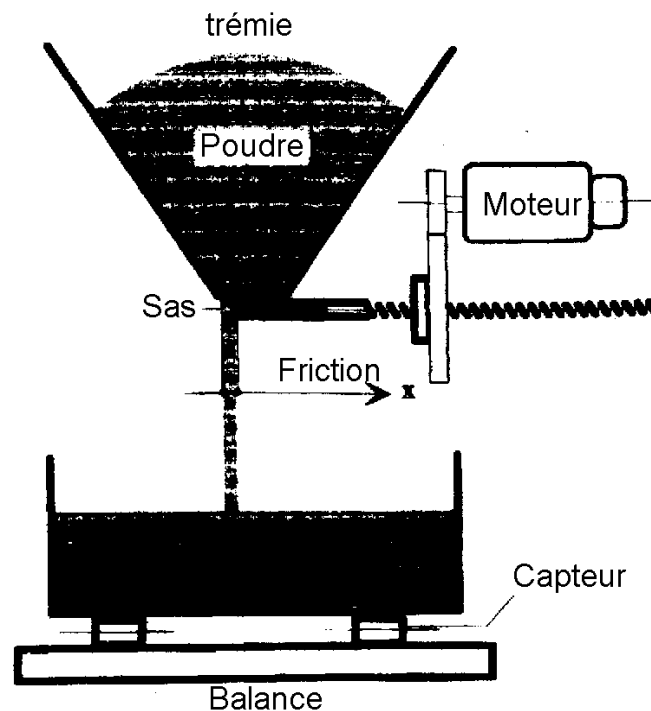


Remplissage automatique d'un bac

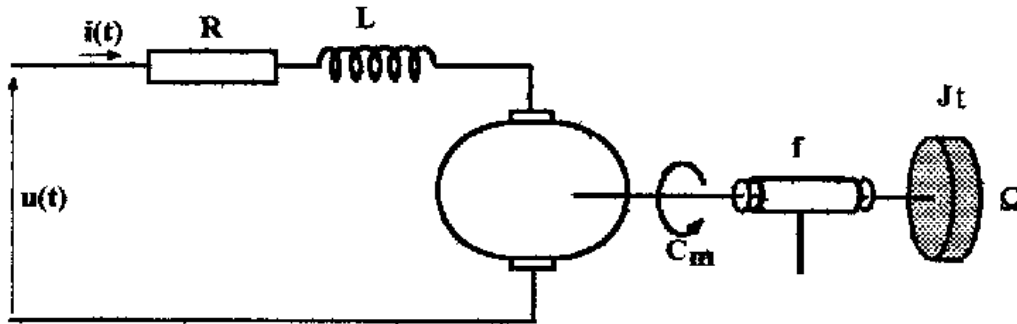


1 - Principe de fonctionnement :

- ❖ Une trémie est remplie en poudre. Son ouverture est commandée par :
 - un moteur à courant continu basse tension ;
 - un réducteur de vitesse (train simple d'engrenages) entraînant une vis
 - un système vis-écrou transformant le mouvement de rotation en mouvement de translation du sas.
- ❖ Une génératrice tachymétrique donne une tension proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur à courant continu.
- ❖ Un capteur de position donne une tension proportionnelle à la position du sas.
- ❖ Un capteur de poids (balance) donne une tension proportionnelle à la masse de la poudre dans le bac.
- ❖ On admet que le débit de la poudre est proportionnel à l'ouverture du sas.
- ❖ Un système à friction permet au moteur de continuer à tourner quand le sas arrive sur ses butées.

2 - Caractéristiques :

2.1 - Moteur à courant continu à flux constant



Avec R, L : résistance et inductance du circuit induit

K_e, K_d : constantes de f.c.e.m. et de couple

u, i : tension de commande et courant du moteur

ω : vitesse de rotation du moteur

J_t : moment d'inertie des pièces en mouvement (moteur, réducteur, système vis-écrou, sas) rapporté à l'arbre moteur.

