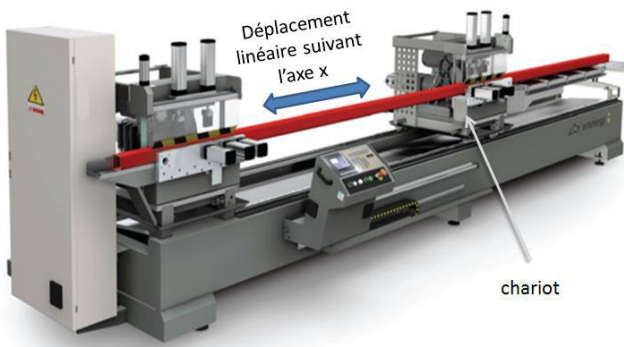
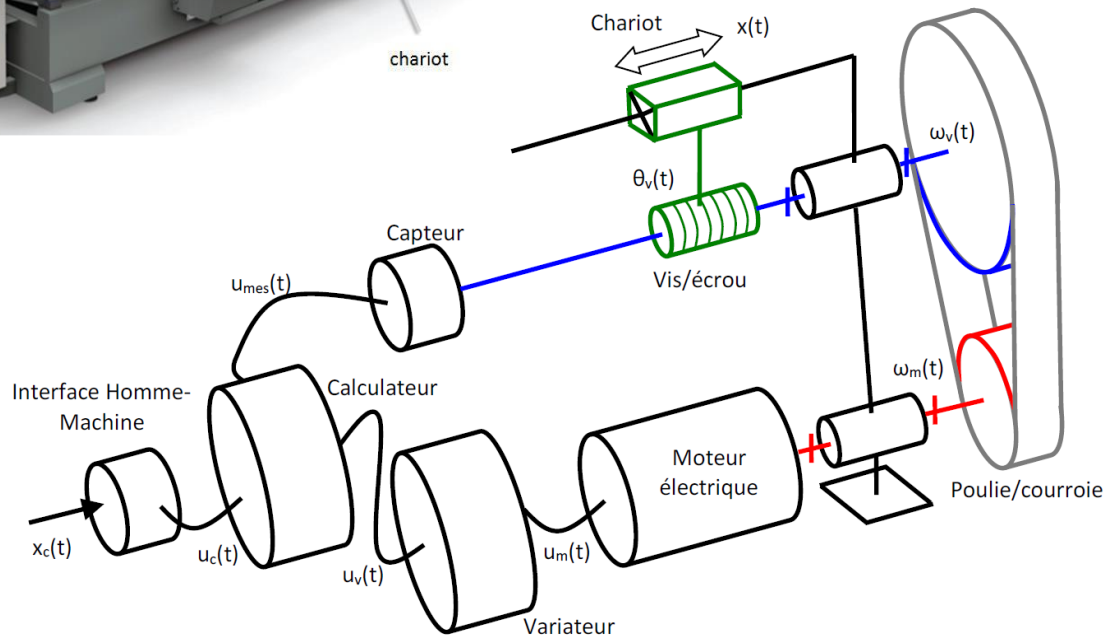


## Exercice 1 : Axe machine-outil

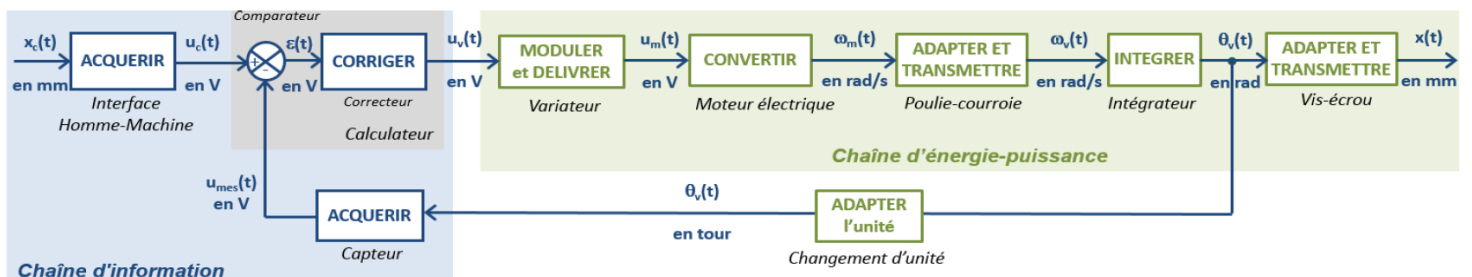


L'étude porte sur un axe linéaire que l'on peut retrouver sur des machines-outils à commande numérique. On donne la description de sa structure ci-dessous.



