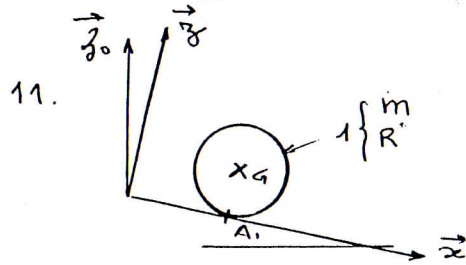


Banc d'essai de véhicule

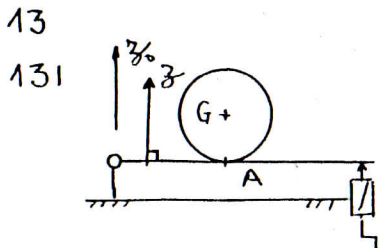


Bilan de a.m. ex  $\rightarrow 1$   
 poids de 1  $\begin{cases} -m g \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{cases}$ ; contact en  $A_1$   $[A_1] = \begin{cases} -T_{01} \vec{x} + N_{01} \vec{z} \\ -C \vec{y} \end{cases}$

P.F. de la statique  $\rightarrow 1$

$\vec{R}_{ex \rightarrow 1} = \vec{0} \quad / \vec{x} \quad 0 = -T_{01} + mg \sin \alpha$   
 $\quad \quad \quad \quad \quad / \vec{z} \quad 0 = -mg \cos \alpha + N_{01}$   
 $\vec{\Pi}_{G \rightarrow 1} = \vec{0} \quad / \vec{y} \quad 0 = -C + R T_{01}$

12.  $\alpha_{lim}$  pour le début du roulement  $|C_r| = |R T_{01}|$   
 soit  $C_r = r mg \cos \alpha_{lim} = R mg \sin \alpha_{lim}$   
 $\Rightarrow \boxed{\tan \alpha_{lim} = \frac{r}{R}}$



13. on place la roue (parfaitement équilibrée statiquement) sur un plan horizontal et l'on fait évoluer l'angle  $(\vec{z}_0, \vec{z}) = \alpha$  jusqu'au départ du mouvement de la roue sur le plan  $\Rightarrow \alpha_{limite}$

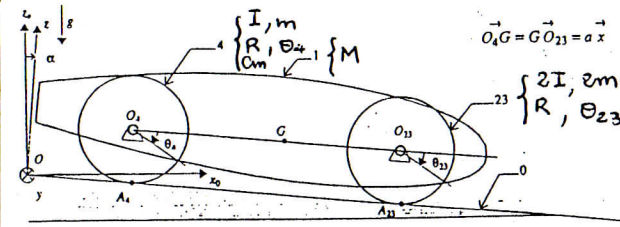
132  $\tan \alpha_{lim} = \frac{r}{R} \rightarrow r = R \tan \alpha_{lim}$

soit  $\boxed{r = 0,25 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}$

133 au début du mouvement,  $T_{01} = mg \sin \alpha$   
 $N_{01} = mg \cos \alpha$

soit  $\frac{T_{01}}{N_{01}} = \tan \alpha_{lim} = 0,08 \ll f = 0,5$   
 loi de Coulomb  $|\frac{T}{N}| < f$

2: modélisation du véhicule



action du sol  $\begin{cases} -T_{01} \vec{x} + N_{01} \vec{z} \\ -C \vec{y} \end{cases}$  en  $A_i$ , action de l'air  $\begin{cases} -\frac{1}{2} \rho S C_x \dot{x}^2 \vec{x} \\ 0 \end{cases}$  en  $O_{23}$

