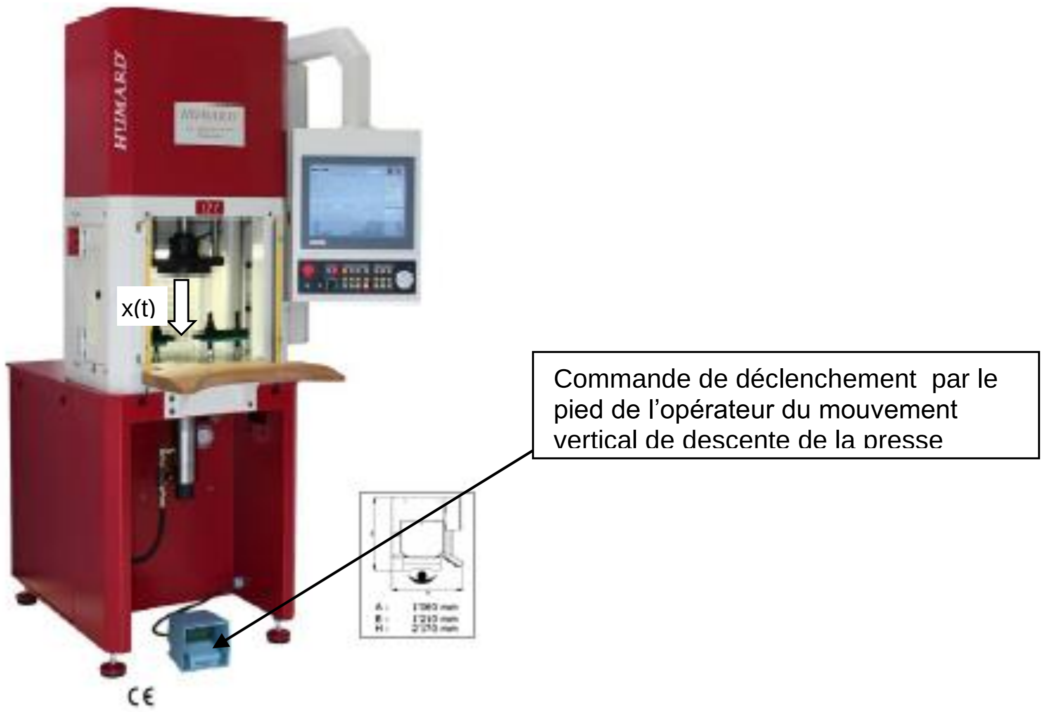
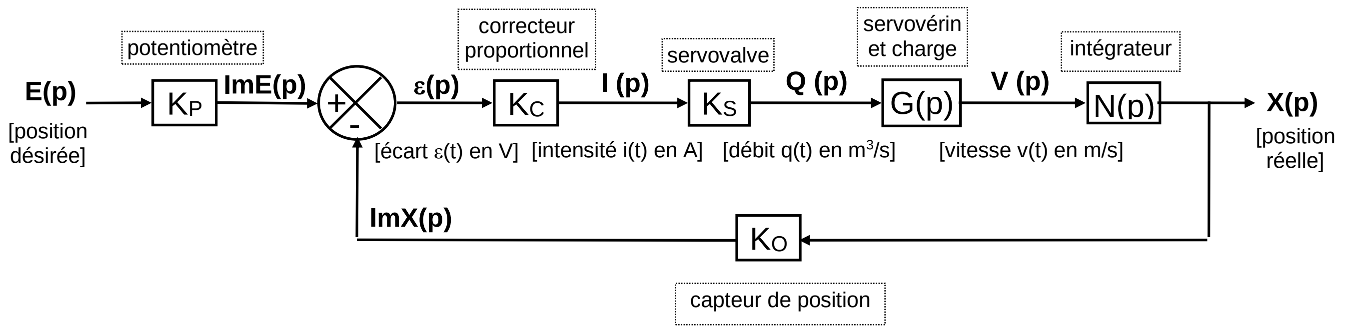
EVOLUTION PROGRESSIVE D'UNE COMMANDE HYDRAULIQUE

On se propose d'étudier une évaluation d'avant-projet des performances requises pour les constituants de la chaîne d'une commande d'avance hydraulique sur une machine de fabrication. Une telle machine de fabrication permet d'exercer des forces importantes (ici 120000N) pour emboutir ou emmancher des pièces.