En appliquant la loi d'Ohm à l'induit et la loi fondamentale de la dynamique à la partie tournante on obtient les équations différentielles suivantes :

Equations électriques :

$$u(t) = R.i(t) + L.\frac{di(t)}{dt} + K_e.\omega(t)$$

Equations mécaniques :

$$J_t.\frac{d\omega(t)}{dt} = C_m(t) \quad \text{avec le couple électromécanique} \quad C_m(t) = K_d.i(t)$$

Valeurs numériques : $K_e = K_d = 0,159 \text{ V/(rd.s}^{-1})$; $R = 0,1 \text{ Ohm}$; $L = 5 \cdot 10^{-4} \text{ H}$; $J_t = 0,05 \text{ kg.m}^2$

2.2 - Génératrice tachymétrique

Avec u_t tension délivrée par la génératrice tachymétrique

K_t constante de la génératrice tachymétrique

équations électriques

$$u_t(t) = K_t.\omega(t)$$

Valeur numérique : $K_t = 0,191 \text{ V/(rd.s}^{-1})$

2.3 - Mécanisme de transformation de mouvement

Les équations mécaniques ne sont pas données

Soient ω : vitesse de rotation du moteur

ω_v : vitesse de rotation de la vis

$\omega_v / \omega = n$: rapport de réduction du réducteur (trains simples à engrenages)

P : pas de la vis

V : vitesse linéaire du sas

X : position du sas (x_m : la valeur maximum d'ouverture du sas)

Valeurs numériques: $x_m 0,1 \text{ m}$; $n = 0,5$

2.4 - Capteur de position du sas

Avec u_p tension délivrée par le capteur de position

K_p constante du capteur de position

équations électriques $u_p(t) = K_p \cdot x(t)$

Valeur numérique : $K_p = 100 \text{ V/m}$

2.5 - Capteur de poids (balance)

