TP Echelon 2010-2011

Partie 0 Tracés des fonctions de transfert et fermeture unitaire de boucles.

$H_1(p) = \dfrac{4}{1 + 0{,}12\,p + 0{,}002\,p^2}$	$H_1(p) = \dfrac{4}{1 + 0{,}026\,p + 0{,}0003\,p^2}$	$H_1(p) = \dfrac{4}{1 + 0{,}00114\,p + 0{,}0000227\,p^2}$

H(p)	H1(p)	H2(p)	H3(p)
Allure de la réponse indicielle en boucle ouverte			
Coefficient ξ amortissement BO (calcul)			
Pulsation propre BO (calcul)			
Conclusion sur la forme de la réponse indicielle en fonction de ξ			
Allure de la réponse indicielle en boucle fermée			
Coefficient amortissement BF (calcul)			
Pulsation propre BF (calcul)			
Conclusion sur l'effet de la fermeture de boucle sur la réponse indicielle			
Erreur statique (BF) (mesure sur échelon) Quel rapport avec (K/K+1) ?			
	10 H1(p)		
Coefficient amortissement BO		Ne pas calculer	Ne pas calculer
Pulsation propre BO		Ne pas calculer	Ne pas calculer
Coefficient amortissement BF		Ne pas calculer	Ne pas calculer
Pulsation propre BF		Ne pas calculer	Ne pas calculer

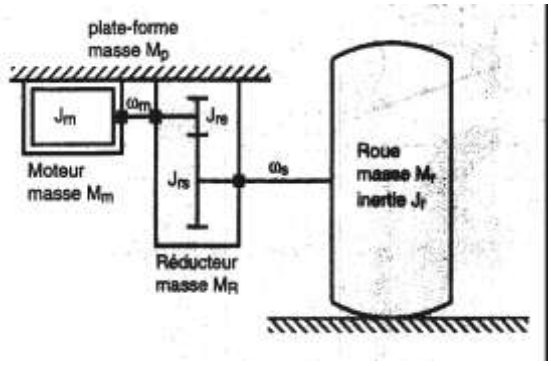
Partie I : Moteur électrique d'un véhicule d'exploration martienne.

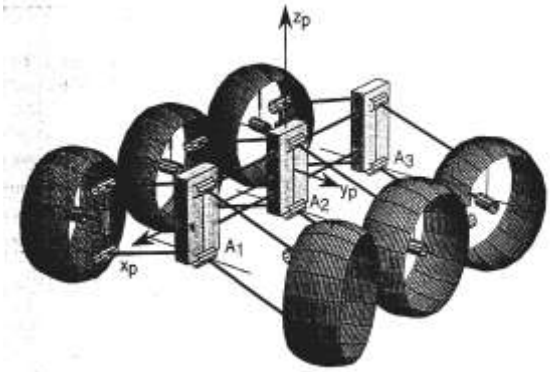
Dans le cadre de l'exploration du système planétaire, le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) développe un prototype de véhicule martien comportant des capacités de large autonomie.
Les moteurs utilisés pour l'entraînement des roues sont des moteurs à courant continu et aimants permanents.
Le comportement du moteur peut être modélisé par les équations suivantes:

$$\mathbf{u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot di(t)/dt + e(t)}$$
$$\mathbf{e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)}$$
$$\mathbf{C_m(t) = K_c \cdot i(t)}$$
$$\mathbf{J_{me} \cdot d\,\omega_m(t)/dt = C_m(t) - Cr(t) - f\,\omega_m(t)}$$

avec :

u(t)	Tension aux bornes de l'induit (en Volts),
R	Résistance de l'induit (en Ohms),
L	Inductance de l'induit (en Henry),
i(t)	Courant dans l'induit (en Ampères),
e(t)	Tension contre-électromotrice proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur (en Volts),
$\omega_m(t)$	Vitesse de rotation du moteur (en radian par seconde),
$C_m(t)$	Couple disponible sur l'arbre de sortie du moteur (en Newton.mètre),
J_{me}	Inertie globale équivalente ramenée sur l'arbre de sortie du moteur (en kg.m^2).
Cr(t)	Couple résistant considéré nul dans un premier temps
f	Coefficient de frottement visqueux négligé ici.





