

Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
15/10/2020		TD3

# Performances des systèmes asservis

## TD3

*Rapidité*

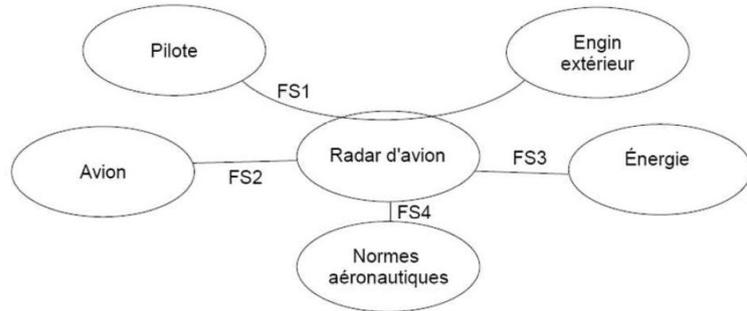
*Radar d'avion*



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

Dernière mise à jour 15/10/2020	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY 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 ( $\text{rad.s}^{-1}$ )
- $c_m(t)$  : Couple moteur (N.m)
- $J$  : Inertie équivalente en rotation de l'arbre moteur ( $\text{Kg.m}^2$ )
- $R$  : Résistance électrique du moteur ( $\Omega$ )
- $K_e$  : Constante de force contre-électromotrice ( $\text{V.rad}^{-1}.\text{s}$ )
- $K_c$  : Constante de couple ( $\text{N.m.A}^{-1}$ )

(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  $T_m$**

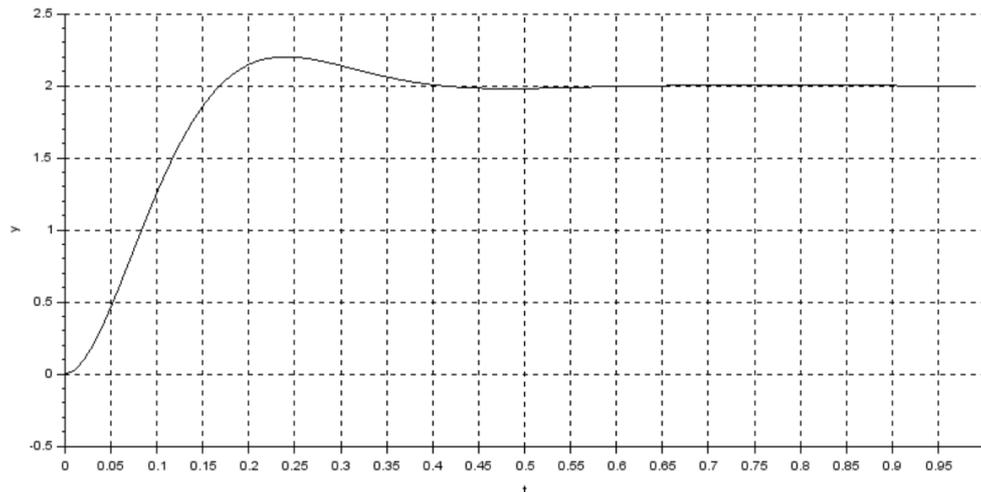
## Fonction de transfert du système

**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  $\omega_0$  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 :



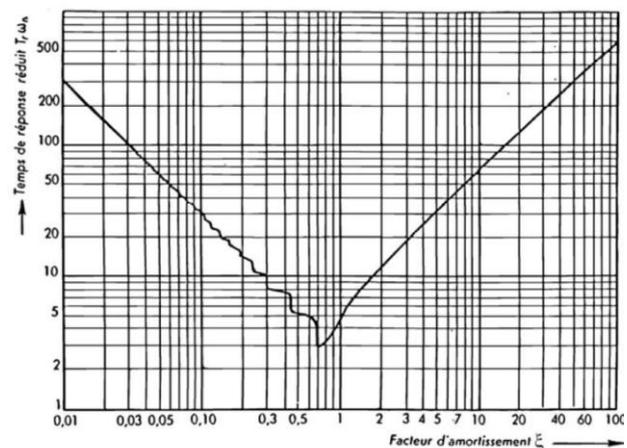
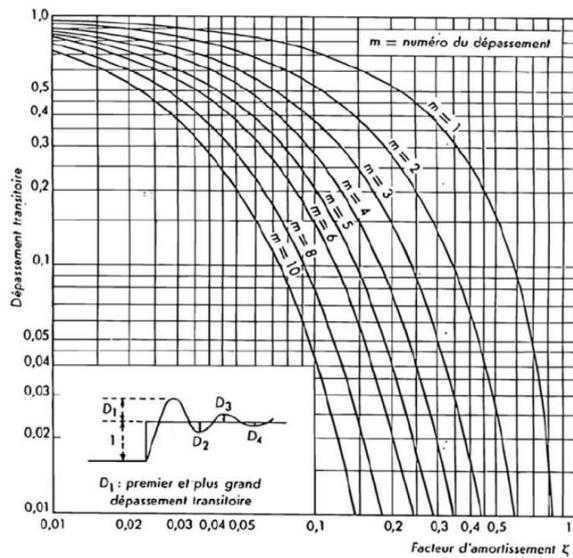
**Question 5:** Déterminer, en expliquant la démarche utilisée, les valeurs numériques de  $K$ ,  $z$  et  $\omega_0$  (on n'exploitera pas  $t_{r5\%}$ )

