Exercice 1 : Multiplicateur mécanique d'une éolienne (16 points)

Question 1 (1 points) : $\omega_{s\,A/0} = \omega_{e\,A/0} = \omega_{5/0}, \omega_{s\,B/0} = \omega_{e\,C/0} = \omega_{6/0}$

Question 2 (1 points) : $m_2 = m_3 = m_4$, $m_5 = m_{6a}, m_{6b} = m_7$

Question 3 (2 points) : $a_{1-7} = R_4 - 2R_3 - R_2 + R_5 + R_{6a} + R_{6b} + R_7$

Question 4 (1 points) : $a_{1-7} = \frac{m}{2}(Z_4 - 2Z_3 - Z_2 + Z_5 + Z_{6a} + Z_{6b} + Z_7)$.

Question 5 (1,5 points):

$$\lambda = \left.\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{2/0}}\right|_{\omega_{1/0}=0} = \frac{Z_3}{Z_4}.\frac{-Z_2}{Z_3} = -\frac{Z_2}{Z_4}$$

Question 6 (3 points) : Relation de Willis :

$$\omega_{4/0} - \lambda.\omega_{2/0} + (\lambda - 1)\omega_{1/0} = 0$$

Entrée : $\omega_{1/0}$; sortie $\omega_{2/0}$; pièce fixe : $\omega_{4/0} = 0$

$$-\lambda.\omega_{2/0} + (\lambda - 1)\omega_{1/0} = 0$$

$$\lambda.\omega_{2/0} = (\lambda - 1)\omega_{1/0}$$

$$\frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{\lambda - 1}{\lambda} = \frac{-\frac{Z_2}{Z_4} - 1}{-\frac{Z_2}{Z_4}} = \frac{-Z_2 - Z_4}{-Z_2} = \frac{Z_2 + Z_4}{Z_2} = \frac{22 + 113}{22} = 6{,}14$$

Question 7 (1 point) :

$$\frac{\omega_{6/0}}{\omega_{5/0}} = -\frac{Z_5}{Z_{6a}} = -\frac{89}{22} = -4{,}05$$

Question 8 (1 point) :

$$\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{6/0}} = -\frac{Z_{6b}}{Z_7} = -\frac{95}{24} = -3{,}96$$

Question 9 (1,5 points) :

$$G_m = \frac{\omega_{7/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}}.\frac{\omega_{6/0}}{\omega_{5/0}}.\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{6/0}} = \frac{Z_2 + Z_4}{Z_2}.\frac{Z_5}{Z_{6a}}.\frac{Z_{6b}}{Z_7} = 98{,}5$$

Question 10 (1 point) :

$$\{V_{7/0}\} = {}_{axe\ 7}\begin{cases} G_m.\omega_{1/0}\,\overrightarrow{x_0} \\ \vec{0} \end{cases}$$

Question 11 (1,5 point) : $\vec{V}_{B\in 1/0} = \vec{V}_{A\in 1/0} + \overrightarrow{BA} \wedge \vec{\Omega}_{1/0} = \vec{0} - R.\overrightarrow{y_0} \wedge \omega_{1/0}\,\overrightarrow{x_0} = R\,\omega_{1/0}\,\overrightarrow{z_0}$

$$\{V_{1/0}\} = \underset{B}{\begin{cases} \omega_{1/0}\,\overrightarrow{x_0} \\ R\,\omega_{1/0}\,\overrightarrow{z_0} \end{cases}}$$

Question 12 (0,5 points) : Le rapport de multiplicateur vaut 98,5 ce qui est supérieur à 90 donc on respect bien le cahier des charges

Exercice 2 : Différentiel de vitesse de voiture (14,5 points)

Question 1 (1 point) : $m_1 = m_2$, $m_3 = m_{41} = m_{42}$

Question 2 (0,75 points) : Vu que les pignons 41 et 42 ont le même module, et aussi le même rayon, alors ils doivent avoir le même nombre de dents : $Z_{41} = Z_{42}$

Question 3 (2 points) :

Satellite	3
Porte satellite	2
Planétaire A	41
Planétaire B	42

Question 4 (2,5 points) :

$$\lambda = \left.\frac{\omega_{41/0}}{\omega_{42/0}}\right|_{\omega_{2/0}=0} = -\frac{Z_{42}}{Z_3}.\frac{Z_3}{Z_{41}} = -\frac{Z_{42}}{Z_{41}} = -1$$

Quand on calcul la raison, on considère le porte satellite comme fixe. Lorsque la roue 41 tourne dans un sens, la roue 42 tourne forcément dans l'autre sens. La raison qui vaut le rapport de ces deux vitesses est alors négative.

