DS PCSI1, novembre 2023, durée 1h

Corrigé sur le site : http://perso.numericable.fr/starnaud/

Exercice 1.

Soit le système dont le comportement est défini par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{ds(t)}{dt} + 2.s(t) = 4.e(t)$$

Question

Déterminer sa fonction de transfert puis sa réponse temporelle à un échelon unitaire.

Exercice 2.

Soit le système dont le comportement est défini par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2s(t)}{dt^2} + 6.\frac{ds(t)}{dt} + 25.s(t) = 5.e(t)$$

Question

Déterminer sa fonction de transfert puis sa réponse temporelle à une impulsion.

Exercice 3.

Donner les performances du système asservi dont on donne dans le document réponses la réponse à un échelon.

Représenter toutes les constructions utiles sur cette courbe, faire apparaitre en particulier :

- ✓ L'erreur $\varepsilon(\infty)$.
- ✓ Le « tube des 10% ».
- ✓ Le temps de réponse à 5% : $t_{5\%}$.
- ✓ Le dépassement D.

Exercice 4. Segway

Le support de l'étude est le véhicule auto balancé Segway. Il s'agit d'un moyen de transport motorisé qui permet de se déplacer en ville.

La conduite du Segway se fait par inclinaison du corps vers l'avant ou vers l'arrière, afin d'accélérer ou freiner le mouvement.

Les virages à droite et à gauche sont quant à eux commandés par la rotation de la poignée directionnelle située sur la droite du guidon.

La chaîne d'action permettant de réguler l'inclinaison du SEGWAY est réalisée par :

- ✓ Un ensemble amplificateur et motoréducteur qui permet de délivrer un couple $C_m(t)$.

  On a : $C_m(t) = K_m.u_m(t)$ avec $u_m(t)$ tension de commande.
- ✓ Un ensemble chariot et conducteur dont les équations de comportement dynamique peuvent se mettre sous la forme : $a.\dfrac{d\phi(t)}{dt} = b.C_m(t) + c.\phi(t)$, avec $\phi(t)$ angle de rotation moteur.
- ✓ On a : $\psi(t) = \phi(t) - \alpha(t)$ avec $\alpha(t)$ l'inclinaison du conducteur par rapport à la barre d'appui et $\psi(t)$ l'inclinaison de la barre d'appui par rapport à la verticale.

La partie commande est constituée :

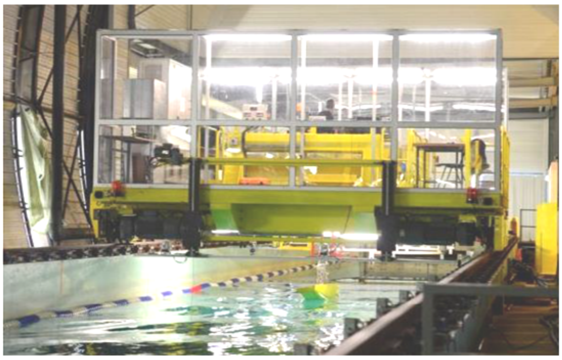
- ✓ D'un comparateur qui élabore le signal écart $\varepsilon(t) = \psi_c(t) - \psi(t)$ avec $\psi_c(t)$ la position angulaire de consigne d'inclinaison de la barre d'appui par rapport à la verticale.
- ✓ D'un correcteur de fonction de transfert $C(p)$ qui adapte l'écart pour commander le système avec la tension $u_c(t)$.
- ✓ Afin de stabiliser le système, la grandeur de commande du motoréducteur $u_m(t)$ est élaborée à partir de :
  - ➢ La mesure de la vitesse angulaire donnée par un gyromètre qui fournit la tension $u_v(t)$ telle que : $u_v(t) = K_1.\dfrac{d\psi(t)}{dt}$.
  - ➢ La mesure de la position angulaire donnée par un pendule qui fournit la tension $u_v(t)$ telle que : $u_P(t) = K_2.\psi(t)$.

Question : *Compléter sur le document réponses le schéma bloc de l'asservissement en position du Segway.*

Exercice 5 : Bassin de traction (Mines MP 21).

Le système étudié, nommé bassin de traction, est un bassins d'essais du Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Energétique et Environnement Atmosphérique.

Ce bassin de traction est équipé d'un chariot de traction pouvant se déplacer dans l'une ou l'autre des directions. À une extrémité du bassin se trouve un batteur à houle permettant de générer des houles unidirectionnelles.



Ce bassin permet de mener des études de navires sur eau calme et sur houle afin d'optimiser les carènes, la tenue à la mer de navires ou structures flottantes.

On étudie l'asservissement en vitesse du chariot de traction dont le schéma blocs incomplet est donné dans le document réponses.

Etude du moteur.