**Question 6:** 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 :

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

**Question 7:** 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.



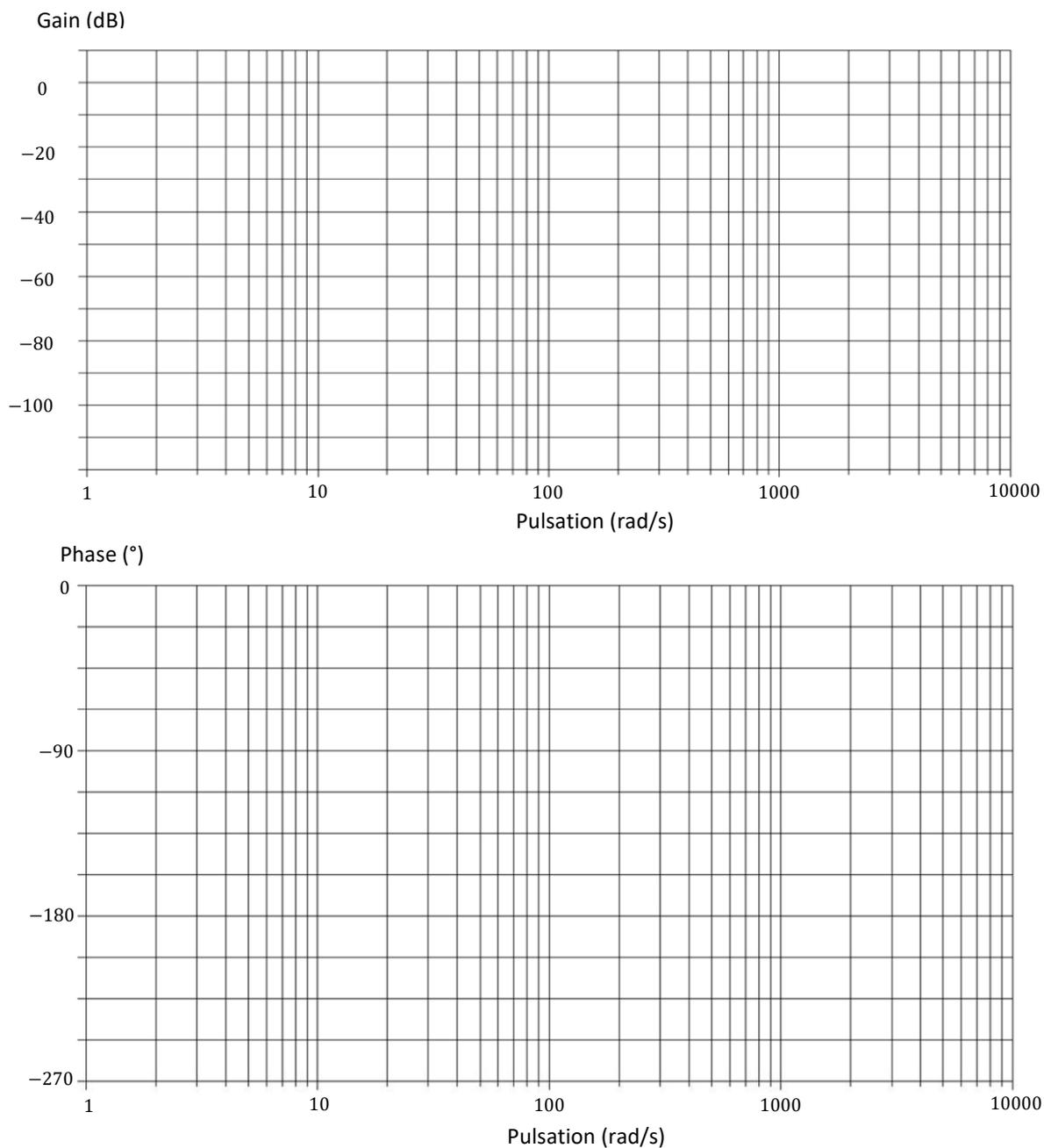
Dernière mise à jour 15/10/2020	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY TD3
------------------------------------	--------------------------------	-----------------------

## *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, en expliquant la démarche utilisée.**



Dernière mise à jour	Rapidité des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
15/10/2020		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**

On propose la simplification suivante :

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

**Question 10: Justifier cette approximation pour l'étude de la bande passante**

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

**Question 11: 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***

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

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 12: Tracer le plan des pôles de H**

**Question 13: 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 14: 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.