La structure de la commande en position est la suivante :



Cet asservissement comprend les éléments suivants :

- un potentiomètre linéaire permettant de transcrire en Volts la consigne d'entrée : **ImE(p) = K_P . E(p)**
- un correcteur proportionnel de gain pur K_C : **I(p) = K_C . ε(p)**
- une servovalve à la dynamique de réponse très rapide et dont la fonction de transfert (théoriquement du second ordre) sera assimilée à un gain pur : **Q(p) = K_S . I(p)**
- le servovérin et la charge de fonction de transfert G(p) telle que : **V(p) = G(p) . Q(p)**
- un système intégrateur permettant de transformer la vitesse de déplacement (en $m.s^{-1}$) en position (en m) de fonction de transfert N(p) telle : **X(p) = N(p) . V(p)**
- un capteur de position assimilé à un gain pur permettant de lire le déplacement réel : **ImX(p) = K_O . X(p)**

- un comparateur permettant de comparer (via leurs images issues du potentiomètre et du capteur de position) la position réelle et la position désirée : **ε(p) = ImE(p) - ImX(p)**

Question 1. Rappeler la relation entre la vitesse v(t) et la position x(t). Sachant que x (t = 0) = 0, en déduire $N(p) = \frac{X(p)}{V(p)} = \frac{1}{p}$.

Question 2. Le potentiomètre linéaire d'entrée délivre une tension proportionnelle au déplacement : sa tension maximale, correspondant à un déplacement de 0,1 m, est de 5 V : donner la valeur de K_p (préciser l'unité).

Question 3. Lorsque la sortie est égale à l'entrée [soit : X(p) = E(p)], on veut que l'écart ε(p) soit nul. Exprimer la relation entre ε(p), X(p), E(p), K_P et K_O. En déduire la relation $K_O = K_P$.

Question 4. Déterminer $H(p) = \frac{X(p)}{E(p)}$ en fonction de K_C, K_S, G(p) et p (en utilisant la valeur numérique de $K_O = K_P$). Déterminer ε(p) en fonction de K_C, K_S, G(p), p et E(p). En déduire l'expression de l'écart entre la sortie et l'entrée E(p)-X(p) en fonction de E(p), K_C, K_S, G(p) et p en la mettant sous la forme E(p)-X(p) = A(p).E(p).

Question 5. On prend tout d'abord un modèle de type gain pur pour G(p) : $G(p) = K_V$.

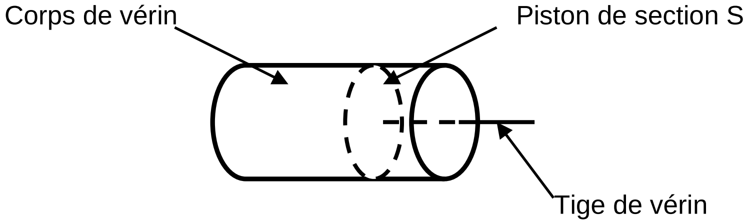
5.1. Calculer H(p) et préciser les expressions du gain K et de la constante de temps T de ce système du premier ordre qui sera écrit sous la forme $H(p) = \frac{K}{1+T.p}$.

5.2. L'écart statique ε_s est définie comme l'écart, en régime permanent ($t \rightarrow +\infty$), entre l'entrée e(t) et la sortie x(t) dans le cas d'une entrée en échelon [e(t) = u(t)]. Déterminer par utilisation du théorème de la valeur finale l'écart statique dans ce premier cas ? Donner l'allure de la courbe de la réponse x(t) à une entrée en échelon unitaire e(t)=u(t).

5.3. L'écart en poursuite ε_p est définie comme l'écart, en régime permanent, entre l'entrée e(t) et la sortie x(t) dans le cas d'une entrée en rampe [e(t) = t.u(t)]. Que vaudra l'écart en poursuite dans ce premier cas ?

5.4. On veut que le temps de réponse à 5 % de ce système soit inférieur à 15 ms. Quelle relation cela impose sur le produit K_C. K_S. K_V ?

