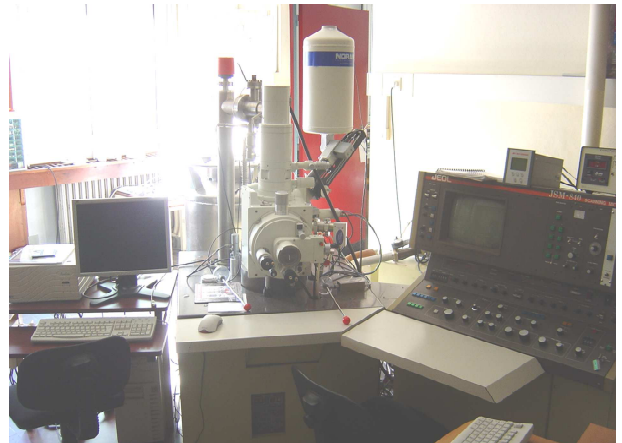


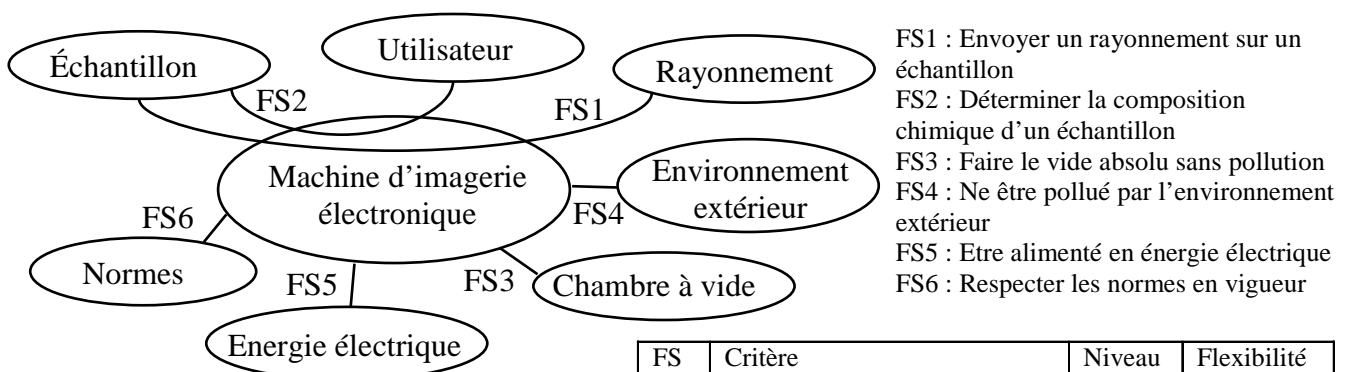
Étude du système de dégazage d'une machine d'imagerie électronique

(Inspiré de CCP PSI 2009)

Pour étudier les échantillons de glace des glaciers, on peut utiliser une machine d'imagerie électronique. Elle permet d'envoyer un rayonnement sur la glace et, en mesurant les niveaux énergétiques des électrons qui seront émis en conséquence, de connaître sa composition chimique. Néanmoins, les niveaux énergétiques à étudier sont tels que les échantillons de glace, et donc les appareils de mesures, doivent se situer dans un vide absolu. Les chercheurs doivent alors faire face à un phénomène de dégazage des appareils de mesure qui, lorsqu'ils sont placés dans le vide, émettent des particules de gaz que leur structure moléculaire contient, faussant la mesure sur les échantillons.

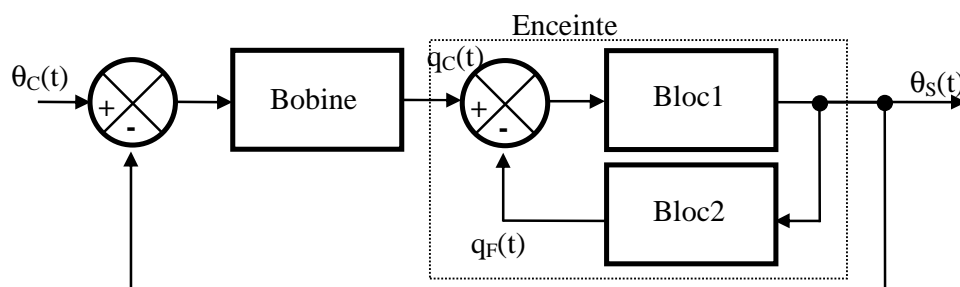


Pour faire face à ce problème, une des solutions consiste à forcer le dégazage, c'est à dire porter à haute température les instruments, pour que les particules de gaz soient préalablement expulsées des appareils de mesure. Les instruments de mesure, libérés de leurs particules de gaz, peuvent donc réaliser leurs études sans polluer les échantillons de glace. On donne ci-dessous un extrait de cahier des charges de la machine d'imagerie électronique.



