

---

## TD Automatique

### Schéma-bloc et fonction de transfert

A l'issue de ce TD, les étudiants seront capables :

1. d'établir le schéma bloc d'un procédé à partir de sa description.
  2. d'obtenir la fonction de transfert globale de ce procédé.
- 

#### Exercice 1 : Asservissement de la température intérieure d'un four

Soit un four industriel « F » dont l'isolation est supposée parfaite. Ce four comporte une résistance chauffante « R » alimentée par une tension  $u_r$  délivrée par une électronique de puissance « E » dont l'entrée est une tension de commande  $u_c$ . Cette résistance « R » produit une quantité de chaleur  $q$  qui est émise dans le four « F ». Ce dernier comporte également une thermistance « T » sans inertie qui délivre une tension  $u_f$  proportionnelle à  $\theta_f$ . Un potentiomètre « P » permet de convertir la température de consigne  $\theta_{des}$  en une tension  $u_{des}$ . L'asservissement de  $\theta_f$  est assuré à l'aide d'un correcteur « C » qui délivre la tension  $u_c$ .

Représenter le schéma fonctionnel de la boucle de régulation ainsi constituée en indiquant toutes les grandeurs physiques impliquées dans cette boucle d'asservissement.

#### Exercice 2 : Régulation de la vitesse de rotation d'une hélice d'éolienne

Soit une éolienne dont la vitesse de rotation  $\omega$  de son hélice doit être régulée afin d'éviter que la structure mécanique de cette éolienne ne se soit endommagée en présence d'un vent élevé. L'éolienne est ici considérée comme étant le système dont l'entrée est l'angle d'orientation  $\alpha_p$  des pales de son hélice. Le vent  $v$  est supposé être une perturbation qui agit sur  $\omega$  par l'intermédiaire d'une fonction de transfert  $H(p)$ . Un capteur délivre une tension  $V_{capt}$ , image de la vitesse  $\omega$ . Cette image est comparée à la tension  $V_{conv}$  délivrée par un convertisseur prenant en entrée la vitesse désirée  $\omega_{des}$ . Le résultat de cette comparaison est injectée dans un correcteur. Ce dernier délivre un signal de commande  $u$  à un moteur électrique M. En prenant un angle  $\alpha_M$ , le rotor de M agit, par l'intermédiaire d'un réducteur R, sur  $\alpha_p$ .

1) Représenter le schéma-bloc de ce système bouclé en indiquant toutes les grandeurs physiques impliquées et toutes les fonctions de transfert sachant que  $G(p)$ ,  $C(p)$ ,  $T(p)$ ,  $B(p)$ ,  $R(p)$  et  $M(p)$

représentent respectivement l'éolienne, le correcteur, le convertisseur, le capteur, le réducteur et le moteur.

2) Etablir la relation entre  $\omega_{des}(p)$ ,  $\omega(p)$  et  $v(p)$  qui désignent respectivement les transformées de Laplace de  $\omega_{des}(t)$ ,  $\omega(t)$  et  $v(t)$ .

### **Exercice 3: Modélisation d'un moteur à courant continu de VFN**

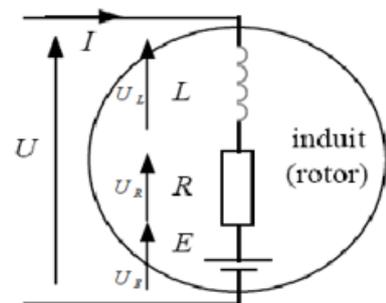
Un moteur électrique à courant continu est régi par les équations physiques découlant de ses caractéristiques électriques et mécaniques.

#### 1. Modélisation de la partie électrique du moteur

Les équations (1) et (2) permettent la modélisation de la partie électrique du moteur :

$$U = U_L + U_R + U_E \quad (1)$$

$$U_E(t) = K_e \Omega(t) \quad (2)$$



**Figure 3 : Schéma électrique équivalent du moteur**

Où  $U_L(t)$  est la tension aux bornes de l'inductance  $L = 0.0836 \text{ H}$ ,  $U_R(t)$  la tension aux bornes de la résistance  $R = 0.64 \Omega$ ,  $U_E(t)$  la tension de la FCEM (Force Contre-Electromotrice) avec la constante de force électromotrice  $K_e = 0.097 \text{ Vs/rad}$ ,  $i(t)$  le courant traversant l'induit et  $\Omega(t)$  la vitesse de rotation de l'arbre moteur,

Ecrire l'équation différentielle décrivant le fonctionnement dynamique de la partie électrique du moteur puis, en posant  $\varepsilon(t) = U(t) - U_E(t)$ , donner l'expression de la fonction de transfert

$$TF_E(p) = \frac{I(p)}{\varepsilon(p)}$$

## 2. Modélisation de la partie mécanique du moteur

Les équations (3) et (4) permettent la modélisation de la partie mécanique du moteur :

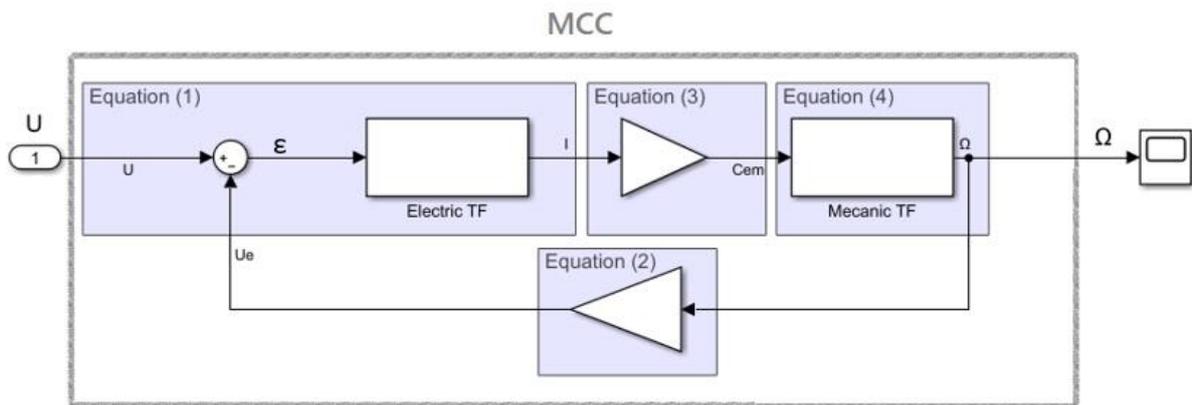
$$C_{em}(t) = K_c i(t) \quad (3)$$

$$J\dot{\Omega}(t) = C_{em}(t) - f\Omega(t) \quad (4)$$

Où la constante de couple  $K_c = 0.983 \text{ Nm/A}$ , le moment d'inertie  $J = 5.19e - 3 \text{ Kg m}^2$  et les frottements  $f = 1.0744 e - 6 \text{ Kg m}^2/\text{s}$ .

Déduire la fonction de transfert de la partie mécanique  $TF_M(p) = \frac{\Omega(p)}{C_{em}(p)}$ .

3. En se basant sur les deux fonctions de transfert  $TF_E$  et  $TF_M$  trouvées précédemment, compléter le schéma de la Figure 4



**Figure 4 : Schéma-bloc**

4. Déterminer la fonction de fonction de transfert du moteur définie par :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)}$$

Où  $\Omega(t)$  et  $U(t)$  représentent respectivement la vitesse en rad/s et la tension en Volt.

5. Calculer les pôles de ce système et statuer sur sa stabilité.