



UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté de génie

Département de génie électrique et génie informatique

CONCEPTION D'ASSERVISSEMENTS ANALOGIQUES

APP 5

Présenté à :

Jean-Baptiste Michaud

Présenté par :

Hubert Dubé - dubh3401

Gabriel Lavoie - lavg2007

Sherbrooke

15 novembre 2019

Table des matières

1	Introduction	1
2	Procédure de conception systématique	1
3	Design du télescope A	1
3.1	Azimut	1
3.1.1	Design initial	1
3.1.2	Iterations	3
3.1.3	Conformité	4
3.1.4	Validation de la trajectoire de référence	4
3.2	Élévation	4
3.2.1	Design initial	4
3.2.2	Iterations	4
3.2.3	Conformité	4
3.2.4	Validation de la trajectoire de référence	4
4	Design du télescope B	4
4.1	Azimut	4
4.1.1	Design initial	4
4.1.2	Iterations	4
4.1.3	Conformité	4
4.1.4	Validation de la trajectoire de référence	4
4.2	Élévation	4
4.2.1	Design initial	4
4.2.2	Iterations	4
4.2.3	Conformité	4
4.2.4	Validation de la trajectoire de référence	4
5	Conclusion	4

Table des figures

1	comparaison des réponses en fréquence	3
---	---	---

1 Introduction

2 Procédure de conception systématique

3 Design du télescope A

3.1 Azimut

3.1.1 Design initial

Le début de la conception est de déterminer la position des pôles désirés. Ceux-ci représentent les emplacements par lesquels le lieu des racines devra passer afin de satisfaire les demandes de design du client. Cette partie est faite dans le document *trad_specs.m*. Les caractéristiques d'équations de système d'ordre 2 standards y sont déterminées, soit ζ et ω_n . À partir du critère de dépassement maximal, ζ est calculé à 0.4037. Il y a par contre plusieurs valeurs de ω_n possibles, ce qui demande de vérifier lequel sera le plus approprié au contexte présent. Dans notre cas, le ω_n de 11.1484 est lui à choisir, car il est le plus grand, ce qui permettra l'atteinte de tous les autres critères de design (prendre le ω_n le plus grand assure de respecter tous les temps de montée). Ainsi, les pôles désirés sont :

$$s^* = -4.5008 \pm 10.1995i$$

Ensuite, il est possible de déterminer le type de compensation désiré. En affichant la réponse à un échelon ou direct avec delta phi??, il est clair que la réponse transitoire du système doit être améliorée. Pour ce faire, un compensateur par avance de phase doit être utilisé afin de réduire la réponse en haute fréquence qui correspond à la section transitoire. La technique de la bissectrice sera utilisée de la manière suivante : Avancer la phase implique de stabiliser le système et donc de le tirer vers la droite sur le lieu des racines. Le calcul de $\Delta\phi$ permet de déterminer quel changement doit être appliqué à la phase pour la réduire à celle d'un système à phase minimale.

$$\Delta\phi = -180 - \langle G(s)|_{s=s^*} \rangle$$

$$\Delta\phi = 73.0918^\circ$$

Comme la phase à compenser est positive, il est évident qu'une compensation par avance de phase est à faire. Les valeurs du zéro et du pôle sont ensuite déterminées à partir de ce changement à appliquer. Le gain à compenser est calculé en fonction du positionnement du zéro et du pôle sur l'axe réel et du gain de la fonction à compenser.

$$AvPh = k_a \frac{s - z}{s - p}$$

$$k_a = \frac{1}{AvPh|_{s=s^*} \cdot |G(s^*)|}$$

$$AvPh_1 = 11.5353 \cdot \frac{s + 3.8857}{s - 31.9861}$$

mettre le resultat de l'ajout du AvPh

mettre lieu de bode

3.1.2 Design final

L'ajout de ce dernier compensateur améliore le régime transitoire, mais ne permet pas de répondre aux spécifications de sécurité. Un autre compensateur d'avancement de phase est donc nécessaire pour respecter le marge de retard acceptable. Une approche par la méthode de bode doit être utilisée, car les spécifications sont dans le domaine fréquentiel. La marge de phase désirée est calculée à la fréquence de traverse en gain afin de déterminer par combien la phase du système doit être augmentée. Le gain permettant la traverse en fréquence doit rester le même **parce que.....**, le K^* est donc de 1. La marge de phase nécessaire est

$$TM = \frac{PM^*}{\omega_n} \cdot \frac{\pi}{180}$$
$$PM^* = 52.8378^\circ$$

On obtient donc la phase à compenser

$$\Delta\phi = PM^* - PM$$
$$\Delta\phi = 20.6660^\circ$$

Où PM est la marge de phase du système à corriger (système corrigé seulement par le premier AvPh). En utilisant les formules de la page 28 du chapitre 7 des notes de Jean de LaFontaine, le compensateur suivant est obtenu

$$AvPh = k_a \frac{s - z}{s - p}$$
$$k_a = \frac{K^*}{\left| \frac{s - z}{s - p} \right|}$$
$$AvPh_2 = 1.3933 \cdot \frac{s + 6.6186}{s + 12.8493}$$

Où k_a est le gain à appliquer au filtre pour enlever l'impacte qu'il aurait sur la fréquence de traverse en fréquence.