Les équations qui caractérisent le comportement en ligne droite du robot sont les suivantes :

$$u_m(t) = R.i(t) + L.\frac{di(t)}{dt} + e(t) \qquad C_m(t) = k_c.i(t)$$

$$J.\frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_{res}(t) \qquad e(t) = k_e.\omega_m(t)$$

$u_m(t)$: Tension de commande d'un moteur.

$i(t)$: Courant traversant chaque moteur.

$e(t)$: Force contre électromotrice.

R : Résistance interne du moteur.

L : Inductance du moteur.

$C_m(t)$: Couple exercé par un moteur.

k_c : Constante de couple.

k_e : Constante de force électromotrice.

$\omega_m(t)$: Vitesse angulaire d'un moteur.

J : Moment d'inertie de l'ensemble.

$C_{res}(t)$: Couple résistant.

$F_{res}(t)$: Force de l'eau sur la maquette en mouvement, on a $C_{res}(t) = K_{12}.F_{res}(t)$.

Questions

1. *Compléter la partie moteur du schéma bloc du document réponses.*

2. *Déterminer les fonctions de transfert $H_1(p)$ et $H_2(p)$ tels que :*

$$\Omega_m(p) = H_1(p).U_m(p) - H_2(p).F_{res}(p).$$

Etude de l'asservissement.

- ✓ Un adaptateur de gain K_1 permet de fournir l'image $U_c(p)$ de la consigne de vitesse $V_c(p)$.
- ✓ Un réducteur de vitesse de gain K_7 puis le système roue rail de gain K_8 transforment la rotation du moteur $\Omega_m(p)$ en une vitesse V(p) de translation du chariot.
- ✓ Une roue libre en rotation de gain K_9 associée à un réducteur de vitesse de gain K_{10} permet de transformer la vitesse du chariot V(p) en vitesse de rotation $\Omega_{mes}(p)$ de l'axe du capteur de vitesse de rotation.
- ✓ Un capteur de vitesse en rotation de gain K_{11} renvoie une tension $U_{mes}(p)$ proportionnelle à la vitesse de rotation $\Omega_{mes}(p)$.
- ✓ L'écart $\varepsilon_U(p)$ entre $U_c(p)$ et $U_{mes}(p)$ est ensuite corrigé par un correcteur de fonction de transfert C(p) afin de piloter un variateur de gain K_2.

Questions

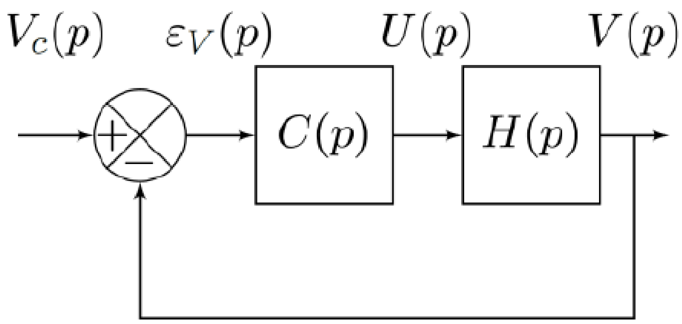
3. *Compléter la partie asservissement en vitesse du schéma bloc du document réponses.*

4. *Déterminer le gain K_1 afin d'avoir une erreur nulle lorsque la sortie est égale à l'entrée.*

Étude du correcteur

Pour la suite du sujet, on néglige la perturbation.

L'asservissement de vitesse est alors modélisé par le schéma-blocs suivant :



$$H(p) = \frac{20}{1+0{,}5.p}.$$

Remarque : 0,5 en s et 20 en $m.s^{-1}.V^{-1}$

On prend un correcteur proportionnel C(p) = C.

Questions

5. *Calculer la fonction de transfert en boucle fermée :* $H_3(p) = \frac{V(p)}{V_c(p)}$.

La mettre sous forme canonique $H_3(p) = \frac{K_3}{1+\tau_3.p}$ *et déterminer ses coefficients caractéristiques.*

6. *Avec C = 1, tracer la réponse à un échelon unitaire.*
Donner les performances de l'asservissement (précision, rapidité…).

