TD04-01

1 | Caméra de poursuite Speedcam

L'étude porte sur la caméra de poursuite Speedcam, utilisée aux championnats du monde d'athlétisme pour filmer le sprint final des athlètes en tête de course. La caméra est fixée sur un chariot se déplaçant sur un rail. Ce rail est le plus petit au monde permettant d'atteindre des vitesses supérieures à $15\,\text{m.s}^{-1}$.





Un capteur optique permet de mesurer la position de la caméra par rapport au coureur. Le chariot est asservi en vitesse comme le montre le schéma-bloc fonctionnel. Il doit satisfaire l'extrait de cahier des charges ci-dessous :

Exigence	Critère	Niveau
Suivre le coureur	Précision	$< 5\,\%$
	Rapidité	$t_{5\,\%} < 0{,}5\,\text{s}$
	Stabilité	Stable

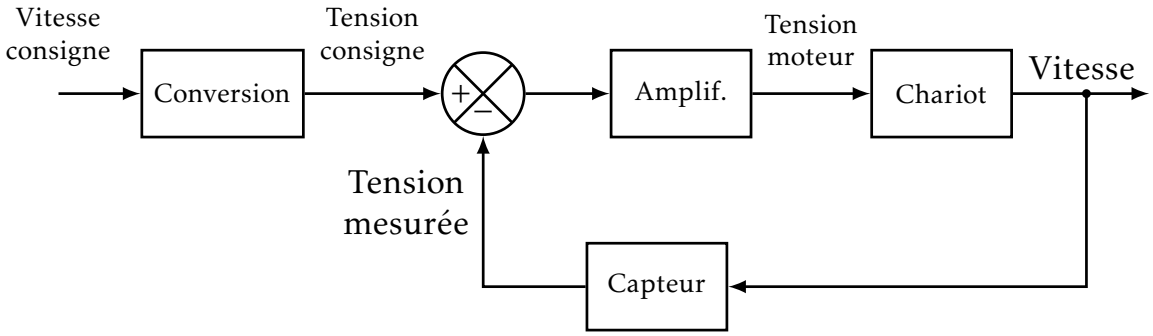


Figure 1 – Architecture fonctionnelle de l'asservissement en vitesse

Le chariot est actionné par un moteur électrique piloté par sa tension d'entrée U_m. Cette tension est obtenue à l'aide d'un amplificateur fournissant une tension U_m proportionnelle à la tension de commande ΔU (gain $K_A = 500$). Un capteur de vitesse mesure la vitesse v et renvoie une tension U_e proportionnelle à v (gain $J = 0{,}3\,\text{V.s.m}^{-1}$).

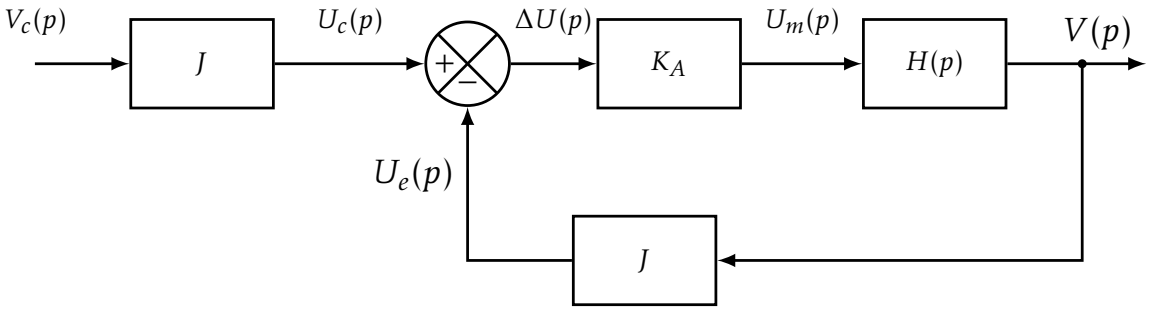
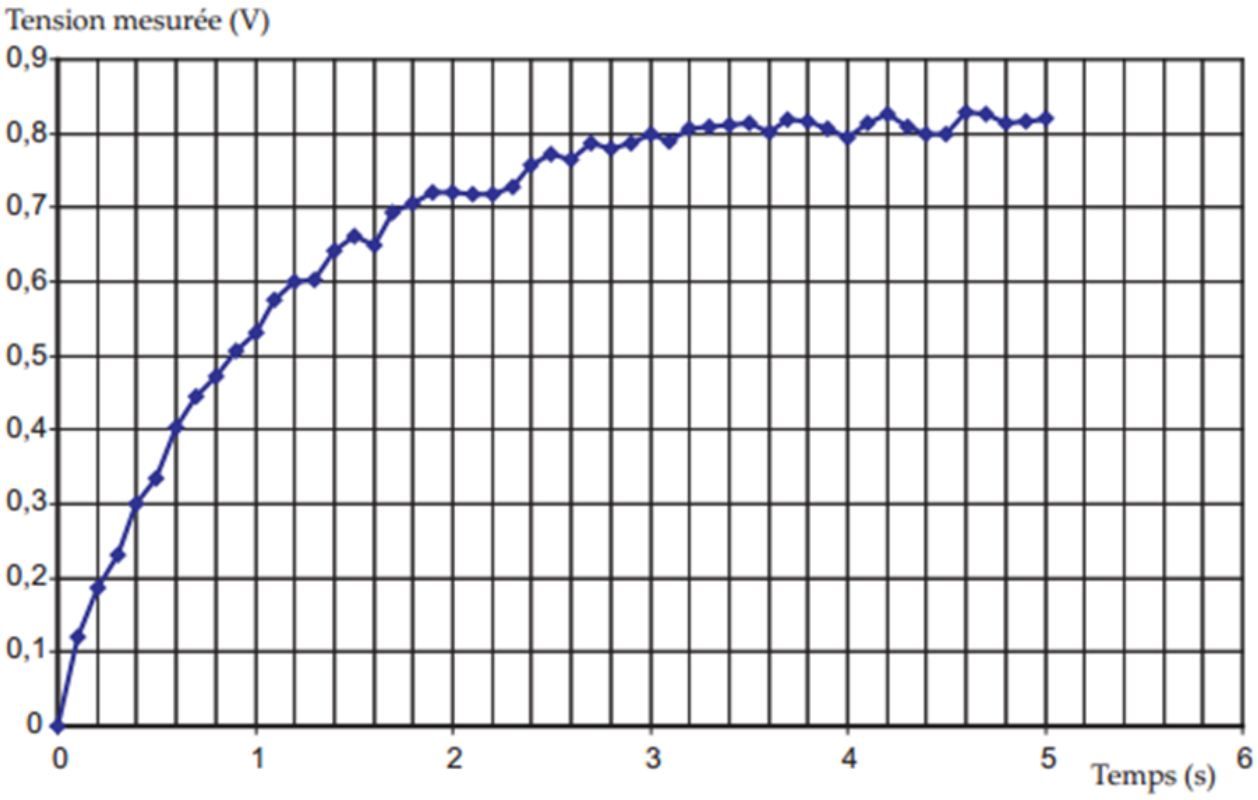