FS	Critère	Niveau	Flexibilité
FS4	... T°C de la phase de dégazage Durée de montée en T°C ($t_{5\%}$) 200°C < 2 min ± 5% Aucune ...

Pour réaliser un échauffement permettant d'obtenir une température de dégazage de 200°C, on utilise des bobinages qui chauffent l'air de l'enceinte d'étude. Le schéma bloc de l'ensemble est le suivant :



Avec : $\theta_c(t)$: température consigne souhaitée, $\theta_s(t)$: température de l'enceinte, $q_c(t)$: flux de chaleur dégagé par les bobinages et $q_f(t)$: flux de fuite de chaleur.

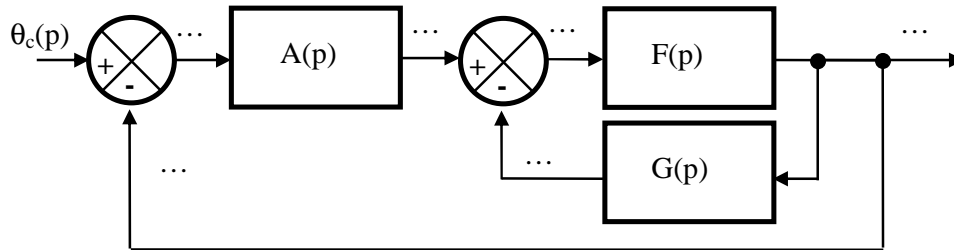
L'évolution de la température dans l'enceinte est gérée par le modèle de connaissance suivant :

$$\frac{d\theta_s(t)}{dt} = \frac{1}{C} \cdot [q_c(t) - q_f(t)] \quad q_f(t) = \frac{1}{R} \cdot \theta_s(t)$$

Hypothèse : La température de l'enceinte étant définie par rapport à celle du milieu ambiant, on se placera dans toute la suite sous les conditions d'Heaviside.

Q.1. Déterminer l'expression des équations du modèle de connaissance dans le domaine de Laplace.

Q.2. Compléter le schéma-bloc du système et déterminer les fonctions de transferts des blocs $F(p)$ et $G(p)$.

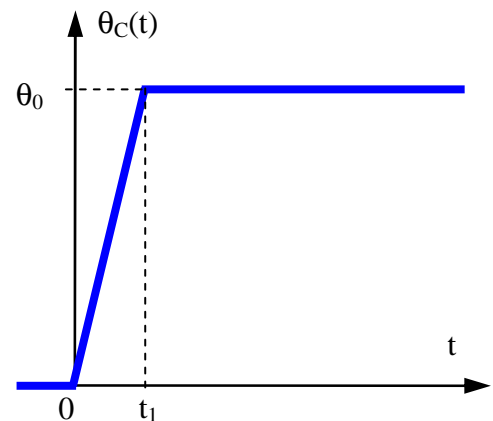


Q.3. Déterminer l'expression de la fonction de transfert $\frac{\theta_s(p)}{\theta_c(p)}$ lorsque la fonction de transfert de la bobine est une constante $A(p) = A$. Exprimer le résultat en fonction de A , R , C et p .

Q.4. Montrer que la fonction de transfert $\frac{\theta_s(p)}{\theta_c(p)}$ peut se mettre sous la forme $\frac{K}{1+T.p}$ avec K et T , deux constantes à déterminer en fonction de A , C et R .

Pour chauffer l'enceinte, on impose une entrée dont l'évolution est représentée sur le schéma ci contre.

Q.5. On néglige dans un premier temps la rampe initiale de $\theta_c(t)$. On considère donc que l'entrée est approximée par un échelon d'amplitude θ_0 . Déterminer les expressions analytiques de $\theta_c(p)$, $\theta_s(p)$ et en déduire celle de $\theta_c(t)$ en fonction de K et T .



Q.6. Tracer la représentation graphique de $\theta_s(t)$ et indiquer sur le graphique les caractéristiques particulières de la courbe.