**Question 1 :** Le système est-il un système asservi ? Si oui, quelle grandeur est asservie ?

On donne ci-dessous (page suivante) la chaîne d'énergie-puissance et la chaîne d'information du système.



La chaîne d'énergie-puissance est constituée :

- d'un variateur (pré-actionneur), contrôlant la tension d'alimentation du moteur, notée  $u_m(t)$  en V, à partir de la tension de commande, notée  $u_v(t)$  en V ;
- d'un moteur électrique de vitesse angulaire  $\omega_m(t)$  en rad/s ;
- d'un réducteur poulie courroie de vitesse angulaire de sortie  $\omega_v(t)$  en rad/s ;
- d'un système vis écrou qui permet de transformer le mouvement de rotation continue de la vis (position angulaire  $\theta_v(t)$  en rad) en un mouvement de translation continue du chariot (position linéaire  $x(t)$  en mm).

La chaîne d'information est constituée d'une :

- interface Homme-Machine qui traduit la consigne de position  $x_C(t)$  en mm, en une tension image  $u_C(t)$  en V ;
- capteur qui mesure l'angle de rotation de la vis  $\theta_v(t)$  en tour et en informe le calculateur avec la grandeur  $u_{mes}(t)$  en V. Cette tension image de  $\theta_v(t)$  est également proportionnelle à  $x(t)$ ;
- calculateur qui compare ensuite cette mesure  $u_{mes}(t)$  avec l'image de la consigne de position  $u_C(t)$ , puis corrige l'image de l'erreur  $\varepsilon(t) = u_C(t) - u_{mes}(t)$  issue de cette comparaison, pour élaborer un signal de commande en tension  $u_v(t)$  en V pour le variateur.

**Modèle de connaissance des composants et de l'axe :**

Le correcteur est un amplificateur :  $u_v(t) = K_C \cdot \varepsilon(t)$ .

Le variateur est modélisé par :  $u_m(t) = K_v \cdot u_v(t)$ .

Le moteur électrique est modélisé par :  $\tau_m \frac{d\omega_m(t)}{dt} + \omega_m(t) = K_m \cdot u_m(t)$ .

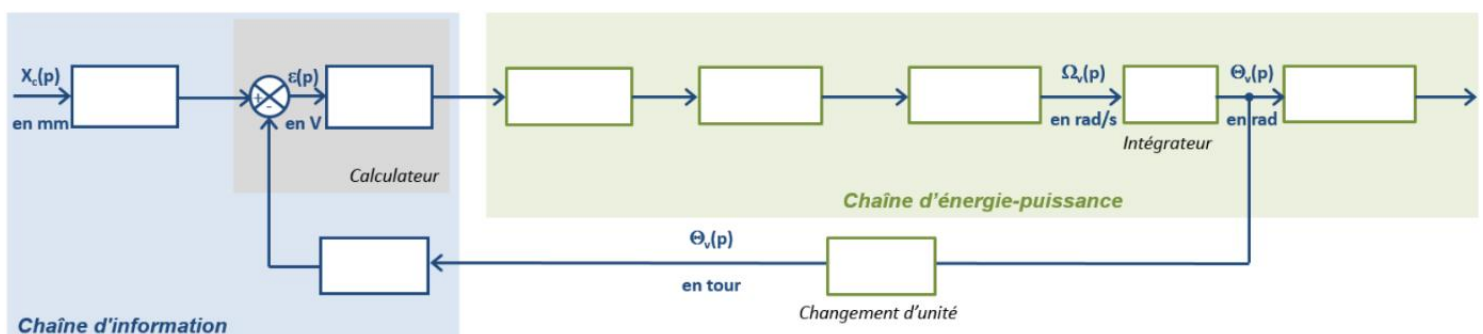
Le réducteur poulie-courroie a un rapport de réduction  $r < 1$ .

