

## DM1 AUTOMATIQUE - A rendre pour le Mardi 7 Novembre 2023

### Exercice 1 : Simplification de schémas-blocs à boucles imbriquées

Pour chaque système à boucles imbriquées :

**Question 1 :** Donner l'expression de la transmittance  $H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$  **par réduction du schéma-bloc.**

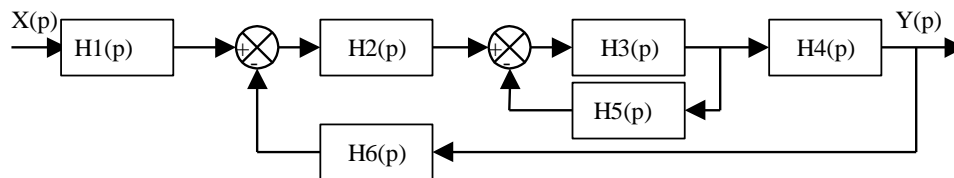
Définir des variables intermédiaires si besoin et pour cela, refaire le schéma sur sa copie.

**Question 2 :** Donner l'expression de la transmittance  $H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$  **par les équations.**

Faire apparaître les différentes étapes en refaisant les schémas blocs après chaque simplification.

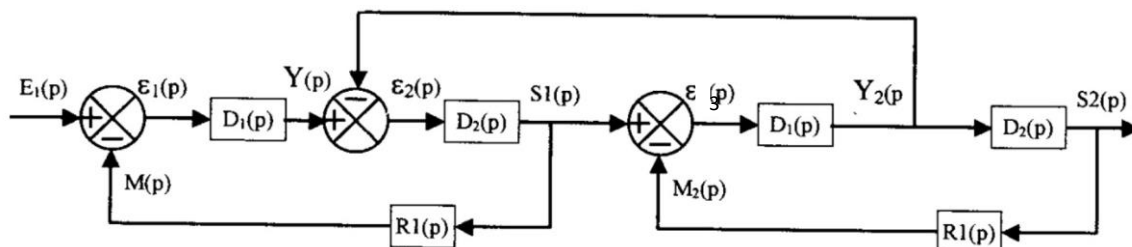
#### A/ Système à boucles imbriquées simple.

Soit le système défini par le schéma-bloc suivant :



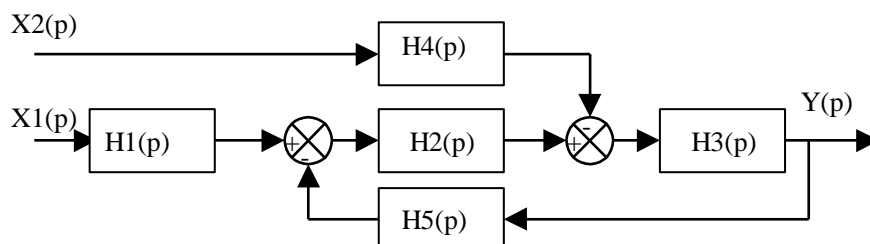
#### B/ Système à boucles imbriquées un peu plus complexe.

Soit le système défini par le schéma-bloc suivant (on calculera ici  $H(p) = \frac{S2(p)}{E1(p)}$ ).



#### C/ Système à 2 entrées.

Soit le système défini par le schéma-bloc suivant, on exprimera  $Y(p)$  en fonction de  $X1(p)$  et  $X2(p)$ :



## Exercice 2 : Résolution d'équation différentielle

**Q1 :** Résoudre l'équation différentielle (par la méthode de Laplace):

$$3. \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 6. \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 2. e^{-3t}$$

Avec  $y(0) = 1$ , et  $y'(0) = -2$ .

**Q2 :** Revalider les 2 conditions initiales en utilisant le théorème de la valeur initiale.  
Puis, déterminer la limite de  $y(t)$  en  $+\infty$  en utilisant le théorème de la valeur finale.

