gain et en phase) de cette fonction de transfert



Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
20/10/2021		TD3

Critère de bande passante

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

Question 9: Rappeler le critère de bande passante que doit respecter le système

Question 10: Sans simplifications, quelle équation faudrait-il résoudre pour déterminer la bande passante ?

Question 11: Quel simple calcul permettrait de valider le critère de bande passante avec la fonction étudiée ?

On propose la simplification suivante :

$$H(p) \underset{\omega \leq 20}{\sim} \frac{1}{1 + 0,05p}$$

Question 12: Justifier cette approximation pour l'étude de la bande passante

Remarque : nous aborderons cela dans le cours sur la réduction de modèles

Question 13: Déterminer la pulsation de coupure à -3 dB et conclure quant à la capacité du radar à satisfaire le critère de bande passante de la fonction FS1.

Critère de temps de réponse

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

Que diriez-vous si je vous demandais le temps de réponse à 5% de ce système ?

Nous verrons bientôt en cours que lorsqu'un système répond à un échelon, sa réponse réelle est très proche de la réponse d'un système de même fonction de transfert à laquelle on ne garde au dénominateur que le polynôme associé à ce pôle que l'on appelle son pôle dominant, c'est-à-dire le pôle le plus près de l'axe des ordonnées.

Question 14: Tracer le plan des pôles de H

Question 15: Proposer une simplification de modèle de $H(p)$ permettant d'étudier son temps de réponse à 5%

Remarque : nous aborderons cela dans le cours sur la réduction de modèles

Question 16: Déterminer son temps de réponse à 5% du système et conclure quant à la capacité du radar à satisfaire le critère de rapidité de la fonction FS1.

Vous pourrez vérifier tout cela avec ce modèle : [LIEN](#)

Attention : Pour avoir les réponses temporelles, il faut enlever les blocs Bode.