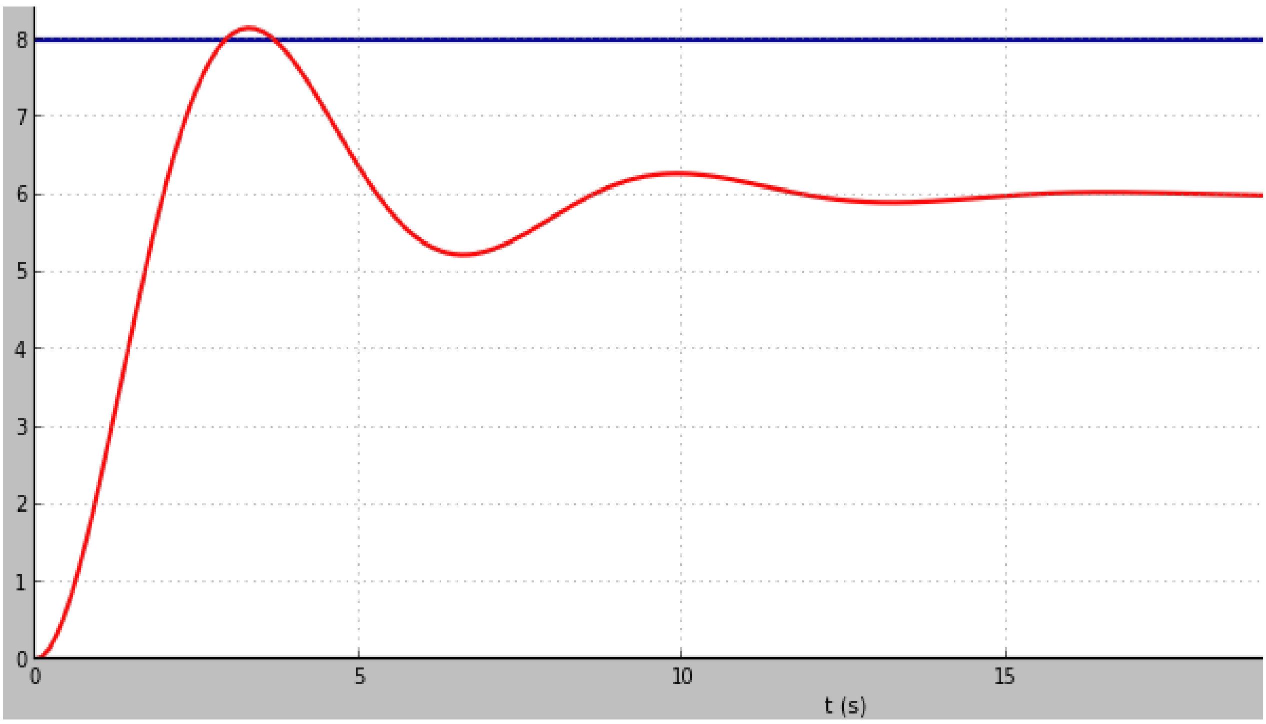
7. *Donner l'influence de l'augmentation du gain du correcteur sur les performances de l'asservissement.*

Tableau des Transformées de Laplace usuelles.

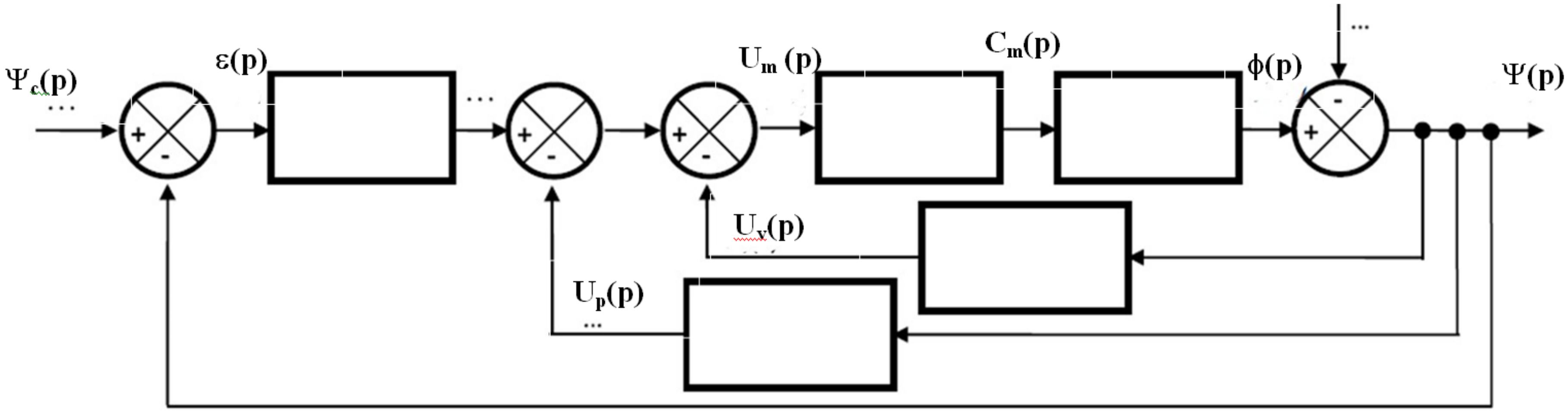
Domaine temporel	*Domaine de Laplace*	*Domaine temporel*	*Domaine de Laplace*
$\delta(t)$	1	$\sin \omega t$	$\dfrac{\omega}{p^2+\omega^2}$
K	$\dfrac{K}{p}$	$\cos \omega t$	$\dfrac{p}{p^2+\omega^2}$
$K.t$	$\dfrac{K}{p^2}$	t^n	$\dfrac{n!}{p^{n+1}}$

Document réponse

Exercice 3.



Exercice 4



Exercice 5