Avec u_b tension délivrée par le capteur de poids

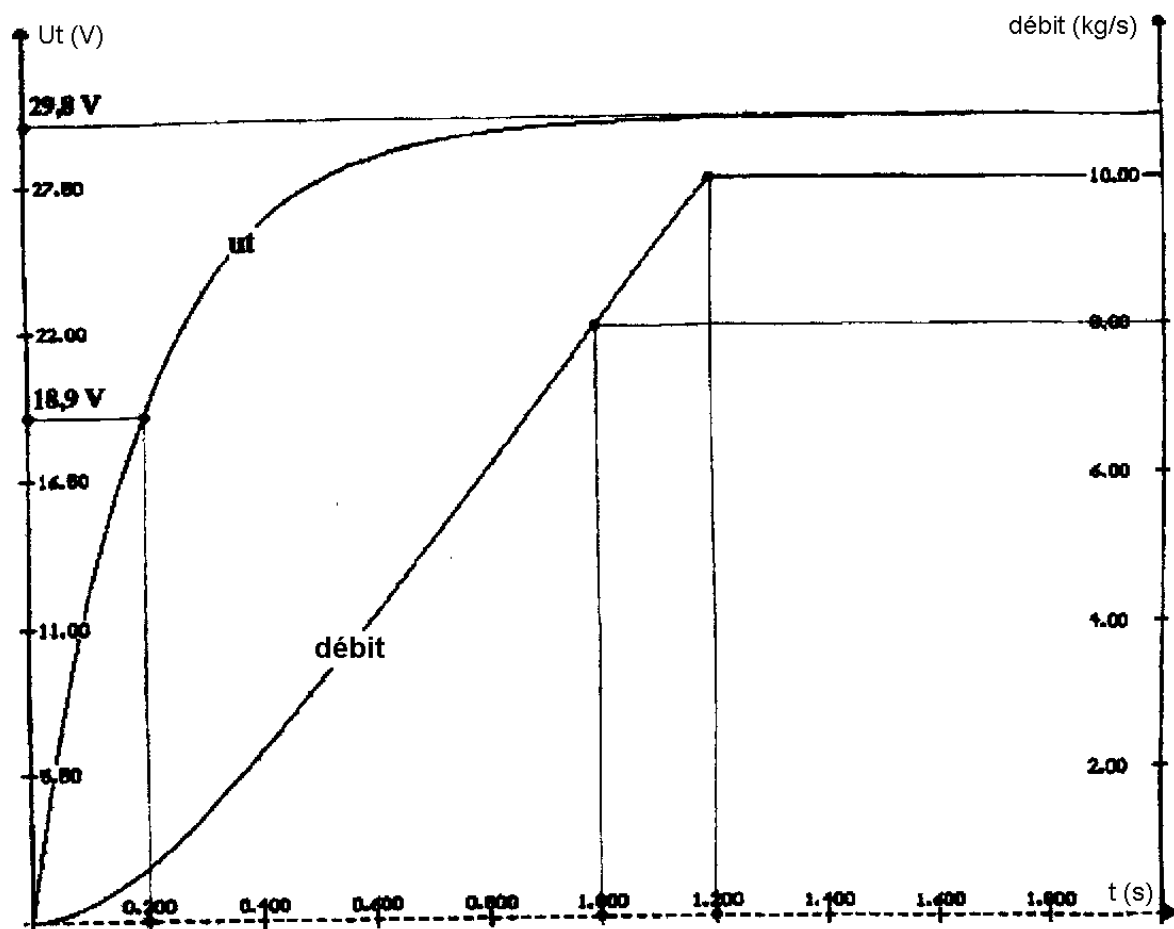
K_b constante du capteur de poids

M masse de la poudre dans le bac

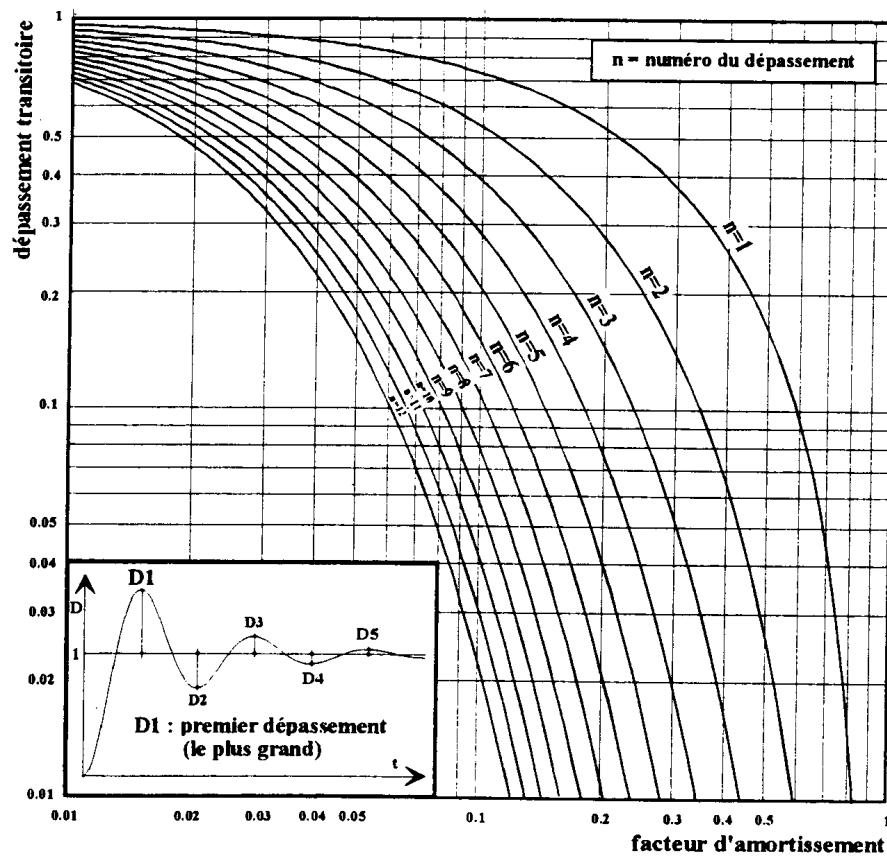
équations électriques $u_b(t) = K_b \cdot M(t)$