Le pas du transmetteur vis-écrou est noté *pas* (en mm).

Le capteur délivre  $K_{cap}$  en V/tour.

On suppose que toutes les conditions initiales sont nulles, et que toutes les constantes sont positives.

**Question 2 :** À l'aide de la description ci-dessus, déterminer les fonctions de transfert de chaque composant, puis compléter le schéma-bloc (situé dans le bas de la page suivante), en faisant apparaître ces dernières à l'intérieur des blocs ainsi que les grandeurs transmises d'un bloc à l'autre. Finaliser la modélisation en complétant les blocs encore vides excepté celui de l'interface homme-machine.



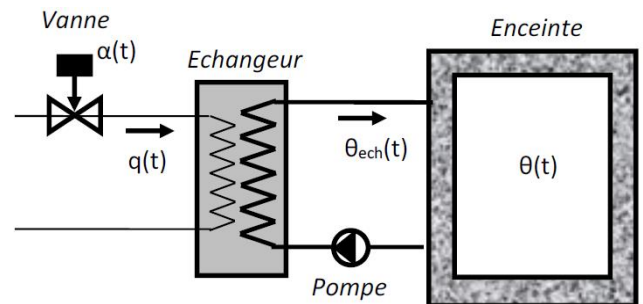
**Question 3 :** Déterminer la fonction de transfert de l'interface homme-machine permettant d'avoir une image de l'erreur nulle lorsque l'erreur est nulle.

**Question 4 :** En déduire sous forme canonique la fonction de transfert globale de cet asservissement.

**Question 5 :** Conclure sur les performances de stabilité et de précision.

## Exercice 2 : Enceinte chauffante

Le système représenté ci-contre est chargé de maintenir constante la température d'une enceinte. Le chauffage est assuré par un échangeur thermique. Un fluide à température élevée traverse l'échangeur avec un débit  $q(t)$  contrôlé par une vanne d'angle d'ouverture  $\alpha(t)$ . Une pompe de débit constant impose une circulation d'air de l'échangeur vers l'enceinte. L'air chauffé en sortie de l'échangeur, de température  $\theta_{ech}(t)$  se mélange avec l'air présent dans l'enceinte de température  $\theta(t)$ .



On donne les modèles de connaissance suivants :

- loi de fonctionnement de la vanne :  $q(t) = K_{van} \cdot \alpha(t)$

- loi de transfert de chaleur dans l'échangeur :  $\theta_{ech}(t) + \tau_{ech} \frac{d\theta_{ech}(t)}{dt} = K_{ech} \cdot q(t)$

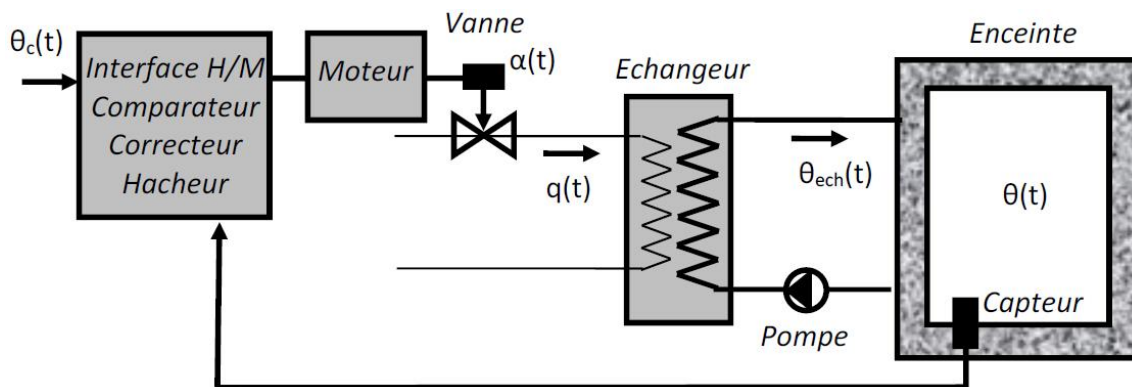
- loi de transfert de chaleur dans l'enceinte :  $\theta(t) + \tau_{enc} \frac{d\theta(t)}{dt} = K_{enc} \cdot \theta_{ech}(t)$

