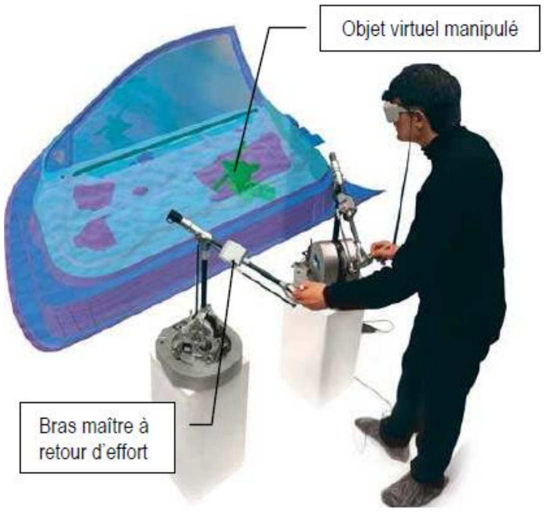
EXERCICES DE BASES EN ASSERVISSEMENT :

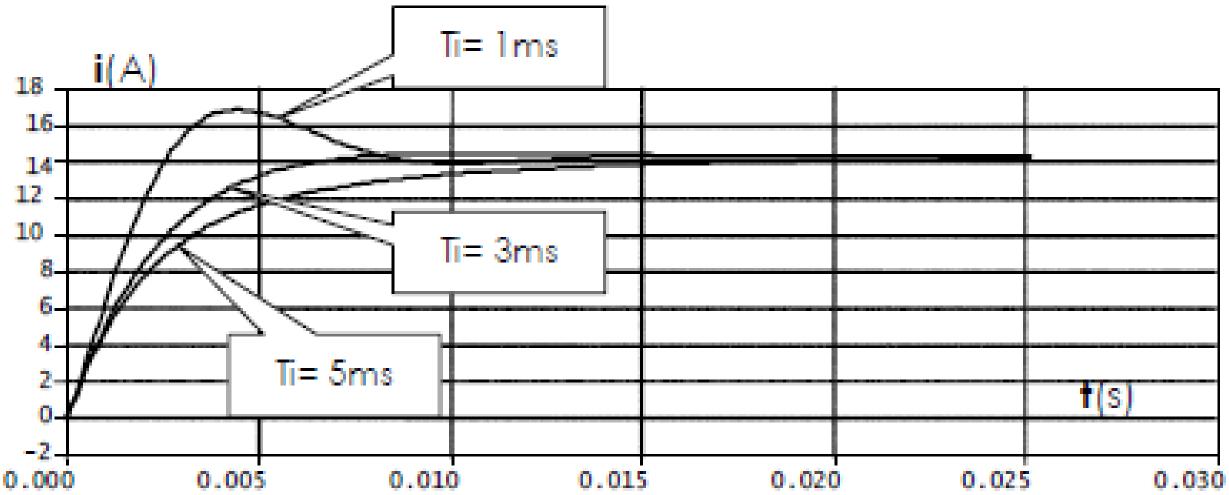


1) Caractéristiques d'un système asservi *

a) *Analyse de performances* (d'après mines ponts PSI 2007)

Un bras à retour d'effort pour système virtuel est asservi en courant afin de restituer à l'utilisateur le plus fidèlement les sensations d'effort de préhension.
Le cahier des charges pour l'asservissement en courant est le suivant
- Dépassement inférieur à 5%
- Temps de réponse à 5% inférieur à 6 ms
- Erreur indicielle nulle

Le correcteur proposé est un correcteur PI (fonction de transfert : $(p) = Kc\frac{1+Ti.p}{Ti.p}$)
Des simulations pour 3 valeurs différentes de Ti ont été réalisées. On vous donne ci-dessous la réponse en courant obtenu pour une consigne de courant en échelon de 14A:

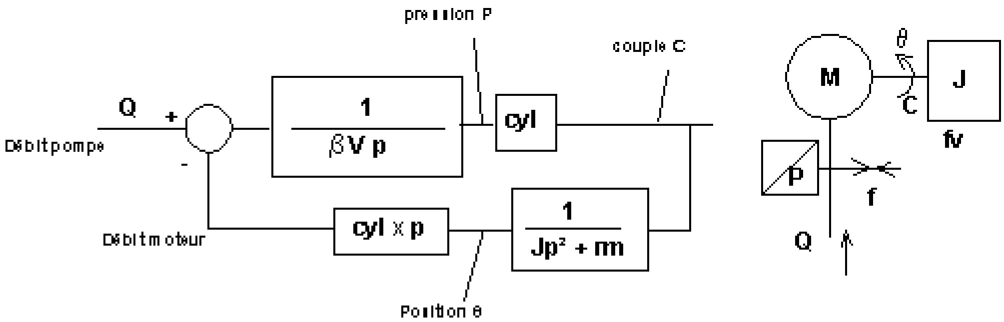


Pour chaque valeur de Ti, indiquer (en justifiant) si le cahier des charges est satisfait.