## Exercice 3 : Asservissement d'une trottinette électrique

Charge utile : < 100 kg  
 Moteur : Electrique brushless  
 24 Volts - 750 Watts  
 Alimentation : batteries plomb 24V  
 Modes d'utilisation : éco / turbo  
 Transmission : Par chaîne  
 Vitesse : 32 km/h (maxi)  
 Autonomie : 13 km éco / 6 km turbo.  
 Temps de charge : 7 heures  
 Nombre de cycles de charge : > 200.  
 Fourche avant: Mono bras  
 Pneus : route à chambre à air  
 Jantes : Magnésium  
 Frein avant : à disque  
 Cadre acier  
 Guidon aluminium durci (6061-T6-  
 catégorie aviation)  
 Poignée(s) de frein(s) : aluminium  
 Gâchette de gaz : plastique  
 Potence : pliable (ultra rapide)  
 Deck : Bois vernis avec grip  
 Couleurs : rouge ou noir  
 Longueur : 116 cm  
 Hauteur / pliée : 40 cm  
 Poids : 27 kg

Accessoires :  
 Frein arrière : optionnel (à disque)  
 modèle représenté sur photo  
 Support Smartphone  
 Siège : optionnel

Accélération : 20 km/h atteinte en 10 s

Application smartphone : indicateur de  
 vitesse, charge batterie et autonomie  
 restante,



Batterie



Carte + Variateur



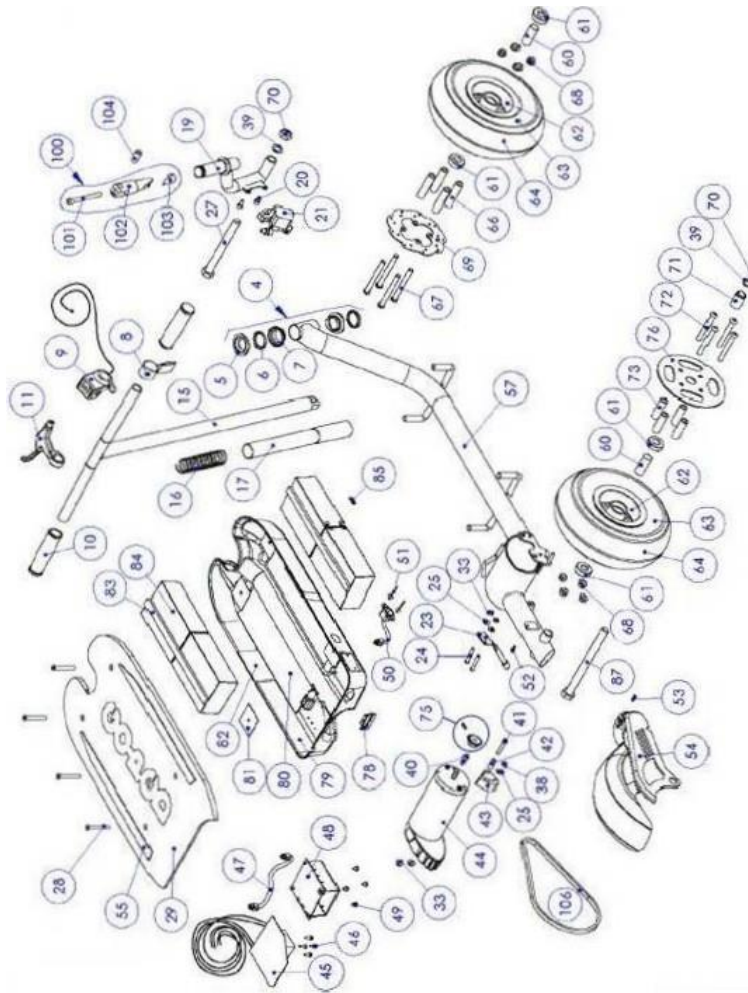
Groupe moteur



Transmission



*La carte électronique de commande traite l'ensemble des informations et la carte de communication gère les communications entre les différentes parties du système.*

