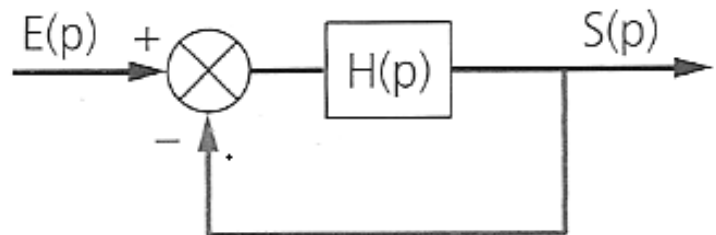


# Asservissement : Révisions de sup

## Exercice 1

Soit le système asservi à retour unitaire :

$$\text{On a } H(p) = \frac{2}{p \cdot (1 + 3 \cdot p)}$$



### Questions

1. Exprimer l'écart  $\varepsilon(p) = E(p) - S(p)$  en fonction de  $E(p)$  et de  $H(p)$ .
2. Déterminer l'erreur statique (entrée échelon unitaire)
3. Déterminer l'erreur de traînage (entrée rampe de pente 1)

## Exercice 2 Laveuse autoportée

La société Nilfisk propose une large gamme d'engins de nettoyage des sols. Celle des laveuses autoportées répond aux besoins de lavage pour des surfaces de plusieurs milliers de km carrés. C'est par exemple le cas des sols de super et hyper-marché.

Les qualités de ces machines résident dans leur sécurité d'usage, leur faible nuisance sur l'environnement, leur autonomie et leur maniabilité. Cette maniabilité impose des encombrements minimisés en largeur et des rayons de giration très faibles.

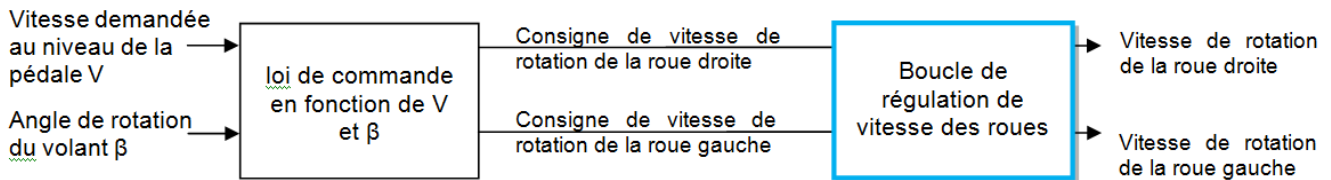


### Asservissement des moteurs

Pour satisfaire les lois de commandes, il est nécessaire d'asservir en vitesse les moteurs de la laveuse. Afin de commander le déplacement de la laveuse, le conducteur utilise la pédale pour gérer la vitesse des roues et le volant pour gérer l'orientation du véhicule.

Les moteurs qui équipent la laveuse sont des moteurs à courant continu. Ils sont asservis en vitesse de rotation.

Une représentation possible de cet asservissement est présentée figure suivante :



L'étude qui suit se fait dans le cas particulier où la laveuse avance en ligne droite.

L'asservissement en vitesse est réalisé par :

- ✓ Un correcteur du signal d'écart entre la vitesse de consigne  $\omega_c$  et la vitesse mesurée  $\omega$  des roues. Ce correcteur de fonction de transfert  $C(p)$  fournit  $V_\alpha(p)$  la tension de commande du convertisseur statique.
- ✓ Un convertisseur statique qui, à partir de la tension  $V_\alpha(p)$ , fournit la tension  $U_m(p)$  au moteur. L'expression de sa fonction de transfert  $H_c(p)$  est abordée dans les questions suivantes.
- ✓ Le moteur tournant à la vitesse  $\omega_m$  modélisé par sa fonction de transfert  $H_m(p)$ .
- ✓ Un réducteur de rapport de réduction  $k = \frac{\omega}{\omega_m} = \frac{1}{55}$ .
- ✓ Un capteur de vitesse, sous la forme d'une génératrice tachymétrique (GT) modélisée par un gain pur  $G_0 = 1 \text{ V}\cdot\text{rad}^{-1}\cdot\text{s}$ .

Les équations différentielles qui caractérisent le comportement des moteurs de la laveuse

sont :

$$u_m(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + e(t) \quad e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$$

$$C_m(t) = J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} \quad C_m(t) = K_t \cdot i(t)$$

Avec :

$u_m$ , tension aux bornes de l'induit (en V) ;  
 $i$ , courant d'induit (en A) ;  
 $e$ , force contre-électromotrice (en V) ;  
 $R = 0,55 \Omega$  : résistance d'induit ;  
 $L = 1,6 \text{ mH}$  : inductance d'induit ;  
 $c_m$ , couple exercé par le moteur (en N·m) ;

$J = 0,015 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ , moment d'inertie total des parties mobiles ramenées sur l'arbre moteur ;  
 $K_t = 0,06 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$ , constante de couple ;  
 $K_e = 0,06 \text{ V}\cdot\text{rad}^{-1}\cdot\text{s}$ , constante de vitesse ;  
 $r = 0,15 \text{ m}$ , rayon de la roue.