b) *Structure d'un système asservi **

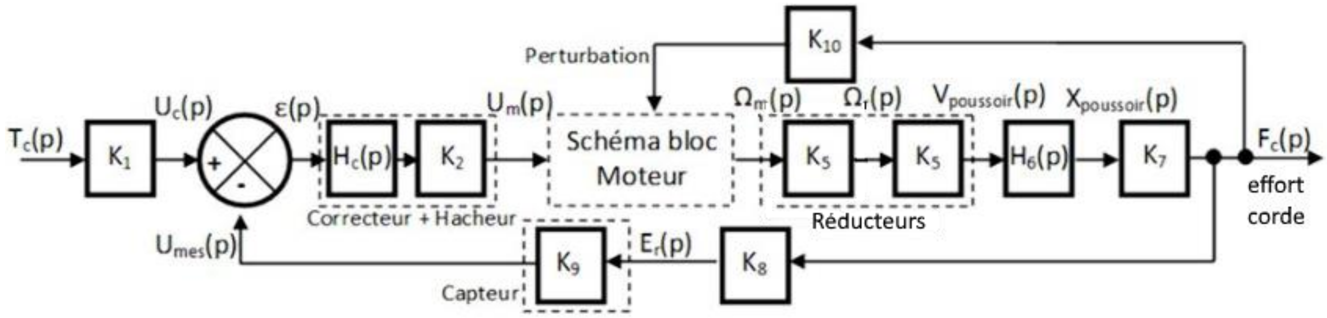
Pour chaque système représenté ci-dessous par son schéma bloc, indiquer s'il s'agit d'un système asservi (justifier votre réponse).

