

Questions orales automatiques

Question 1

« Ma première était un régulateur ($d = k_p (1 + T_i p) / (T_i p)$, si je me rappelle bien) il fallait dire quel régulateur c'était et après le mettre en variables d'état (via un schéma bloc je crois) et après il y avait un autre système que j'ai du mettre en série avec le régulateur et aussi donner les fonctions variables d'état finales et sous forme des matrices et je devais discuter la gouvernabilité. Il a posé des petites questions (j'avais par exemple pas de matrice A pour mon régulateur, et il demandait pourquoi (je sais plus trop bien exactement mais c'était le lien que je devais faire avec la réalisation minimale et les valeurs propres) »

Question 2

« La deuxième j'ai du écrire l'équation pour un avance de phase et démontrer pq c'est avance (le truc avec l'angle qui est positif) après je devais le transformer en numérique (avec la méthode de Tustin là, simplement la formule en z au lieu de p) et j'ai du établir l'équation récurrente en k. tout vraiment pas si compliqué. Aussi j'ai du écrire la boucle de régulation numérique et il m'a demandé quoi représentaient les différents éléments sur le régulateur que j'ai eu au labo. »

Question 3

Soit le régulateur suivant : $D(p) = K_p (1 + p T_i) / (p T_i)$

- a) Quel type de régulateur est-ce ?
- b) Donnez la description en variable d'état.
- c) Soit un système de 1er ordre dont sa description en variable d'état est la suivante :
 $\frac{dx}{dt} = a x + b u$

$y = x$ où a, b appartiennent à l'ensemble réel positif.

Donnez la description en variable d'état du système lors de la mise en série avec le régulateur.

- d) Que peut-on dire de la gouvernabilité du système obtenue au point c)

Question 4

Soit le régulateur PID : $D(p) = K_p + (K_i/p) + (p K_d) / (p T_f + 1)$

- a) Définissez chaque terme et leur rôle
- b) Faire la tracé asymptotique des courbes de Bode du régulateur dérivé.
- c) Soit une boucle fermée à rétroaction unitaire composée d'un système réglée $G(p)$ et du régulateur $D(p)$. Comment pouvez-vous évaluer la bande passante ?
- d) Faites le schéma bloc de la boucle fermée en tenant compte des bruits de mesure. Déterminer la fonction de transfert entre le bruit de mesure et du signal réglé.

Question 5

On considère le système décrit par la représentation en variables d'état suivante :

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}$$

Sous quelle condition ce système est-il asymptotiquement stable ?

Déterminez la fonction de transfert du système

Ce système est-il observable ? Dans la négative, quelle est la valeur propre inobservable ?

Question 6

On donne les réponses indicielles d'un système en boucle fermée à rétroaction unitaire pour deux valeurs de gain différentes, ainsi que le lieu d'Evans associé à ce système.

