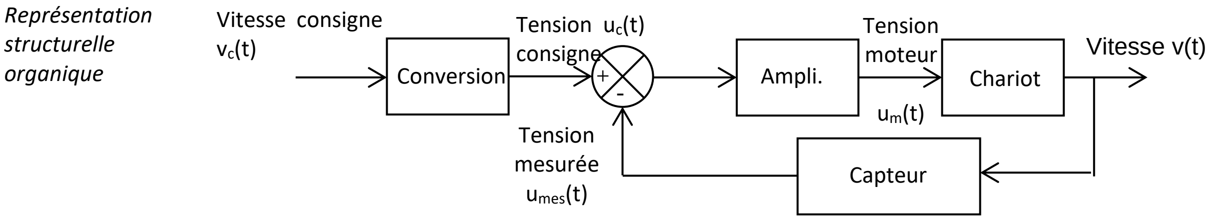
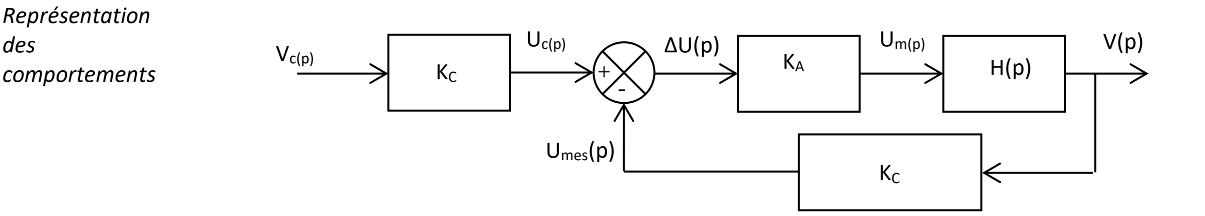
Exercice 1 : **Caméra Speedcam**

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.

Critère	Niveau
Stabilité	Impératif
Précision	Erreur < 2 %
Rapidité	$T_{r5\%}$ < 0,25 s

Un capteur optique permet de mesurer la position de la caméra par rapport au coureur. Un calculateur détermine la consigne nécessaire pour suivre le coureur, transmise sous forme de tension de commande à l'asservissement du chariot. Le chariot est asservi en vitesse comme le montre le schéma fonctionnel suivant.





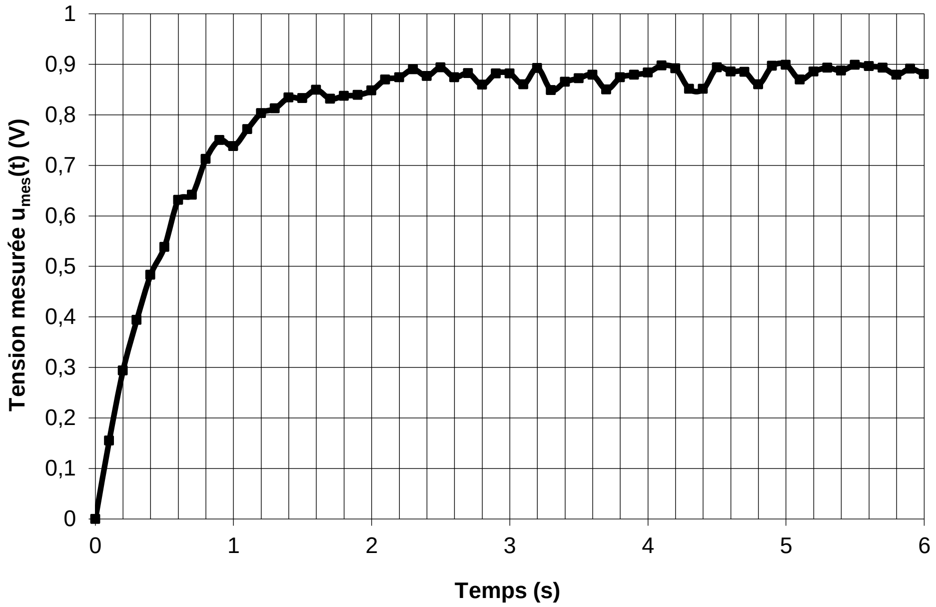
Le chariot est actionné par un moteur électrique piloté par sa tension d'entrée $u_m(t)$. Cette tension est obtenue à l'aide d'un amplificateur fournissant une tension $u_m(t)$ proportionnelle à la tension de commande Δu (gain $K_A = 500$). Un capteur de vitesse mesure la vitesse v(t) et renvoie une information de tension $u_{mes}(t)$ proportionnelle à la vitesse v(t) (gain $K_C = 0,3\ V/(m.s^{-1})$).