- **Moteur hydraulique**

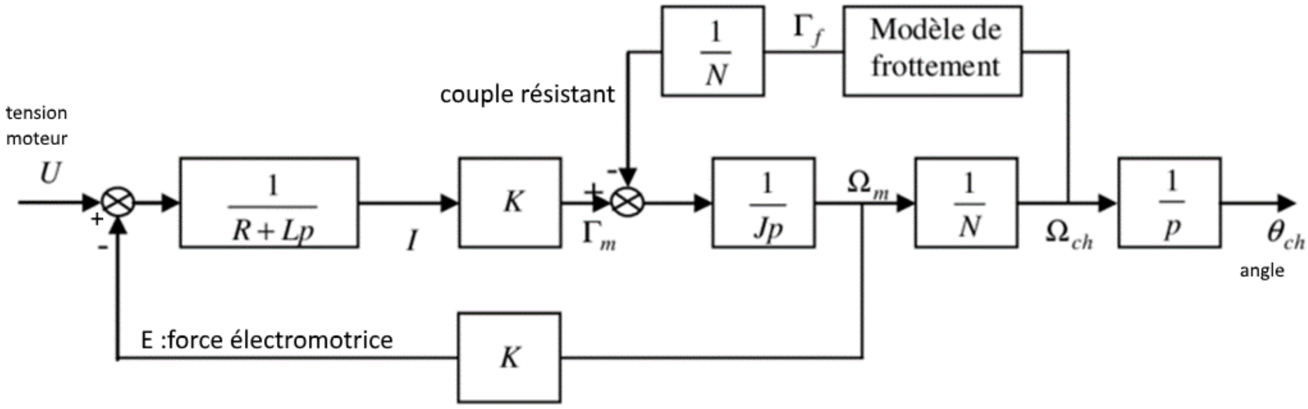


- **Tondeuse électrique**

- **Cordeuse électrique**



- **Banc d'essai moteur**

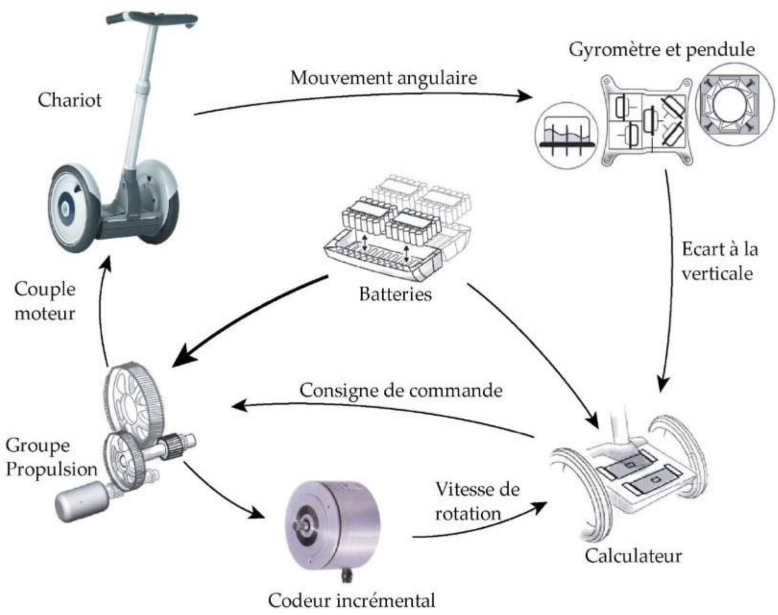


2) **Modélisation de système :** schéma bloc du Segway (Florence Marneau) *

Le gyropode segway est un moyen de transport destiné à la circulation en milieu urbain essentiellement.

La conduite du Segway® se fait par inclinaison du corps vers l'avant ou vers l'arrière, afin d'accélérer ou freiner le mouvement

Les deux roues du Segway étant situées sur le même axe, il est nécessaire d'avoir un asservissement permettant de contrôler l'inclinaison du chariot (sans quoi la chute interviendrait très rapidement !)



Le Segway ® comporte à cet effet des capteurs et des microprocesseurs transmettant des consignes aux deux moteurs électriques équipant les deux roues.

La chaîne d'action permettant de réguler l'inclinaison du SEGWAY® est réalisée par :

- un ensemble **amplificateur et motoréducteur** qui permet de délivrer un couple Cm (caractérise une action mécanique ayant tendance à entraîner un solide en rotation, unité Newton mètre) :
  Cm(t)=Km × u(t) , avec u(t) tension de commande.

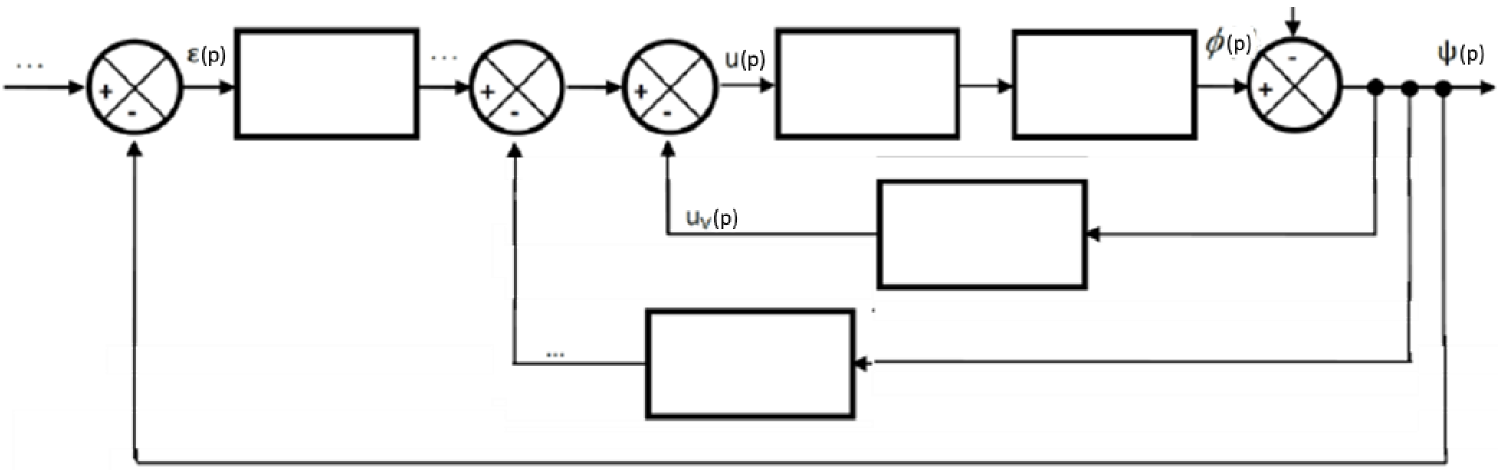
- l'ensemble **chariot et conducteur**. Les équations de comportement dynamique peuvent se mettre sous la forme : $a\frac{d^2\varphi}{dt^2} = b \times Cm(t) + c \times \varphi(t)$ (1)
  avec $\varphi(t) = \psi(t) + \alpha(t)$ où ψ est l'inclinaison du chariot par rapport à la verticale et α est l'inclinaison du conducteur par rapport à la barre d'appui.