## Questions

1. Sur le document réponse, compléter le schéma bloc du fonctionnement du moteur à courant continu.

2. Calculer la fonction de transfert  $H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$ .

3. En posant  $\tau_e = \frac{L}{R}$  et  $\tau_{em} = \frac{J \cdot R}{K_e \cdot K_t}$ , en considérant que  $\tau_{em} \gg \tau_e$ , la mettre sous la

forme : 
$$H_m(p) = \frac{B_0}{(1 + \tau_{em} \cdot p) \cdot (1 + \tau_e \cdot p)}$$

Par la suite, quels que soient les résultats trouvés :

- ✓ On prendra  $B_0 = 16,7 \text{ rad}/(\text{s} \cdot \text{V})$  et  $\tau_{em} = 2,3 \text{ s}$ ,
- ✓ On supposera que le correcteur a pour fonction de transfert  $C(p) = C_0$ .

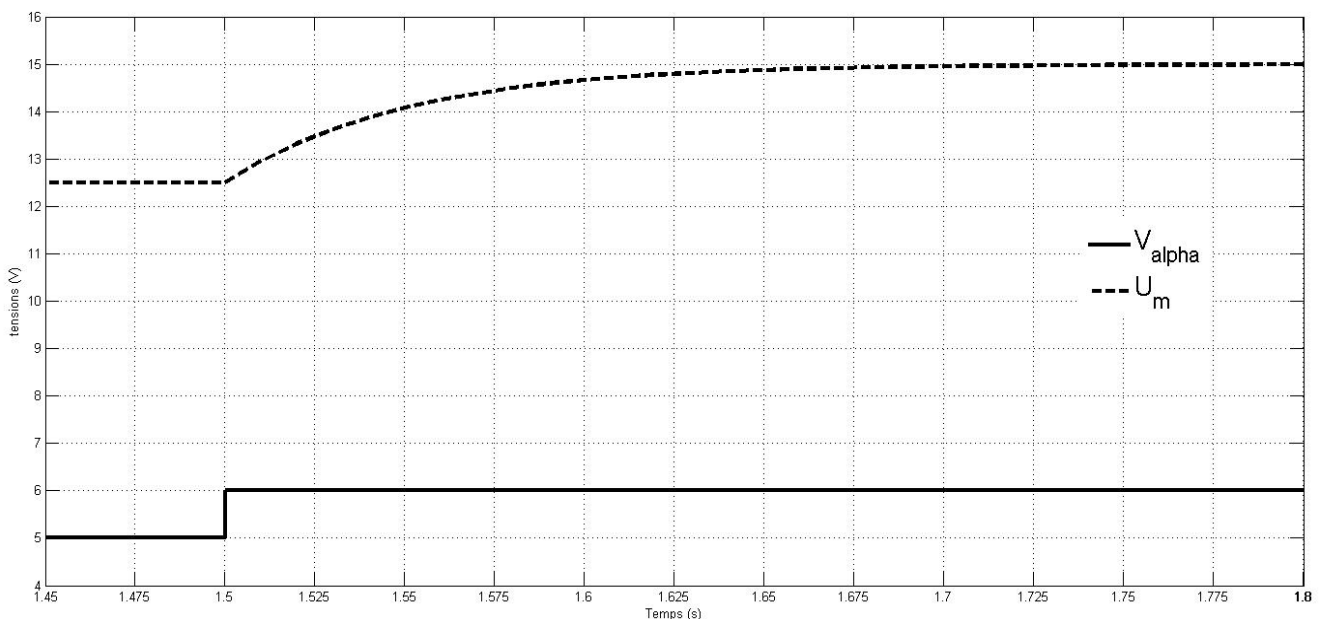
### Questions

4. Sur le document réponse, compléter le schéma bloc de l'asservissement en vitesse de l'un des moteurs.

$K_a$  est le coefficient de mise en forme de la consigne de vitesse, exprimé en  $\text{V}/(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$ .

5. Comment choisir le gain  $K_a$  pour que la vitesse  $\omega(t)$  soit correctement asservie ?

On soumet le convertisseur statique à un échelon de  $V_\alpha$ , on obtient la réponse indicielle  $U_m$  présentée à la figure suivante (et sur le document réponse) :



On suppose que  $H_c(p)$  est une fonction de transfert du premier ordre  $H_c(p) = \frac{A_0}{1 + \tau \cdot p}$ .