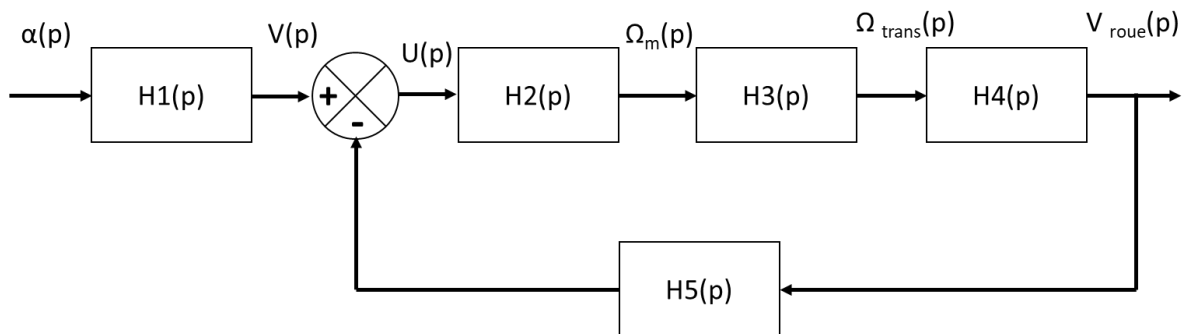


#### Annexe : Nomenclature et éclaté

004	Ensemble potence	057	Cadre ESR750
005	Chemin de roulement de potence	060	Entretoise de roulement roue (10" PT)
007	Chemin de roulement de potence	061	Roulement de roue 10" (PT)
008	Sangle Nylon	062	Flasque de roue magnésium grise
009	Gâchette d'accélération	064	Pneu (diamètre 8 pouces = 203 mm)
010	Grip de poignée	066	Entretoise disque de Frein à roue avant
011	Poignée de frein gauche	067	Vis d'assemblage flasques roue avant
016	Ressort sécurité Potence	068	Ecrou de fixation de flasques de roue
017	tube coulissant anodisée noire	069	Disque de frein avant
019	Fourche direction mono bras roue 10"	070	Ecrou d'axe de roue 5/8-18 nylock
020	Vis de fixation de frein Maddog M6x12	071	Entretoise de roue arrière
021	Etrier de frein Maddog	072	Vis d'assemblage couronne/roue
024	Vis de fixation de béquille ¼-20 x 1.5"	073	Entretoise de Couronne
027	Vis d'Axe de roue avant 5/8-18x6"	075	Pignon (11, 13 ou 15 dents)
028	Vis de fixation plateau	076	Couronne (76 ou 80 dents)
029	Plateau avec grippe	079	Coffre batterie
041	Vis de fixation moteur M6x35 SHCS	080	Renfort aluminium
043	Guide chaîne Plastique	084	Pack 2 batteries (45 euros pièce)
044	Moteur + codeur de vitesse	087	Vis axe de roue arrière 5/8-18 x 7.5"
045	Contrôleur électronique et chargeur	100	Basse-charnière Assemblée, aluminium
048	Support chargeur batterie	101	Vis de charnière FTG. 5/16-24
050	Câble alimentation secteur	102	Éléments bas de charnière de direction
052	Vis fixation garde boue	103	Élément bas de charnière
053	Vis fixation garde boue M4x12	104	Entretoise nylon d'articulation potence
054	Garde boue arrière	106	Chaîne

**Q1:** A partir des explications précédentes et de la chaîne d'information et d'énergie, réaliser un schéma-blocs fonctionnel de la trottinette. On mettra en entrée la rotation de la poignée, notée  $\alpha$ , et en sortie la vitesse de translation au niveau de la roue arrière  $V_{roue}(t)$ . Le capteur de vitesse mesure directement la vitesse de la roue arrière.

La trottinette est constituée des éléments indiqués dans le schéma-blocs fonctionnel. L'objectif de cette partie est de déterminer un modèle pour la trottinette, c'est-à-dire de trouver une fonction de transfert pour tous les constituants. On suppose dans toute la suite que tous les constituants sont des SLCI.



### Electronique de commande et poignée d'accélérateur

L'électronique de commande associée à la poignée d'accélérateur délivre une tension maximale de 12 V pour un angle de consigne de  $60^\circ$ .

**Q2:** La fonction de transfert  $H_1(p)$  peut être modélisée par un gain pur, noté  $K_1$ . Le déterminer.

Le système de transmission a un rapport de réduction  $r_3 = 0,1$ . On en déduit  $H_3(p) = r_3 = 0,1$ .

La relation entre la vitesse de rotation de la roue et sa vitesse de translation est donnée par  $V_{roue} = \Omega_{roue} \times R_{roue}$  avec  $\Omega_{roue} = \Omega_{trans}$ . On en déduit  $H_4(p) = R_{roue} = 0,15$

Enfin, le capteur de vitesse a une fonction de transfert  $H_5(p) = K_5 = K_1$ .