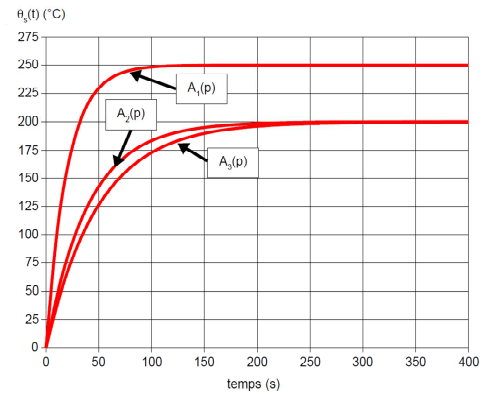
Q.7. On donne les valeurs numériques suivantes : $K = 3$, $T = 20$ s. Conclure quant à la capacité du système à satisfaire au critère de durée de montée de la température du cahier des charges.

Q.8. On ne néglige plus la rampe initiale de $\theta_c(t)$. Déterminer l'expression analytique de $\theta_c(p)$ en fonction de θ_0 et t_1 .

Q.9. Déterminer $\lim_{t \rightarrow \infty} \theta_s(t)$ quand la température consigne (et donc souhaitée) est de 200°C . Conclure quant à la capacité du système à satisfaire au critère de température de la phase de dégazage du cahier des charges.

Pour améliorer les performances, on change l'amplificateur pilotant les bobines, ce qui permet de choisir des fonctions $A(p)$ plus adaptées. Différentes solutions sont possibles et la simulation du comportement du système, avec plusieurs amplificateurs possibles, est donnée sur la figure suivante.

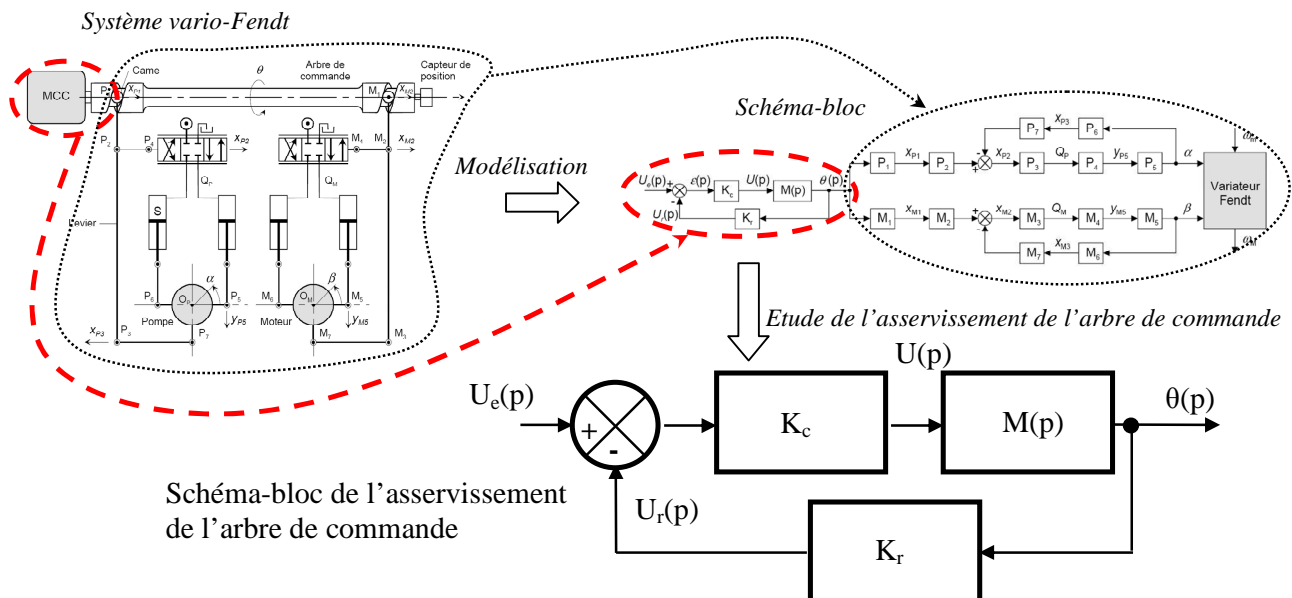
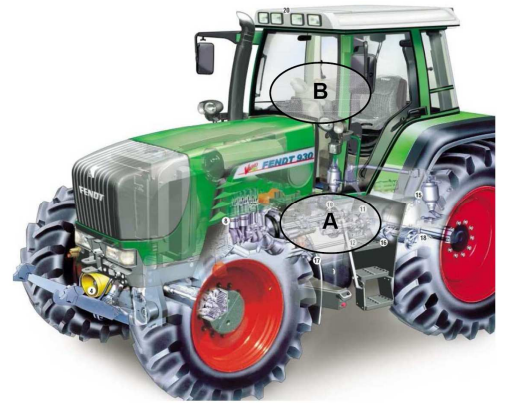
Q.10. Sélectionner et justifier quel amplificateur paraît le mieux adapté pour satisfaire tous les critères du cahier des charges.