Question 5 (2 points) :

$$\omega_{41/0} - \lambda.\omega_{42/0} + (\lambda - 1)\omega_{2/0} = 0$$

$$\omega_{2/0} = \frac{\omega_{41/0} - \lambda.\omega_{42/0}}{1-\lambda} = \frac{\omega_{41/0} + 1.\omega_{42/0}}{1+1} = \frac{\omega_{41/0} + \omega_{42/0}}{2}$$

Question 6 (1,5 points) :

$$\{V_{41/0}\} = \underset{rayon\ ext}{\begin{cases} \omega_{41/0}\,\overrightarrow{x_0} \\ R\,|\omega_{41/0}|\,\overrightarrow{z_0} \end{cases}}$$

Question 7 (0,75+0,5+1,25=2,5 points) : Les conditions de la question font que $\omega_{41/0} = \omega_{42/0}$. D'après la relation de la question 5, on en déduit $\omega_{2/0} = \omega_{41/0} = \omega_{42/0}$. D'après le schéma cinématique (peut être plus simple à voir sur l'autre schéma), si la pièce 2 tourne en même temps que 41 et 42 alors les satellites ne tourne pas : $\omega_{3/2} = 0$.

Question 8 (0,75+0,75+0,75 = 2,25 points) : Si le moteur ne tourne pas, alors $\omega_{1/0} = 0$ ce qui implique que $\omega_{2/0} = 0$. En injectant ce résultat dans la relation de Willis, on obtient :

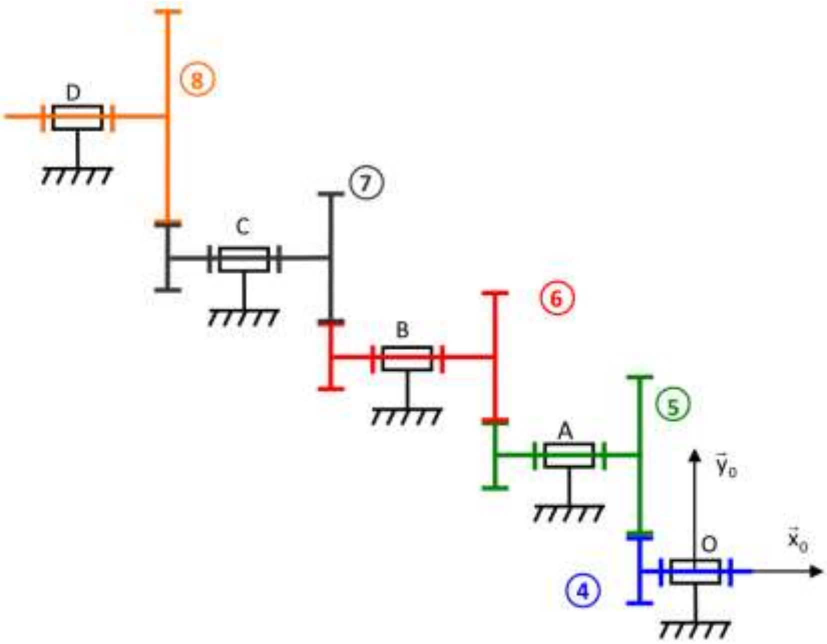
$$\omega_{41/0} - \lambda.\omega_{42/0} + (\lambda - 1) * 0 = 0$$

$$\omega_{41/0} = \lambda.\omega_{42/0} = -\omega_{42/0}$$

Si l'on soulève les roues motrices et que l'on fait tourner une roue dans un sens, l'autre roue tournera dans le sens opposé en conséquence de l'inversion du mouvement provoquée par les satellites.

Exercice 3 : Agrafeuse REXEL (10 points)

Question 1 (4 points) :



Question 2 (1,5+0,5 = 2 points) : $R_5 = a_{4-5} - R_4 = 15{,}5 - 6/2 = 12{,}5\ mm$ donc $d_5 = 25\ mm$

$$Z_5 = \frac{d_5}{m} = \frac{25}{0{,}5} = 50\ dents$$

Question 3 (1,25 points) :

$$a_{6-7} = \frac{d_{6'}}{2} + \frac{d_7}{2} = \frac{6}{2} + \frac{14}{2} = 3 + 7 = 10\ mm$$

Question 4 (0,75 points) :

$$Z_8 = \frac{d_8}{m} = \frac{30}{0{,}5} = 60\ dents$$

Question 5 (2 points) :

$$\frac{\omega_{8/0}}{\omega_{4/0}} = \frac{\omega_{8/0}}{\omega_{7/0}}.\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{6/0}}.\frac{\omega_{6/0}}{\omega_{5/0}}.\frac{\omega_{5/0}}{\omega_{4/0}} = \frac{-Z_{7'}}{Z_8}.\frac{-Z_{6'}}{Z_7}.\frac{-Z_{5'}}{Z_6}.\frac{-Z_4}{Z_5} = \frac{12.12.12.12}{50.28.28.60} = 0{,}0088 = \frac{1}{114}$$

Exercice 4 : Transmission à rapport variable (9,75 points)

Question 1 (2 points) : En faisant varier la position du flasque mobile, on fait varier le rayon R_e sur lequel la courroie se trouve. Vu que le rapport de transmission d'un système poulies courroie correspond au rapport des rayons des deux poulies, la variation d'un des deux rayons fera varier le rapport de transmission.