Rlt  $\Rightarrow$  glt en  $A_i$

et condition cinématique du rlt  $\Rightarrow$  glt en  $A_i$

$\vec{V}_{A_i, i/0} = \vec{0} = \vec{V}_{O_i, i/0} + \vec{A_i O_i} \wedge \vec{\Omega}_i$   
 $\vec{0} = \dot{x} \vec{x} + R \vec{z} \wedge \dot{\theta}_i \vec{y} = (\dot{x} - R \dot{\theta}_i) \vec{x}$   
 soit  $\boxed{R \dot{\theta}_i = \dot{x}} \Rightarrow \ddot{\theta}_{23} = \ddot{\theta}_4 = \ddot{\theta}$   
 pour la suite du pb

22. où isole  $\{1, 23, 4\}$

bilan de a.m.  $\rightarrow \{1, 23, 4\}$

poids,  $\begin{cases} -M \vec{g} \\ \vec{0} \end{cases}$  en  $G$ ,  $\begin{cases} -2mg \\ \vec{0} \end{cases}$  en  $O_{23}$ ,  $\begin{cases} -m \vec{g} \\ \vec{0} \end{cases}$  en  $O_4$

actions du sol sur les roues

$$A_i \begin{cases} -T_{0i} \vec{x} + N_{0i} \vec{z} \\ -\varepsilon r \vec{z} = -\varepsilon r N_{0i} \vec{z} \\ \varepsilon = \pm 1, \hat{m} \text{ signe que } \vec{\theta}_i \end{cases}$$

action de l'air

$$\begin{cases} -\frac{1}{2} \rho S C_x \dot{x} \vec{x} \\ \vec{0} \\ 0_{23} \end{cases}$$

221 Théorème de la résultante dynamique à  $\{1, 23, 4\}$

①  $(3m+M) \ddot{x} = -(T_{023} + T_4) + (3m+M)g \sin \alpha - \frac{1}{2} \rho S C_x \dot{x}^2$   
 ②  $0 = (N_{02} + N_4) - (3m+M)g \cos \alpha$

222 Théorème du moment dynamique aux roues 23, 4

$$\vec{\delta}_{0i, i/0} \cdot \vec{y} = \left( \frac{d}{dt} \vec{\sigma}_{0i, i/0} \right) \cdot \vec{y} = \frac{d}{dt} (\vec{\sigma}_{0i, i/0} \cdot \vec{y})$$

( $\vec{y}$  est de 0)

$$= I_i \ddot{\theta}_i$$

$$\vec{M}_{0i} \text{ ex } \rightarrow i = \vec{\sigma}_i \wedge \vec{A}_i + (-\varepsilon r N_{0i} \vec{y}) + \mathcal{G}_{mi} \vec{y}$$

$$= -R \vec{z} \wedge (-T_{0i} \vec{x} + N_{0i} \vec{z}) - \varepsilon r N_{0i} \vec{y} + \mathcal{G}_{mi} \vec{y}$$

soit  $I_i \ddot{\theta}_i = R T_{0i} - \varepsilon r N_{0i} + \mathcal{G}_{mi}$

pour 23  $\rightarrow 2 I \ddot{\theta} = -\varepsilon r N_{023} + R T_{023}$  car  $\vec{\theta}_L = \vec{\theta}_{23} = \vec{\theta}$

pour 4  $\rightarrow I \ddot{\theta} = -\varepsilon r N_{04} + R T_{04} + \mathcal{G}_m$

alors  $3 I \ddot{\theta} = -\varepsilon r (N_{04} + N_{023}) + R (T_{04} + T_{023}) + \mathcal{G}_m$

avec  $(T_{023} + T_4) = (3m+M)g \sin \alpha - (3m+M) \ddot{x} - \frac{1}{2} \rho S C_x \dot{x}^2$

et  $(N_{023} + N_{04}) = (3m+M)g \cos \alpha$ .

donc

$$3 I \ddot{\theta} = -(3m+M) \ddot{x} + (3m+M)g \sin \alpha - \frac{1}{2} \rho S C_x \dot{x}^2 R - \varepsilon r (3m+M)g \cos \alpha + \mathcal{G}_m$$