Valeur numérique : $K_b = 1 \text{ V/kg}$

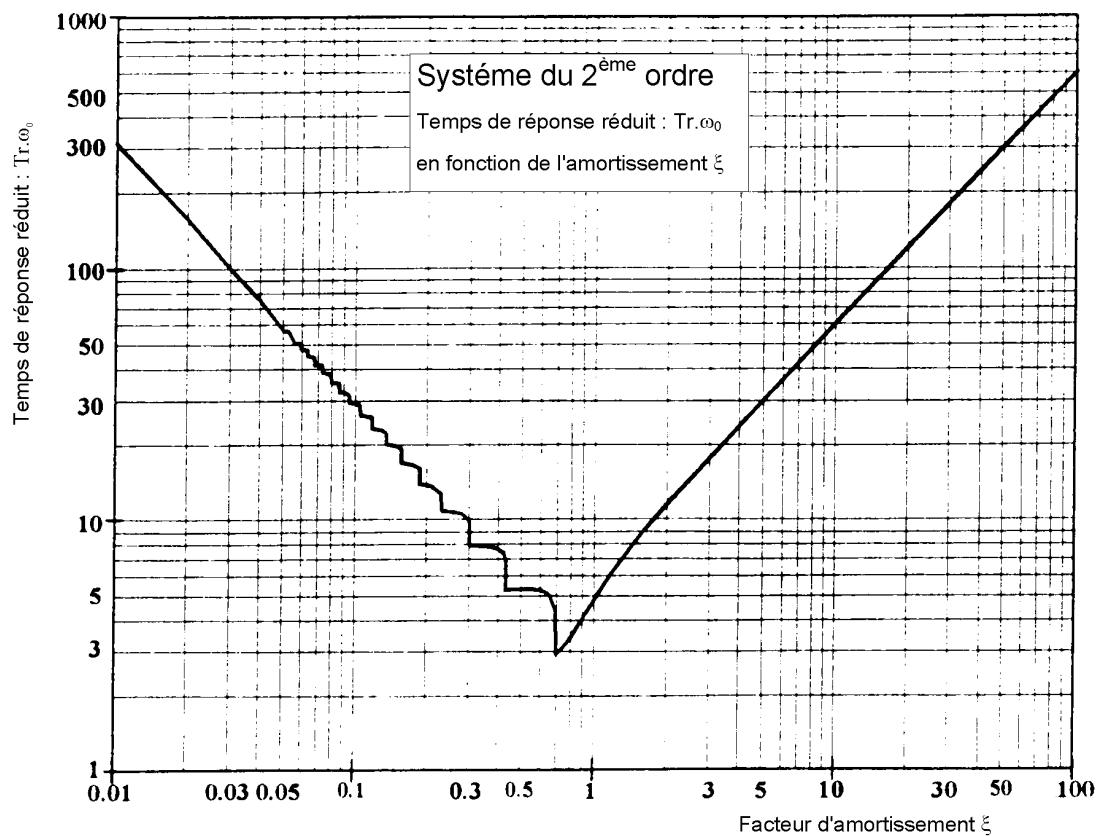
3 - Courbes à exploiter



Courbes réponse



Dépassements successifs (%) de la réponse indicielle d'un système linéaire du 2^{ème} ordre

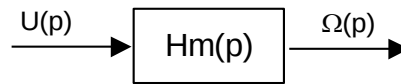


Temps de réponse réduit à 5% en régime indiciel d'un système linéaire du 2^{ème} ordre

4 - Travail demandé

4.1 - Etude du moteur à courant continu

Q 1. A l'aide de la transformée de Laplace des équations électriques et mécaniques données, donnez l'expression littérale de la fonction de transfert $H_m(p)$ du moteur. Donner l'ordre de ce système.