5.5. En faisant l'hypothèse d'incompressibilité du fluide utilisé dans le servovérin, exprimer K_v en fonction de l'aire S de la surface projetée du piston.



Question 6. On prend ensuite un modèle du premier ordre pour G(p) : $G(p) = \frac{K_V}{1+T_V.p}$.

6.1. Calculer H(p) et préciser les expressions du gain K, du facteur d'amortissement z et de la pulsation propre ω_0 de ce système du second ordre qui sera écrit sous la forme canonique $H(p) = \dfrac{K}{1 + 2.z.\dfrac{p}{\omega_0} + \dfrac{p^2}{{\omega_0}^2}}$.

6.2. Donner les expressions des pseudo période et 1^er^ dépassement et la condition sur la valeur de z correspondant à une réponse indicielle pseudo périodique d'un système du second ordre.

6.3. L'écart statique ε_s est définie comme étant l'écart, en régime permanent, entre l'entrée e(t) et la sortie x(t) dans le cas d'une entrée en échelon [e(t) = u(t)]. Que vaudra l'écart statique dans ce second cas ?

6.4. L'écart en poursuite ε_p est définie comme l'écart, en régime permanent, entre l'entrée e(t) et la sortie s(t) dans le cas d'une entrée en rampe [e(t) = t.u(t)]. Que vaudra l'écart en poursuite dans ce second cas ?

6.5. On ne veut pas de dépassement(s) sur x(t) dans le cas d'une réponse indicielle [c'est à dire e(t)=u(t)]. Cela impose que le facteur d'amortissement z soit supérieur ou égal à 1. Quelle relation cela impose-t-il sur le produit K_C. K_S. K_V en fonction de T_V ?

6.6. On peut montrer que l'écart en poursuite ε_p est aussi définie de la façon suivante : $\varepsilon_p = v_{max} / K_V$. On a une vitesse de déplacement maximale de v_{max} = 20 m.mn^{-1} et on veut que l'écart ε_p soit au maximum de 4 mm : en déduire la valeur minimale de K_V ; déterminez alors la valeur maximale de T_V en fonction de K_S et K_C.

Question 7. Comparaison des deux modèles : on pose : T_V = 1 ms et $K_C.K_S.K_V$ = 250 s^{-1}

7.1. Étude de la réponse temporelle du premier modèle (modèle de la question 5) à une entrée canonique : déterminer x(t) pour une entrée indicielle unitaire et tracer l'allure de la courbe correspondante. Donner le temps de réponse à 5 %.

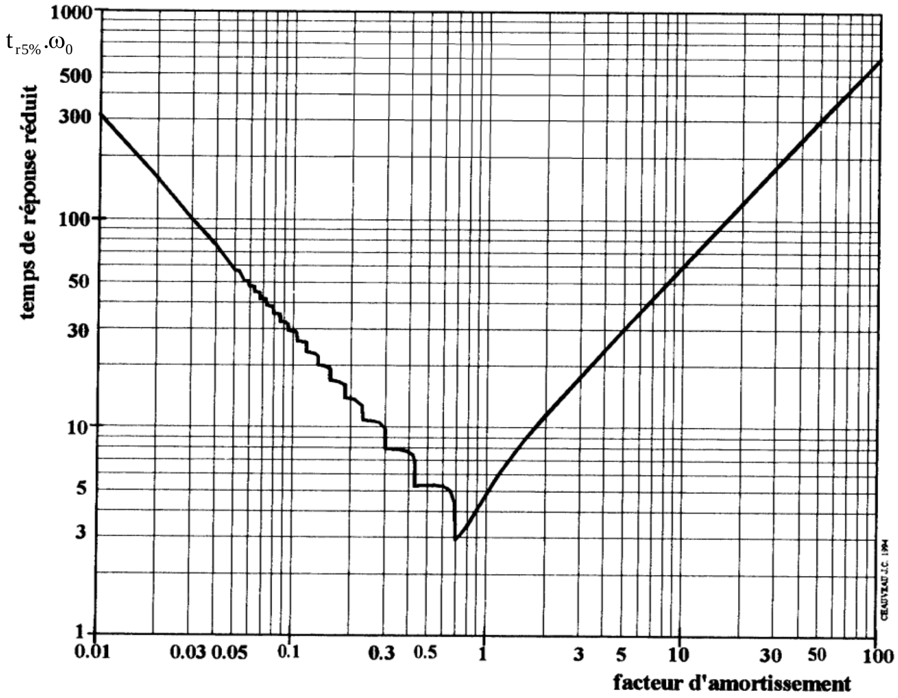
7.2. Étude de la réponse temporelle du second modèle (modèle de la question 6) à une entrée canonique : tracer l'allure de la courbe correspondante. Déterminer la pseudo période Ta correspondante. Déterminer approximativement le temps de réponse à 5% ainsi que les dépassements supérieurs à 5% à l'aide des courbes en annexe.