224 soit avec  $\ddot{x} = R \ddot{\theta}$  et  $\dot{x} = R \dot{\theta}$

$$\mathcal{G}_m = (3I + (3m+M)R^2) \ddot{\theta} + (3m+M)g (\varepsilon r \cos \alpha - R \sin \alpha) + \frac{1}{2} \rho S C_x R \dot{\theta}^2$$

$$\mathcal{G}_m = [3I + (3m+M)R^2] \frac{\ddot{x}}{R} + (3m+M)g (\varepsilon r \cos \alpha - R \sin \alpha) + \frac{1}{2} \rho S C_x \frac{\dot{x}^2}{R}$$

25 paramètres affectant l'avancement du véhicule  
 → accélération:  $(3I + (3m+M)R^2) \ddot{x}$  mini  
 → résistance passive:  $r$  mini, et  $C_x$  mini,  $S$  mini

26  $\dot{x} = V, = \text{constante}, \alpha = 0$

$$\mathcal{G}_m = (3m+M)g \varepsilon r + \frac{1}{2} \rho S C_x V^2 R$$

27 A.N.  $\mathcal{G}_m = \text{ct}$   $M = 70 \text{ kg}, m = 1 \text{ kg}, I = ? (\text{m}^2 \text{ kg}^2?)$

$r = 2 \cdot 10^3 \text{ m}$   $R = 0,25 \text{ m}$   $C_m = 3,245 \text{ m}^2 \text{ N}$   $g = 10 \text{ m/s}^2$   $\alpha = 0$

$I$  pour une jante  $= m R^2 = (1 \times 0,25^2) = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \text{ kg}$ .

271, cohérence des données /  $t = 500 \text{ s}$

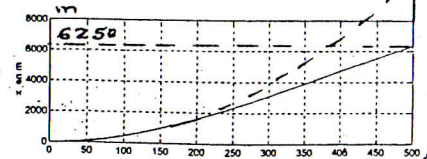
si on néglige la résistance de l'air, le mouvement est uniformément accéléré, pour  $\alpha = 0$ ,

$$\mathcal{G}_m = (3I + (3m+M)R^2) \ddot{\theta} + (3m+M)g \varepsilon r$$

$$3,245 = (6m + M) \ddot{x} R + (3m+M)g \varepsilon r = 760,25 \ddot{x} + 730 \cdot 2 \cdot 10^3$$

soit  $\ddot{x} = 0,094 \text{ m/s}^2$

$x$  à  $t = 500 \text{ s} \Rightarrow 11743 \text{ m}$



l'ordre de grandeur est donné

à fait convenable.

272 détermination de la résistance de l'air

on se place à  $t = 500 \text{ s}$ , la vitesse est quasiment constante

,  $V_{500} = \dot{x}_{500} = 16,6 \text{ m/s}$ , alors  $\ddot{x}_{500} = 0$

$$\mathcal{G}_m = (3m+M)g \varepsilon r + \frac{1}{2} \rho S C_x V^2 R$$

soit

$$\left( \frac{1}{2} \rho S C_x \right) = \frac{\mathcal{G}_m}{V^2 R} - (3m+M)g \frac{\varepsilon r}{V^2 R}$$

$$= 0,025 \text{ N/(m/s)}^2$$



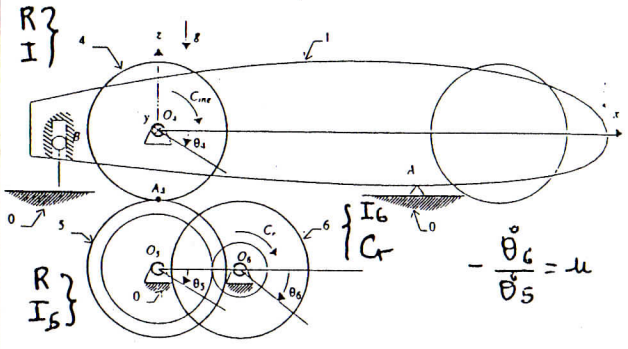
473. pentonasi qui peut monter le véhicule à la vitesse constante de 5 km/h (1,389 m/s)

