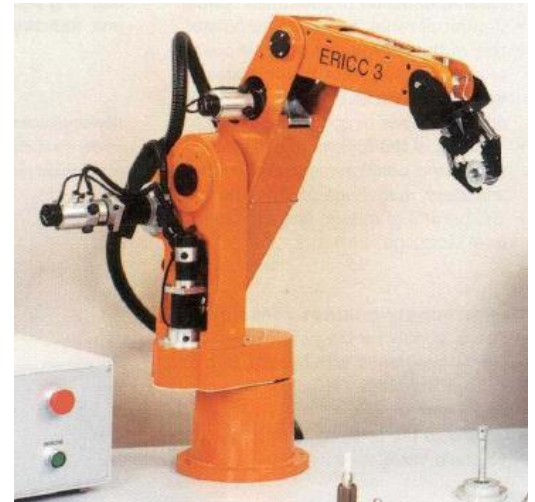


## Devoir écrit n°1

### Etude d'un bras de manutention

Un bras de manutention permet de déplacer des objets dans un atelier de production. L'étude porte sur l'asservissement en rotation d'un bras de ce robot, dont le mouvement est assuré par un moteur électrique à courant continu.

La première partie de l'étude porte sur le moteur électrique seul et la deuxième partie sur l'asservissement complet. Ces deux parties peuvent être traitées indépendamment.



### Etude du moteur électrique

Les équations différentielles relatives au moteur électrique à courant continu sont les suivantes

$$(1) \quad u_e(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$(2) \quad c_m(t) = K_c i(t)$$

$$(3) \quad e(t) = K_e \omega_s(t)$$

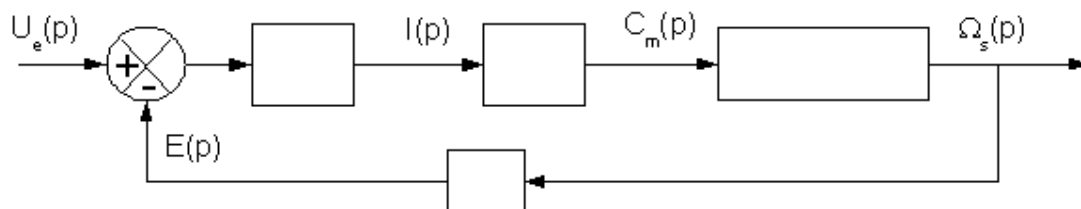
$$(4) \quad c_m(t) = J \frac{d\omega_s(t)}{dt} + f\omega_s(t)$$

avec :

$u_e(t)$  tension d'alimentation d'entrée  
 $e(t)$  force contre-électromotrice  
 $i(t)$  intensité dans l'induit  
 $c_m(t)$  couple moteur,  $\omega_s(t)$  vitesse de rotation  
 $R$  résistance de l'induit  
 $L$  inductance de l'induit,  $J$  inertie de la charge  
 $f$  coefficient de frottement visqueux  
 $K_e$  constante de force contre-électromotrice  
 $K_c$  constante de couple

Les transformées de Laplace des fonctions  $u_e(t)$ ,  $e(t)$ ,  $i(t)$ ,  $c_m(t)$ ,  $\omega_s(t)$  seront notées respectivement  $U_e(p)$ ,  $E(p)$ ,  $I(p)$ ,  $C_m(p)$ , et  $\Omega_s(p)$

1°) A partir des équations différentielles et en supposant toutes les conditions initiales nulles, compléter le schéma bloc ci-dessous. (2 points)



2°) Ecrire la fonction de transfert du moteur  $H(p) = \frac{\Omega_s(p)}{U_e(p)}$ . (1,5 points)

Pour la suite, on donne :  $H(p) = \frac{10}{(1 + 0,001p)(1 + 0,1p)}$

3°) Quelle est la signification physique des nombres 0,001 et 0,1 ? Quelle est leur unité ? (0,5 point)

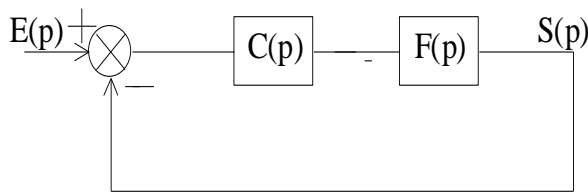
4°) En utilisant les abaques, déterminer l'allure de la réponse indicielle  $\omega_s(t)$ . L'amplitude de l'entrée est  $U_{e0}=10V$ . Préciser le temps de réponse à 5%, l'amplitude du premier dépassement et la valeur finale. **(2 points)**

5°) On néglige 0,001 devant 0,1. On obtient alors  $H(p) = \frac{10}{1+0,1p}$ .

Déterminer, sans faire le calcul de  $\omega_s(t)$ , l'allure de la réponse indicielle  $\omega_s(t)$ . L'amplitude de l'entrée est  $U_{e0}=10V$ . Préciser le temps de réponse à 5%, l'amplitude du premier dépassement et la valeur finale.

Comparer avec la réponse obtenue dans la question 4°. Conclusion. **(2 points)**

6°) On réalise l'asservissement suivant :



$F(p)$  représente la fonction de transfert de l'ensemble composé du moteur précédent modélisé par  $H(p) = \frac{10}{1+0,1p}$ , de son amplificateur de puissance et du capteur de vitesse.

Le capteur de vitesse délivre une tension  $s(t)$  proportionnelle à la vitesse angulaire  $\omega_s(t)$ . On suppose que la fonction du transfert du capteur est  $G=0,1Vrad^{-1}s$ . On donne  $F(p) = \frac{30}{10+p}$ .

