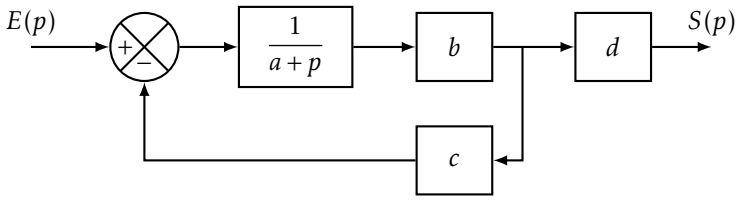
TD03-03

1 | Déterminer une réponse temporelle

Soit le schéma-blocs suivant :



Avec $a = 1$, $b = 0{,}5$, $c = 2$ et $d = 6$.

Question 1 : Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée, notée $H(p)$, en fonction de a, b, c et d, puis remplacer ces paramètres par leurs valeurs numériques.

Question 2 : On prend comme entrée $e(t) = 4u(t)$, où $u(t)$ est l'échelon unité. En déduire l'expression de $S(p)$.

Question 3 : En déduire l'expression de $s(t)$.

2 | Régulateur de vitesse

Un régulateur de vitesse est un dispositif électronique permettant au conducteur de ne plus ajuster en permanence la vitesse de son véhicule : le calculateur prend en charge l'accélérateur afin de maintenir la vitesse $V(t)$ au plus près de la vitesse consigne $V_c(t)$ demandée par le conducteur.

Les performances attendues au cahier des charges sont :

- un système stable et non oscillant (sans dépassement) ;
- un système précis ;
- un temps de réponse à 5 % de 20 s maximum.

La figure 1 montre l'architecture de l'asservissement.

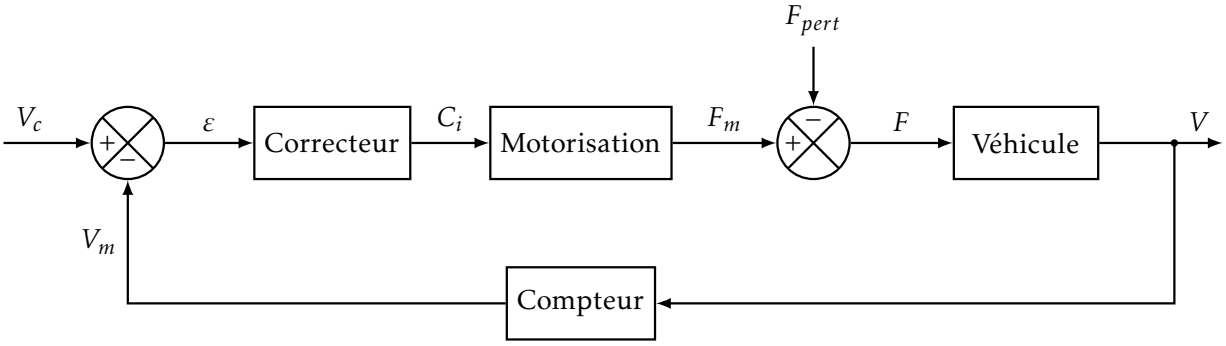


Figure 1 – Architecture du régulateur de vitesse

L'ensemble de la motorisation est modélisé par un gain $K_m = 25\,\text{N}$ liant la commande des injec-

teurs $C_i(t)$ à la force de traction exercée par les roues sur le véhicule $F_m(t)$. Une perturbation due au vent ou aux côtes applique un effort $F_{pert}(t)$ non prévisible sur le véhicule.

L'application du principe fondamental de la dynamique conduit à l'équation liant la force totale $F(t)$ à la vitesse $V(t)$:

$$m\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}(t) = F(t) - fV(t),$$

où $m = 900\,\mathrm{kg}$ est la masse et $f = 30\,\mathrm{N.s.m^{-1}}$ un coefficient de frottement aérodynamique.

Un compteur de vitesse, de gain unitaire $K_c = 1$, mesure la vitesse $V(t)$ et fournit l'information $V_m(t)$ comparée à la vitesse consigne. Le correcteur, de fonction de transfert $C(p)$, établit à partir de l'écart ε la commande $C_i(t)$. Dans une première approximation, la carte de commande est modélisée par un gain $C(p) = K_p = 5\,\mathrm{s.m^{-1}}$.

Question 4 : L'asservissement est-il régulateur ou suiveur dans ce cas ?

Question 5 : Transformer dans le domaine de Laplace l'équation de comportement du véhicule, sous les conditions de Heaviside (conditions initiales nulles). En déduire la fonction de transfert $\dfrac{V(p)}{F(p)}$.

Question 6 : Recopier le schéma-blocs de la figure 1 en remplaçant chaque mot par une fonction de transfert.

Question 7 : Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte $\dfrac{V_m(p)}{\varepsilon(p)}$, puis la fonction de transfert en boucle fermée $\dfrac{V(p)}{V_c(p)}$ en considérant la perturbation nulle $F_{pert}(p) = 0$.

Question 8 : Mettre la fonction de transfert en boucle fermée sous la forme canonique $\dfrac{K}{(1+\tau p)}$, où K et τ sont à déterminer. En déduire l'ordre et la classe du système.

On souhaite désormais déterminer les performances du système.

Question 9 : Déterminer le pôle de la fonction de transfert en boucle fermée et en déduire si le système est stable.

Question 10 : Déterminer la valeur finale de $V(t)$ pour une entrée en échelon $V_c(t) = V_0 u(t)$ et une perturbation nulle. En déduire si le système est précis.

Question 11 : Avec un correcteur intégral pur $C(p) = \dfrac{K_i}{p}$, où $K_i = 0,01$, déterminer les nouvelles performances de stabilité et de précision.

Les questions suivantes font références au cours C04-01 sur les systèmes du premier ordre.

Question 12 : À partir de l'ordre de la fonction de transfert, indiquer si le système présente des dépassements pour une entrée en échelon.

Question 13 : Déterminer le temps de réponse à 5 % et comparer la valeur obtenue à celle exigée au cahier des charges.