$$C_{mg} = (3m + M)g R \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho S C_x v^2 R$$

$$3,245 = -730 \cdot 0,25 \sin \alpha + 0,025 \cdot 1,389^2 \cdot 0,25$$

Soit  $-\sin \alpha = 0,0177 \rightarrow \alpha = -1,015^\circ$

3° Etude du banc



$$\vec{F}_{1 \rightarrow 4} \begin{bmatrix} T_{14} \vec{x}_4 + N_{14} \vec{z}_4 \\ C_{me} \vec{y}_4 \end{bmatrix}$$

$$\vec{F}_{5 \rightarrow 4} \begin{bmatrix} -T_{54} \vec{x}_4 + N_{54} \vec{z}_4 \\ -N_{54} r \varepsilon \vec{y}_4 \end{bmatrix}$$

3A1  $E_c = \frac{1}{2} I_4 \dot{\theta}_4^2 + \frac{1}{2} I_5 \dot{\theta}_5^2 + \frac{1}{2} I_6 \dot{\theta}_6^2$ ,  $I_4 = I$

avec  $\dot{\theta}_5 = -\dot{\theta}_4 = -\dot{\theta}$   $\dot{\theta}_6 = -\mu \dot{\theta}_5 = \mu \dot{\theta}$

alors  $E_c = \frac{1}{2} (I + I_5 + \mu^2 I_6) \dot{\theta}_4^2$

3A2,  $\vec{P}$  par les efforts extérieurs

- $L_{14}$ , liaison pivot parfaite,  $\vec{P} = 0$
- Couple moteur  $\rightarrow \vec{P} = C_{me} \dot{\theta}_4$
- $L_{05}$ , liaison pivot parfaite  $\vec{P} = 0$
- $L_{06}$ , liaison pivot parfaite  $\vec{P} = 0$
- moteur de régulation  $\vec{P} = C_r \dot{\theta}_6 = \mu C_r \dot{\theta}_4$

3A3

$\vec{P}_{5 \rightarrow 6} = 0$  car l'on a une liaison parfaite (pas de glissement sur les dentures ?)

$$\vec{P}_{4 \rightarrow 5} = \begin{bmatrix} \vec{F}_{5 \rightarrow 4} \\ \vec{C}_{s4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{O}_4^4 \\ \vec{O}_5^5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +T_{54} \vec{x}_4 + N_{54} \vec{z}_4 \\ +\varepsilon r N_{54} \vec{y}_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 \dot{\theta}_4 \vec{O}_4^4 \\ \vec{O}_5^5 \end{bmatrix}$$

$$= -2 r N_{54} \dot{\theta}_4$$

3A4 Théo de l'Ec (S)

$$\dot{\theta}_4 \ddot{\theta}_4 (I + I_5 + \mu^2 I_6) = C_{me} \dot{\theta}_4 + \mu C_r \dot{\theta}_4 - 2 r N_{54} \dot{\theta}_4$$

soit  $\ddot{\theta}_4 (I + I_5 + \mu^2 I_6) = C_{me} + \mu C_r - 2 r N_{54}$

soit  $C_{me} = (I + I_5 + \mu^2 I_6) \ddot{\theta}_4 - \mu C_r + 2 r N_{54}$

3A5

les effets d'inertie peuvent être reproduits sans  $C_r$  alors  $(I + I_5 + \mu^2 I_6) = 3I + (3m + M)R^2$