## Moteur à courant continu

Les quatre équations qui caractérisent un moteur à courant continu correspondent de manière générale à :

- équation mécanique :

$$J \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t)$$

- équation électrique :

$$u(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

- équations de couplage magnétique :

$$C_m(t) = k_m i(t) \text{ et } e(t) = k_e \omega_m(t)$$

avec  $u(t)$  tension d'alimentation,  $i(t)$  courant,  $e(t)$  la force contre électromotrice,  $C_m(t)$  couple fourni par le moteur,  $\omega_m(t)$  vitesse de rotation du moteur,  $J$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $k_m$  et  $k_e$  constantes caractéristiques du moteur,  $C_r(t)$  couple résistant.

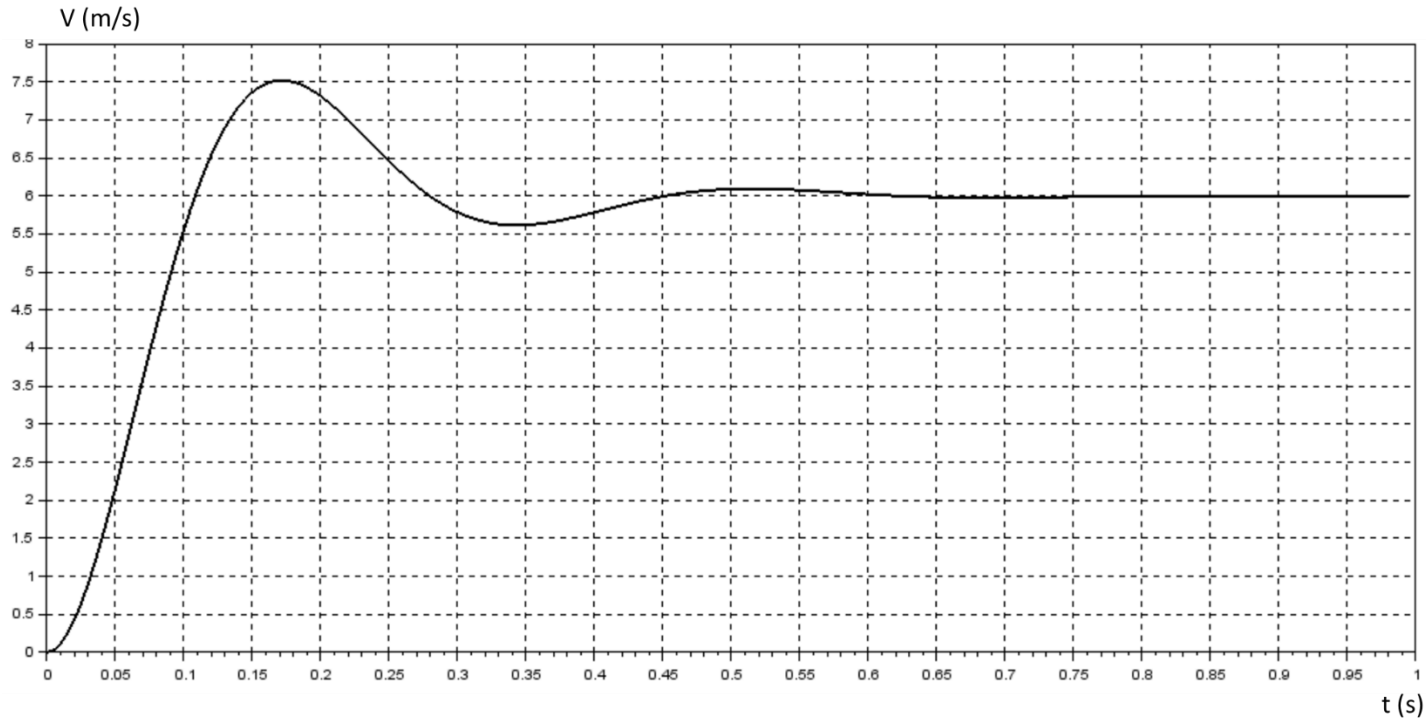
**On suppose uniquement que  $C_r(t)$  est négligeable.**

**Q3 :** Transformer les 4 équations précédentes dans le domaine de Laplace, en se plaçant dans les conditions d'Heaviside.