Le correcteur est de type proportionnel  $C(p) = K > 0$ .

6.1. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $T(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$  et en donner les éléments caractéristiques en fonction de  $K$ . **(1 point)**

6.2. Calculer  $K$  pour que l'erreur statique soit égale à 10%. **(2 points)**

6.3. Pour la valeur de  $K$  précédente (si vous ne l'avez pas trouvée, prenez  $K=1$ ) et pour une entrée échelon d'amplitude  $E_0$ , donner  $s(t)$  (on ne demande pas le détail des calculs). Dessiner l'allure de la réponse. Préciser le temps de réponse à 5% et la valeur finale. Les résultats sont-ils cohérents avec la question précédente ? Justifier. **(2 points)**

6.4. Calculer l'erreur de trainage en fonction de  $K$ . **(2 points)**

6.5. Pour la valeur de  $K$  de la question 6.2. et pour une entrée rampe de pente  $a$ , calculer  $s(t)$  (on demande le détail des calculs). En déduire l'erreur de trainage et comparer avec les résultats de la question 6.4. Conclusion. **(3 points)**

6.6. On souhaite une vitesse de consigne de  $100rad/s$ . Quelle tension de consigne  $E_0$  doit-on appliquer ? Expliquer.

Avec le correcteur calculé en 6.2., quelle sera la vitesse obtenue en régime permanent ? **(2 points)**

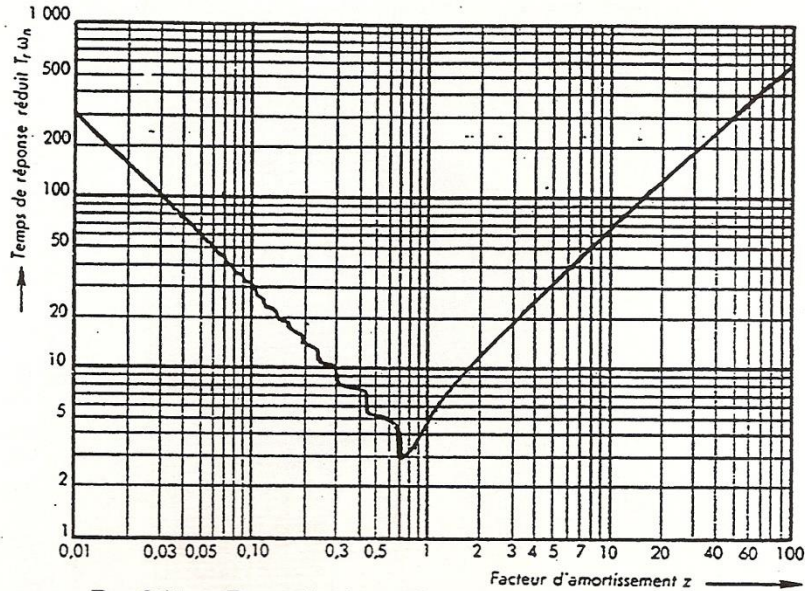


FIG. 8-11. — Temps de réponse  $T_r$  vs facteur d'amortissement. Noter (a) le minimum dans la zone  $z = 0,7$  et (b) les discontinuités pour  $z < 0,7$ , conséquences de la définition du temps de réponse.

$X_1$ : premier et plus grand dépassement

$$\frac{X_1}{X_0} = e^{\frac{-\pi}{\sqrt{1-z^2}}}$$

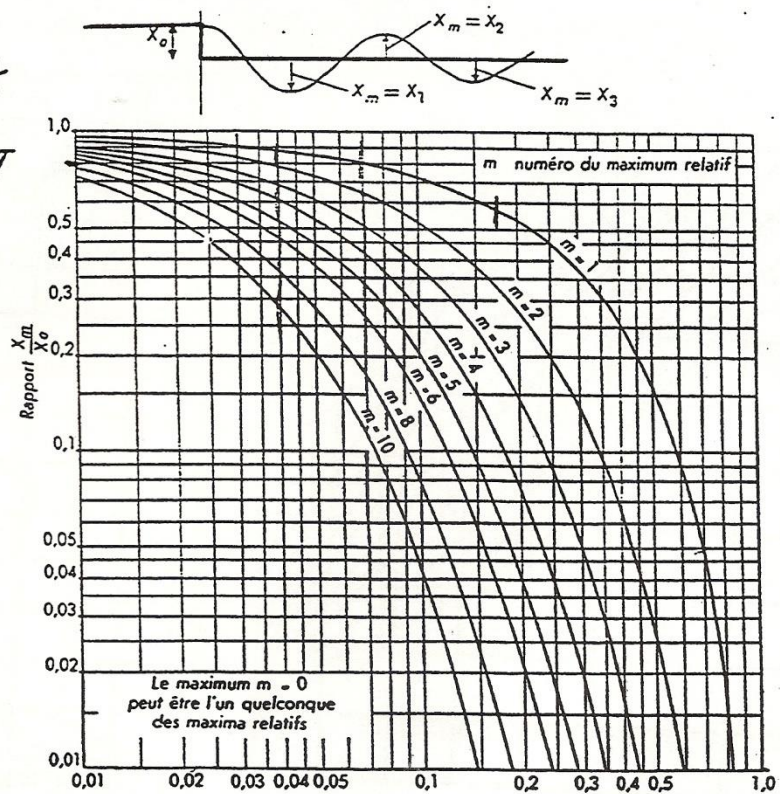


FIG. 8-6. — Dépassements successifs de la réponse à un échelon (ou à un essai de lâcher) d'un système du second ordre. En abscisses : le facteur d'amortissement  $z$ .