

Dernière mise à jour	Performances des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
06/04/2015		

Performances des systèmes asservis

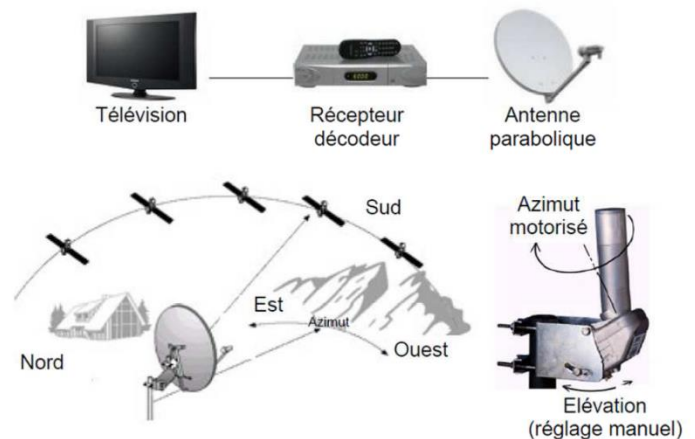
TD+=1

*Performances
Antenne parabolique*

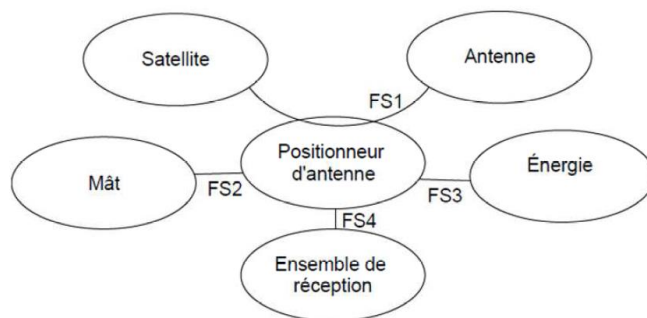
Programme - Compétences		
B228	Modéliser	<ul style="list-style-type: none"> · Pôles dominants et réduction de l'ordre du modèle ; · Performances et réglages ; · Précision d'un système asservi en régime permanent pour une entrée en échelon, une entrée en rampe, une entrée en accélération ; · Rapidité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

Dernière mise à jour	Performances des systèmes	Denis DEFAUCHY
06/04/2015	asservis	

La réception des chaînes de télévision par satellite nécessite un récepteur/décodeur et une antenne parabolique. Pour augmenter le nombre de chaînes reçues, l'antenne doit pouvoir s'orienter vers plusieurs satellites différents. Le satellite choisi dépend de la chaîne demandée. Tous les satellites de radiodiffusion sont situés sur l'orbite géostationnaire à 36000 km au-dessus de l'équateur. Le réglage de l'orientation de l'antenne ne nécessite donc qu'une seule rotation autour d'un axe appelé axe d'azimut.



Le cahier des charges partiel à satisfaire est fourni sur le diagramme pieuvre suivant :



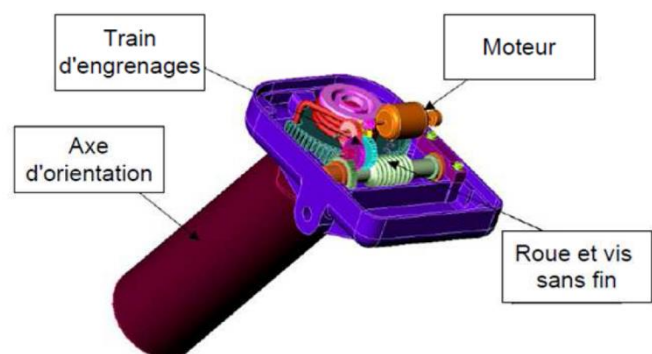
FS1 : orienter l'antenne vers un satellite présélectionné
 FS2 : se fixer sur le mât
 FS3 : s'adapter à l'énergie disponible
 FS4 : s'adapter aux normes de transmissions de l'ensemble de réception

Fonction	Critère	Niveau
FS1	Angle de rotation	$[-62^\circ ; 62^\circ]$
	Vitesse de rotation	$1,8^\circ/\text{s}$
	Ecart de positionnement	$\pm 0,1^\circ$
	Temps de réponse	Le plus faible
	Masse	$< 12 \text{ kg}$
	Diamètre	$< 100 \text{ cm}$

L'objectif de ce problème est la validation partielle des critères de la fonction de service FS1 du cahier des charges.