Q 2. Calculer la fonction de transfert $H_m(p)$ du moteur, puis montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

$$H_m(p) = \frac{G}{(1 + T_e \cdot p)(1 + T_m \cdot p)} \text{ avec } T_m > T_e$$

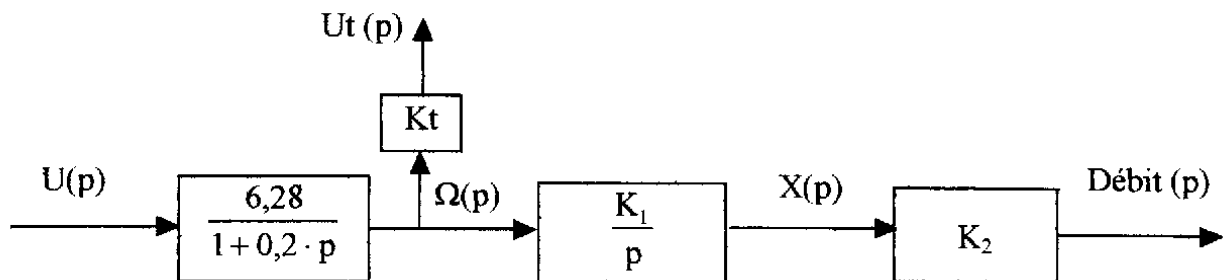
Comparer les valeurs numériques de T_e et T_m . Que peut-on en conclure ?

Q 3. Afin de vérifier le comportement du moteur à courant continu, on applique un échelon de **25 V** sur le moteur et on relève la tension de la génératrice tachymétrique **ut** (cf courbe page 3).

Identifier la fonction de transfert du moteur à courant continu (on précisera la méthode utilisée) et comparer avec le résultat trouvé à la question 2. Conclure.

4.2 - Asservissement de débit

On modélise le système en boucle ouverte sous la forme du schéma fonctionnel ci-dessous.



Q 4. La courbe de débit en kg/s correspondant à un échelon de tension de 25 V appliqué aux bornes du moteur à courant continu est donnée sur la page 3.

On rappelle que l'ouverture maximum x_m du sas est de 0,1 mètre et que un mécanisme à friction permet au moteur de continuer à tourner quand le sas arrive sur ses butées.

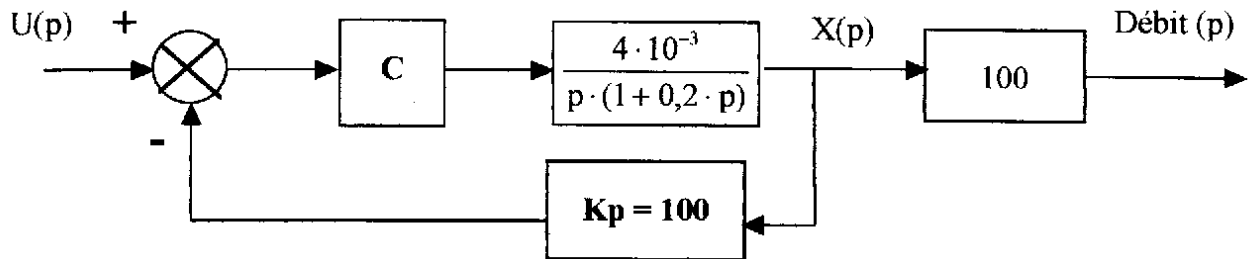
Calculer les coefficients K_1 et K_2 à partir de cette courbe.

Q 5. En écrivant les équations mécaniques du mécanisme de transformation de mouvement, montrer que la fonction de transfert $H(p) = \frac{X(p)}{\Omega(p)}$ est bien de la forme $\frac{K_1}{p}$.

On donnera l'expression littérale de K_1 en fonction des caractéristiques du mécanisme de transformation de mouvement.

En déduire la valeur du pas P de la vis.

On réalise l'asservissement de débit suivant. On considérera la butée d'ouverture non atteinte.



Q 6. En considérant $C = 1$, exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte de cet asservissement et tracer les diagrammes de Bode de cette fonction. Ce système est-il stable? Justifier. Calculer l'erreur statique en position.

Q 7. Déterminer la marge de phase de ce système

Q 8. Déterminer la valeur du gain C qu'il faut donner pour avoir une marge de phase de 45° .