donc de  $\mu \rightarrow \mu^2 = \frac{2I - I_5 + (3m + M)R^2}{I_6}$

changement  $N_{54}$ ,  $\alpha$  reste petit

$$(3m + M)g r \cos \alpha = 2 r N_{54}$$

soit  $N_{54} = \frac{1}{2} (3m + M)g$

Couple  $C_r$  à piloter pour avoir les autres effets

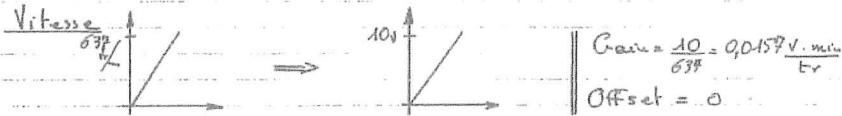
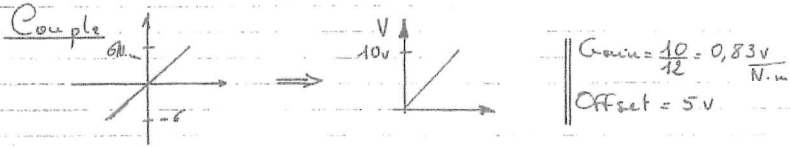
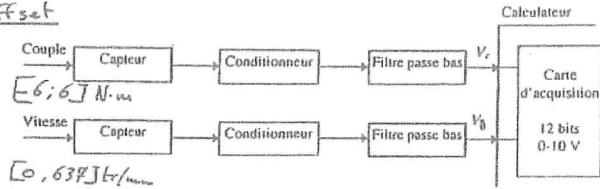
$$-v C_r = -(M + 3m)g R \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho S C_x \dot{\theta}_4^2 R^3$$

soit à partir de  $\dot{\theta}_6$

$$-v C_r = -(M + 3m)g R \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho S C_x R^3 \frac{\dot{\theta}_6^2}{\mu^2}$$

Partie E Mesure, conditionnement, Filtrage

C.1. Gain, Offset



C.2. CAN 12 bits

$$\Delta_{mesure} = \frac{1}{2^{12}} = 2,44 \cdot 10^{-4}$$

$\Delta_{couple}$  aérodynamique

$$C_6 = 4,5 \cdot 10^{-6} \theta_6^2 \quad |\dot{\theta}_6| = u |\dot{\theta}_5| = 4,5 \cdot \frac{637 \cdot \pi}{30} = 300 \text{ rad/s}$$

$$= 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2 = 0,405 \text{ m.N}$$

d'où  $\Delta C_6 = \frac{0,405}{2^{12}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m.N}$

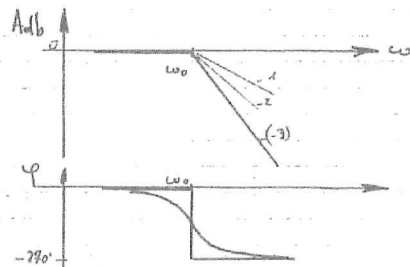
$$\Delta C_6 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m.N} < 0,02 \text{ m.N} \quad \text{OK}$$

C.3 Filtrage

vibrations. 10Hz  $\Rightarrow \omega = 2\pi F = 2\pi \cdot 10 = 62,83 \text{ rd/s}$

$$H(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{\omega_0}\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right)}$$

$\omega_0$  pour que  $|H(j\omega)| = \frac{1}{100}$  ?



$$H(j\omega) = \frac{1}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_0}\right) \left(1 + j\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)} \quad \text{soit } u = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$|H(ju)| = \frac{1}{\sqrt{1+u^2} \sqrt{(1-u^2)^2 + u^2}} = \frac{1}{100}$$

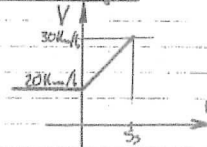
$$\begin{aligned} (1+u^2)((1-u^2)^2 + u^2) &= 10^4 \\ (1+u^2)(1-2u^2+u^4+u^2) &= 10^4 \\ (1+u^2)(1+u^2+u^4) &= 10^4 \\ 1-u^2+u^4+u^2-u^4+u^6 &= 1+u^6 = 10^4 \end{aligned}$$

$$u^6 = 10^4 - 1 \approx 10^4$$

$$u = (10^4)^{\frac{1}{6}} = 4,64 = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\omega_0 = \frac{\omega}{u} = \frac{62,83}{4,66} = 13,54 \text{ rd/s}$$

