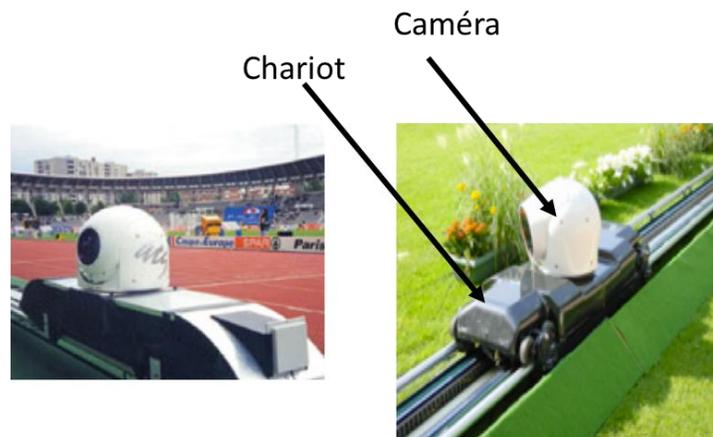


## TD 3

### Caméra de poursuite

#### I) Présentation du système

L'étude porte sur la caméra de poursuite SPEEDCAM utilisée pour filmer les compétitions sportives (athlétisme, football, rugby...) se déroulant dans un stade et étant diffusées à la télévision. La caméra est fixée sur un chariot se déplaçant sur un rail le long du terrain, permettant ainsi de suivre l'un des acteurs du jeu durant son déplacement. Ce rail est le plus petit au monde permettant d'atteindre des vitesses supérieures à 15 m/s.



*Système de camera de poursuite sur son rail*

Un extrait du cahier des charges donne quelques précisions sur les performances attendues du système :

Critère	Valeur
Rapidité	$t_{5\%} < 1,5s$
Précision statique	99% de la consigne
Vitesse maximale	15m/s

#### II) Fonctionnement du système

La caméra a pour objectif de suivre le mouvement d'un athlète se déplaçant parallèlement au bord du terrain (ou de la piste). Le chariot supportant la caméra est donc un système asservi en vitesse afin de déplacer la caméra à la vitesse désirée par le caméraman.

Cette partie traite de l'étude de l'asservissement en vitesse du chariot supportant la caméra. Pour réaliser cet asservissement, le système est composé de plusieurs éléments :

- un capteur de vitesse (dont la fonction de transfert est notée  $K_v$ ) qui convertit la mesure de la vitesse réelle  $V$  du chariot en une tension  $U_e$ ;
- un convertisseur (dont la fonction de transfert est notée  $K_c$ ) qui convertit la consigne de vitesse  $V_c$  en une tension de consigne  $U_c$ ;
- un amplificateur (dont la fonction de transfert est notée  $K_A$ ) qui, à partir de l'écart mesuré entre la tension de consigne  $U_c$  et la tension  $U_e$  établit la tension de commande du moteur  $U_m$ ;
- un ensemble moteur+chariot (de fonction de transfert  $H(p)$ ) qui à partir de la tension  $U_m$  réalise le déplacement à une vitesse  $V$ .

On utilisera par la suite les valeurs suivantes :

- $K_v = 0.3 \text{ V.s/m}$
- $K_A = 0.7$
- $K_c = 0.5 \text{ V.s/m}$

### III) Modélisation de l'asservissement

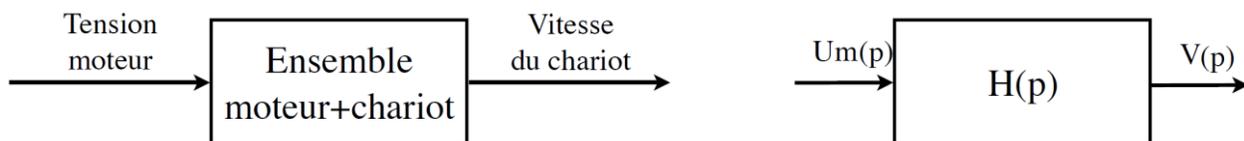
#### III.1) Schéma-blocs

**Question 1 :** Tracer le schéma-blocs topo-fonctionnel relatif à l'asservissement en vitesse du chariot de caméra. On placera sur ce schéma les différentes grandeurs en entrée et sortie des blocs, avec leurs unités respectives.

