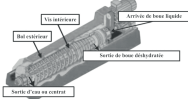


## Colle 6



## Station d'épuration

CCP MP 2012

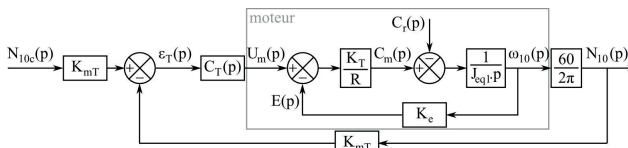
## Savoirs et compétences :

## Présentation

**Objectif** L'objectif de cette partie est de vérifier le contrôle de la siccité des boues pour leur incinération (FS5).

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| FSS : traiter les boues | Débit extraction moyen horaire                      | 11 m <sup>3</sup> /h ± 10 %   |
|                         | Taux de siccité                                     | 20 % obtenu pour une vitesse relative de 2 tours/min  |
|                         | Rapidité  | Temps de réponse à 1 % de 270 s ± 135 s   |
|                         | Dépassement maximum pour la vitesse du tambour      | 0,2 % ± 0,1 %   |
|                         | Marge de phase pour la vitesse du tambour           | 45° minimum   |
|                         | Marge de gain pour la vitesse du tambour            | 7 db minimum  |
|                         | Précision pour la vitesse du tambour                | N <sub>10c</sub> ± 0,1 tour/min   |
|                         | Précision pour la vitesse relative (différentielle) | N <sub>10c</sub> : vitesse de consigne du tambour<br>V <sub>Re</sub> ± 0,1 tour/min<br>V <sub>Re</sub> : vitesse relative de consigne |

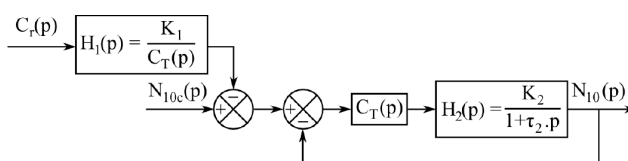
La structure de l'asservissement est donnée ci-dessous. La consigne en vitesse du tambour est une constante :  $N_{10c}(t) = 2000$  tours/min.



## Données

|                                 |   |                                     |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|
| U <sub>m</sub> (t)              | Tension aux bornes de l'induit  | 400 V                               |
| R                               | Résistance de l'induit  | 0,3 Ω                               |
| i(t)                            | Courant dans l'induit   | 160 A maximum                       |
| e(t)                            | Force contre-électromotrice (en Volt) proportionnelle à la vitesse de rotation  |                                     |
| N <sub>10</sub> (t)             | Vitesse Nominale de rotation du moteur tambour M <sub>tambour</sub><br>Remarque : la vitesse du moteur et celle du tambour 1 sont identiques car les diamètres des poulies sont identiques. | 2 072 tours/min                     |
| omega_10(t)                     | Vitesse de rotation du moteur   | 217 rad/s nominale                  |
| C <sub>m</sub> (t)              | Couple disponible sur l'arbre de sortie du moteur   | 420 N.m maximum                     |
| C <sub>r</sub> (t)              | Couple résistant sur l'arbre de sortie du moteur (en Newton mètre)  |                                     |
| J <sub>eq</sub>                 | Inertie équivalente en kg.m <sup>2</sup> ramenée à l'axe de rotation de l'arbre moteur de M <sub>tambour</sub>  |                                     |
| K <sub>e</sub> = K <sub>T</sub> | Coefficients de couplage (en N.m/A pour K <sub>T</sub> , en V.s/rad pour K <sub>e</sub> )   | 2,8                                 |
| P <sub>T</sub>                  | Puissance nominale  | 80 kW                               |
| K <sub>mT</sub>                 | Coefficient de transfert de la génératrice tachymétrique  | 1,5 × 10 <sup>-3</sup> V/(tour/min) |

**Question 1** Mettre le schéma de la figure précédente sous la forme de la figure suivante. Donner les expressions sous forme canonique de  $H_1(p)$  et de  $H_2(p)$  en fonction des données du moteur  $M_{tambour}$ .



