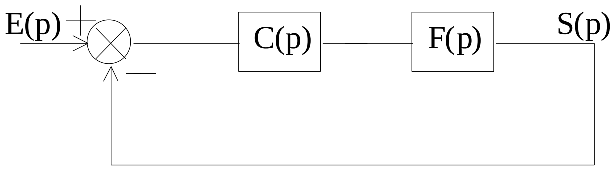
TD n°4

Exercice n°1

On considère le système asservi suivant :



On suppose que F(p) est un système du premier ordre. On appelle A son gain et τ sa constante de temps.
On donne : $A = 2$ et $\tau = 0.5s$.

1°) On désire corriger le système avec un correcteur proportionnel K_p, de façon à ce que *son temps de réponse soit inférieur à 100ms*. **Comment régler K_p** ?

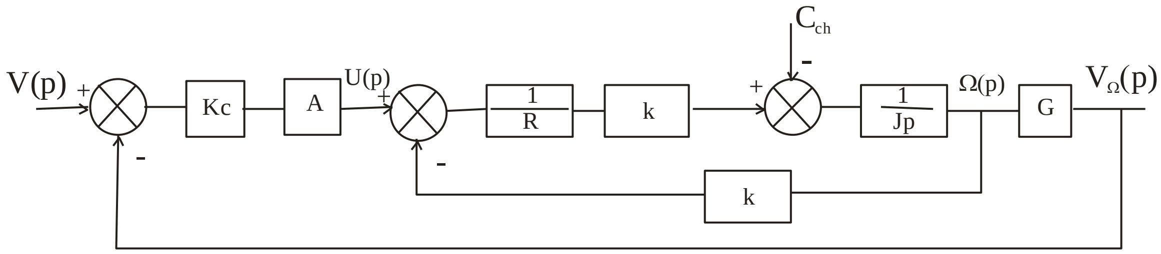
2°) **Comment régler K_p** pour que *l'erreur statique soit inférieure à 10%* ?

3°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats des questions 1 et 2 (en agissant sur la valeur de K_p). **Faire des captures d'écran** (des courbes temporelles).

4°) **Comment corriger** le système pour que *l'erreur statique soit nulle* ?
Proposer votre modification sous Scilab. **Faire une capture d'écran du schéma.**

Exercice n°2

L'asservissement en vitesse d'un moteur à courant continu peut être modélisé par le schéma-bloc ci-dessous :



Où : - U(p) est la transformée de Laplace de u(t), tension de commande du moteur.
- Ω(p) est la transformée de Laplace de la vitesse de rotation du moteur
- A représente la fonction de transfert de l'amplificateur de puissance alimentant le moteur
- G représente la fonction de transfert du capteur
- Kc est le correcteur
- C_{ch} est le couple de charge

On donne : $R = 1\Omega$, $k = 0{,}5\text{USI}$, $\tau = \dfrac{RJ}{k^2} = 100ms$, G=0,1Vrad^{-1}s et A=5

<u>Dans la suite, on étudie le système à vide (C_{ch}=0) et non corrigé (Kc=1)</u>

1°) **Expliquer** ce qui justifie la modélisation de l'amplificateur de puissance et du capteur par une constante.

2°) **Réduire** le schéma-bloc et **calculer** $T_1(p) = \dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$ et $T_2(p) = \dfrac{V_\Omega(p)}{V(p)}$.

Montrer que ces fonctions sont du 1er ordre et préciser leurs grandeurs caractéristiques (on fera l'application numérique). On note A_1 et A_2 les gains statiques de T_1 et T_2. Quelles sont leurs unités ?

3°) L'entrée est un échelon d'amplitude 10V.

- Que vaut la **vitesse en régime permanent** ?
- Que vaut l'**erreur statique** ?
- Que vaut le **temps de réponse à 5%** ?

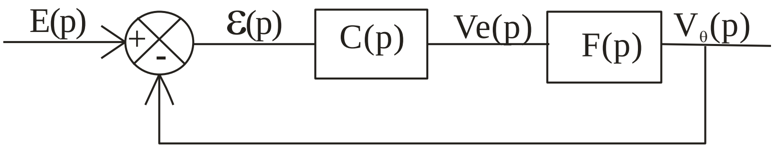
3°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 3.
Faire une capture d'écran (des courbes temporelles).

4°) Quelle **consigne V(t)** doit-on appliquer pour une vitesse souhaitée de $50 rad.s^{-1}$? Expliquer.
Quelle sera alors la **vitesse réelle du moteur** ?
Vérifier avec le fichier Scilab. **Faire une capture d'écran** de la vitesse réelle du moteur.