La partie commande est constituée :

- d'un **comparateur** qui élabore le signal écart ε(t)= ψ_c(t)- ψ(t) où ψ_c(t) est la position angulaire de consigne.
- d'un **correcteur** de fonction de transfert C(p) qui adapte l'écart pour commander le système avec la tension w(t)

Afin de stabiliser le système, la grandeur de commande du motoréducteur u(t) est élaborée à partir de :

- la mesure de la vitesse angulaire par un **gyromètre** qui fournit la tension u_V(t) telle que : $u_V(t) = K_V \times z \times \frac{d\,\psi(t)}{dt}$ (2)
- la mesure de la position angulaire par un **pendule** qui fournit la tension u_P(t) telle que :
  $u_p(t) = K_p \times \psi(t)$



a) Compléter le schéma ci-dessous en inscrivant les grandeurs physiques manquantes entre les blocs et le sous les blocs, les noms des composants correspondant à chacun des blocs.

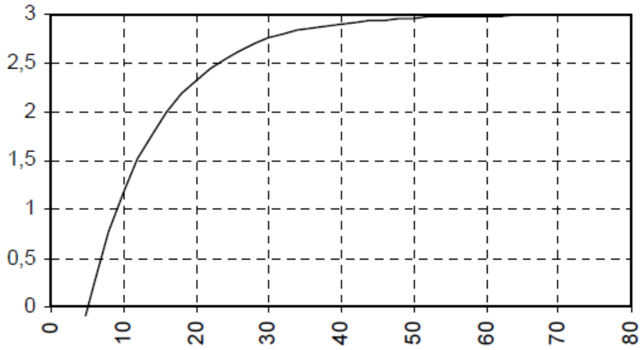
b) Transformer les équations (1) et (2) dans le domaine de Laplace, puis en déduire respectivement les fonctions de transfert $\frac{\varphi(p)}{Cm(p)}$ et $\frac{Uv(p)}{\psi(p)}$

c) Compléter les schémas blocs en plaçant à l'intérieur les fonctions de transfert des différents composants.

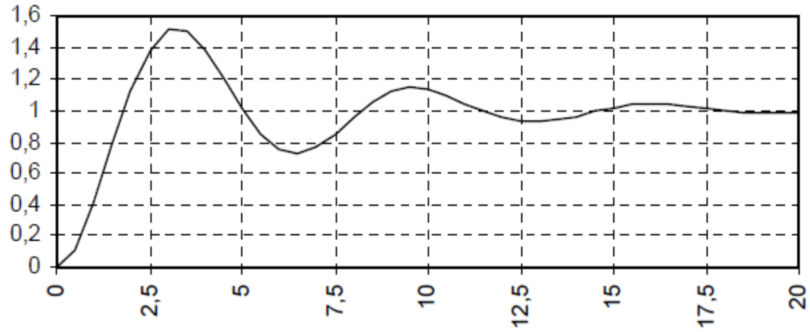
3) Identification temporelle

Identifier les fonctions de transfert des systèmes dont la réponse à un échelon unitaire est :

a)



b) pour cet exemple, (vous utiliserez les abaques du cours) **



4) Tracé de diagramme de Bode **

a) $H_1(p) = \frac{5}{(1+0{,}1\times p)}$

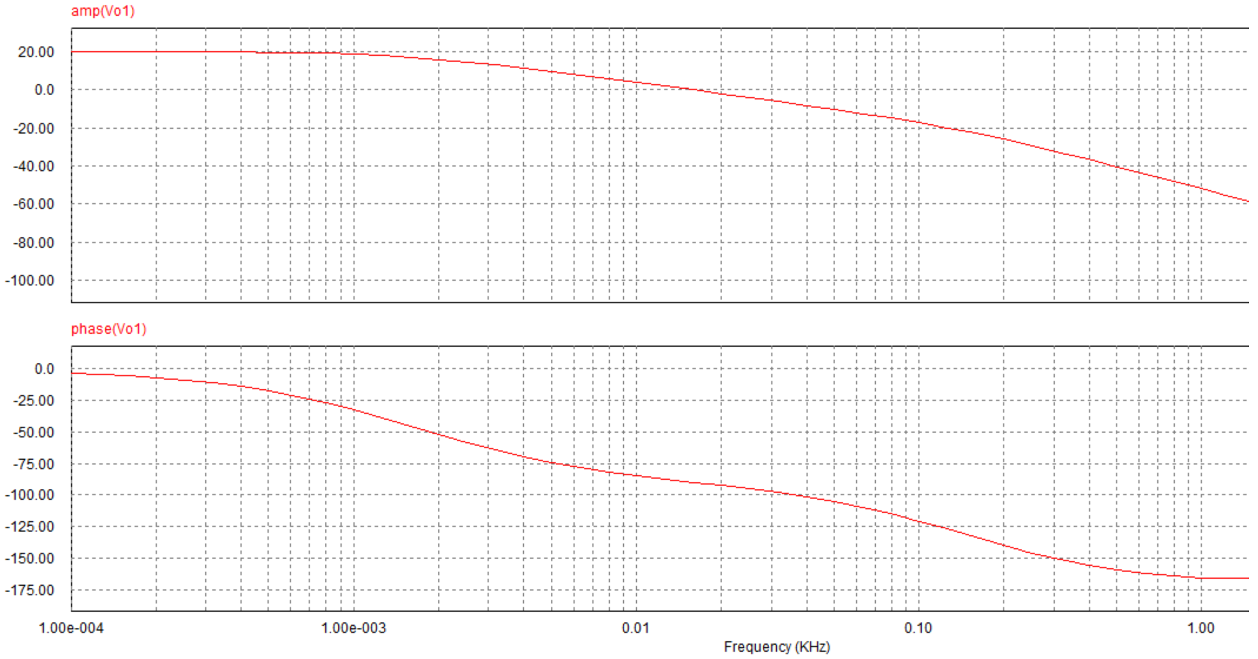
c) $H_3(p) = \frac{1}{1+0{,}02.p+0{,}01p^2}$