Annexes

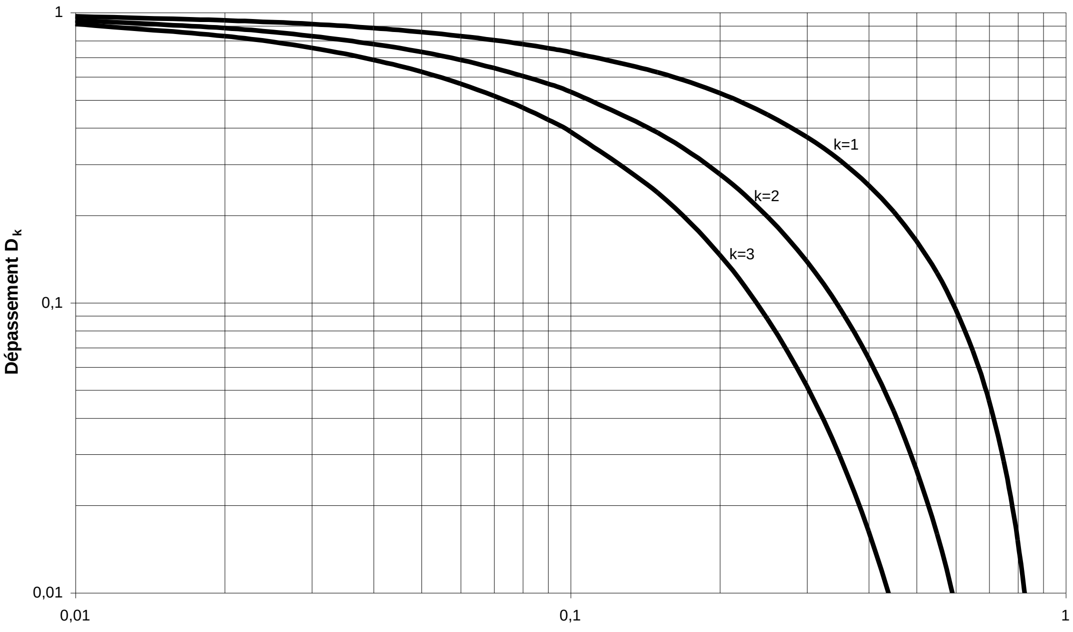
Tableau de quelques transformées usuelles (toutes ne sont pas utiles ici …)

f(t)	F(p)	f(t)	F(p)	f(t)	F(p)
$\delta(t)$	1	u(t)	$\frac{1}{p}$	$\sin(\omega.t)$	$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$
t.u(t)	$\frac{1}{p^2}$	$e^{-a.t}$	$\frac{1}{p+a}$	$\cos(\omega.t)$	$\frac{p}{p^2+\omega^2}$
$t^n.u(t)$	$\frac{n!}{p^{n+1}}$	$t.e^{-a.t}$	$\frac{1}{(p+a)^2}$	$1-\cos(\omega.t)$	$\frac{\omega^2}{p.(p^2+\omega^2)}$

Temps de réponse réduit d'un système du second ordre



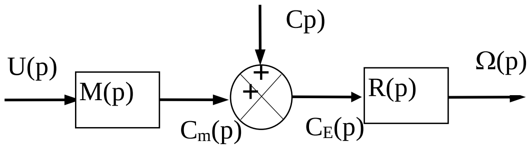
Abaque des dépassements D_1, D_2 et D_3



ASSERVISSEMENT EN POSITION D'UNE ANTENNE DE RADAR METEO

Une antenne radar est entraînée à la vitesse ω par un moteur à courant continu M. L'identification de l'ensemble « radar R et actionneur M » (moteur à courant continu) a conduit au schéma fonctionnel suivant :