Etude de l'asservissement de position de l'arbre de commande de la transmission à variation continue Vario-Fendt

(Inspiré de CCP MP 2008)

Le thème proposé concerne la transmission à variation continue développée par la société Fendt qui équipe les gammes de tracteurs « Fendt 300 Vario » à « Fendt 900 Vario ». On s'intéresse ici plus particulièrement à l'asservissement de position de l'arbre de commande de cette transmission situé dans la zone A sur le schéma.



Sur un engin agricole, la transmission à variation continue remplace les fonctions de l'ensemble boîte de vitesse à commande manuelle + embrayage que l'on retrouve classiquement sur la plupart des voitures. On ne peut pas utiliser la solution boîte de vitesse à commande manuelle + embrayage car l'énergie cinétique d'un engin agricole n'est pas suffisante pour permettre le passage d'une vitesse (fonction de la boîte de vitesse) par désaccouplement de l'arbre moteur (fonction de l'embrayage) sans caler. La transmission à variation continue permet donc d'adapter de façon optimale la vitesse d'avancement du tracteur en fonction de ses conditions d'utilisation sans avoir à désaccoupler le moteur du reste de la chaîne de transmission de puissance. Pour commander le variateur, le conducteur

dispose au sein de la cabine (partie B) d'un joystick. Le joystick permet d'agir sur l'inclinaison d'éléments hydrostatiques par l'intermédiaire d'un moteur à courant continu asservi en position entraînant un arbre de commande à came.

On utilisera les notations et les données suivantes :

- K_c : gain du correcteur à action proportionnelle,
- $K_r = 2 \text{ V/rd}$: gain du capteur de position monté sur l'arbre de commande,
- $M(p)$: fonction de transfert du moteur.

Le moteur électrique est un moteur à courant continu dont les équations caractéristiques sont les suivantes :

$$u(t) = R \cdot i(t) + k_e \cdot \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$J_e \cdot \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = k_a \cdot i(t)$$

$u(t)$: tension appliquée aux bornes du moteur
 $i(t)$: courant d'induit
 R : résistance de l'induit avec $R = 2\Omega$,
 J_e : inertie de l'arbre de commande avec $J_e = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$,
 k_e : constante de force contre électromotrice avec $k_e = 0,05 \text{ V/(rad/s)}$,
 k_a : constante de couple avec $k_a = 0,05 \text{ Nm/A}$.
 On considère nulles toutes les conditions initiales.

Q.1. Déterminer la fonction de transfert $M(p) = \frac{\theta(p)}{U(p)}$ du moteur électrique et montrer qu'elle peut se

mettre sous la forme canonique $M(p) = \frac{K_m}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}$. Donner les expressions littérales de K_m et τ_m .

Calculer K_m et τ_m .

Q.2. Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte $T(p)$ du système et en déduire l'expression du gain de boucle K_{BO} .

Q.3. Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $F(p)$ et montrer qu'elle peut se mettre sous la

forme d'un système du second ordre : $F(p) = \frac{K_{BF}}{(1 + \frac{2 \cdot z}{\omega_0} p + \frac{1}{\omega_0^2} p^2)}$. Donner l'expression littérale de K_{BF} ,

z et ω_0 en fonction de K_{BO} et τ_m .

Q.4. Déterminer la valeur du gain de boucle K_{BO} de telle sorte que la réponse à une entrée de type échelon soit la plus rapide possible sans toutefois produire de dépassement. En déduire la valeur du gain K_c de l'action proportionnelle du correcteur.

Q.5. Montrer qu'avec la valeur de K_c choisie précédemment, la fonction de transfert en boucle fermée

peut se mettre sous la forme : $F(p) = \frac{K_{BF}}{(1 + T \cdot p)^2}$. Calculer K_{BF} et T .

Q.6. La figure ci dessous montre la réponse du moteur à un échelon d'amplitude 2V. Déterminer graphiquement le temps de réponse à 5% global du système.

Q.7. Le C.d.C.F. demande un temps de réponse à 5% global du système pour une consigne d'entrée de type échelon inférieur à 1s. Le système respecte-t-il les exigences du C.d.C.F. ?

