

**Session S5**

**Unité APP 5e**

# **Conception d'asservissements**

**Examen formatif**

**Département de génie électrique et de génie informatique  
Faculté de génie  
Université de Sherbrooke**

**Automne 2024**

**Tous droits réservés © 1933-2024 Département de génie électrique et de génie informatique.  
Université de Sherbrooke**

**Problème 1**

	Vrai	Faux
1. Un système en boucle ouverte d'ordre 2 dont tous les pôles ont une partie réelle négative et auquel on ajoute un compensateur de type PD peut devenir instable en boucle fermée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Pour un système en boucle ouverte d'ordre 2, l'ajout d'un compensateur de type proportionnel-intégral (PI) peut rendre le système instable en boucle fermée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Il est possible d'augmenter la marge de phase d'un système avec l'ajout d'un compensateur sans changer l'amortissement de sa réponse temporelle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. L'utilisation principale d'un compensateur avance de phase est d'améliorer le régime permanent de la réponse temporelle d'un système sans changer son régime transitoire.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Il est possible d'améliorer significativement le dépassement maximal et le temps de stabilisation d'un système avec un compensateur retard de phase.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Le principe de design d'un compensateur retard de phase est de placer les zéros et pôles du compensateur très près les uns des autres de façon à ne pas détériorer les performances en régime transitoire de la réponse temporelle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Un compensateur qui augmente la fréquence de traverse en gain de la réponse fréquentielle contribue aussi à augmenter la bande passante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Un système qui a un amortissement de sa réponse temporelle de 0.6 a une marge de phase près de 60 deg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Un système ayant une marge de gain de 3dB et une marge de phase de 50 deg est stable.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Un système ayant une phase de $-60$ deg à la fréquence de traverse en gain est stable.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Un compensateur de type PD est un cas particulier du compensateur avance de phase lorsque le pôle est positionné à 0.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Un compensateur de type PD amplifie généralement le bruit dans un système.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Un compensateur de type PI est aussi un filtre passe haut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Un simple compensateur proportionnel peut être utilisé pour augmenter la marge de phase d'un système.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Un des avantages de la conception avec le diagramme de Bode est qu'un modèle analytique du système à asservir n'est pas nécessaire.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Problème 2

Le système en boucle ouverte ci-dessous est asservi avec un retour de gain unitaire et un compensateur en cascade.

$$G(s) = \frac{1}{(s+2)^2(s+3)}$$

- Calculer la position des pôles dominants pour avoir temps de stabilisation à 2% de 1.6 seconde et un dépassement maximum de 25%.
- Si un compensateur AvPh avec un zéro à  $-1$  est utilisé pour satisfaire les conditions (a), quelle devrait être la contribution angulaire du pôle du compensateur.
- Calculer la position du pôle du compensateur.
- Calculer la valeur du gain du compensateur et donner la FT du compensateur.
- Avec rlocus, vérifier la position obtenue des pôles en boucle fermée du système compensé.
- Avec une simulation en boucle fermée, vérifier si les spécifications sont rencontrées. Est-ce que l'approximation de second ordre est valide?
- \*\*\* L'avance de phase requise est plutôt élevée. Refaire le problème avec un double AvPh avec les deux zéros à  $-1$ .

## Problème 3

Un système asservi à retour unitaire a pour fonction de transfert en boucle ouverte :

$$G(s) = \frac{1}{s(s+5)(s+11)}$$

- Un asservissement de type proportionnel de gain  $K_p = 218.7$  a initialement été conçu. Calculer les performances de cet asservissement : pôles en boucle fermée, dépassement maximum  $M_p$ , temps de stabilisation à 2%  $t_s$  (mode dominant) et erreur en régime permanent pour une entrée rampe unitaire.
- Cette performance n'est pas acceptable. Concevoir un compensateur AvPh et un compensateur RePh en cascade pour réduire le temps de stabilisation et le dépassement maximum d'un facteur 2 et réduire l'erreur en régime permanent d'un facteur 10. Utiliser un facteur  $F = 10$  pour le placement du zéro du RePh.
- Refaire le RePh mais avec cette fois un facteur  $F = 2$  pour placer son zéro. Comparer le graphique du lieu des racines et de l'erreur à la rampe pour  $F = 10$  et  $F = 2$  et observer la dégradation dans un cas et l'amélioration dans l'autre.

### Problème 4

Un système asservi à retour unitaire a pour fonction de transfert en boucle ouverte :

$$G(s) = \frac{1}{s(s+8)(s+30)}$$

Les spécifications du client sont les suivantes :

- Temps du premier pic = 0.4s
- Dépassement maximum à l'échelon inférieur à 10%
- Erreur à une rampe unitaire de 0.05.

Traduire ces spécifications en termes de marge de phase désirée et fréquence de traverse en gain désirée. Déterminer la fonction de transfert des compensateurs AvPh et RePh en cascade qui rencontrent ces exigences à l'aide d'une conception dans le domaine fréquentiel. Vérifier si les spécifications originales sont rencontrées.

### Problème 5

Pour le système en boucle ouverte :

$$G(s) = \frac{s^2 + 2s + 1}{s^4 + 2s^3 + 2s^2 + s}$$

calculer un compensateur AvPh et un RePh en cascade qui permet d'obtenir une erreur en régime permanent de 0.005 pour une entrée rampe unitaire, une marge de phase d'au moins 60 degrés et une bande passante de 20 rad/s. Prévoir une marge dans l'AvPh en prévision de la perte de phase avec le RePh pour obtenir la marge de phase désirée avec le design final.

### Problème 6

Pour le système en boucle ouverte:

$$G(s) = \frac{s^2 + 2s + 1}{s^4 + 2s^3 + 2s^2 + s}$$

calculer un compensateur AvPh et un RePh en cascade qui permet d'obtenir une erreur en régime permanent de 0.005 pour une entrée rampe unitaire, un dépassement de 10% et un temps de stabilisation de 1 seconde.

\*\*\* Refaire l'AvPh avec une surcompensation pour obtenir les pôles désirés suite à l'ajout du RePh.

### Problème 7

Un système asservi à retour unitaire a pour fonction de transfert en boucle ouverte :

$$G(s) = \frac{1}{s(s+8)(s+30)}$$

En asservissant ce système avec un compensateur proportionnel de gain  $K = 1075$ , on obtient les performances désirées en régime transitoire et en réponse fréquentielle. Cependant, on désire obtenir une erreur en régime permanent de 0.5 pour une entrée parabolique.

- (a) Calculer les pôles en boucle fermée et la fréquence de traverse en gain obtenus avec le compensateur proportionnel.
- (b) Avec le lieu des racines, faire un compensateur PI en cascade au compensateur P qui rencontre l'erreur en régime permanent tout en maintenant approximativement les pôles en boucle fermée. Comparer le lieu des racines original (avec le P) avec le lieu final (avec le P + PI).
- (c) Avec le diagramme de Bode, faire un compensateur PI en cascade au compensateur P qui rencontre l'erreur en régime permanent tout en maintenant approximativement la fréquence de traverse en gain. Comparer le diagramme de Bode original (avec le P) avec le lieu final (avec le P + PI).