Exercice n°3

On souhaite étudier une régulation de température d'une pièce chauffée par des radiateurs électriques, représentée figure 1. La fonction de transfert de l'ensemble constitué du processus, de son pré-actionneur et de son capteur est donnée par F(p). V_θ est une tension proportionnelle à la température mesurée.

La sonde de température est modélisée par $F_1(p) = \frac{V_\theta(p)}{\theta(p)} = \frac{G}{1+1{,}5p}$, où Θ(p) représente la transformée de Laplace de la température $\theta(t)$. L'ensemble pré-actionneur, pièce à chauffer et radiateurs est modélisé par $F_2(p) = \frac{\theta(p)}{V_e(p)} = \frac{A}{1+600p}$. V_e est la tension de commande du pré-actionneur.



$$F(p) = F_2(p)F_1(p) = \frac{3}{(1+600p)(1+1{,}5p)}$$

G=0,5 et A=6

Figure 1

Le système est corrigé par un correcteur proportionnel C(p)=K>0.

1°) Que représente **G** et quelles sont ses unités ? Que représente **A** et quelles sont ses unités ?
Préciser à quoi correspondent les deux coefficients 600 et 1,5 des fonctions $F_1(p)$ et $F_2(p)$.

2°) **Calculer** la fonction de transfert en boucle fermée **H(p)** et **préciser** ses éléments caractéristiques en fonction de K.

3°) ***<u>Dans cette question, le système n'est pas corrigé (C(p)=1)</u>***

- **Donner**, <u>*sans faire le calcul de $V_\theta(t)$ et en expliquant votre raisonnement*</u>, l'allure de la réponse $V_\theta(t)$ du système suite à un échelon $E(t) = E_0U(t)$ avec E_0=10V.
- **Déterminer** le temps de réponse à 5%, l'amplitude du 1er dépassement et la valeur finale de $V_\theta(t)$. En déduire l'erreur statique.
- A quelle **température de consigne** correspond la tension de consigne de 10 V ? Quelle sera la **température finale** réelle ?

4°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 3.
Faire une capture d'écran (des courbes temporelles). Comparer.

5°) On utilise un correcteur proportionnel C(p)=K>0.

5.1. **Calculer K** pour que l'erreur statique soit égale à 0,5%.
5.2. Quelle **tension de consigne** doit-on appliquer pour une température souhaitée de 20°C ? Et quelle sera la **température réelle** en régime permanent lorsque K prend la valeur de la question 5.1 ?
5.3. Pour cette valeur de K, **déterminer** l'amplitude du 1er dépassement de la réponse indicielle $V_\theta(t)$, le temps de réponse à 5% et la valeur finale.

6°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 5.
Faire une capture d'écran (des courbes temporelles). Comparer.

Dans la suite, on approxime la fonction F(p) par $\boldsymbol{T(p) = \frac{3}{1+600p}}$.

7°) **Expliquer** pourquoi on peut faire cette approximation. Quelle notion utilise-t-on ici ?

8°) On utilise un correcteur proportionnel C(p)=K>0.

8.1. Pour le système non corrigé (K=1), **calculer** $V_\theta(t)$ (<u>*on demande ici le détail des calculs*</u>).
Donner l'allure de la réponse $V_\theta(t)$ du système suite à un échelon $E(t) = E_0U(t)$ avec E_0=10V.
Déterminer le temps de réponse à 5%, l'amplitude du 1er dépassement et la valeur finale de $V_\theta(t)$.
Comparer aux résultats obtenus dans la question 3°). **Conclure**.

8.2. **Expliquer** (sans calcul) pourquoi la valeur de K calculée dans la question 5.1 donnera également une erreur statique de 0,5%.
Pour cette valeur de K trouvée à la question 5.1, **donner** (sans faire le calcul de $V_\theta(t)$ cette fois) l'allure de la réponse indicielle $V_\theta(t)$ en précisant l'amplitude du 1er dépassement, le temps de réponse à 5% et la valeur finale.
Comparer les résultats à ceux obtenus à la question 5.3. **Conclure**.

9°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 5.
Faire une capture d'écran (des courbes temporelles). Comparer.