On suppose que toutes les conditions initiales sont nulles. L'entrée du système est l'angle d'ouverture de la vanne  $\alpha(t)$  en rad et la sortie, la température de l'enceinte  $\theta(t)$  en °.  $q(t)$  est en m<sup>3</sup>/s et  $\theta_{ech}(t)$  en °.

**Question 1 :** Déterminer les fonctions de transfert de la vanne, de l'échangeur et de l'enceinte.

**Question 2 :** Dessiner la portion de schéma-bloc représentant le système et faisant intervenir uniquement les composants précédemment définis.

Afin de réguler la température de l'enceinte, on choisit d'asservir cette température en motorisant la vanne.



Un capteur de gain  $K_{cap}$  installé dans l'enceinte, mesure la température  $\theta(t)$  en  $^{\circ}$  et la traduit en une tension  $u_{mes}(t)$  en V. La tension  $u_{mes}(t)$  en V est comparée à la tension image de consigne  $u_c(t)$  en V issue d'une interface homme-machine. L'image de l'erreur  $\varepsilon(t) = u_c(t) - u_{mes}(t)$  est corrigée et traduite en une tension de commande  $u_v(t)$  en V pour le hacheur. La fonction de transfert du correcteur est :

$$\frac{U_v(p)}{\varepsilon(p)} = 1 + \tau_c \cdot p$$

avec  $\tau_c$  qui est égal à  $\tau_{enc}$

Le hacheur de gain  $K_v$  fournit la tension d'alimentation du moteur  $u_m(t)$  en V. Le moteur agit sur l'angle d'ouverture de la vanne. La fonction de transfert du moteur est :

$$\frac{\alpha(p)}{U_m(p)} = \frac{K_m}{p(1 + \tau_m \cdot p)}$$

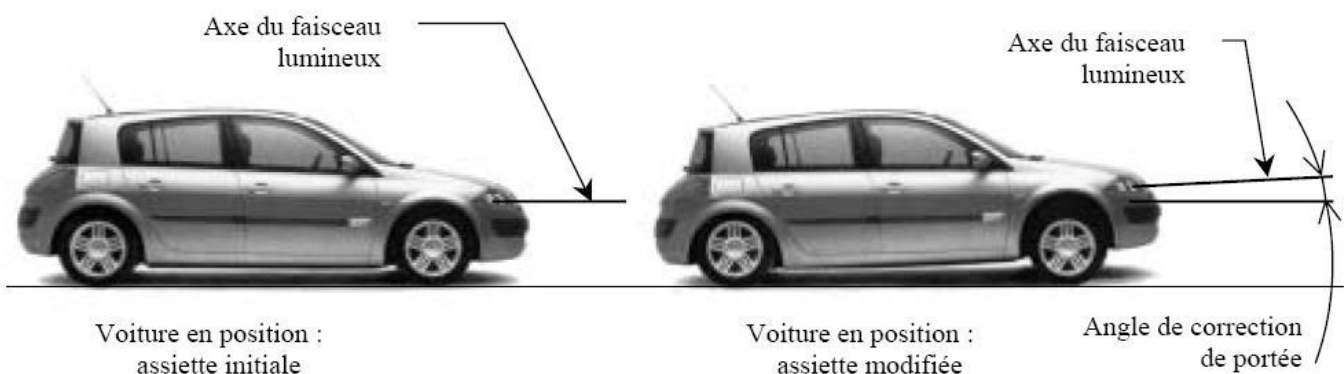
**Question 3 :** Déterminer la structure du schéma-bloc modélisant cet asservissement, en identifiant les différents composants (nom sous les blocs) et en précisant leur fonction de transfert à l'intérieur des blocs, ainsi que les grandeurs (avec leur unité) transmises d'un bloc à l'autre.