### Questions

6. Déduire de la figure les valeurs des coefficients  $\tau$  et  $A_0$ .

7. Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée  $FTBF(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)}$  en fonction de  $A_0$ ,

$B_0$ ,  $C_0$ ,  $G_0$ ,  $k$ ,  $\tau_{em}$ ,  $\tau$  et  $K_a$ . La mettre sous la forme canonique et donner ses paramètres caractéristiques.

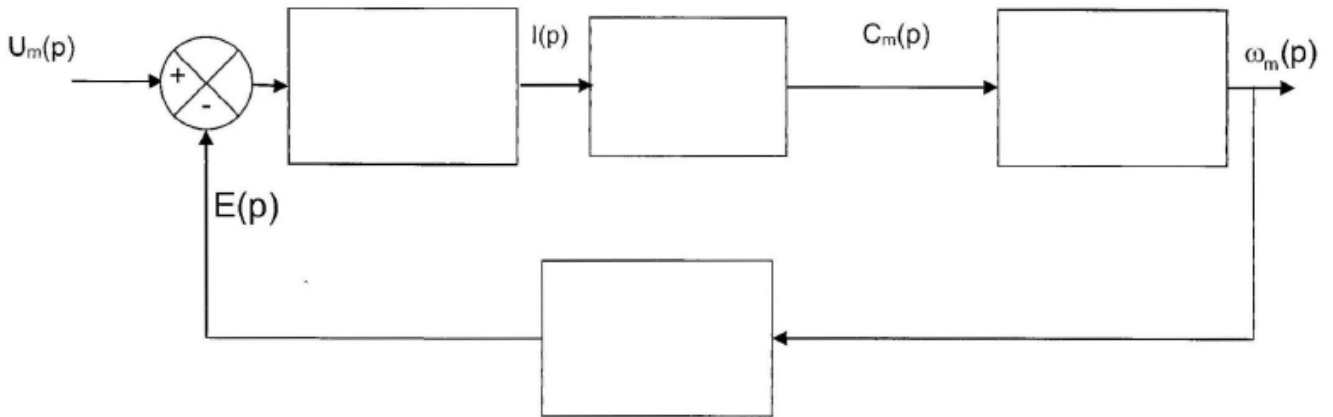
Le cahier des charges impose :

- ✓ Précision : erreur en régime permanent pour une vitesse de consigne  $\pm 10 \%$
- ✓ Pas de dépassement sur la vitesse.
- ✓ Rapidité : temps de réponse à 5 % : **0,5 s**

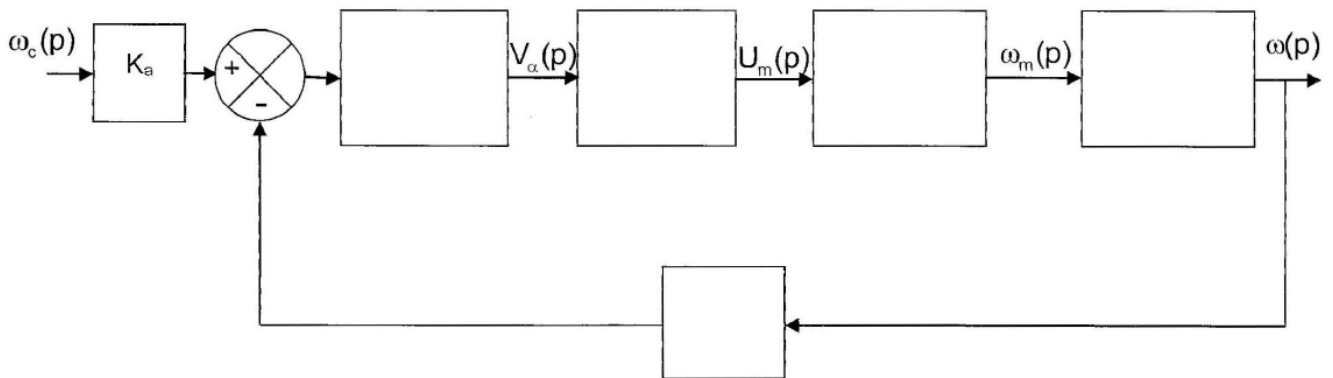
8. On souhaite que la laveuse réponde à une consigne de vitesse le plus rapidement possible et sans dépassement. Déterminer la valeur du coefficient d'amortissement  $z$  à choisir pour respecter cette contrainte. En déduire la valeur de  $C_0$ .

9. Dans ce cas, on a  $t_{5\%} \cdot \omega_n = 5$ , conclure quant au respect du cahier des charges en termes de temps de réponse.

**Question 1**



**Question 5**



**Exercice 4**

1. Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert :

$$H(p) = \frac{p}{p^2 + 11.p + 10}$$

2. Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert :

$$H(p) = \frac{5.(1 + 10.p)}{p.(1 + 0,2.p)}$$

3. Soit la fonction de transfert :  $H(p) = \frac{4}{1 + 0,05.p}$

Donner la réponse à une entrée  $e(t) = 5.\sin(20.t)$ .