C.4 - Trainage



$$\gamma = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \cdot 10^3}{3600 \times 5} = 0,55 \text{ m s}^{-2}$$

$$E_{\text{Trainage}} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) - s(t)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} p E(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p (E(p) - S(p)) = \lim_{p \rightarrow 0} p (1 - H(p)) E(p)$$

$$E_T = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{0,55}{p^2} \left(1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{\omega_0}\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right)}\right) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{0,55}{p^2} \left(\frac{\left(1 + \frac{p}{\omega_0}\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right) - 1}{\left(1 + \frac{p}{\omega_0}\right) \left(1 + \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}\right)}\right)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{0,55}{p^2} \left(\frac{2 \frac{p}{\omega_0} + \dots}{1 + \dots}\right)$$

$$E_T \rightarrow \infty \quad \text{pour une accélération constante}$$

$$\left( \begin{aligned} E_T &= \frac{2 \cdot 0,55}{\omega_0} = 0,08 \text{ m} \quad \text{pour une vitesse constante de } 0,55 \text{ m s}^{-1} \\ E_T &= 0 \quad \text{pour une consigne de déplacement} \end{aligned} \right)$$

l'objectif de précision 0,5 m n'est pas respecté durant les phases de variation de vitesse.

Partie D - Commande du moteur

D1-a  $U(p) = (R + Lp) I(p) + K_e \Omega(p)$  avec les C.I. nuls  
 $K_T I(p) = C_r(p)$

$K_T U(p) = (R + Lp) C_r(p) + K_T K_e \Omega(p)$

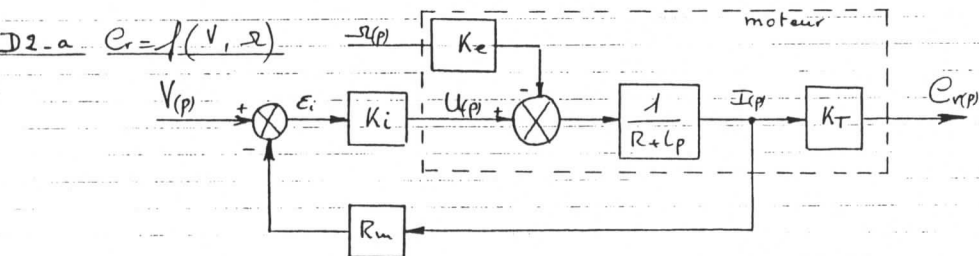
$$C_r(p) = \frac{K_T U(p)}{R + Lp} - \frac{K_e K_T}{R + Lp} \Omega(p)$$

D3-a  $C_r - \tau_c \omega = I_c \omega$

PF3  $\int \frac{d\omega}{dt} = C_{moteur} - C_{resistant}$   $C_{resistant} = F_c \omega$   
 $\Rightarrow I_c p \Omega(p) = C_r(p) - F_c \Omega(p)$   
 $\Omega(p) = \frac{1}{F_c + I_c p} C_r(p)$   
 Fc : coeff de froth. visqueux  
 Ic : Moment d'inertie / axe

D1-b gain statique de poursuite  $\frac{C_r}{u} = \frac{K_T}{R} = \frac{28,6 \cdot 10^{-2}}{1,7} = 0,168$

gain statique de régulation  $\frac{C_r}{\Omega} = \frac{K_e K_T}{R} = \frac{29 \times 60 \times 28,6 \cdot 10^{-2}}{1000 \times 2 \times \pi \times 1,7} = 0,046$