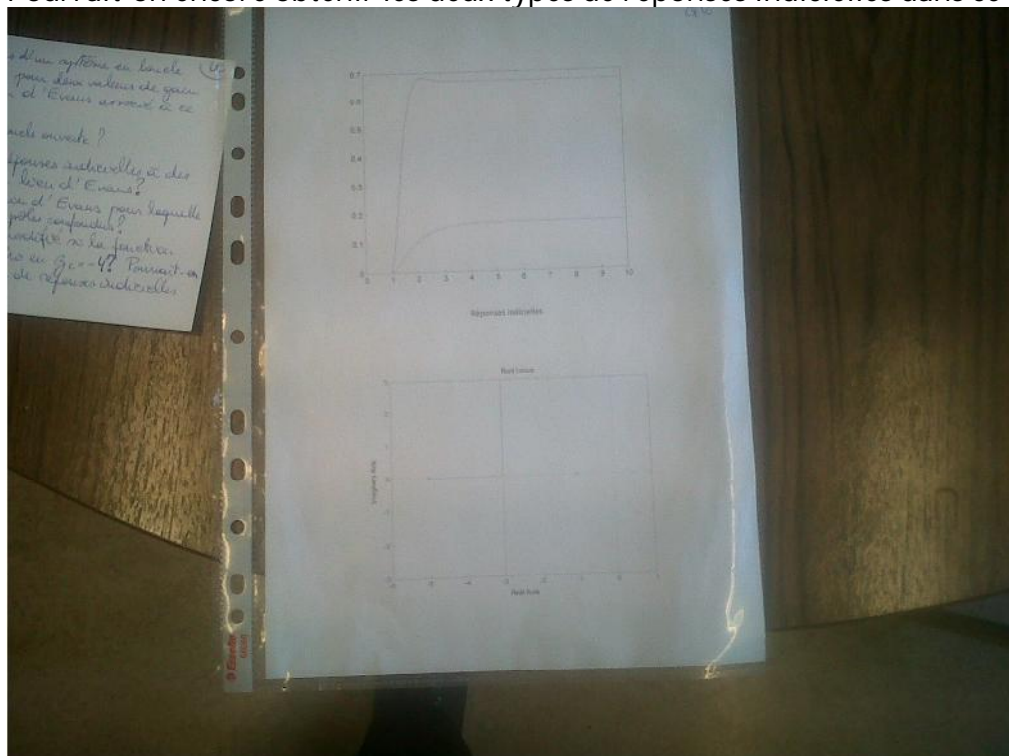
Quels sont les pôles de la boucle ouverte ?

Pouvez-vous associer les réponses indicielles à des segments spécifiques du lieu d'Evans ?

Quelle est la valeur du gain d'Evans pour laquelle la boucle fermée possède des pôles confondus ?

Comment le lieu serait-il modifié si la fonction de transfert possédait un zéro en $z_c = -4$?

Pourrait-on encore obtenir les deux types de réponses indicielles dans ce cas ?



Question 7

Soit la fonction de transfert $G(p) = (b_0 + b_1 p) / (p^2 + a_1 p + a_0)$ où b_0, b_1, a_1, a_0 appartiennent à \mathbb{R}^+ . On suppose qu'il n'existe pas de simplification pôle zéro (pas de zéro/pôle communs).

a) Écrivez les équations en variables d'état.

Il faut utiliser le schéma fonctionnel avec les intégrateurs et retrouver les équations décrites en variables d'état).

Questions subsidiaires :

- À partir des valeurs de la matrice A, comment savoir si le système est stable/instable.

Deux réponses : on calcule les valeurs propres et leur partie réelle est négative ou alors on calcule les zéros du polynôme caractéristique et leur partie réelle est négative -> système de la BO stable.

- Qu'est-ce qu'un système asymptotiquement stable (variables d'état bornées pour toute entrée bornée)

b) Soit un régulateur proportionnel à réaction unitaire. Calculez les valeurs de k_p telles que le système en boucle fermée est stable.

Il faut utiliser la table de Routh, et voir que la première colonne est positive pour tout paramètre k_p .

Questions subsidiaires :

- Calculer la fonction de transfert pour une perturbation (la perturbation est une perturbation de mesure d'entrée).

Il suffit de faire $-k_p G / (1 + k_p G)$ et ensuite il demande si on peut avoir une sortie telle qu'elle suit parfaitement la référence et rejette les bruits de mesure. Ce n'est pas possible, car il faut d'un côté un k_p infini et de l'autre un k_p nul. Donc le compromis c'est d'utiliser un filtre passe-haut pour rejeter les bruits de mesure (qui sont situés à hautes fréquences).

Question 8

- Écrire la forme générique d'un régulateur à avance de phase et justifier.

On met la fonction de transfert $D(p)$ sous la forme $k_p(1+pT)/(1+pT\alpha)$ et on discute en fonction de la valeur de α pour avoir $\arg(D(j\omega))$ positif.

- Écrire l'approximation discrète $D_c(z)$ de la fonction $D(p)$

- En déduire l'équation de récursivité

Là il faut utiliser Tustin et poser $p = 2/T_s((z-1)/(z+1))$

- Dessiner le schéma bloc d'un régulateur numérique

Questions subsidiaires :

- À quoi sert le régulateur à avance de phase

Il sert à augmenter la marge de phase (il faut tout expliquer avec Nyquist)

- Il va prendre le schéma bloc et poser quelques questions dessus : quelle est la nature du signal à cet endroit (numérique/analogique, discret), bien savoir si on est en binaire ou pas, et décrire ce qu'on a à la sortie du convertisseur numérique/analogique (on maintient le signal grâce à un extrapolateur -> signal carré).