Vitesse de rotation ω en rad.s-1

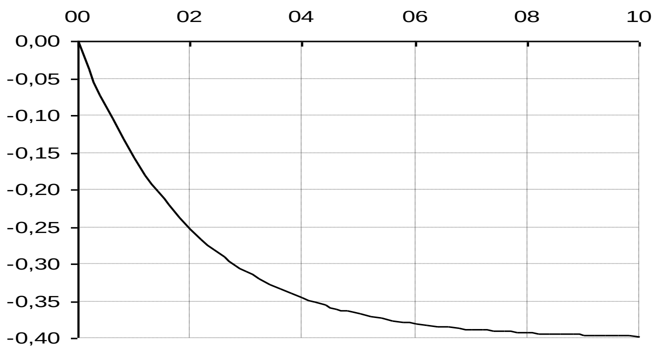


Moteur à courant continu : $M(p) = \dfrac{C_m(p)}{U(p)} = \dfrac{K_1}{1+T_1.p}$

Dynamique du radar : $R(p) = \dfrac{\Omega(p)}{C_E(p)} = \dfrac{K_2}{1+T_2.p}$

On a, grâce aux données constructeur : K_1 = 12,5 rad.s^{-1}.V^{-1} et T_1 = 1 s

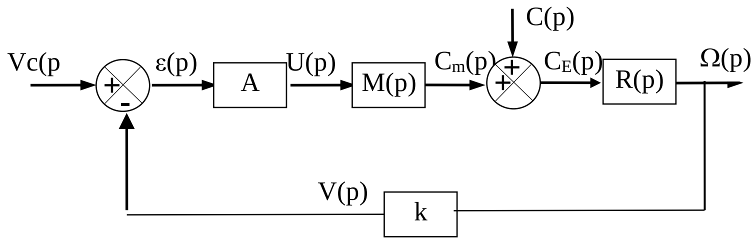
Vitesse de rotation ω en rad.s-1 Temps en s



En partant d'une position de repos et la tension nulle, on enregistre la réponse indicielle du système à une rafale de vent, assimilée à un échelon de couple *négatif* C de –1 N.m, alors que la tension d'alimentation du moteur reste uniformément nulle : la courbe est donnée ci-contre.

Question 1 : Déterminer graphiquement sur la réponse fournie les valeurs numériques de K_2 et de T_2. Expliquer votre démarche en précisant les tracés nécessaires.

Afin de réduire l'influence du couple C sur la vitesse de rotation de l'antenne, on veut asservir celle-ci en mesurant la vitesse de rotation ω à l'aide d'une génératrice tachymétrique (capteur de vitesse tel que k=0,1V/(rad/s)) conformément au schéma bloc fonctionnel suivant :



Question 2 : Montrer que la fonction de transfert en poursuite (pour C(p)=0) est : $H_1(p) = \frac{\Omega(p)}{Vc(p)}\Big|_{C(p)=0} = \frac{10.A}{4.p^2 + 6.p + 2 + A}$

Question 3 : Déterminer les paramètres canoniques de la fonction de transfert du second ordre $H_1(p) = \frac{\Omega(p)}{Vc(p)}\Big|_{C(p)=0} = \frac{10.A}{4.p^2 + 6.p + 2 + A}$. Les nommer, donner leurs unités.

Question 4 : Déterminer la valeur de A correspondant à un premier dépassement de 5%.

Question 5 : Déterminer l'expression de $\varepsilon(p)$ en fonction de A et $Vc(p)$.

Question 6 : Calculer alors l'écart statique en tension $\varepsilon_s = \lim_{t \to +\infty} \varepsilon(t)$ en fonction de A pour une entrée échelon unitaire de tension de consigne telle que $Vc(p) = \frac{1}{p}$

Question 7 : Déterminer la valeur de A qui donne une erreur statique de 5%.