EI2 & EI2-PassMed

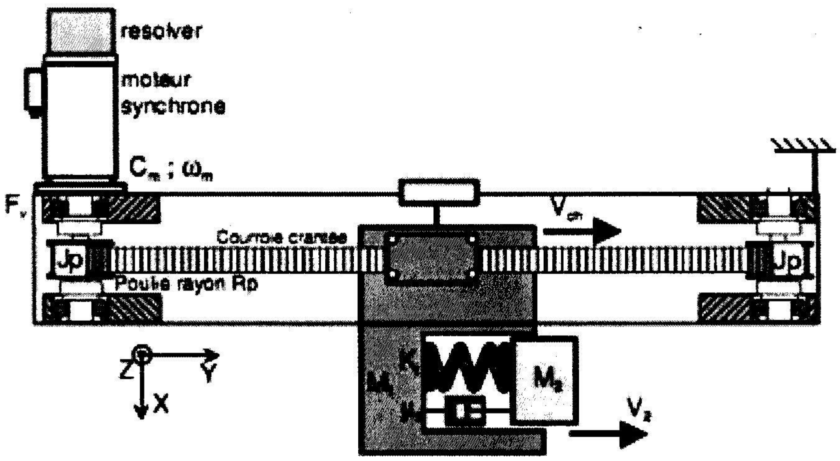
Automatique – Mercredi 25 juin 2014

Amphi A et salle 18: 15h45-18h45

Les polycopiés de cours comprenant des notes manuscrites sont autorisés. Toute photocopie est rigoureusement interdite. Les durées sont données à titre indicatif. Le projet de barème est susceptible d'être modifié. Les résultats doivent être suffisamment explicités et justifiés. La présentation des copies est un élément important de la notation.

Exercice 1 Schéma bloc et fonctions de transfert (20 minutes – 3 points)

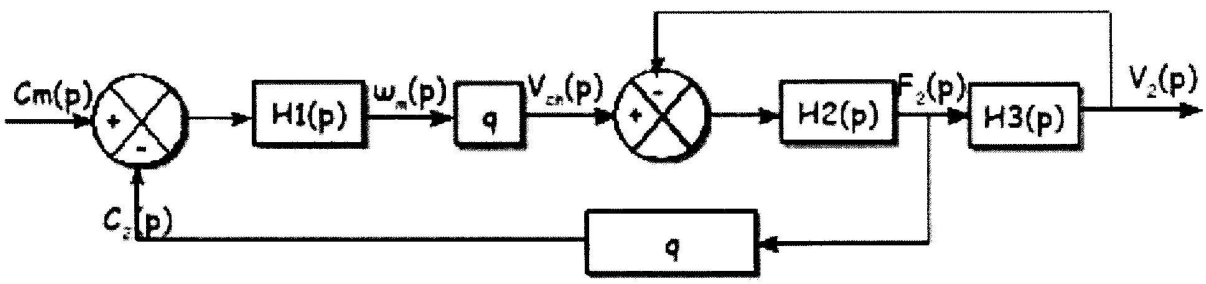
On s'intéresse à la dynamique d'un axe de robot. Les mouvements de l'axe doivent être très rapides. On constate alors, que certaines parties ont tendance à se déformer (de manière infinitésimale). On prend en compte cette déformation par un modèle de type masse-ressort-amortisseur (cf figure).



Notations :

- C_m : couple électromécanique moteur
- ω_m : vitesse angulaire de l'arbre moteur
- V_{ch} : vitesse linéaire du chariot Y suivant l'axe $\vec{Y}$
- V_2 : vitesse linéaire des parties flexibles suivant l'axe $\vec{Y}$

La vitesse V_2 de cette partie flexible peut ainsi être reliée au couple exercé par le moteur selon le schéma-bloc suivant :



Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \dfrac{V_2(p)}{C_m(p)}$.

Exercice 2 (30 minutes – 4 points)

Soit le système de fonction de transfert : $F(s) = \dfrac{Y(s)}{U(s)} = \dfrac{0.5(1-s)}{(1+s)(1+0.5s)}$.

2.1. Mettre le système sous la forme d'une somme de deux systèmes du premier ordre.

2.2. Exprimer $y(t)$ la réponse indicielle du système (réponse à un échelon unitaire).

2.3. Représenter graphiquement l'évolution de la sortie.

Exercice 3 (40 minutes – 4 points)

On considère un procédé de fonction de transfert inconnue $G(p)$. On réalise une régulation à retour unitaire à l'aide d'un correcteur proportionnel de gain A.