b) $H_2(p) = \frac{10}{1+0{,}2.p+0{,}01p^2}$

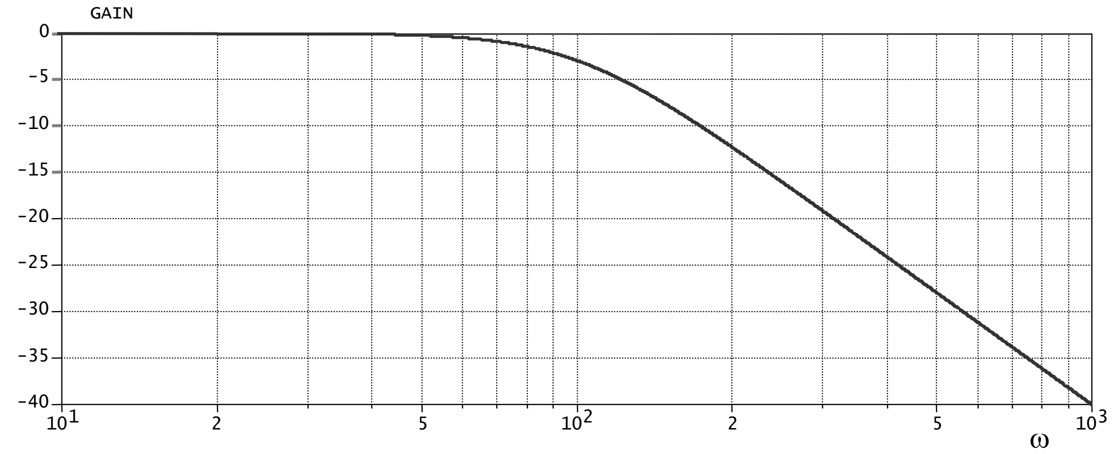
d) $H_4(p) = \frac{8(1+10.p)}{(1+p)(1+0{,}01p)}$

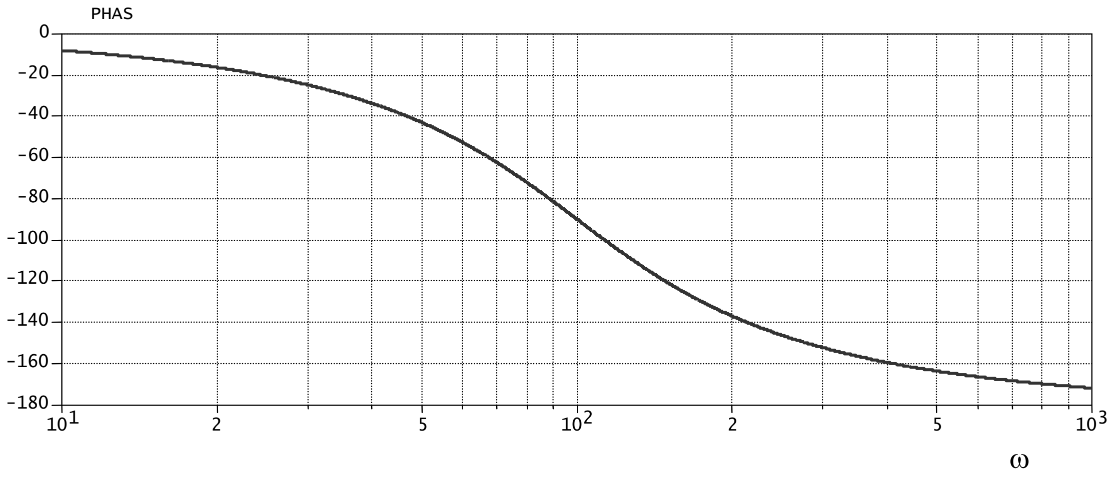
5) Identification fréquentielle

a)Un essai fréquentiel d'un moteur à courant continu a permis de tracer le diagramme de Bode ci-dessous. En déduire sa fonction de transfert. *



