Système papillon motorisé pour moteur essence injection directe
Banque PT SI A 2015
corrigé

PARTIE 1

ANALYSE PARTIELLE DE LA GESTION DU COUPLE MOTEUR

Question 1/

STR lent : variables à évolution temporelle lente

STR rapide : variables à évolution temporelle rapide

Question 2/

- Moteur :
  - Attelage mobile :
    - Vilebrequin :
      - Capteur vitesse/position
  - Bloc moteur :
    - Capteur anticliquetis
    - Capteur de température
  - Culasse :
    - Système de distribution :
      - Capteur position avance variable
  - Collecteur échappement :
    - Capteur température échappement
- Périphérique moteur :
  - Alimentation carburant :
    - Capteur pression alimentation carburant
  - Suralimentation :
    - Capteur pression
  - Catalyseur :
    - Capteur taux oxygène

PARTIE 2

MODELISATION MECANIQUE DU BOITIER PAPILLON

Question 3/

$$K_{red} = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\theta_s}{\theta_e}$$

Or

$$K_{red} = \frac{\omega_s}{\omega_i} . \frac{\omega_i}{\omega_e} = \frac{Z_{22}}{Z_{32}} . \frac{Z_{11}}{Z_{21}}$$

AN :

$$K_{red} = \frac{14}{57} . \frac{10}{49} \approx \frac{1}{4} . \frac{1}{5} \approx \frac{1}{20}$$

$$\boxed{K_{red} \approx \frac{1}{20}}$$

$$\theta_e = \frac{\theta_s}{K_{red}}$$

AN :

$$\theta_e = \frac{105}{\frac{1}{20}} \approx 2000°$$

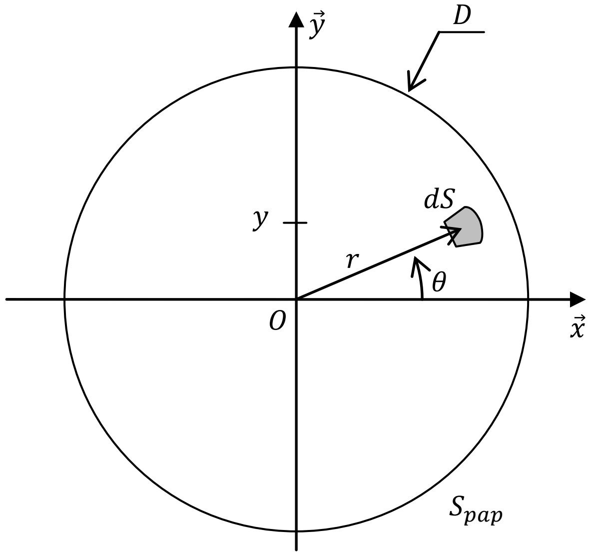
Pour avoir une rotation $\theta_s = 105°$ il faut une rotation du rotor du moteur de $\boxed{\theta_e \approx 2000°}$

Question 4/

$$J_{pap} = \int_{S_{pap}} y^2 . dm$$

Avec : $dm = \rho_{vp} . e_p . dS$

En coordonnées polaires : $\begin{cases} dS = r . dr . d\theta \\ y = r . sin\theta \end{cases}$



$$J_{pap} = \rho_{vp}.e_p.\int_{\theta=0}^{\theta=2.\pi}\int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}}(r.sin\theta)^2.r.dr.r\theta$$

$$J_{pap} = \rho_{vp}.e_p.\int_{\theta=0}^{\theta=2.\pi} sin\theta^2.d\theta\int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} r^3.dr$$

$$J_{pap} = \rho_{vp}.e_p.\pi.\frac{1}{4}\left(\frac{D}{2}\right)^4$$

$$\boxed{J_{pap} = \rho_{vp}.e_p.\pi.\frac{D^4}{64}}$$

J_{pap} est le moment d'inertie de la vanne-papillon par rapport à son axe de rotation, J_{pap} est le moment d'inertie de l'axe et du pignon 31 par rapport au même axe de rotation, donc le moment d'inertie total J_3par rapport à ce même axe est :

$$\boxed{J_3 = J_{pap} + J_{axe}}$$

Question 5/

$$E_c = E_{c(1/\mathcal{R}g)} + E_{c(2/\mathcal{R}g)} + E_{c(3/\mathcal{R}g)}$$

$$E_c = \frac{1}{2}.J_1.\omega_e{}^2 + \frac{1}{2}.J_2.\omega_i{}^2 + \frac{1}{2}.J_3.\omega_s{}^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}.J_1.\omega_e{}^2 + \frac{1}{2}.J_2.(K_{red1}.\omega_e)^2 + \frac{1}{2}.J_3.(K_{red}.\omega_e)^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}.\left[J_1 + J_2.K_{red1}{}^2 + J_3.K_{red}{}^2\right].\omega_e{}^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}.J_{eq}.\omega_e{}^2$$