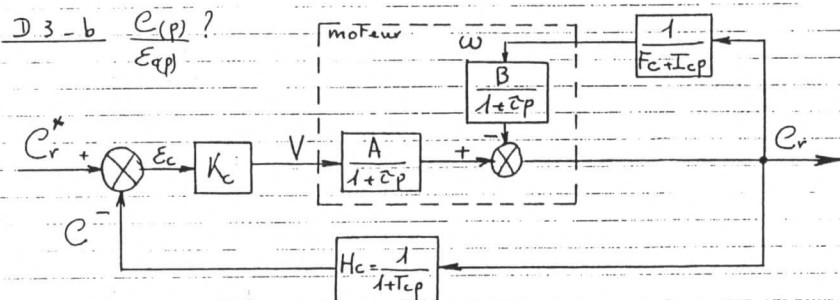


$C_r(p) = K_T I(p) = \frac{K_T}{R + Lp} [K_i (V(p) - R_m I(p)) - K_e \Omega(p)]$  avec  $I(p) = \frac{C_r(p)}{K_T}$

$(1 + \frac{K_T \cdot K_i \cdot R_m}{(R + Lp) K_T}) C_r(p) = \frac{K_T}{R + Lp} (K_i V(p) - K_e \Omega(p))$

$C_r(p) = \frac{K_T \cdot K_i V(p) - K_T \cdot K_e \Omega(p)}{K_i \cdot R_m + R + Lp}$

$$C_r(p) = \frac{\frac{K_T K_i}{K_i R_m + R} V(p) - \frac{K_T K_e}{K_i R_m + R} \Omega(p)}{1 + \frac{L}{K_i R_m + R} p}$$



$C_r = (1 + T_c p) C$   
 $C = \frac{1}{(1 + T_c p)} \left( \frac{A K_c E_c}{1 + T_p p} - \frac{B C_r}{(1 + T_p p)(F_c + I_c p)} \right)$   
 $= \frac{1}{(1 + T_c p)(1 + T_p p)} \left( A K_c E_c - \frac{B(1 + T_c p) C}{(F_c + I_c p)} \right)$   
 $(1 + T_c p)(1 + T_p p) (F_c + I_c p) + B(1 + T_c p) C = A K_c (F_c + I_c p) E_c$

$C(p) = \frac{A K_c (F_c + I_c p)}{(1 + T_c p)(B + F_c + (I_c + F_c \tau) p + I_c \tau p^2)} E_c(p)$

D3 D3-Forme canonique :

$C(p) = \frac{A K_c F_c}{B + F_c} \frac{1 + \frac{I_c}{F_c} p}{(1 + T_c p) \left( 1 + \frac{I_c + F_c \tau}{B + F_c} p + \frac{I_c \tau}{B + F_c} p^2 \right)} E_c(p)$

Il s'agit d'un produit d'un premier ordre, d'un second ordre et "d'un premier ordre au numérateur". Les calculs des gains, constantes de temps et facteurs d'amortissement ne posent pas de pb ici.

Remarque : le facteur d'amortissement du second ordre doit être supérieur à 1, car l'on peut factoriser le second ordre en produit de deux premier ordre Cf diagramme de Bode.

D2-b la boucle de courant améliore la dynamique et la précision

sans boucle de courant	avec boucle de courant	$\Rightarrow$ Le gain statique de régulation est plus faible donc le système est moins sensible aux perturbations $\Rightarrow$ la constante de temps est plus faible: le syst. est plus rapide
$\frac{C_r(p)}{\Omega(p)} = \frac{K_e K_T}{R} \frac{1}{1 + \frac{L}{R} p}$	$\frac{C_r(p)}{\Omega(p)} = \frac{K_e K_T}{K_i R_m + R} \frac{1}{1 + \frac{L}{K_i R_m + R} p}$	