11) A partir des équations précédentes, en vous aidant du schéma bloc, déterminer l'expression de la fonction de transfert du moteur :

$$H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$$

12) Donner H(p) sous la forme :

$$H(p) = \frac{Km}{(1+T_1 * p)*(1+T_2 * p)}$$

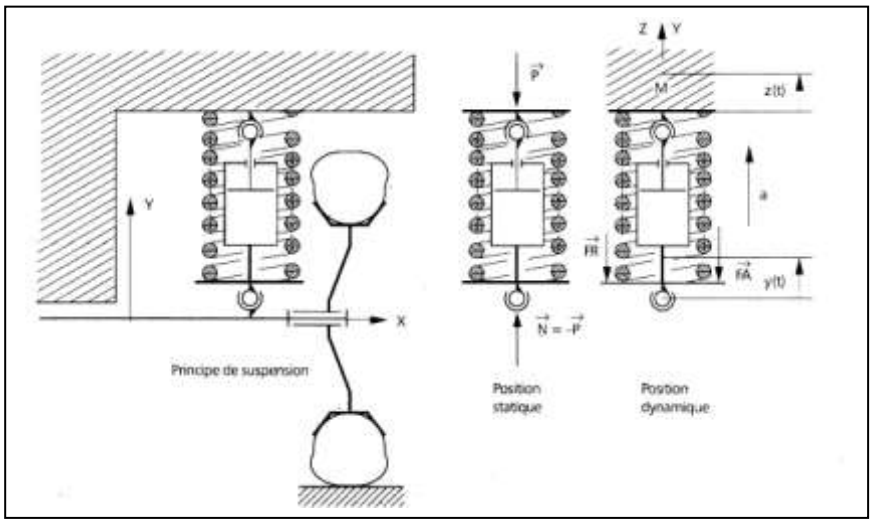
Justifier cette écriture en calculant le coefficient d'amortissement de la FTBO.

AN : Jme = 3,32 10^{-6}kg.m^2 ; R = 1,1Ω ; L = 0,5$10^{-3}$H ; K_c = 0,0255N.m/A ; K_e = 0,026V/rad/s
→ Calculer les valeurs de K_m, T_1, et T_2.

13) A partir de votre cours, déterminer l'expression littérale de la réponse à un échelon de tension, tracer l'allure de cette réponse temporelle pour une entrée (en Volts) U(t) = 20 U_0(t) ou U_0(t) est la fonction de Heaviside .
Préciser les valeurs caractéristiques et notamment : la valeur de la réponse à l'origine, la pente à l'origine et la valeur finale de $\omega_m(t)$ lorsque t → ∝ (que vous déterminerez de deux manières ; théorème de la valeur finale et limite de fonction).
A l'aide du logiciel « échelon » vérifier vos résultats.
Déterminer le temps de réponse à 5%.
Expliquer la forme des courbes avec la valeur de ξ.

Partie II :.suspension automobile.

On représente ci-dessous un demi-train avant de véhicule et une schématisation de la suspension.



On souhaite connaitre le déplacement vertical z(t) de la carrosserie du véhicule en fonction du déplacement y(t) de la roue (obstacle).

La fonction y(t) est l'entée du système et z(t) en est la sortie.
On montre, à l'aide des équations de la dynamique, qu'en prenant pour z(t) le déplacement de la carrosserie à partir de sa position d'équilibre (véhicule chargé mais à l'arrêt) on obtient l'équation suivante :

$$-M * \frac{d^2[z(t)]}{dt^2} = -k * [y(t) - z(t)] - b * [\frac{dy(t)}{dt} - \frac{dz(t)}{dt}]$$

Avec :
M : masse suspendue ; k : raideur du ressort ; b : coefficient de frottement visqueux dans l'amortisseur.