Avec $\boxed{J_{eq} = J_1 + J_2.K_{red1}{}^2 + J_3.K_{red}{}^2}$

AN :

$$J_{eq} = 4.10^{-6} + \underbrace{7{,}5.10^{-9}\left(\frac{10}{49}\right)^2}_{< 4.10^{-8}} + \underbrace{8{,}4.10^{-7}\left(\frac{10}{49}.\frac{14}{57}\right)^2}_{< 4.10^{-8}} \approx 4.10^{-6}$$

On a donc :

$$\boxed{J_{eq} \approx J_1}$$

Question 6/

Le couple de précharge appliqué par le ressort de rappel est proportionnel à l'angle de rotation de l'ensemble 3.

$\boxed{\Delta C_R = K_R.\theta_s}$

AN :

$\Delta C_R = 0{,}1 \times 2 = 0{,}2 N.m$

Le couple de rappel est : $C_R = 1{,}7 N.m$

$$\boxed{\frac{\Delta C_R}{C_R} = \frac{0{,}2}{1{,}7} \approx 10\%}$$

L'hypothèse « couple constant exercé par le ressort sur l'axe » est acceptable.

Question 7/

TEP appliqué à l'ensemble $\Sigma = \{1, 2, 3\}$

$$\left.\frac{dE_{c(\Sigma/\mathcal{R}g)}}{dt}\right] = \mathcal{P}_{AME\to\Sigma/\mathcal{R}g} + \mathcal{P}_{AMI,\Sigma}$$

BAME	$\mathcal{P}_{AME\to\Sigma/\mathcal{R}g}$
$0 \to 1$	$= 0$ liaison au bâti parfaite
$0 \to 2$	$= 0$ liaison au bâti parfaite
$0 \to 3$	$= 0$ liaison au bâti parfaite
$air \to 3$	$= 0$ action négligeable
$moteur \to 1$	$\neq 0$
$ressort \to 3$	$\neq 0$

BAMI	$\mathcal{P}_{AMI,\Sigma}$
$1 \leftrightarrow 2$	$= 0$ roulement sans glissement
$2 \leftrightarrow 3$	$= 0$ roulement sans glissement

Le couple exercé par le moteur est supposé constant on a :

$\mathcal{P}_{moteur\to 1/\mathcal{R}g} = C_m.\omega_e$

Le couple exercé par le ressort étant supposé constant on a :

$\mathcal{P}_{ressort\to 3/\mathcal{R}g} = -C_R.\omega_s$

Le TEP permet d'écrire :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}.J_{eq}.{\omega_e}^2\right) = C_m.\omega_e - C_R.\omega_s$$

$$J_{eq}.\omega_e.\dot{\omega}_e = C_m.\omega_e - C_R.K_{red}.\omega_e$$

$$\boxed{J_{eq}.\dot{\omega}_e = C_m - C_R.K_{red}}$$

Question 8/

D'après la relation précédente on a : $\dot{\omega}_e = \frac{C_m - C_R.K_{red}}{J_{eq}}$

Les couples C_m et C_R sont constants donc l'accélération angulaire $\dot{\omega}_e$ est constante.

Or $K_{red} = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\dot{\omega}_s}{\dot{\omega}_e}$ donc l'accélération angulaire $\dot{\omega}_s$ est constante.

Par intégration on obtient :

$$\omega_s = \dot{\omega}_s.t$$

$$\theta_s = \frac{\dot{\omega}_s}{2}.t^2$$

Soit $\theta_{s\ ouverture}$ l'angle de rotation au bout du temps $t_{ouverture}$.

$$\dot{\omega}_s = \frac{2.\theta_{s\ ouverture}}{{t_{ouverture}}^2}$$

Soit :

$$\dot{\omega}_e = \frac{2.\theta_{s\ ouverture}}{K_{red}.{t_{ouverture}}^2}$$

D'après la question précédente on a :

$$C_m = C_n = J_{eq}.\dot{\omega}_e + C_R.K_{red}$$

D'où :

$$\boxed{C_m = C_n = J_{eq}.\frac{2.\theta_{s\ ouverture}}{K_{red}.{t_{ouverture}}^2} + C_R.K_{red}}$$

Question 9/

L'exigence de rapidité impose : $t_{ouverture} < 200ms$

AN :

$$C_m = 4.10^{-6}.\frac{2 \times 2}{\frac{1}{20} \times 0{,}2^2} + 1{,}7 \times \frac{1}{20}$$

$$C_m \approx 4.10^{-6}.\frac{1}{\frac{1}{20}\times 0{,}1^2} + 1{,}7\times\frac{1}{20} \approx 4.10^{-6}\times 0{,}2 + 1{,}7\times\frac{1}{20} \approx 1{,}7\times\frac{1}{20} \approx 0{,}1\ N.m$$

Le couple nécessaire est $\boxed{C_m = 0{,}1N.m}$, le couple nominal du moteur est : $C_n = 0{,}21N.m$

$C_m \leq C_n$

Le couple nominal est suffisant pour respecter l'exigence de rapidité.