**Question 4 :** En déduire sous forme canonique la fonction de transfert globale modélisant cet asservissement.

**Question 5 :** Conclure sur les performances de stabilité et de précision. (NB : toutes les constantes sont positives).

### Ex3 : Système de correction de portée d'un phare automobile (Sujet CCP)

L'assiette d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée. Certaines voitures sont équipées de système de correction de portée automatique. La position du projecteur est ajustée automatiquement en maintenant un angle de faisceau optimal (évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route).



La chaîne d'action complète comprend (voir représentation 3D ci-dessous) :

- **des capteurs d'assiette** (inclinaison entre l'axe de la voiture et la route) fixés sur les essieux avant et arrière du véhicule, qui permettent de mesurer le débattement des suspensions (angle d'assiette  $\beta(t)$ ). Ces capteurs sont associés à **un calculateur** qui détermine la tension de commande  $u_v(t)$  en V à transmettre au variateur. L'ensemble **capteurs d'assiette + calculateur** est assimilable à un modèle proportionnel de gain pur  $K_c$ . L'angle  $\beta(t)$  est assimilé à la consigne ;

- **un variateur** qui fournit la tension d'alimentation  $u_m(t)$  en V à fournir au moteur. Sa fonction de transfert est un gain pur  $K_v = 0,5$  ;

- un **moteur à courant continu** qui assure la motorisation du mouvement de rotation du bloc d'orientation par rapport à la carrosserie. Sa fonction de transfert est notée :

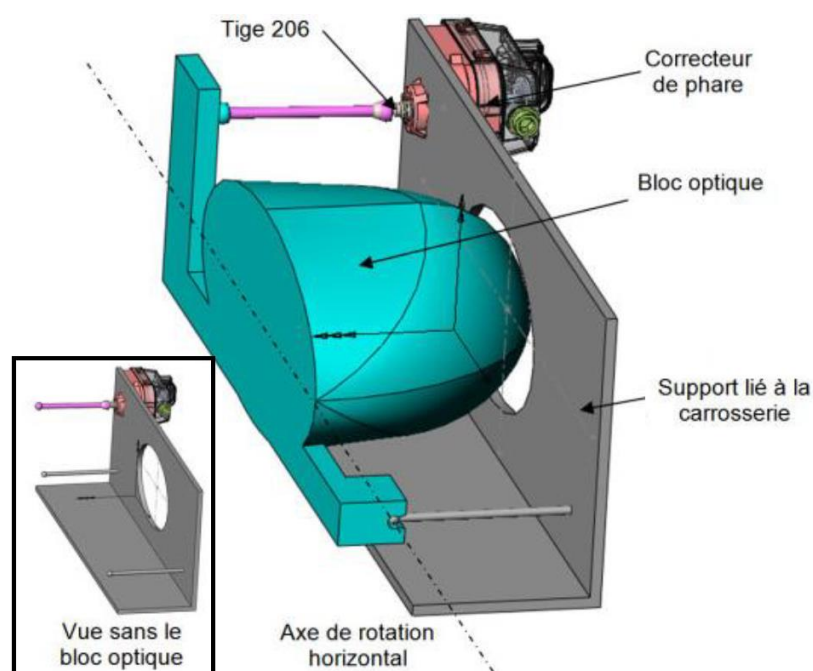
$$M(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$$