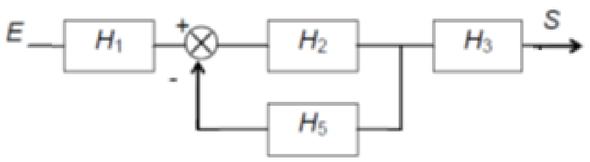
c) Le système de freinage de l'A380 possède un mode automatique dans lequel la décélération est gérée par un asservissement (d'accélération). L'accéléromètre utilisé comme capteur a la réponse fréquentielle page suivante. (CCP MP 2007)
Donner la fonction de transfert de l'accéléromètre ***



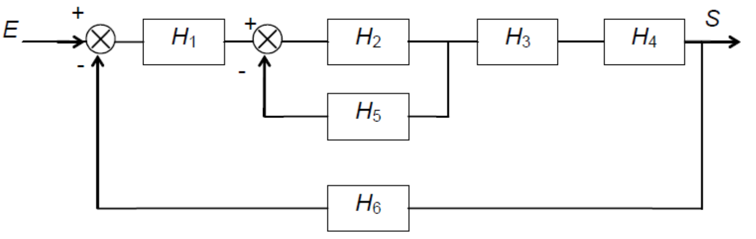


6) Calcul de transmittance (FTBF) :

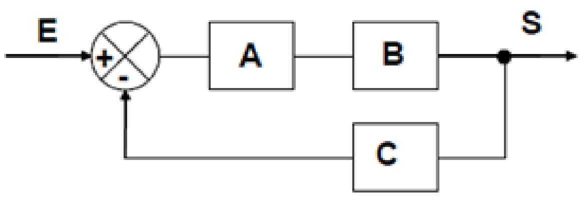
a) boucle "étendue" *

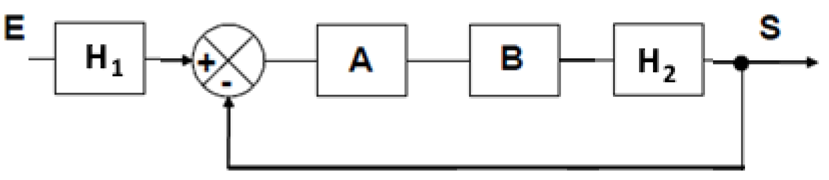


b) boucles imbriquées *



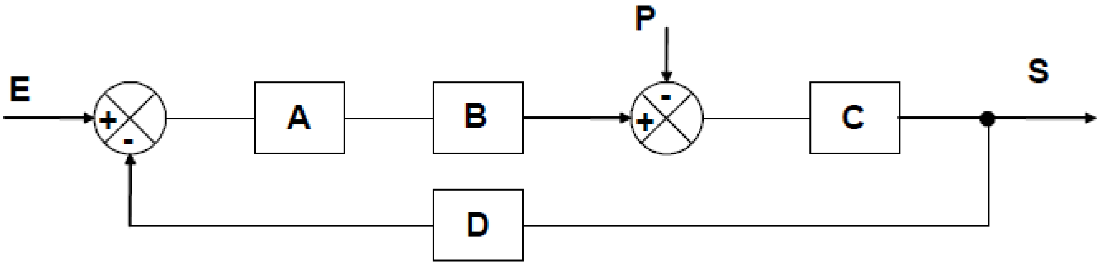
7) Mise du schéma bloc sous forme de retour unitaire **





Donner l'expression de H_1 et H_2 afin que les deux schémas blocs soient équivalents.

8) Schéma bloc à deux entrées **



a) superposition

Calculer l'expression des deux transmittances : $H_1(p) = \left.\frac{S(p)}{E(p)}\right|_{P(p)=0}$, $H_2(p) = \left.\frac{S(p)}{P(p)}\right|_{E(p)=0}$

En déduire l'expression S(p) en fonction de E(p) et P(p)

b) Calcul direct : donner directement l'expression de S(p) en fonction de E(p) et P(p).

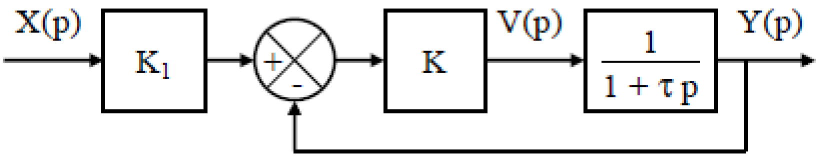
9) Intérêt de la boucle fermée sur les performances

a) Exprimer et représenter graphiquement la réponse à un échelon d'amplitude X_0 du système linéaire de fonction de transfert $G(p) = \frac{1}{1+\tau.p}$ représenté ci-contre.

$$X(p) \longrightarrow \boxed{\frac{1}{1+\tau p}} \longrightarrow Y(p)$$

b) Avec τ = 1s , quel est le temps de réponse $t_{5\%}$?