L'axe d'azimut utilise un dispositif de réduction de vitesse (engrenages et roue et vis sans fin). Si on note $\omega_a(t)$ la vitesse de rotation de l'axe d'orientation et $\omega_m(t)$ la vitesse de rotation du moteur, on a la relation suivante :

$$\frac{\omega_a(t)}{\omega_m(t)} = \frac{1}{N} = \frac{1}{23328}$$



Dernière mise à jour	Performances des systèmes	Denis DEFAUCHY
06/04/2015	asservis	

Etude du moteur

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

(1)	$u_m(t) = e_m(t) + R_m i_m(t) + L_m \frac{di_m(t)}{dt}$
(2)	$e_m(t) = K_e \omega_m(t)$
(3)	$c_m(t) = K_c i_m(t)$
(4)	$c_m(t) = J_m \frac{d\omega_m(t)}{dt}$

Avec :

- $u_m(t)$: Tension d'entrée aux bornes du moteur (V)
- $e_m(t)$: Force contre électromotrice (V)
- $i_m(t)$: Intensité (A)
- $\omega_m(t)$: Vitesse de rotation du moteur ($rad. s^{-1}$)
- $c_m(t)$: Couple moteur ($N. m$)
- J_m : Inertie équivalente en rotation de l'arbre moteur ($Kg. m^2$)
- R_m : Résistance électrique du moteur (9,1 Ω)
- L_m : Inductance du moteur (H)
- k_e : Constante de force contre-électromotrice ($0,022 V. rad^{-1}. s$)
- k_c : Constante de couple ($0,022 N. m. A^{-1}$)

Question 1: Exprimer ces équations dans le domaine de Laplace. Toutes les conditions initiales seront nulles, et considérées comme telles dans la suite de l'exercice.

Question 2: Réaliser le schéma bloc du moteur.

Question 3: Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$. Montrer que $H(p)$ peut se mettre sous la forme canonique d'un second ordre et déterminer les expressions littérales de ses coefficients en fonction des constantes fournies.

On note $\tau_e = \frac{L_m}{R_m}$ la constante de temps électrique du moteur, et $\tau_m = \frac{R_m J_m}{k_e k_c}$. On suppose que le temps d'établissement du courant est bien inférieur au temps de mise en mouvement de toute la mécanique, ce qui revient à dire que $\tau_e \ll \tau_m$.

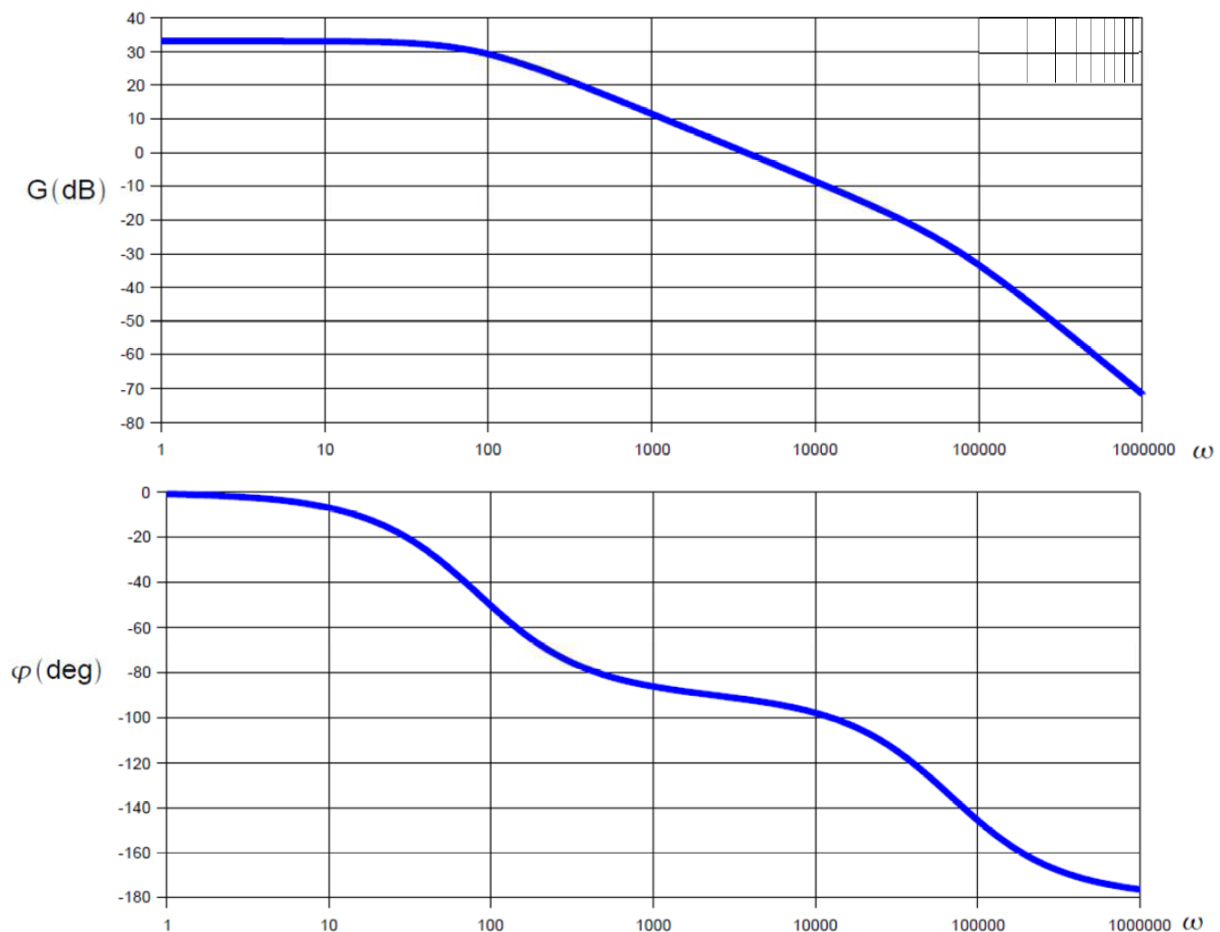
Question 4: Exprimer le coefficient d'amortissement du système en fonction de τ_e et τ_m .