Question 9

Soit le système en variables d'état :

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

avec $A = [\alpha \ 0 ; \beta \ -1] \mid B = [0 \ 1] \mid C = [1 \ 1] \mid D = 0$

et α et β sont réels

- a) Quelles sont les conditions pour que le système soit asymptotiquement stable ?
- b) Est-ce que le système est observable ? Si non, à quelle valeur propre est associée l'inobservabilité ?
- c) Est-ce que le système est gouvernable ? Si non, à quelle valeur propre est associée l'ingouvernabilité ?

Question subsidiaire : Que peut-on dire du dénominateur de la fonction de transfert du système ?

Question 10

Soit un système réglé $G(p) = 2/p^*(p+1)''$ et un régulateur $D(p) = k_p$

On considère le régulateur et le système réglé dans une rétroaction unitaire.

- a) Esquissez le lieu des pôles de la boucle fermée
- b) Indiquez comment trouver le(s) point(s) d'arrivée et/ou de départ du lieu sur l'axe réel
- c) Déterminez les points d'intersection du lieu avec l'axe imaginaire
- d) Le k_p qu'on utilise vaut k_{po} . Quelle est la marge de gain de la boucle fermée ?

Question subsidiaire : Quelle est l'erreur statique du système vis-à-vis d'une entrée en échelon ? et vis-à-vis d'une perturbation en échelon ?

Question 11

La question sur le réservoir où il donne une équation. Il faut donner les états d'équilibre du système, linéariser l'équation, donner la forme finale autour d'un point d'équilibre avec tous les termes en tildes. Ensuite il faut donner la fonction de transfert et tracer la réponse indicielle (théorème de la valeur finale + initiale).

Question 12

Il donne les courbes de Bode de la boucle ouverte. Il demande d'esquisser la courbe de Nyquist. A partir des courbes de Bode, donner la marge de gain et phase. A partir du paramètre k_p du régulateur proportionnelle, discuter le nombre de pôles instables de la boucle fermée.

Question 13 :

a) On donne $G(p) : A_0 \cdot (\omega_n)^2 / (p^2 + 2 \cdot k \cdot \omega_n \cdot p + (\omega_n)^2)$

Déterminer la réponse indicielle de ce système en fonction de la position des pôles dans le plan complexe. Justifier.

b) On donne $G(p) = A_0 / ((1 + pT_1) \cdot (1 + pT_2))$ dont la réponse indicielle est $s(t) \rightarrow$ Déduire la réponse indicielle du système $G_1(p) = A_0 \cdot (1 + p \cdot T_z) / ((1 + pT_1) \cdot (1 + pT_2))$

Question 14 :

On donne les courbes de Bode en BO d'un système réglé réglé au moyen d'un régulateur proportionnel $D(p) = 3$ & $G(p) = 1 / ((0.5p+1) \cdot (p+1) \cdot (2p+1))$

a) Calculer la MP et MG.

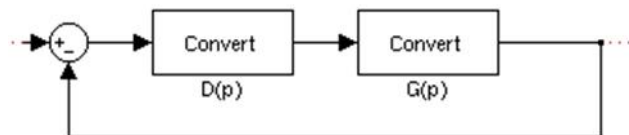
b) Quel régulateur faut-il employer pour assurer une erreur statique inférieure à 10% sans modifier la MP.

c) Donnez la fonction de transfert d'un régulateur à retard de phase.

d) Choisir le gain k du régulateur à retard de phase de sorte que la question b) soit satisfaite.