**Question 2 :** En déduire le schéma-blocs relatif à l'asservissement en vitesse. On placera les différentes grandeurs en entrée et sortie des blocs en faisant attention au domaine d'étude.

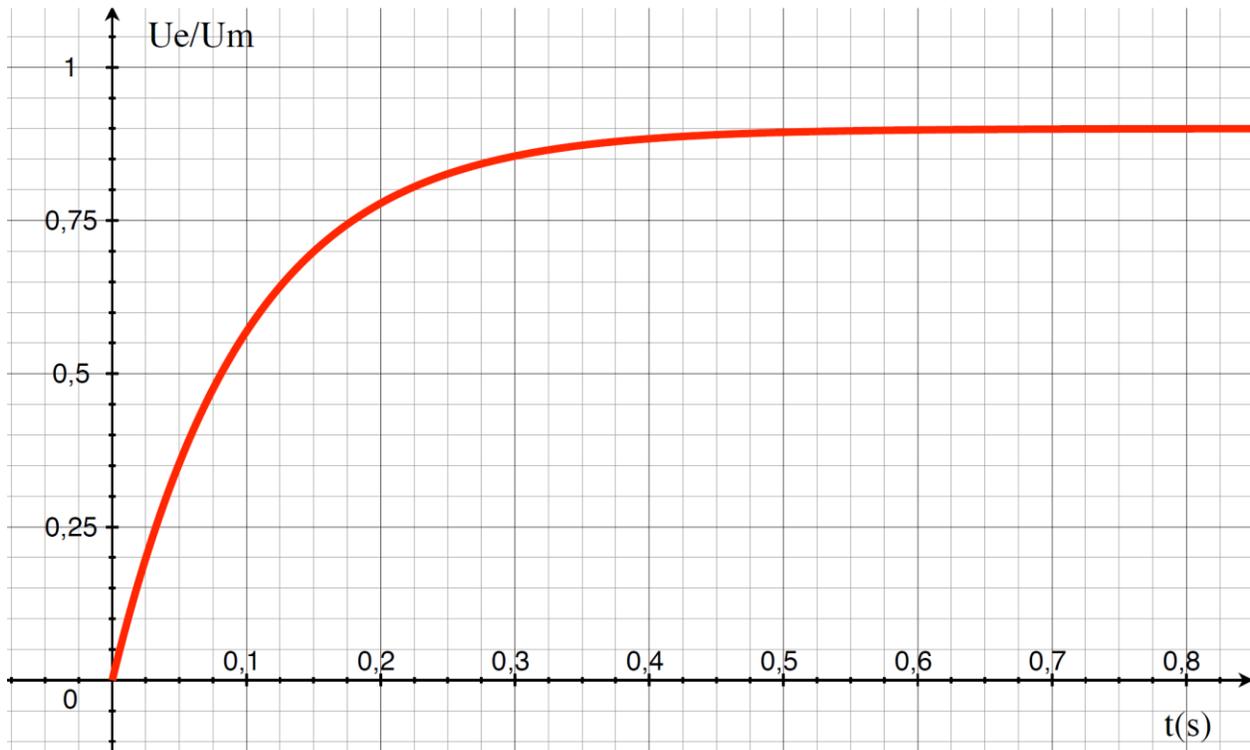
#### III.2) Modélisation du comportement du chariot

Le comportement de l'ensemble moteur+chariot (dont la fonction de transfert représentative est notée  $H(p)$ ) possède un comportement relativement complexe à modéliser. En effet, il possède de nombreux éléments dont certaines caractéristiques ne sont pas connues, ce qui empêche, a priori, de déterminer précisément la fonction de transfert  $H(p)$ .



*Modélisation de l'ensemble moteur+chariot*

Afin de modéliser le comportement de l'ensemble moteur+chariot, on choisit de réaliser une mesure et de proposer un modèle simple représentatif. Pour cela, on observe la réponse obtenue en sortie du capteur de vitesse ( $U_e(t)$ ) lorsque l'on applique un échelon de tension  $U_m(t) = U_0u(t)$  en entrée de l'ensemble moteur+chariot.