21 - Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{Z(p)}{Y(p)}$

AN : M = 400kg ; k = 17 N/mm ; b = 1500 N/m/s

22 - A l'aide du logiciel « échelon », tracer la réponse temporelle du système pour une entrée (en cm) y(t) = 10 y_0(t) ou y_0(t) est la fonction de Heaviside .
Préciser les valeurs caractéristiques et notamment : la valeur de la réponse à l'origine, la pente à l'origine et la valeur finale de z(t) lorsque t $\rightarrow \propto$.(que vous déterminerez de deux manières ; théorème de la valeur finale et limite de fonction).
Déterminer le temps de réponse à 5%.
Expliquer la forme des courbes avec la valeur de ξ.

23 - Lors de l'utilisation du véhicule la valeur de b chute, quelle est la conséquence sur les résultats précédents. Prendre pour la simulation b = 750 N/m/s
Déterminer le nouveau temps de réponse à 5%.

Partie III : module d'orientation d'une éolienne.

L'éolienne étudiée est une éolienne à calage variable des pales. Elle comporte une unité de transformation de puissance supportée par un mât tubulaire en acier permettant l'accès par une échelle interne.

L'unité de transformation de puissance inclut le rotor, le système de calage des pales, la nacelle, le multiplicateur, la génératrice, la pompe hydraulique et le système d'orientation.
Le rotor entraîne le multiplicateur (k = 35, rendement 0.97); la génératrice est liée à l'arbre rapide du multiplicateur et produit du courant alternatif. Un frein à disque (diamètre 0.8 m) d'urgence est intercalé entre le multiplicateur et la génératrice (380 V, 1815 tr/mn, rendement 0.962).
Une unité transforme le courant et transmet l'énergie électrique.
Le rotor orienté face au vent comporte trois pales à 120 °, chaque pale est longue de 14 mètres. Les pales sont en matériau composite et sont liées par pivot au moyeu. Le moyeu est à 30 mètres du sol.
Le module de calage des pales permet d'avoir une vitesse de rotation du rotor constante quelque soit la vitesse du vent (13 à 25 m/s), et de mettre l'éolienne en drapeau pour des vitesses de vent supérieures. Le calage des pales est commandé par un vérin hydraulique alimenté par la pompe.
Le module d'orientation est composé d'un moteur hydraulique et d'un pignon monté sur l'arbre moteur. Ce pignon entraîne une couronne solidaire du mât. Un module d'asservissement contrôle la manœuvre.

Etude du module d'orientation
Cette étude concerne l'asservissement de position pour l'orientation de l'éolienne face au vent.
Le moteur hydraulique, lié à la nacelle, permet, quand la machine est à l'arrêt, de la positionner face au vent grâce à la girouette. A cette fin, un pignon monté sur l'arbre moteur entraîne une couronne solidaire du mât. Une fois l'éolienne correctement placée, le moteur est arrêté, le circuit hydraulique reste ouvert et permet d'amortir les faibles changements de la direction du vent. Si la nacelle n'est pas alignée face au vent pendant plus de 5 secondes, le moteur hydraulique entre en action pour réaligner la nacelle dans la direction de la girouette.

On désire donc asservir la position angulaire θ de la nacelle à la position angulaire θc de la girouette.
La position θc de la girouette est convertie en tension V_c proportionnelle à θ_c par un potentiomètre linéaire circulaire de gain K_{cp} = 15 V / 180 °

La position angulaire de la nacelle est mesurée par un capteur de position dont le gain est également K_{cp} = 15 V / 180°, et qui fournit également une tension V proportionnelle à θ.