On insère ce système du premier ordre dans un système asservi représenté ci-contre. Un gain pur K_1 est placé en amont du comparateur. La chaîne d'action est composée d'un gain pur K = 9 et de G(p) . Le retour est unitaire.



c) Quelle est la fonction de transfert H(p) = $\frac{Y(p)}{X(p)}$ de ce schéma bouclé ? De quel type de système s'agit-il ?

d) Quelle valeur donner à K_1 pour que la valeur finale de la réponse à un échelon soit la même avec les deux schémas ?

e) Qu'apporte le bouclage sur la rapidité du système ?

f) Déterminer et représenter graphiquement le signal v(t) de transformée de Laplace V(p) qui est envoyé au système linéaire de fonction de transfert G(p) dans la configuration avec boucle si x(t) est un échelon d'amplitude X_0.

- Conclure quant aux limites du procédé utilisé.

10 Modélisation et analyse d'un moteur à courant continu:

De nombreux sujets de concours traitent de l'asservissement en vitesse et/ou en position d'un moteur à courant continu. Dans cet exercice, vous allez traiter uniquement la partie modélisation du moteur.

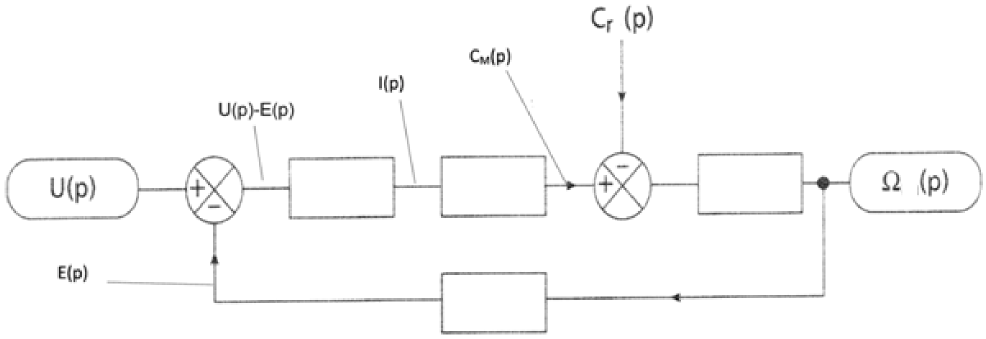
a) L'induit d'un moteur à courant continu peut être schématisé par une fém E en série avec une résistance R et une inductance L. Dessiner le schéma en plaçant u_m et i, puis donner l'équation temporelle liant u_m, i et E.

b) Le comportement du moteur est complété par les relations suivantes
$C_m(t)=k.i(t)$ (C_m : couple moteur , i courant)
$E(t)=k.\Omega(t)$ (Ω : vitesse angulaire)

L'équation mécanique du moteur est donnée par:
$J\times\frac{d\,\Omega(t)}{dt} = Cm(t) - Cr(t) - f.\Omega(t)$ (J inertie du moteur, Cr : couple résistant, f coefficient de frottement visqueux)

Transformer les 4 équations temporelles en Laplace.

c) Compléter alors le schéma bloc suivant :



d) Donner la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)}$. (sans prendre en compte Cr.)

e) Application numérique : f est négligée par rapport aux autres valeurs f = 0

k = 0.1 N.m/A	U = 25 V	J = 0.01 kg.m²
L = 0.5 mH	R = 0.1 Ohm	

Calculer :
- le gain statique K
- la pulsation propre ω_0
- le coeff. d'amortissement m