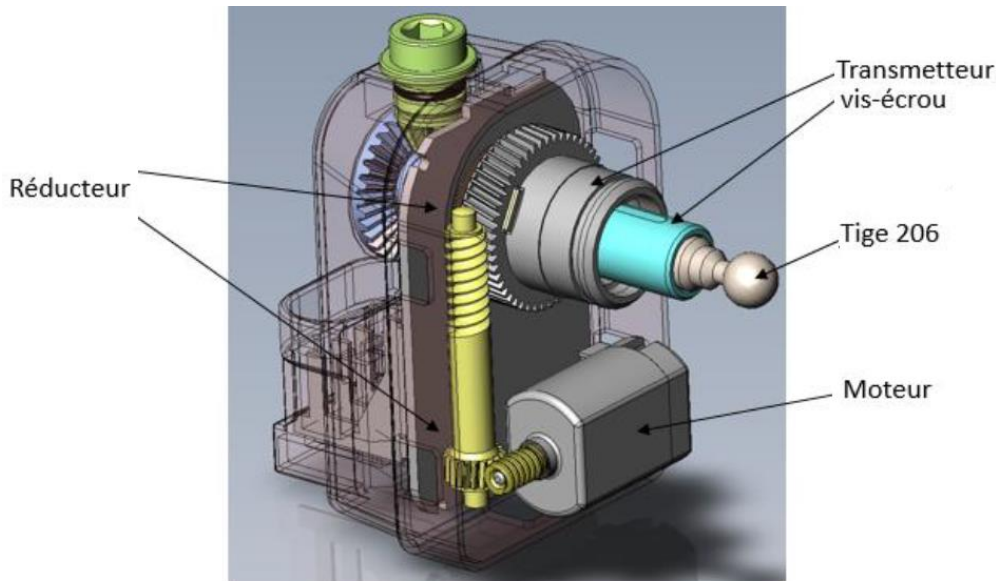
- un **réducteur de vitesse** dont le rapport de réduction vaut :  $r = \frac{\omega_m(t)}{\omega_r(t)} = 490$

- un **transmetteur vis-écrou** (de pas = 6mm) qui transforme la rotation de l'axe du réducteur ( $\theta_r(t)$  en rad) en translation de l'axe de sortie ( $x(t)$  en mm) ;

- un **bloc optique** qui supporte les différentes lampes du phare (codes, clignotants...). Il peut pivoter par rapport au support lié à la carrosserie autour d'un axe de rotation horizontal (voir figure page suivante). L'angle de correction de portée  $\theta(t)$  étant petit, on peut linéariser la loi entrée-sortie sur le domaine d'utilisation ; l'angle  $\theta(t)$  est alors proportionnel au déplacement de la vis suivant la loi suivante :  $\theta(t) = K_{bloc} \cdot x(t)$

$\theta(t)$  varie entre  $-6^\circ$  et  $+6^\circ$  pour  $x(t)$  variant de  $-10\text{mm}$  et  $+10\text{mm}$ .





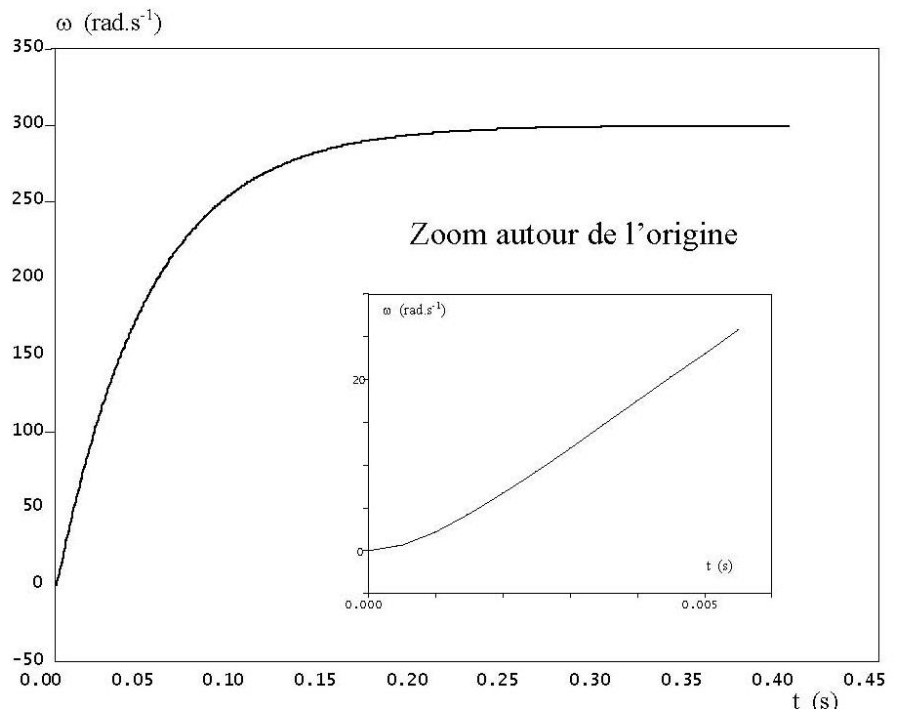
**L'objectif de l'exercice** est de vérifier la capacité du système à corriger la portée de manière dynamique, c'est à dire en tenant compte des variations d'assiette dues au profil de la route. On suppose que toutes les conditions initiales sont nulles, et que toutes les constantes sont positives.