<u>*Exercice n°4*</u>

Soit un asservissement représenté figure 1 :

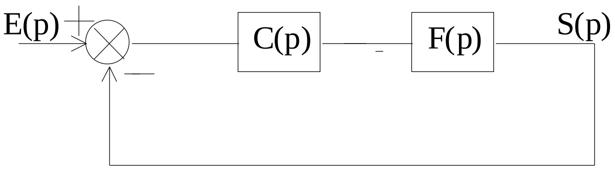


Figure 1

C(p) est le correcteur, F(p) est la fonction de transfert du système que l'on souhaite asservir.
On donne : $F(p) = \frac{20}{(2p+1)(p+10)} = \frac{S(p)}{X(p)}$.

1°) **Calculer** la réponse s(t) <u>*en boucle ouverte*</u> du système suite à un échelon $x(t) = X_0.U(t)$.
Donner l'allure de la réponse indicielle en boucle ouverte.
2°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** le résultat de la question 1 (en affichant les courbes temporelles). Lire la valeur du temps de réponse à 5%. **Faire une capture d'écran**.

3°) On considère le système en boucle fermée non corrigé C(p)=1. **Tracer** la courbe *de Black* de F(p). On donnera avec la courbe de Black les formules littérales utilisées, ainsi que le tableau avec les coordonnées des points. **En déduire** si le système est stable. **Déterminer** les marges de gain et de phase.

4°) On utilise un correcteur proportionnel C(p)=K>0. **Déterminer** le domaine de stabilité du système en fonction de K. Déterminer K pour avoir une marge de phase de 45°.

5°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** le résultat de la question 4. **Faire une capture d'écran.**

6°) Toujours pour C(p)=K, **calculer** l'erreur statique en fonction de K.

Exercice n°5 : *Asservissement de position d'une sonde ultrasonore*

Pour obtenir une imagerie en temps réel, on produit périodiquement un balayage dans l'espace par un faisceau d'ondes ultrasonores. Pour cela, la sonde émettrice pivote sous l'action d'un moteur à courant continu. Le déplacement de la sonde est contrôlé par la fonction principale « asservissement de position ». Le schéma synoptique de l'asservissement est donné figure 2.

Le capteur de position est un capteur à effet Hall qui fournit une tension s(t), image de la position de la sonde.

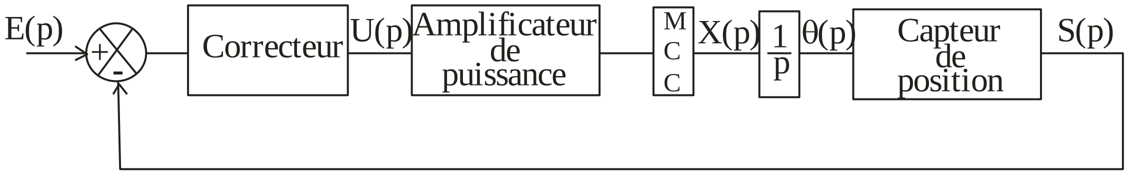


Figure 2

1°) ***Fonction de transfert de Laplace du processus***

Le processus constitué par l'amplificateur, le moteur et son capteur de position est modélisé par la transmittance suivante : $T(p) = \frac{\theta(p)}{U(p)} = \frac{A}{p(1+\tau p)}$, avec $A = 2$ et $\tau = 0{,}1s$.

Le capteur présente une amplification $G = \frac{2}{\pi} V.rad^{-1}$.

- **Expliquer** ce que représente le facteur $\frac{1}{p}$ dans la fonction T(p). En déduire ce que représente x(t).
- Que représente A et quelle est son unité ?

2°) *Etude en boucle ouverte*

On applique un échelon d'amplitude U_0 à l'entrée de l'amplificateur.

- **Dessiner** en justifiant, mais sans faire de calcul, l'allure de la réponse x(t) et ensuite celle de θ(t).
- Pourquoi le système est-il inutilisable en boucle ouverte ?

3°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 2.
Faire une capture d'écran (des courbes temporelles).

4°) *<u>Stabilité du système en boucle fermée</u>*
4.1. C(p)=1. **Calculer** la marge de gain.
4.2. Déterminer la plage de valeurs de K pour lesquelles le **système est stable**.
4.3. Déterminer K pour avoir une **erreur statique inférieure à 10%.**
4.4. **Quelle consigne** doit-on appliquer à l'asservissement si la position souhaitée est $\frac{\pi}{4}$? Quelle sera alors la position de sortie ? Justifier.
4.5. Calculer l'**erreur de traînage**.

5°) En utilisant le logiciel Scilab, **vérifier** les résultats de la question 4.
Faire une capture d'écran :
- *des diagrammes de Bode ;*
- *des courbes temporelles.*