3.1. En notant $U(p)$, la consigne et $Y(p)$ la sortie, proposer un schéma bloc décrivant la situation étudiée.

3.2. Exprimer $F(p)$ la fonction de transfert en boucle fermée en fonction de $G(p)$ et de A.

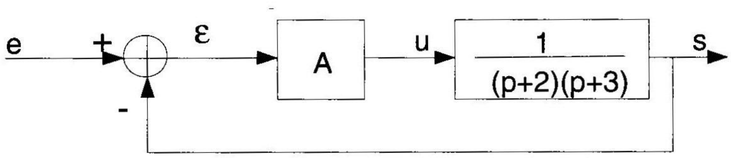
3.3. Avec un gain $A = -0.8$ pour le correcteur, le comportement en boucle fermée est décrit par une fonction de transfert en boucle fermée $F(p)$ du type second ordre avec un coefficient d'amortissement $\xi = \dfrac{1}{3}$, une pulsation naturelle $\omega_n = 0.5$ rad.s^{-1} et un gain statique égal à $\dfrac{4}{3}$.
Considérant le résultat de la question 3.2, exprimer $G(p)$ sous la forme $G(p) = \dfrac{k}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$.

3.4. Une identification en boucle ouverte était-elle réalisable ? La réponse devra être justifiée.

3.5. Déterminer le correcteur proportionnel permettant d'avoir un facteur d'amortissement en boucle fermée, égal à 0.7 . Quels sont alors le gain statique et la pulsation naturelle de la boucle fermée.

Exercice 4 (40 minutes – 4 points)

On considère l'asservissement suivant :



4.1. Donner la valeur du correcteur proportionnel **A** qui conduit à un pôle double en boucle fermée. Donner l'allure de la réponse à l'échelon unité.

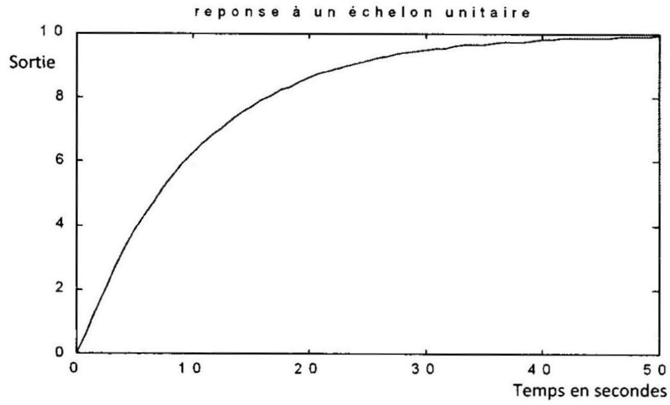
4.2. Pour les essais, l'opérateur se trompe lors de ses branchements au niveau du soustracteur en permutant la consigne **e** et la sortie **s**. La boucle fermée est-elle encore stable ? Comment évolue la réponse en sortie ?

Exercice 5 Régulation PID d'un système (50 minutes – 5 points)

On désire asservir un système noté S d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$ avec les objectifs suivants:

- suppression de l'erreur statique,
- pas de dépassement en réponse à un échelon,
- choix du temps de réponse.

Pour connaître le système on applique à son entrée un échelon d'amplitude 1, on obtient en sortie le résultat de la figure ci-contre.



5.1. Dans une première étape, on modélise le système S par une fonction de transfert $G_1(p)=\dfrac{k}{1+T_1 p}$. En considérant la figure précédente, exprimer $G_1(p)$ (on arrondira la valeur de la constante de temps T_1 au nombre entier le plus proche).

5.2. On décide de boucler le système avec un correcteur intégrateur $R(p)=\dfrac{k_i}{p}$

- Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée et montrer que l'erreur statique est nulle
- Montrer que si l'on s'impose le dépassement alors on ne peut plus choisir le temps de réponse.

5.3. On utilise alors un régulateur PI: $R_i(p)=G_r\left(\dfrac{1+T_i p}{p}\right)$

- Montrer qu'il est possible de choisir T_i de façon que le système bouclé soit un premier ordre.
- Choisir G_r de façon à avoir un temps de réponse à 95% de 0,2 secondes.

5.4. On effectue alors un essai sur le système réel S avec le correcteur $R_i(p)$ précédent. On constate avec surprise que contrairement aux prévisions, le système bouclé ne se comporte pas comme un premier ordre mais présente un dépassement important en réponse à un échelon. Montrer qu'un modèle d'ordre 2 : $G_2(p)=\dfrac{k}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)}$ pour le système S permet d'expliquer le phénomène.

5.5. Pour déterminer la deuxième constante de temps du système S, on le boucle avec le régulateur intégral de la question 5.2. On augmente alors lentement le gain et on constate que le système est instable pour $k_i=0.51$. En remplissant un tableau de Routh, calculer alors la deuxième constante de temps T_2 du système S.

5.6. On asservi le système avec un correcteur PID : $R_{PID}(p)=G_r\dfrac{(1+T_i p)(1+T_d p)}{p}$ avec $T_d=T_2$ $T_i=T_1$.

- Est-il possible théoriquement de choisir G_r très grand ?
- Que devient alors le temps de réponse du système? Est-ce raisonnable en pratique?