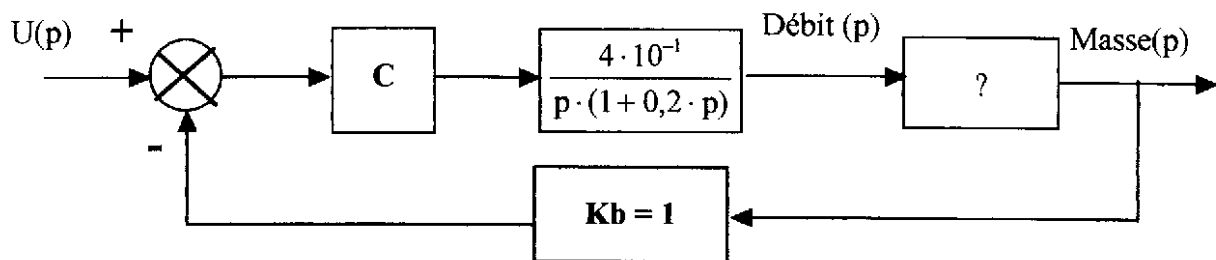
Q 9. On règle la valeur de C à 18. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée $G(p) = \frac{\text{Débit}(p)}{U(p)}$. Montrer que le système est du deuxième ordre. Calculer le coefficient d'amortissement et la pulsation propre non amortie.

Q 10. On applique un échelon de 1 V. La réponse de débit est elle apériodique, apériodique critique ou oscillatoire ? Tracer l'allure de la courbe débit(t) pour cet échelon. En utilisant les abaques donnés en annexe, donner:

- le nombre de dépassements significatifs et leurs valeurs,
- le temps de réponse d'un tel système.

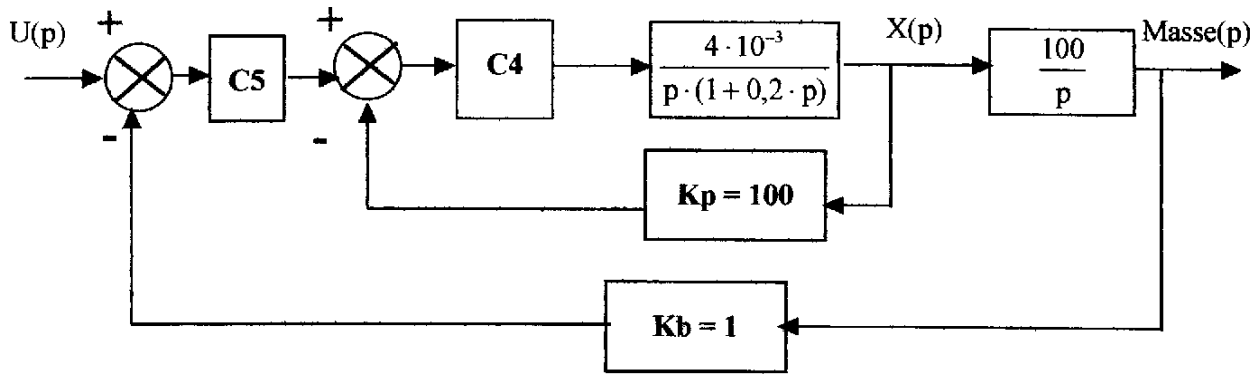
4.3 - Asservissement de masse

On modélise l'asservissement de masse sous la forme du schéma fonctionnel ci-dessous.



Q 11. Compléter le diagramme fonctionnel ci-dessus en exprimant la fonction de transfert manquante. Montrer que ce système est instable quelle que soit la valeur de C .

On se propose de rendre le système stable. On propose le nouveau diagramme fonctionnel suivant :



Q 12. Calculer la valeur de C4 maximum pour que la boucle interne présente une réponse indicielle sans dépassement.

Q 13. Montrer que la boucle interne peut se mettre sous la forme : $Bv(p) = \frac{K}{(1+T.p)^2}$

Q 14. Le tracé ci-dessous représente la réponse fréquentielle de la boucle ouverte de l'asservissement de masse avec C5=1 et C4 maximum déterminé précédemment. Déterminer graphiquement la valeur maximale de C5 permettant d'avoir une marge de phase supérieure 45° et une marge de gain supérieure à 12 dB.