Partie 1 : **Modélisation du chariot**

La structure du chariot étant relativement complexe, il est impossible 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 page suivante montre la réponse obtenue par le capteur de vitesse lorsqu'un échelon de tension $u_m(t) = u_0.u(t)$ (avec $u_0 = 70$ V) est appliqué en entrée.

On choisit un modèle simple du premier ordre pour identifier le comportement du chariot, soit $H(p) = \frac{K}{1+\tau p}$, où K et τ sont à déterminer à l'aide de la courbe.

1- Justifier le choix d'un modèle du premier ordre pour décrire le comportement du chariot.
2- Déterminer K à l'aide de la courbe.
3- Déterminer τ à l'aide de la courbe par trois méthodes. A partir des trois valeurs obtenues, proposer une valeur de τ pertinente.



Partie 2 : Etude des performances du système en boucle fermée

On cherche maintenant à caractériser les performances du système asservi, c'est à dire la stabilité, la rapidité et la précision.

4- Calculer la fonction de transfert $H_T(p) = \frac{V(p)}{V_{c(p)}}$ du comportement du chariot asservi.

5- Déterminer les caractéristiques de cette fonction de transfert. Le système sera-t-il asymptotiquement stable ?

6- Déterminer la réponse du système à un échelon d'amplitude 10 m/s : $v_c(t) = 10u(t)$..

7- En calculant la valeur à convergence de $v(t)$ suite à une entrée en échelon unitaire, déterminer si le système est précis. Comment améliorer cette précision ?

8- Déterminer la rapidité du système. Comment améliorer la rapidité ? Quelle sera la conséquence sur la précision ?

Exercice 2 : **Asservissement en position d'un axe de robot**

L'étude porte sur l'asservissement en position angulaire d'un axe de bras robot.
La consigne de position angulaire est notée $\theta_C(t)$. Elle est transcrite par l'intermédiaire d'un système de gain pur K (en V/rad) en une tension notée $u_C(t)$. Cette tension est directement comparée à $u_S(t)$ la mesure de $\theta_S(t)$ la position angulaire de l'axe fournie par le capteur de gain K_C.
Le mouvement de rotation est assuré par un moteur électrique. Pour ce moteur, l'entrée est la tension d'alimentation $u_M(t)$, obtenue après amplification de gain pur K_A (= 10) de l'écart en tension $\varepsilon_V(t)$. La sortie du moteur électrique est la vitesse de rotation $\omega_S(t)$ du bras (en rad/s). La fonction de transfert du moteur est notée $H(p)$, telle que $H(p) = \dfrac{L(\omega_S(t))}{L(u_M(t))} = \dfrac{\Omega_S(p)}{U_M(p)} = \dfrac{0,2}{1+0,5.p}$ (approximation 1er ordre).

1) Représenter le schéma bloc organique de l'asservissement en position de l'axe. Puis, représenter le schéma bloc comportemental. Faire apparaître sur ce dernier, dans le domaine symbolique, l'ensemble des variables en précisant leur unité SI, ainsi que les fonctions de transfert de chacun des composants.

2) Quelle doit être la relation entre K et K_C pour que $\varepsilon_V(t) = 0$ dès que $\theta_S(t) = \theta_C(t)$?