Figure 2 – Schéma-bloc avec fonctions de transfert

1.1 Modélisation du comportement du chariot

Le chariot est relativement complexe, ce qui ne permet pas de donner *a priori* un modèle de comportement $H(p)$ comme pour le capteur de vitesse ou l'amplificateur. Afin de modéliser son comportement, on choisit de faire une mesure et de proposer un modèle simple représentatif.
La courbe montre la réponse obtenue par le capteur de vitesse lorsqu'un échelon de tension $u_m(t) = u_0\,u(t)$, avec $u_0 = 70\,\text{V}$, est appliqué en entrée.



Question 1 : Déterminer le nom de variable de la grandeur (un lien dans le schéma bloc) qui est représenté en fonction du temps sur cette mesure.

Question 2 : Justifier que la caméra peut être modélisée par un modèle du premier ordre.

On pose $H(p) = \dfrac{K_C}{1+\tau p}$.

Question 3 : Identifier les paramètres de la fonction de transfert.

1.2 Étude des performances du système en boucle fermée

On cherche maintenant à caractériser les performances du système asservi.

Question 4 : Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_1(p) = \dfrac{V(p)}{V_c(p)}$ et identifier ses paramètres K_1 et τ_1.

Question 5 : Préciser en justifisant si le système est stable et s'il présente des dépassements.

Question 6 : Calculer l'erreur statique pour une entrée en échelon d'amplitude V_0.

Question 7 : Déterminer le temps de réponse à 5 % du système.

Question 8 : Conclure sur le respect du cahier des charges.

1.2.1 Amélioration de la précision

Une méthode classique pour améliorer la précision est d'ajouter un intégrateur $\dfrac{1}{p}$ dans la chaîne directe.

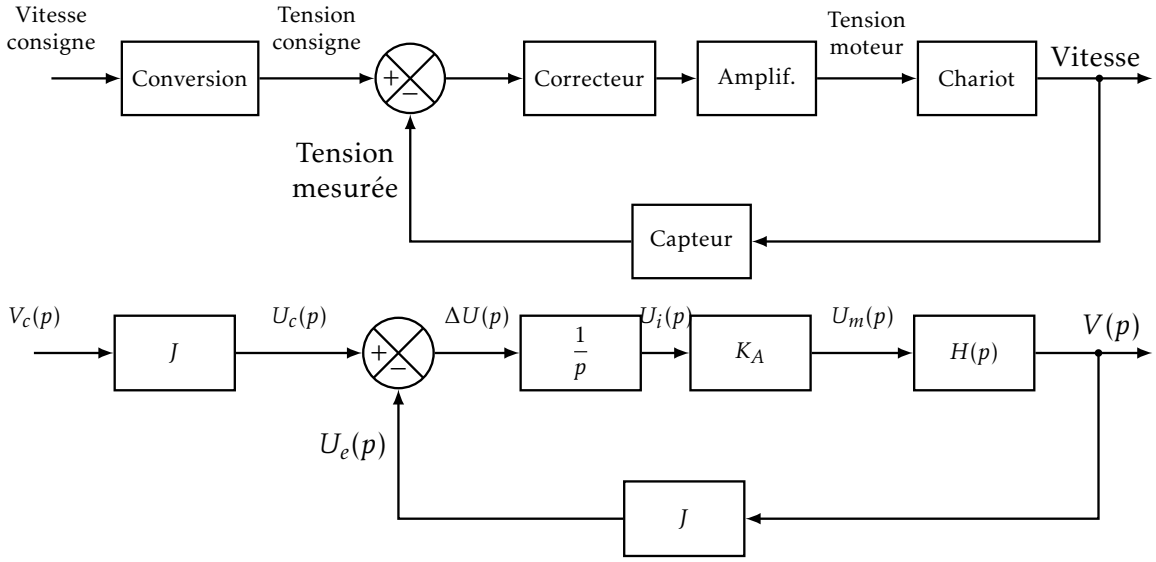


Figure 3 – Asservissement avec correcteur intégral

Question 9 : Calculer la nouvelle fonction de transfert. Donner l'ordre et la classe du système.

Question 10 : Calculer l'erreur statique pour une entrée en échelon d'amplitude V_0 et conclure.

Question 11 : Calculer la FTBO et en déduire l'erreur statique pour une entrée en échelon d'amplitude V_0. Conclure.