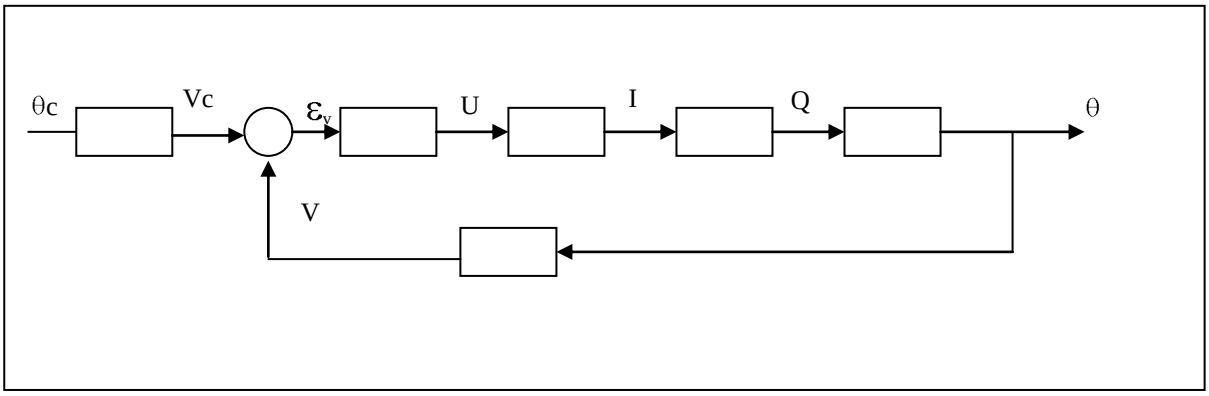
L'écart entre la tension de consigne Vc et le tension mesurée V est évaluée au niveau d'un soustracteur idéal qui élabore le signal $\varepsilon_v = V_c - V$

Le signal ε_v est traité par un correcteur de fonction de transfert C(p) pour fournir la tension U aux bornes d'un amplificateur de gain Ka = 0.2 mA/V, permettant d'attaquer avec le courant I la servo-valve de gain K_{sv} = 40 cm^3/s.mA.

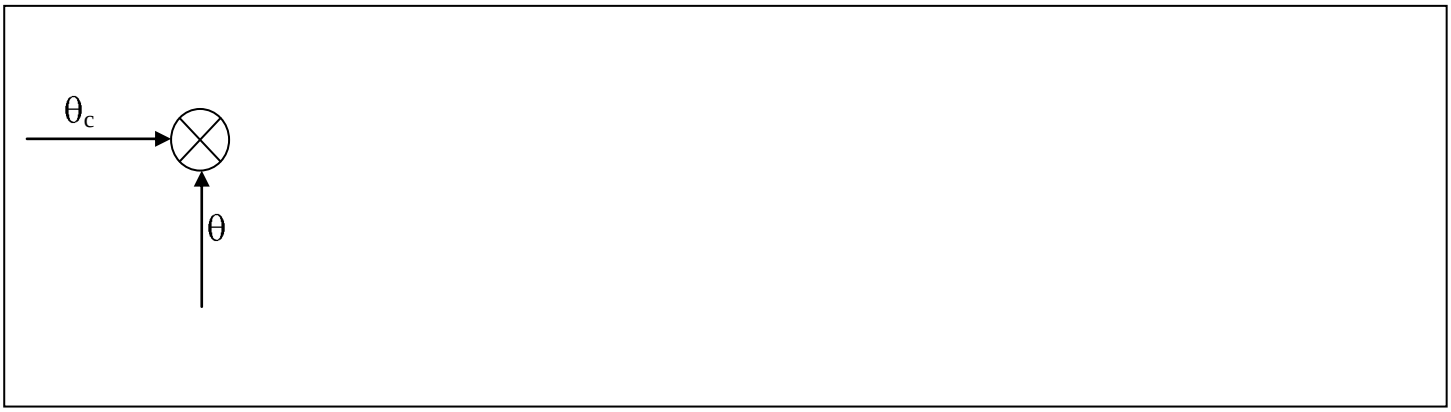
On appelle Q le débit d'huile en sortie de la servo-valve ; ce débit pilote le moteur hydraulique entraînant la nacelle. La position angulaire θ de la nacelle se déduit de Q par la fonction de transfert :

$$H(p)=\frac{1/Q_0}{p*(\frac{p^2}{\omega_n^2}+\frac{2*\xi}{\omega_n}*p+1)}$$ avec Qo = 8.10^{-6} m^3/rd, ω_n = 2 rd/s, ξ = 0.25

31 - Mettre en place le schéma fonctionnel complet de l'asservissement, en lisant l'énoncé qui précède.