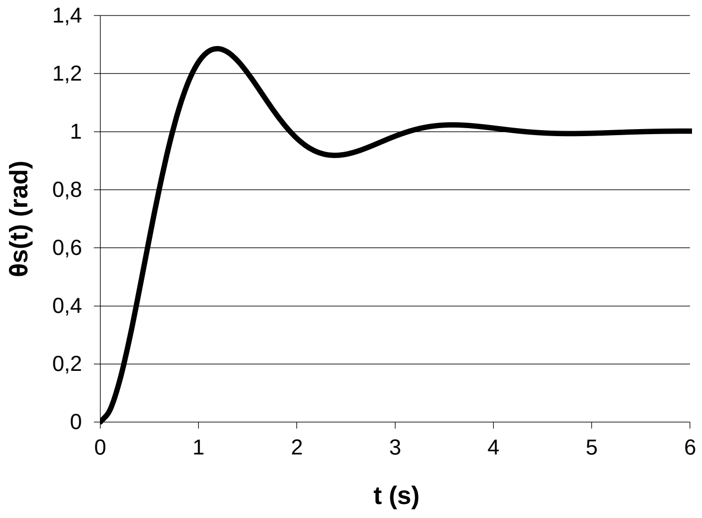
3) Déterminer une représentation schéma bloc de retour unitaire équivalente à la représentation précédente.

4) Déterminer l'expression littérale et numérique de $F(p)$ la fonction de transfert du système complet.

5) Monter que $F(p)$ est une fonction de transfert du 2ème ordre. Exprimer alors le gain statique K_F, l'amortissement z_F et la pulsation propre non amortie ω_{0F} en fonction de K_C.

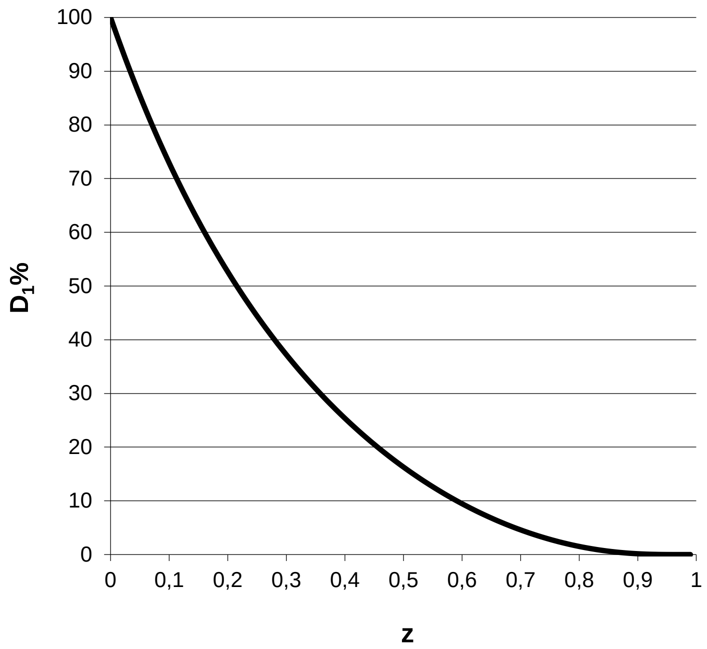
6) Que dire de la précision du système en chaîne fermée ?

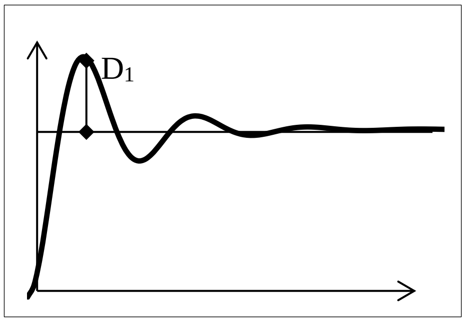
La réponse du système à un échelon de position $\theta_c(t) = 1\ rad$ est la suivante :



7) Quel est la nature de cette réponse ? Que dire sur la valeur de z_F ?

8) Déterminer graphiquement les valeurs numériques de K_F, z_F et ω_{0F}. Vous pouvez éventuellement vous aider de l'abaque de dépassement.





9) En déduire la valeur numérique du gain du capteur K_C.

10) Déterminer la valeur de K_A pour avoir un temps de réponse minimal. Quelle sera alors l'erreur statique relative? l'erreur de trainage ?