Question 5: Conclure sachant que $\tau_e \ll \tau_m$

Question 6: Montrer alors que la fonction de transfert du moteur peut s'écrire $H(p) \approx \frac{K}{(1+\tau_e p)(1+\tau_m p)}$.

Dernière mise à jour	Performances des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
06/04/2015		

On donne les courbes des diagrammes de Bode de $H(p)$ ci-dessous :



Question 7: Tracer les asymptotes sur le tracé ci-dessus, identifier les constantes inconnues et préciser sur les diagrammes l'ensemble des caractéristiques connues à ce stade (pulsations, pentes, valeurs).

Question 8: Justifier à posteriori que $\tau_e \ll \tau_m$ et en déduire J_m et L_m .

On soumet le moteur à un échelon de tension U_0 : $u_m(t) = U_0 u(t)$.

Question 9: Justifier le fait que la fonction $\omega_m(t)$ aura une pente à l'origine horizontale.

Grâce à la propriété $\tau_e \ll \tau_m$, on approxime, dans toute la suite, la fonction $H(p)$ par $\frac{K}{1+\tau_m p}$.

Question 10: Justifier le fait que le moteur puisse être assimilé à un système du premier ordre pour étudier sa réponse indicielle

Question 11: Déterminer l'expression analytique de $\omega_m(t)$ en fonction de K , τ_m et U_0 .

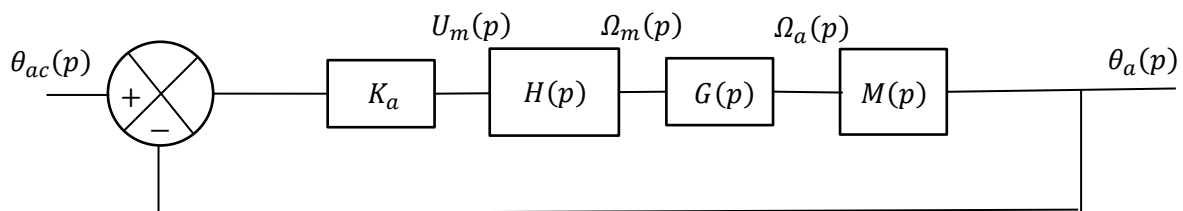
Dernière mise à jour	Performances des systèmes asservis	Denis DEFAUCHY
06/04/2015		

Indépendamment des résultats précédents, on prend pour la suite $\tau_m = 0,012 \text{ s}$ et $K = 45 \text{ rad.s}^{-1}.\text{V}^{-1}$. La tension nominale d'utilisation est $U_0 = 18 \text{ V}$.

Question 12: Montrer que le moteur n'excède pas sa valeur limite de rotation de 8000 tr.min^{-1} .

Schéma bloc du système

La chaîne d'asservissement complète est donnée sur le schéma bloc suivant (θ_{ac} est l'angle de consigne que l'on souhaite faire prendre à l'antenne, θ_a est l'angle réellement pris par l'antenne, défini par $\omega_a = \frac{d\theta_a}{dt}$, K_a est un gain constant).



Question 13: Déterminer l'expression de $G(p)$ et $M(p)$

Question 14: Déterminer la fonction de transfert $\frac{\theta_a(p)}{\theta_{ac}(p)}$, montrer que c'est une fonction du second ordre, et déterminer l'expression littérale de son gain K_T , de son coefficient d'amortissement z_T et de sa pulsation propre ω_{0T} .

Validation des performances

Question 15: Montrer que le système vérifie le critère d'écart de positionnement du cahier des charges.

Question 16: Déterminer K_a pour que le système puisse satisfaire le critère de temps de réponse du cahier des charges.