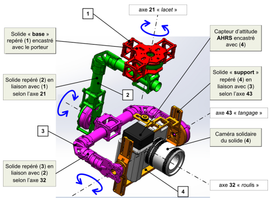
TD 1



Stabilisateur actif d'image ★

Mines Ponts 2018 – PSI

Savoirs et compétences :

Mise en situation

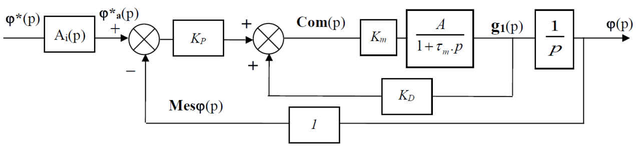
Objectif Suite à une sollicitation brève de $0{,}5\,\mathrm{m\,s^{-2}}$, l'amplitude des oscillations de la caméra ne doit pas dépasser les 0,5°.

Travail demandé

On considère un modèle de l'axe de tangage sans perturbation et qui reçoit des consignes assez rapides modélisées par des échelons. L'ensemble {moteur, charge} ne présente pas de réducteur. Il est modélisé par un ensemble en série de deux fonctions de transfert :

- un gain pur de valeur K_m ;
- une fonction de transfert du premier ordre de gain statique A et de constante de temps τ_m.

Cet ensemble présente comme entrée la commande du moteur $Com(t)$ et comme sortie la vitesse angulaire de rotation du moteur $\omega_m(t)$. Le réglage retenu est tel que $K_m A = 1$. Le retour K_D agit par un sommateur.



Modèle 1 de l'axe de tangage

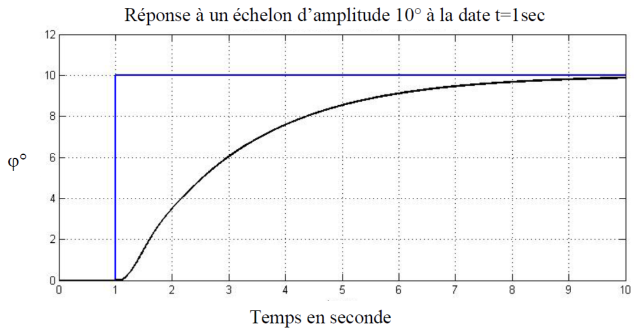
Question 1 *Avec $K_m A = 1$, calculer la fonction de transfert en boucle ouverte (FTBO) et la fonction de transfert en boucle fermée (FTBF) du schéma (modèle 1).*

Dans un premier temps en mode pilotage, on s'intéresse au comportement de l'axe de tangage sans le filtre passe bas : $A_1(p) = 1$.

Question 2 *Quelle est la valeur maximale de K_D pour que la commande de l'axe de tangage soit strictement stable ? Préciser le(s) critère(s) de stabilité appliqué(s).*

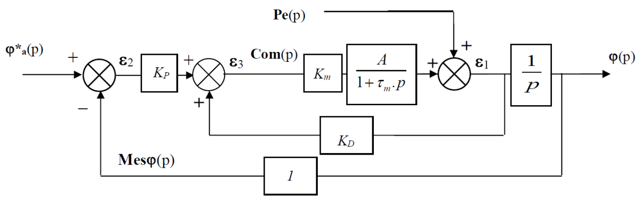
En accord avec les résultats précédents, on fixe $K_D = 0{,}5$ et $\tau_m = 0{,}2\,\mathrm{s}$. Dans un premier temps on impose $K_P = 10\,\mathrm{s^{-1}}$.

La figure temporelle ci-dessous propose une réponse du système avec un filtre passe bas de constante de temps 2 secondes et de gain égal à 1 [i=3].



Question 3 *Montrer que le comportement est alors compatible avec l'exigence 1.12 « Maîtriser les déplacements » : « les mouvements de caméra doivent être réalisés avec départ rapide et arrivée lente sans aucun dépassement ».*

Dans un second temps on se place en mode stabilisation. On s'intéresse toujours au comportement de l'axe de tangage mais sans le filtre passe bas ($A_1(p) = 1$). On considère ici que la consigne est constante donc $\varphi_a^*(t) = 0$. Une perturbation $Pe(p)$ agit au niveau de l'ensemble (moteur, charge) modélisée sur le schéma bloc (Modèle 2). On appelle $Com(p)$ la transformée de Laplace de la commande du moteur $com(t)$.



Modèle 2 de l'axe de tangage

Question 4 *Avec le « modèle 2 » calculer la fonction de transfert qui lie la commande du Stab$(p) = \dfrac{Com(p)}{Pe(p)}$ qui lie à la perturbation. Conseil de résolution : calculer ε_1 en fonction de Pe(p), Com(p) et des fonctions de transfert utiles, puis calculer ε_2 en fonction de ε_1 et des fonctions de transfert utiles, puis ε_3 en fonction de ε_1, ε_2 et des fonctions de transfert utiles et enfin en déduire Stab$(p) = \dfrac{Com(p)}{Pe(p)}$.*

Question 5 *Avec le modèle 2 et une entrée Pe(p) échelon unitaire, déterminer la limite quand t tend vers l'infini* *de la commande : $com(t)$. Quel sens physique donner à ce résultat ?*

Question 6 *Avec le modèle 2 déterminer la FTBO $\dfrac{Mes\varphi(p)}{\varepsilon_2(p)}$ de ce schéma puis calculer la fonction de transfert liant la perturbation et la sortie $Pert(p) = \dfrac{\varphi(p)}{\varepsilon_2(p)}$ de ce schéma puis calculer la fonction de transfert liant la perturbation et la sortie $Pert(p) = \dfrac{\varphi(p)}{Pe(p)}$.*

Question 7 *Déterminer la valeur lorsque t tend vers l'infini de la réponse temporelle de ce système à une perturbation de type échelon unitaire. Quel sens physique donner à ce résultat ?*

Question 8 *On désire une marge de gain de $M_G \geq 5\,\text{dB}$ et une marge de phase $M\varphi \geq 20°$ (OU 40 ?) (exigence 1.14 « Stabilité de la commande »). Déterminer la valeur maximale de K_P en utilisant les données ci-dessous.*

ω(rad/s)	1	2,5	5	7	10
$Arg\left(\dfrac{1}{j.\omega}.\dfrac{2}{(1+0.4.j.\omega)}\right)$	-112°	-135°	-153°	-160°	-166°
$20.\log\left\lvert\dfrac{1}{j.\omega}.\dfrac{2}{(1+0.4.j.\omega)}\right\rvert$	5,4 dB	3 dB	-1 dB	-3 dB	-6.2 dB

Le document réponse présente la réponse temporelle de l'axe de tangage à une perturbation sinusoïdale (due par exemple au vent qui crée un balancement de la GYRCAM).

Question 9 *Analyser ce tracé par rapport à l'exigence 1.13 « Perturbations » du DOCUMENT D5-a et justifier le tracé de Com(t) relativement à Pe(t) en utilisant le résultat de la question 28****.*

Afin d'améliorer le comportement, un autre réglage a été effectué, ce qui donne sur le document réponse un nouveau tracé.

Question 10 *Analyser comparativement ce nouveau tracé. Quel(s) réglage(s) ont été fait(s) ? Quelle est l'amélioration principale obtenue ?*

Éléments de corrigé

1. .
2. .