**Q4 :** Exprimer  $U(p)$  en fonction de  $\Omega_m(p)$  lorsque  $C_r(p) = 0$ .

**Q5 :** Déterminer la fonction de transfert  $H_2(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$ . Mettre cette expression sous la forme canonique d'un second ordre et donner ses paramètres caractéristiques  $K$ ,  $z$  et  $\omega_0$ .

**Q6 :** Déterminer graphiquement les paramètres caractéristiques  $K$ ,  $z$  et  $\omega_0$  pour une entrée en tension sous la forme d'un échelon d'amplitude 3V. VOUS EXPLIQUEREZ VOTRE DEMARCHE.



**Q7 :** Donner la fonction de transfert du système complet  $H(p) = \frac{V_{roue}(p)}{\alpha(p)}$ , en fonction de  $K$ ,  $z$  et  $\omega_0$  et des constantes du système. La mettre sous la forme canonique d'un second ordre.

**Q8 :** Après avoir donné la définition du théorème de la valeur finale, déterminer la valeur de la vitesse en régime permanent  $V_{max}$  lorsqu'on soumet le système à un échelon de  $60^\circ$  (on tourne à fond sur la poignée), en fonction des différents paramètres du système.

**Q9 :** Déterminer la réponse temporelle de la vitesse de translation des roues  $V_{roue}(t)$  pour un échelon  $\alpha_0 = 60^\circ$  en fonction de  $K$ ,  $z$  et  $\omega_0$  et des paramètres du système.

#### Exercice 4 : Colleuse de lamelles

Le groupe TECH-INTER commercialise du matériel de laboratoire d'histopathologie. Cette spécialité médicale consiste à découper des tissus d'organes en fine épaisseur (4-5  $\mu\text{m}$ ). Ces tissus sont ensuite collés sur des lames de verres de 2 mm d'épaisseur puis colorés chimiquement dans un automate. Pour certains tissus, il est nécessaire de coller sur les tissus colorés une lamelle de verre de 0,3 mm d'épaisseur afin de les protéger. Cette dernière opération est très délicate à effectuer manuellement et très longue, une étude pouvant comporter plusieurs centaines de lames.



L'appareil appelé « Colleuse de lamelle » automatise ce procédé.

#### A . Préparation de l'appareil

Les lames sont placées manuellement dans des paniers disposés dans des bacs inox remplis de toluène. Ces bacs sont positionnés sur un rail de transport puis glissés dans l'appareil. Un tiroir de rangement ayant été préalablement chargé en lamelles, un récipient de colle ayant été placé dans l'appareil et des racks de réception glissés dans l'élévateur, le cycle peut commencer.

#### B. Cycle de collage

L'opérateur programme la quantité de colle et le temps de séchage des lames collées puis appuie sur le bouton START. Le cycle se réalise alors automatiquement. Le tapis roulant fait avancer le bac contenant le panier et un système de comptage détermine le nombre  $n$  de lames et leur position dans le panier. Un mécanisme bielle – manivelle muni d'une pince positionne une lame horizontalement et la dépose sur le support de lame. Dans le même temps, une lamelle est aspirée du tiroir de rangement grâce à une pompe à vide puis est positionnée par un bras manipulateur au dessus de la lame. Un distributeur de colle dépose la colle sur la lame puis la lamelle descend sur la lame. L'ensemble collé « lame – lamelle » est stocké dans un rack par le support de lame.

#### C. Partie opérative et partie commande

Les actions de positionnement de la lame et de la lamelle sont réalisées grâce à des mécanismes de type :

- « *bielle – manivelle* » pour le positionnement de la lame ;
- « *bras manipulateur* » pour le positionnement de la lamelle

Les actions permettant de compter les lames, de positionner les lames et les lamelles, de coller la lamelle sur la lame, de stocker les ensembles « lame + lamelle collées » sont coordonnées et commandées par une unité centrale.