Question 2 (1 point) : D'après la définition du cours, on a :

$$|x(t)| = \frac{p}{2\pi}\left|\theta_{reg}\right|$$

On note $\omega_{i/0}$ la vitesse de rotation de la pièce i du système et on donne la relation entre le rayon R_e et la position du flasque $x(t)$: $R_e = R_{e\,min} + 4.x(t)$.

Question 3 (1,5 points) : Vitesse de rotation d'entrée : $\omega_{1/0}$, vitesse de rotation de sortie : $\omega_{2/0}$

$$\frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{R_e}{R_s} = \frac{R_{e\,min} + 4.x(t)}{R_s}$$

Question 4 (1,5 points) : Si $0 < x(t) < 2\ cm$, alors $R_{e\,min} < R_e < R_{e\,min} + 8$ donc :

$$\frac{R_{e\,min}}{R_s} < \frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}} < \frac{R_{e\,min} + 8}{R_s}$$

avec $R_{e\,min}$ et R_s en cm

Question 5 (1,25 point) :

$$\left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{2/0}}\right| = \frac{Z_{vis}}{Z_3} = \frac{1}{50}$$

Question 6 (1, 25 points) :

$$\left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}\right| = \left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{2/0}}\right| . \frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}}$$

Donc

$$\frac{1}{50}.\frac{R_{e\,min}}{R_s} < \left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}\right| < \frac{1}{50}.\frac{R_{e\,min} + 8}{R_s}$$

Question 7 (1,25 point): Application numérique :

$$\frac{1}{50}.\frac{2}{6} < \left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}\right| < \frac{1}{50}.\frac{2 + 8}{6}$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{150} < \left|\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}}\right| < \frac{1}{30}$$

C'est rapport de transmission correspondent bien à ceux spécifiés dans le cahier des charges

Exercice 5 : Application du cours sur les SLCI (9,5 points)

Question 1 (0,5+1,5+2=4 points) : $s(+\infty) = -0{,}17\ m$, $cons(+\infty) = -0{,}2m$,

$$\Delta s(+\infty) = s(+\infty) - s(t_{init}) = -0{,}17 - 0{,}05 = -0{,}22\ m$$

$$\Delta cons(+\infty) = cons(+\infty) - cons(t_{init}) = -0{,}2 - 0{,}05 = -0{,}25\ m$$

$$\boldsymbol{D_1 = 0\ m}$$

$$e_r(+\infty) = \Delta cons(+\infty) - \Delta s(+\infty) = -0{,}25 + 0{,}22 = -0{,}03\ m$$

$$\boldsymbol{e_{r\%}}(+\infty) = \left|\frac{\boldsymbol{e_r}(+\infty)}{\Delta \boldsymbol{cons}(+\infty)}\right| = \frac{\mathbf{0,03}}{\mathbf{0,25}} = \mathbf{12}\%$$

Bande de 5% :

$$[s(+\infty) - 0{,}05\ \Delta s(+\infty)\ ;\ s(+\infty) + 0{,}05\ \Delta s(+\infty)] \\ = [-0{,}17 - 0{,}05.(-0{,}22);\ -0{,}17 - 0{,}05.(-0{,}22)] = [-0{,}16; -0{,}18]$$

On relève alors graphiquement que $\boldsymbol{t_{r5\%} \approx 2\ s}$

Question 2 (1,75 points) :

$$7\frac{d^3s(t)}{dt^3} + 3\frac{d\,s(t)}{dt} = 2\frac{d^2e(t)}{dt^2} + 5\frac{d\,e(t)}{dt} \rightarrow 7p^3.S(p) + 3p.S(p) = 2p^2.E(p) + 5p.E(p)$$

$$\leftrightarrow \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{5p + 2p^2}{7p^3 + 3p} = \frac{5 + 2p}{7p^2 + 3} = \frac{5}{3}.\frac{1 + \frac{2}{5}p}{1 + \frac{7}{3}p^2}$$

Question 3 (1,25 point) : Forme canonique :

$$\frac{S(p)}{E(p)} = \frac{K}{p^\alpha}.\frac{1 + \cdots p + \cdots + \cdots p^m}{1 + \cdots p + \cdots + p^{n-\alpha}}$$

Par identification, on a le gain statique $K = 5/3$, la classe $\alpha = 0$ et l'ordre $n = 2$

Question 4 (1+0,5+1= 2,5 points) :

Système 1 : -3, -6 ; deux pôles à partie réelle strictement négative donc le système est stable. Vu qu'il n'y a pas de partie imaginaire, il n'y a pas d'oscillation

Système 2 : -4, -1, 1 ;trois pôles avec un qui a une partie réelle positive donc le système est instable

Système 3 : -2+j, -2-j, -8 ; trois pôles à partie réelle positive donc le système est stable. Vu qu'il y a deux pôles avec une partie imaginaire, il y a des d'oscillations