Question 15

On considère la boucle fermée à rétroaction unitaire suivante



où $G(p) = \frac{A_0}{p(p+a)}$, $A_0, a \in \mathbb{R}^+$

On souhaite concevoir un régulateur pour que le système en boucle fermée se comporte comme un système du deuxième ordre décrit par :

$$T(p) = \frac{\omega_n^2}{p^2 + 2\zeta\omega_n p + \omega_n^2}$$

dont les caractéristiques sont les suivantes :

Temps de montée 1s

Facteur d'amortissement : 0,707

Déterminez la région du plan complexe dans laquelle doivent se trouver les pôles de $T(p)$ pour vérifier les exigences.

Esquissez la réponse indicielle de $T(p)$; précisez sa pente en $t=0$ et la valeur pour laquelle elle tend quand t tend vers l'infini.

Peut-on obtenir le comportement souhaité pour la boucle fermée si l'on choisit $D(p)=kp$ (régulateur proportionnel) ? Justifiez votre réponse.

Question 16

$$D(p) = kp, G(p) = 1/(p+1)(p+2)(p+3)$$

Soit R la référence, Y le signal réglé et U le signal entre D et G

- a) Déterminer les valeurs de k_p telle que la boucle fermée est stable
- b) En supposant k_p choisi tel que la boucle fermée est stable, trouver la limite pour t tendant vers l'infini de $y(t)$ pour une référence du type $\alpha \cdot u(t)$ avec $\alpha > 0$
- c) calculer la fonction de transfert entre U et R

a) On calcule la $H(p)$ de la boucle fermée, on trouve le polynôme caractéristique et on applique le critère de Routh.

Question subsidiaire: Pouvez-vous vérifier le résultat par un autre moyen?

Oui, par exemple en traçant le lieu d'Evans.

b) Utiliser le théorème de la valeur finale.

Questions subsidiaire:

Que se passe-t-il dans $G(p)$, on remplace la $(p+1)$ par p ?

Alors il y a un pôle à l'origine et $y(t)$ tend vers α (càd la référence).

Que se passe-t-il si on rajoute une perturbation entre D et D, du même type que $y(t)$, toujours dans le cas où on a remplacé $p+1$ par p ?

La réponse à la perturbation vaut alors α/k_p .

Comment supprimer cette perturbation ?

En introduisant un pôle à l'origine dans le régulateur (intégrateur)

c) $U/R = kp/(1 + kp * G)$

Questions subsidiaire:

Donner la réponse à une entrée du type $A \cdot \sin(\omega_0 t)$

$$\Rightarrow A * |H(j\omega_0)| * \sin(\omega_0 t + \arg(H(j\omega_0)))$$

Comment calculer l'argument de H ?

$$\arctg(\text{Re} / \text{Im})$$

Question 17

On donne le tracé du lieu d'Evans réalisé pour $G(p) = (p+2)/(p''+p)$ et $D(p) = kp * (p+2)/(p+10)$

- a) De quel type de régulateur s'agit-il?
- b) Donner la méthode pour trouver k_p tel que la boucle fermée se comporte comme un système du deuxième ordre avec facteur d'amortissement = 0.5
- c) Que vaut la marge de gain dans ce cas?

a) Avance de phase car $2 < 10$

b) Tracer la droite qui fait un angle $\arcsin(0.5) = 30^\circ$ avec l'axe imaginaire. Prendre l'intersection de cette droite avec le lieu. Soit l'intersection le point p_1
 Utiliser la condition sur le module : $|K * L(p)| = 1 \Rightarrow K = |1/L(p)|$ évalué en p_1 .
 En calculant la fonction de transfert de la boucle fermée, on trouve $K = 2 * k_p$
 $\Rightarrow k_p = K/2$

Question subsidiaire:

Orienter le lieu :

On part des pôles, m branches se terminent aux zéros finis et les autres aux zéros infinis.

c) M_g infinie car le lieu est dans le demi-plan gauche.

Questions subsidiaire:

Définir M_g .

Définir M_p .

Donne une méthode pour les visualiser

Tracer des courbes de Bode par exemple est montré dessus la marge de gain et de phase.

Quelle est l'influence d'un temps mort?

on rajoute $- \omega t_0$ à la phase.

Il y a sans doute des questions subsidiaires que j'ai oubliées.