## 1) ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT DU SYSTEME DE PREHENSION

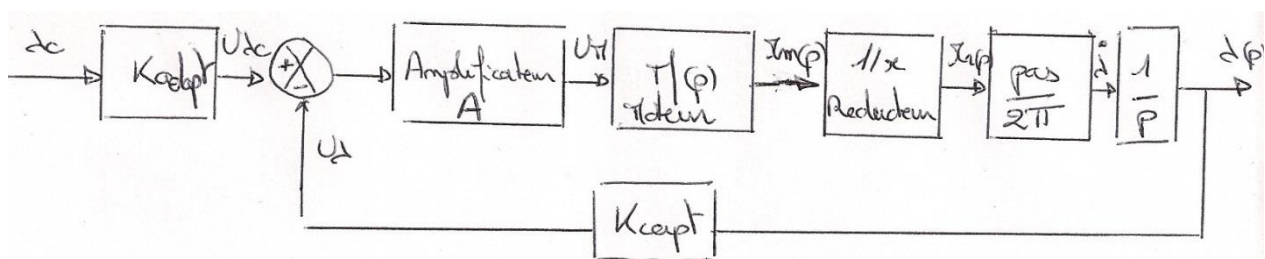
Le mouvement du système de préhension d'une lamelle est très complexe. Il faut en effet prendre et positionner la lamelle très fragile à des moments et des endroits bien précis.

Le mouvement peut être séparé en deux mouvements :

- Un mouvement de rotation (axe  $z_0$ ) commandé par une came (pas étudié dans le sujet) ;
- Un mouvement de translation (axe  $z_0$ ) commandé par un système vis-écrou.

C'est ce dernier mouvement qui va être étudié dans cette partie.

Un moteur à courant continu entraîne un réducteur à engrenage. Sur l'axe de ce dernier est accouplée une vis en acier qui entraîne un écrou monté sur une platine en liaison glissière avec le bâti de la colleuse. Le mécanisme de préhension est commandé en position ( $\lambda_c$ ) suivant le schéma bloc :



## II) ETUDE DU MOTEUR A COURANT CONTINU (MCC)

Son fonctionnement est géré par les équations issues du domaine électrique et mécanique suivantes :



a)  $u_m(t) - e(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$       c)  $c_m(t) - c_p(t) = J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt}$

b)  $c_m(t) = K_c \cdot i(t)$       d)  $e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$

e)  $c_p(t)$  est un couple perturbateur

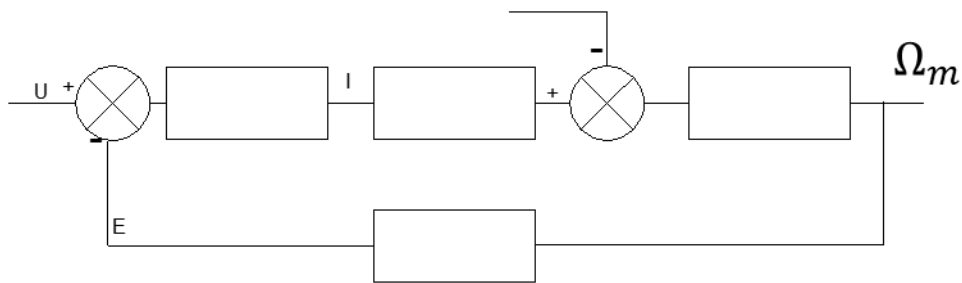
Données numériques

Résistance de l'induit :  $R = 10 \ \Omega$       Inductance de l'induit :  $L = 10^{-2} \text{ H}$

Constante de couple :  $K_c = 20 \cdot 10^{-3} \text{ N.m.A}^{-1}$       Constante de fcem :  $K_e = 20 \cdot 10^{-3} \text{ V.s}$

Inertie du rotor :  $J = 10^{-6} \text{ kg.m}^2$

**Q1 :** Après avoir établi les transformées de Laplace des équations ci-dessus. Compléter le schéma bloc fonctionnel ci-dessous en faisant apparaître les différentes entrées et sorties de chaque bloc ainsi que la perturbation.