**Question 1 :** Déterminer la structure du schéma-bloc modélisant cette chaîne d'action, en identifiant les différents composants (nom sous les blocs) et en précisant leur fonction de transfert à l'intérieur des blocs, ainsi que les grandeurs (avec leur unité) transmises d'un bloc à l'autre.

**Question 2 :** Déterminer la valeur de  $K_{bloc}(p)$

Pour déterminer la **fonction de transfert**  $M(p)$  du moteur, on dispose de sa **réponse indicielle** (entrée de type échelon d'amplitude 1 V) obtenue expérimentalement :

**Question 3 :** En déduire le type de modèle auquel le moteur peut être identifié. Justifier et donner la forme de la fonction de transfert correspondante.



**Question 4 :** Proposer une hypothèse permettant de modéliser le système par un 1<sup>er</sup> ordre.

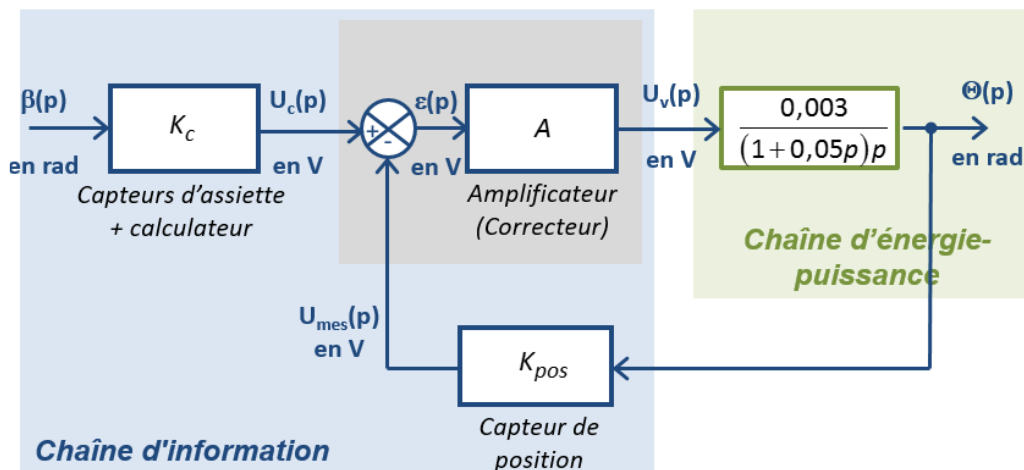
**Question 5 :** Identifier  $M(p)$  à un modèle du 1<sup>er</sup> ordre en déterminant ses paramètres caractéristiques sur la courbe.



**Question 6 :** En déduire sous forme canonique la fonction de transfert globale modélisant cette chaîne d'action en fonction de  $K_c$ .

Pour améliorer la performance de stabilité, le système est asservi en position angulaire à l'aide :

- d'un capteur de position, de gain  $K_{pos}$ , qui mesure l'angle  $\theta(t)$ .
- d'un amplificateur de gain pur  $A$  ( $>0$ ).



**Question 7 :** Déterminer la fonction de transfert du capteur de position afin que l'image de l'erreur soit proportionnelle à l'erreur.

**Question 8 :** Déterminer la nouvelle fonction de transfert  $\theta(p)/\beta(p)$  et prévoir la performance de stabilité de ce système asservi.

**Question 9 :** Prévoir la performance de précision.

**Question 10 :** Déterminer la valeur de  $A \cdot K_c$  permettant d'obtenir le modèle le plus rapide. En déduire le temps de réponse à 5 % dans ce cas.