*Réponse obtenue par le capteur de vitesse pour une entrée  $U_m$  en échelon*

On choisit un modèle du premier ordre (de gain  $K_m$  et de constante de temps  $\tau_m$  pour identifier le comportement de l'ensemble moteur+chariot.

**Question 3 :** Justifier le choix d'un modèle du premier ordre.

**Question 4 :** Déterminer à l'aide de la courbe les valeurs de  $K_m$  et  $\tau_m$ . On expliquera la méthode utilisée.

**Question 5 :** En déduire l'expression de  $H(p)$ .

#### IV) Etude des performances du système bouclé

On cherche dans cette partie à caractériser les performances en rapidité et en précision du système asservi. Dans toute la suite, on gardera les expressions des fonctions de transfert en fonction des notations  $K_A$ ,  $K_c$ , ... On veillera à n'utiliser les valeurs numériques que lorsqu'elles sont nécessaires.

**Question 6 :** Déterminer la fonction de transfert totale  $H_{T1}(p) = \frac{V(p)}{V_c(p)}$  du chariot asservi.

**Question 7 :** La mettre sous forme canonique et identifier ses paramètres caractéristiques.

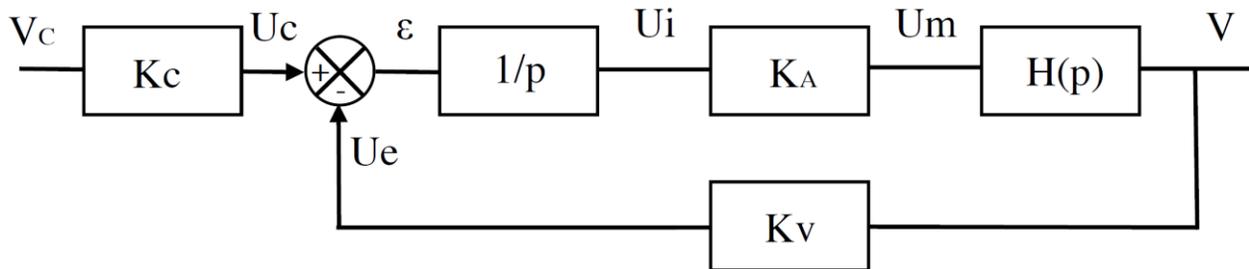
Un système est précis en réponse à un échelon si l'écart en sortie du comparateur tend vers 0 en régime établi (pour une sollicitation en échelon) :  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0$ .

On considère une entrée en échelon de type  $V_c(p) = \frac{1}{p}$

**Question 8 :** Déterminer l'expression de  $\varepsilon(p)$  et conclure sur la précision du système.

### V) Amélioration de la précision

Une méthode classique pour améliorer la précision est l'ajout d'un intégrateur (fonction de transfert  $\frac{1}{p}$  dans la chaîne directe. Cet ajout se fait en amont de l'amplificateur. On appelle correcteur les éléments ajoutés à la partie commande destinés à améliorer la qualité de l'asservissement.



*Schéma-bloc de l'asservissement en vitesse avec intégrateur*

**Question 9 :** Déterminer la fonction de transfert totale  $H_{T2}(p) = \frac{V(p)}{V_c(p)}$  du chariot asservi avec correcteur intégral.

**Question 10 :** La mettre sous forme canonique et identifier ses paramètres caractéristiques.

Un système est précis en réponse à un échelon si l'écart en sortie du comparateur tend vers 0 en régime établi (pour une sollicitation en échelon) :  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0$ .

**Question 11 :** Pour une entrée en échelon de type  $V_c(p) = \frac{1}{p}$ , déterminer l'expression de  $\varepsilon(p)$  et conclure sur la précision du système (on utilisera le théorème de la valeur finale).

**Question 12 :** Mettre le dénominateur de la fonction de transfert  $H_{T2}(p)$  sous la forme  $(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)$ .

**Question 13 :** En déduire l'expression de  $v(t)$  lorsque l'on soumet le système à une sollicitation en échelon d'amplitude  $V_0$ . Tracer l'allure de  $v(t)$ .

Après calcul, on obtient  $t_{r5\%} = 1,4$  s.

**Question 14 :** Le système ainsi corrigé respecte-t-il le cahier des charges ? Conclure sur le rôle du correcteur.