**Q2 :** Donner la relation analytique liant la vitesse de rotation moteur  $\Omega_m$ , la tension d'entrée moteur  $U_m$  et le couple résistant  $C_p$ . Ecrivez cette relation sous la forme  $\Omega_m(p) = H_{\text{mot}}(p) \cdot U_m(p) + H_r(p) \cdot C_p(p)$  avec  $H_{\text{mot}}$  sous la forme d'un second ordre classique. Identifier ses coefficients

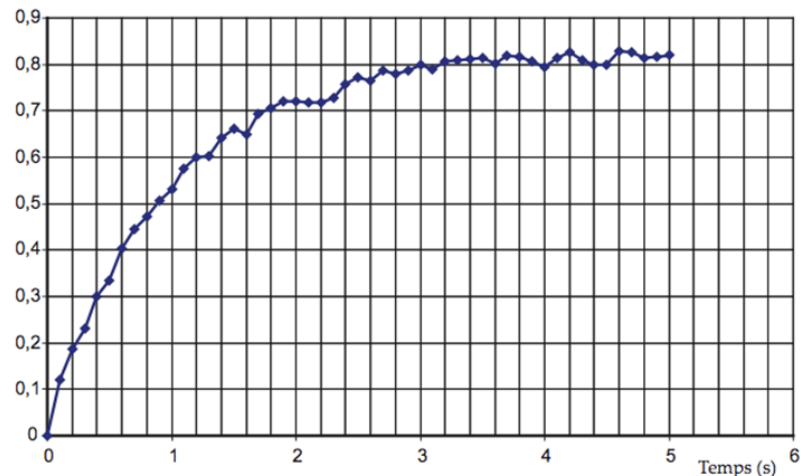
**Q3 :** Montrer que la fonction de transfert  $H_{\text{mot}}$  peut s'écrire sous la forme :

$$H_{\text{mot}}(p) = \frac{K_{\text{mot}}}{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_2 \cdot p)}$$

**Q4 :** Donner les valeurs de  $T_1$  et  $T_2$

Le fait que  $T_1$  et  $T_2$  soient très différents conduit à avoir une réponse indicielle un peu particulière, pouvant être approximée à une fonction du premier ordre.

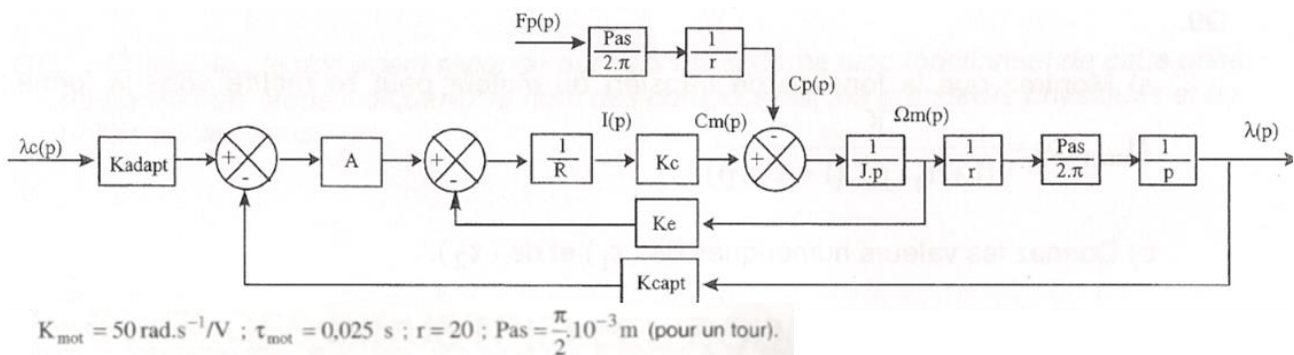
Vitesse de rotation du moteur



**Q5:** Etablir sur le document les tracés relatifs aux trois manières d'obtenir la constante de temps.

### III) ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT EN POSITION

On néglige maintenant l'inductance compte tenu de sa faible valeur vis à vis du reste. Le système complet est modélisé de la façon suivante :



**Q6:** Afin d'avoir un fonctionnement correct il est nécessaire d'avoir  $K_{\text{adapt}} = K_{\text{capt}}$ . Justifier cette phrase. Pour la suite ces constantes vaudront 1

**Q7:** Déterminer la fonction de transfert  $H_2(p) = \lambda(p)/\lambda_c(p)$  lorsque  $C_p(p) = 0$  : pas de perturbation. Afin de simplifier les notations vous utiliserez :

$$\tau_m = \frac{R \cdot J}{K_e \cdot K_c} ; K_m = \frac{1}{K_e}$$

**Q8:** Identifier ses paramètres caractéristiques

**Q9:** Calculer  $\lambda(\infty)$