32 – Mettre ce schéma en retour unitaire, en comparant θ_c à θ, on note $\theta_c - \theta = \varepsilon_\theta$



33 – Déterminer numériquement la fonction de transfert en boucle ouverte :

$To(p) = \theta/\varepsilon_\theta$ si $C(p) = 1$

To(p) = ----------

Moteur électrique à courant continu :

Equations :

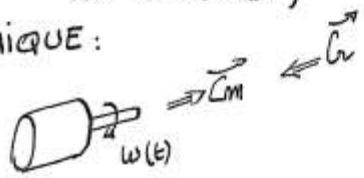
- électriques : $u(t) = e(t) + R\, i(t) + L \dfrac{di(t)}{dt}$

  $e(t) = K_e \;\; \omega(t)$

  $C_m(t) = K_c \;\; i(t)$ (le couple moteur est proportionnel au courant.)

- principe fondamental de la DYNAMIQUE :

$$\Sigma \mathcal{M}_{t\,/\,axe} = J \cdot \ddot{\theta}(t)$$



J moment d'inertie

En général : $C_m - C_r - f\,\omega = J_{equ} \cdot \dfrac{d\omega}{dt}$

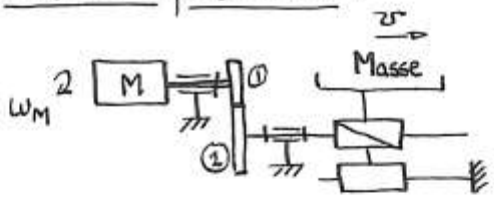
inertie équivalente.

Couple moteur

Couple résistant

coefficient frottement visqueux.

Inertie équivalente :



Ec énergie cinétique.

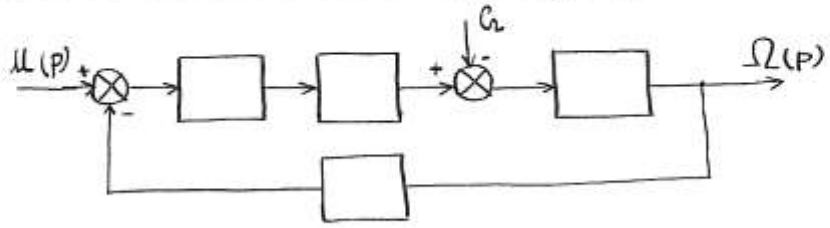
$$Ec = \frac{1}{2} J_M \cdot \omega_M^2 + \frac{1}{2} J_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$Ec = \frac{1}{2} J_{équ} \cdot \omega_M^2$$

Masse équivalente :

$$Ec = \frac{1}{2} M_{équ} \cdot v^2$$

- Schéma bloc du moteur électrique :



- Forme canonique $C_r = 0$.

$$\frac{\Omega(p)}{\mathcal{U}(p)} = \frac{K}{1 + ap + bp^2} = \frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_n} p + \frac{1}{\omega_n^2} p^2}.$$

polynome D

- Etude du polynome D :

si $\Delta > 0$, $\xi > 1$, $\frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$

avec $\tau_1 \tau_2 = b$

$\tau_1 + \tau_2 = a$. $\Rightarrow \tau_1 = \ldots s$ et $\tau_2 = \ldots s$

- Racines en p :

si $\Delta > 0$ $\quad p = -\xi \omega_n \pm \omega_n \sqrt{\xi^2 - 1}$.

si $\Delta < 0$ $\quad p = -\xi \omega_n \pm i \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$.