Pour la suite du sujet, vous prendrez :  $K_1 = 71.4$  (tours/min)/(N m);  $K_2 = 5,1 \times 10^{-3}$ ;  $\tau_2 = 20.2$  s.

**Question 2** Exprimer l'écart  $\varepsilon(p)$  (écart en sortie du second comparateur) en fonction de  $C_r(p)$  et  $N_{10c}(p)$ .

**Question 3** Pour les 4 cas du tableau ci-dessous en fonction de  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $\tau_2$ ,  $K_c$ ,  $K_i$ ,  $N_{10c}(t)$  et  $C_r(t)$ . Pour quel(s) correcteur(s), le critère de précision de la fonction FS5 est-il vérifié?

| $\varepsilon_s$                             | $C_T(p) = K_c$ | $C_T(p) = K_c + \frac{K_i}{p}$ |
|---|----------------|--------------------------------|
| $N_{10c}(t) = 2000$ tr/min et $C_r(t) = 0$  |                |                                |
| $N_{10c}(t) = 0$ tr/min et $C_r(t) = 3$ kNm |                |                                |

## Réglage du correcteur PI

On choisit d'installer un correcteur « PI » de vérifier le cahier des charges :  $C_T(p) = K_c + \frac{K_i}{p}$ . Le réglage se fera en prenant le couple résistant nul et on notera  $\frac{N_{10}(p)}{N_{10c}(p)} = H(p)$ .

Les critères prépondérants de précision et de stabilité étant vérifiés, il reste à régler les deux paramètres  $K_c$  et  $K_i$  à partir des critères de dépassement et de rapidité. Les deux termes  $K_c$  et  $K_i$  ont tous les deux une influence sur ces critères : il y a un couplage. Afin de déterminer ces paramètres, une simulation va être utilisée. Cependant, afin de converger au plus vite, il est nécessaire de trouver un jeu de valeurs à entrer dans la simulation au plus proche des contraintes du cahier des charges. La démarche est la suivante :

- calcul de  $K_c$  permettant d'obtenir le temps de réponse à un pour mille ( $\text{tr}1^0_{/00}$ ) du cahier des charges;
- calcul de  $K_i$  permettant d'obtenir le dépassement du cahier des charges.

**Question 4** Pour cette question, on prend  $C_T(p) = K_c$  et  $C_r = 0$ . Mettre  $H(p)$  sous la forme :  $H(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$ . Donner les valeurs de  $K$  et  $\tau$  en fonction de  $K_2$ ,  $\tau_2$  et  $K_c$ . On donne  $tr_{10/00} = 7\tau_1$  pour un premier ordre. Donner l'expression de la valeur minimale de  $K_c$  en fonction de  $K_2$ ,  $\tau_2$  et  $tr_{10/00}$  afin de vérifier le cahier des charges. Calculer alors la valeur de  $K_c$  permettant d'avoir un temps de réponse à  $10/00$  de 135 s.

**Question 5** Pour cette question, on prend  $C_T(p) = \frac{K_i}{p}$  et  $C_r = 0$ . Mettre  $H(p)$  sous la forme  $H(p) = \frac{K_3}{1 + \frac{2m}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_2}}$ .

Donner les expressions de  $K_3$ ,  $m$  et  $\omega_0$  en fonction de  $K_2$ ,  $\tau_2$  et  $K_i$ . On donne l'amplitude du premier dépassement (valeur relative) de la réponse indicielle d'un second ordre :  $D_1 = \exp\left(-\frac{\pi m}{\sqrt{1-m^2}}\right)$ . Calculer alors  $K_i$  permettant d'avoir un dépassement maximal de 1%.

**Question 6** Les figures suivantes donnent le résultat de la simulation du modèle avec les valeurs de  $K_c$  et  $K_i$  trouvées aux questions précédentes. Conclure quant au respect des critères de la fonction FS5.