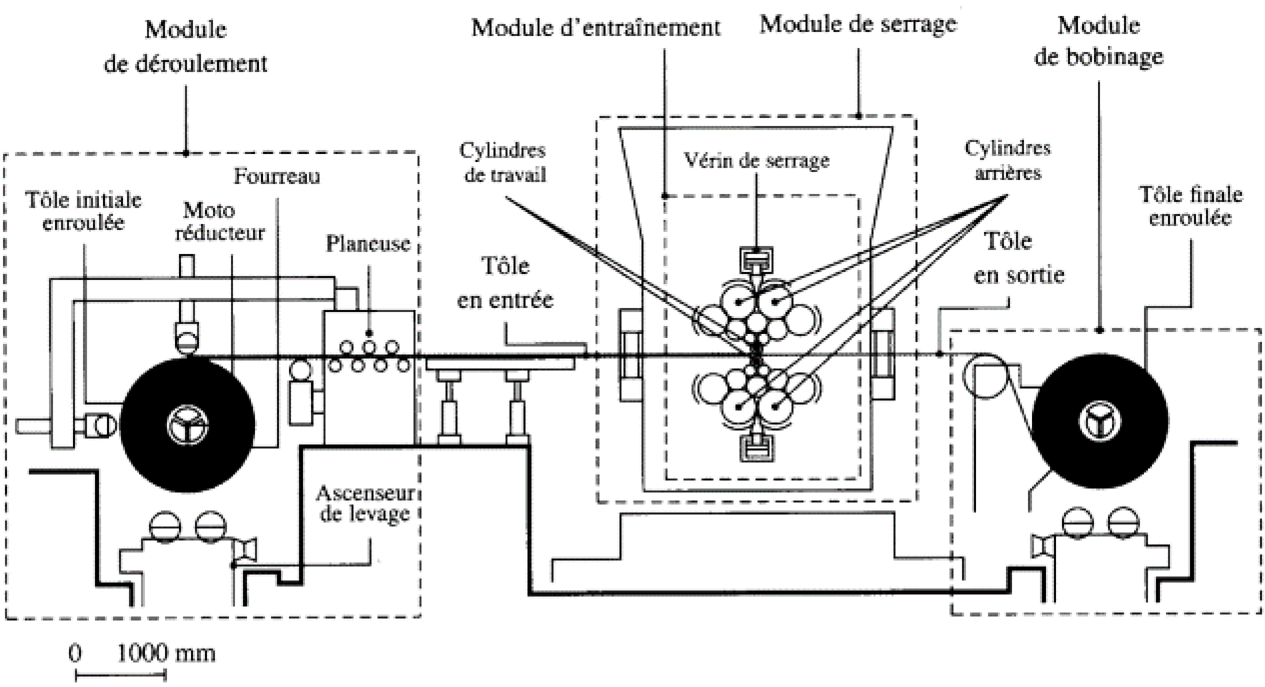
f) D'après la valeur de m, sous quelle forme peut-on mettre H(p) ? Procéder à ce changement.

f) On réalise un essai avec une tension du type U(t) = 25 u(t) (attention u(t) est la fonction existence u(t)=1 lorsque t > 0)

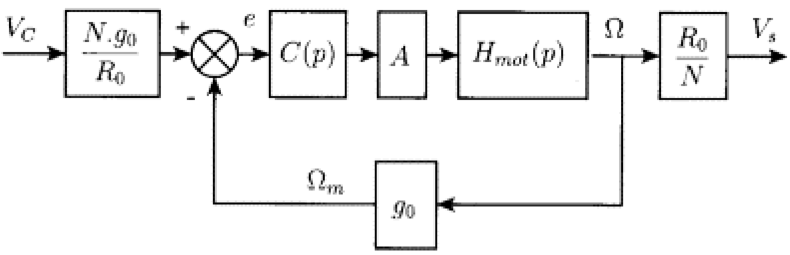
- Quelle est la vitesse atteinte en régime permanent ?
- Exprimer Ω(p) sous la forme d'une somme de transformées de Laplace connues. (Cr(p)=0)
- Donner l'expression de la réponse indicielle ω(t) dans le domaine réel

11 Prévision de performances * (d'après MP 2003)**

On étudie ici l'asservissement en vitesse du module d'entrainement d'un laminoir réalisant des tôles d'acier. (cf synoptique page suivante)



Le contrôle en vitesse peut être modélisé par le schéma ci-dessous



Avec :

$$H_{mot}(p) = \frac{0{,}0667}{1 + 0{,}06 \times p + 2{,}4.10^{-3} \times p^2}$$

Notation	Désignation	Valeur numérique
V_c	vitesse consigne d'entraînement	
V_s	vitesse réelle d'entraînement	
A	gain de l'amplificateur de puissance	200
R_0	rayon du cylindre de travail équivalent	20×10^{-3} m
g_0	gain de la génératrice tachymétrique	$0,1$ V/rad/s
N	rapport de réduction	$0,65$

Pour fonctionner correctement, l'asservissement doit satisfaire le cahier des charges ci-dessous :

Critères	Niveaux
Stabilité	marge de gain $Mg \geq 8dB$ marge de phase $M_\phi \geq 60°$
Précision	erreur statique inférieure à 1% pour une entrée en échelon
Rapidité	temps de réponse à 5% de l'ordre de $0,6\ s$ temps du premier maximum de l'ordre de $0,3\ s$
Amortissement	dépassement maximal $D = 10\%$

Sans correcteur (C(p)=1), vérifier si le cahier des charges est vérifié pour chaque point. (si besoin, utiliser les abaques du cours)