Comme il est possible de le voir sur les dernières figures () et () il reste une bonne quantité de raie dans le système en azimuth. Pour réduire, voire éliminer ce phénomène, un filtre coupe bande est utilisé directement dans la boucle ouverte. La fréquence de coupure de celui-ci est déterminée par la fréquence du pic dans le lieu de bode () et une largeur de 12 rad par seconde est utilisée afin de minimiser l'impacte général du coupe bande sur le reste du système. Le coupe bande obtenu est donc :

$$H(s) = \frac{s^2 - 54.8^2}{s^2 + 12s + 54.8^2}$$

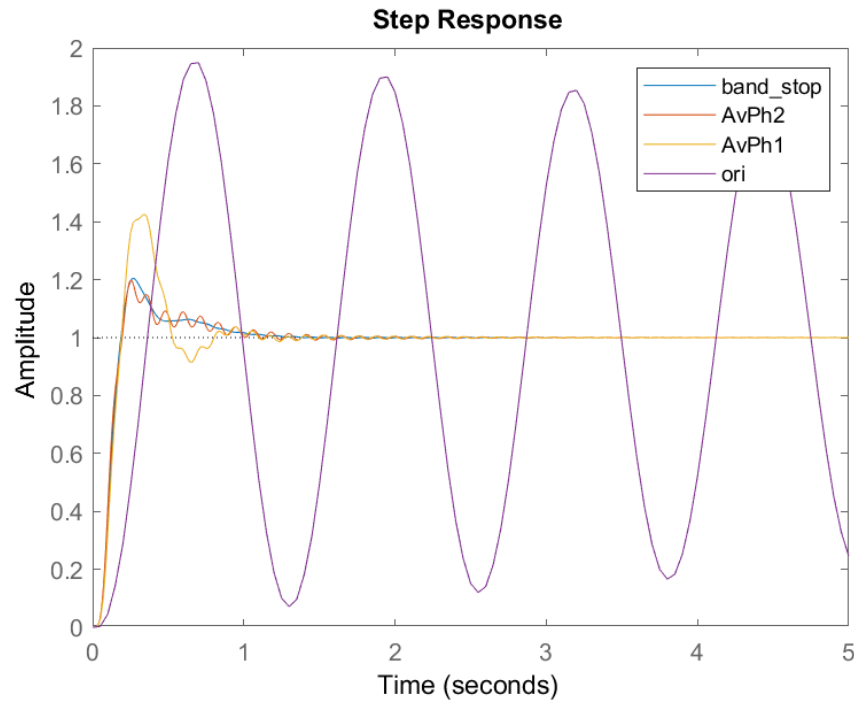


FIGURE 1 – comparaison des réponses en fréquence

La figure 1 montre bien l'effet de l'ajout des compensateurs d'avance de phase et du coupe bande, mais les calculs de temps de montée, de dépassement maximal et de stabilisation montrent les défauts restants après toutes les corrections ajoutées précédemment. En effet, la marge de retard n'est pas plus grande que 0.1. Pour rectifier cette situation, il a suffi d'ajouter une petite surcompensation, trouvée par itération, initialement au $\Delta\phi$ du premier compensateur afin de prévenir le retard de phase créé par l'ajout du coupe bande. Une fois cette dernière modification faite, les résultats finaux sont obtenus et seront évalués dans la section 3.1.4. Comme il y a beaucoup d'ajout de compensateur et de filtre entre les spécifications initiales et le résultat final, il est normal d'avoir à faire un ajustement itératif à la fin du processus de design. L'ajout de plusieurs filtres en cascade vient modifier légèrement les résultats obtenus précédemment et les calculs pour prédire chacun des changements prendrait beaucoup plus de temps que de seulement itérer sur quelques valeurs précises. Une fois les itérations faites, voici la fonction de transfert du deuxième compensateur d'avance de phase.

$$AvPh_2 = 1.4459 \cdot \frac{s + 6.3777}{s + 13.3346}$$

mettre résultat final

3.1.3 Conformité

3.1.4 Validation de la trajectoire de référence

En conclusion de la figure (), le système répond très bien aux consignes demandées par la trajectoire. Certains petits pic ou renflement sont visible, mais les valeurs de ceux-ci sont cohérente avec les valeurs d'erreur en régime permanent et en fonction des disparités dans les régimes transitoires. Comme l'allure générales de la trajectoire obtenue est bonne, il est acceptable de regarder la valeur du coefficient de corrélation. Celui-ci est de 0.9998, ce qui indique que la réponse représente très bien la consigne.

3.2 Élévation

La réponse à l'échelon du système en élévation répond sensiblement de la même façon que lui en azimut, comme le montre la figure ()

mettre la rep ech EL

Encore une fois, le régime transitoire est à corriger étant donné la très longue oscillation. Pour ce faire, un compensateur en avance de phase sera utilisé, de manière à tirer le lieu des racines vers la gauche, et donc de stabiliser la fonction de transfert. La technique de la bissectrice est encore une fois utilisé et les pôles désirés sont les mêmes que pour le système en azimut, car les mêmes spécifications de design sont utilisés. En appliquant le même calcul que pour le $\Delta\phi$ en azimut, les résultats suivants sont obtenus :

$$\Delta\phi = 74.4336^\circ$$

et la fonction de transfert résultante est :

$$AvPh_{EL} = 12.1850 \cdot \frac{s + 3.7657}{s + 33.0051}$$

mettre le resultat de l'ajout du AvPh

mettre lieu de bode

Bien que le régime transitoire soit très bien, il est impossible pour l'instant de satisfaire les normes d'erreur à une parabole unitaire, car le système présent n'est qu'un classe 1 et donc avec un erreur infini. Pour régler ce problème, un autre compensateur devra être utilisé.

3.2.1 Design initial

3.2.2 Iterations

3.2.3 Conformité

3.2.4 Validation de la trajectoire de référence

4 Design du télescope B

4.1 Azimut

4.1.1 Design initial

4.1.2 Iterations

4.1.3 Conformité

4.1.4 Validation de la trajectoire de référence

4.2 Élévation

4.2.1 Design initial

4.2.2 Iterations

4.2.3 Conformité

4.2.4 Validation de la trajectoire de référence

5 Conclusion