D3-d

La FT est de la forme

$$T = \frac{K(1+T_1 p)}{(1+T_2 p)(1+T_3 p)(1+T_4 p)}$$

avec  $Kdb = 27db$   $K = 10^{\frac{27}{20}}$   
 $K = 22,4$

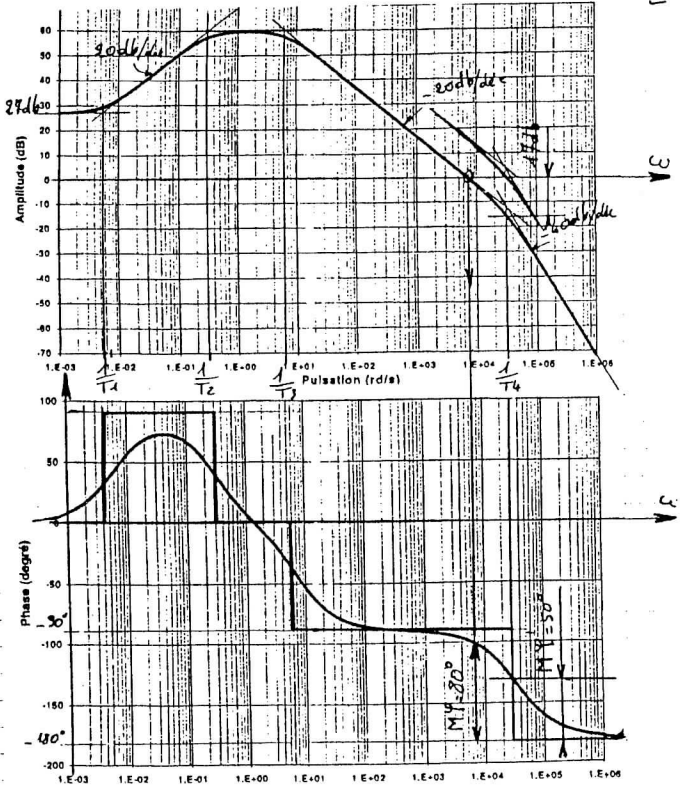
$\frac{1}{T_1} = 0,006 \text{ rd/s} \rightarrow T_1 = 167 \text{ s}$

$\frac{1}{T_2} = 0,3 \text{ rd/s} \rightarrow T_2 = 3,33 \text{ s}$

$\frac{1}{T_3} = 6 \text{ rd/s} \rightarrow T_3 = 0,167 \text{ s}$

$\frac{1}{T_4} = 3 \cdot 10^6 \text{ rd/s} \rightarrow T_4 = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

à chaque variation de pente  $\pm 20 \text{ db/déc}$  correspond une variation de phase de  $\pm 90^\circ$ .  
 La FT est un produit de 1<sup>er</sup> ordre.



D3-e La marge de phase de la FTBO =  $80^\circ$  avec  $\omega_{coups} = 7000 \text{ rd/s}$  en boucle fermée le système est stable, mais le réglage peut être optimisé. ( $M.P. \approx 45^\circ$ )

D3-f Pour avoir une  $M.P. = 50^\circ$  il faut déplacer la courbe d'amplitude de  $\approx 17 \text{ db}$ ; c'est à dire multiplier le gain par  $10^{\frac{17}{20}} \approx 7$

Le gain de la FTBO =  $22,4 \times 7 \approx 157$

3.B.1 et 3.B.2

On identifie  $\beta$  de la formule avec  $-(M+3) \cdot g \cdot R \cdot \sin \alpha / u$ , on trouve une pente montante de  $1^\circ$ . Le terme  $\alpha$  (deux  $\alpha$  différents dans deux expressions différentes!!) doit être identifié avec  $1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot R^3 / u^3$ , ce qui donne  $1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_x = 0,026$

Ces résultats sont conformes aux valeurs numériques précédemment calculées.

Une vitesse de 0 à 60 km/h entraîne une vitesse de rotation de roue de 0 à 66,7 rad/s, soit une vitesse de rotation de la roue d'inertie 6 de 0 à 300 rad/s (2865 tr/mn).

Le couple  $C_r$  maxi est de 1.135 Nm.

**On choisit le moteur MA17H.**

Remarque : le couple  $C_r$  est négatif, Il faut plutôt prendre la formule sous la forme :  $|C_r| = \beta + \alpha \cdot \theta_6 = -C_r$