Question 10/

D'après Q7, en posant $C_m = 0N.m$ on obtient :

$J_{eq}.\dot{\omega}_e = -C_R.K_{red}$ or $K_{red} = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\dot{\omega}_s}{\dot{\omega}_e}$

$$J_{eq}.\frac{\dot{\omega}_s}{K_{red}} = -C_R.K_{red}$$

$$\dot{\omega}_s = -\frac{C_R.{K_{red}}^2}{J_{eq}}$$

Par intégration avec comme condition initiale : $\theta_s(0) = \theta_{s\,max}$, on obtient :

$$\theta_s = \frac{\dot{\omega}_s}{2}.t^2 + \theta_{s\,max}$$

Soit t_{retour} le temps nécessaire au retour du papillon, $\theta_s(t_{retour}) = 0rad$

Soit $\Delta\theta = \theta_{s\,max} - \theta_{s\,retour} = 105° \approx 2rad$

$$t_{retour} = \sqrt{\frac{-2.\Delta\theta}{\dot{\omega}_s}}$$

$$\boxed{t_{retour} = \sqrt{\frac{2.\Delta\theta.J_{eq}}{C_R.{K_{red}}^2}}}$$

Question 11/

AN :

$$t_{retour} = \sqrt{\frac{2\times 2\times 4.10^{-6}}{1{,}7\times\left(\frac{1}{20}\right)^2}} \approx \sqrt{\frac{16}{17}.\frac{10^{-6}}{10^{-1}}.20^2} \approx \sqrt{10^{-5}\times 400} \approx \sqrt{40.10^{-4}} \approx 6.10^{-2}s$$

$$\boxed{t_{retour} \approx 6.10^{-2}s}$$

Un temps de retour très faible aura pour conséquence un choc brutal avec le bâti, il est judicieux de réaliser une étude pour déterminer si l'énergie cinétique acquise à ce moment d'impact est supportable par le matériau.

Question 12/

$$\left.\begin{array}{r}E_c = \dfrac{1}{2}.J_3.\omega_s{}^2 \\ \omega_s = \dot{\omega}_s.t_{retour} \\ t_{retour} = \sqrt{\dfrac{2.\Delta\theta.J_{eq}}{C_R.K_{red}{}^2}} \\ \dot{\omega}_s = -\dfrac{C_R.K_{red}{}^2}{J_{eq}}\end{array}\right\} \Rightarrow E_c = \frac{1}{2}.J_3.\left(\frac{C_R.K_{red}{}^2}{J_{eq}}\right)^2.\frac{2.\Delta\theta.J_{eq}}{C_R.K_{red}{}^2}$$

D'où : $\boxed{E_c = \frac{1}{2}.J_3.2.\Delta\theta.\frac{C_R.K_{red}{}^2}{J_{eq}}}$

AN :

$$E_c = \frac{1}{2} \times 8{,}4.10^{-7} \times 2 \times 2 \times \frac{1{,}7.\left(\frac{1}{20}\right)^2}{4.10^{-6}}$$

$$E_c \approx 4.10^{-7} \times \frac{1{,}7.\left(\frac{1}{20}\right)^2}{10^{-6}} \approx 4.10^{-1} \times 2.\left(\frac{1}{20}\right)^2 \approx 1.10^{-1} \times 2.10^{-2} \approx 2.10^{-3}J$$

$\boxed{E_c \approx 2.10^{-3}J}$

Au moment de l'impact l'énergie cinétique du système est d'environ $2mJ$.

L'énergie nécessaire à sa rupture est définie par $E_{rupture} = E_{rupture\,surfacique}.S_{dent}$, soit :

$E_{rupture} = E_{rupture\,surfacique}.b.m$

AN :

$E_{rupture} = 13.10^3 \times 8.10^{-3} \times 1.10^{-3}$

$E_{rupture} \approx 100.10^3 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \approx 100.10^{-3}J$

$\boxed{E_{rupture} \approx 100.10^{-3}J}$

L'énergie cinétique au moment du choc est inférieure à l'énergie de rupture, Le matériau supporte l'impact.

Question 13/

On suppose que la force normale et la force tangentielle ont même norme (angle de pression non précisé dans le sujet).

$$\left.\begin{array}{r} F_{12}=\dfrac{C_n}{R_{11}}=\dfrac{2.C_n}{D_{11}} \\ D_{11}=m.Z_{11} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{F_{12}=\frac{2.C_n}{m.Z_{11}}}$$

$$\left.\begin{array}{r} F_{23}=\dfrac{C_i}{R_{22}}=\dfrac{2.\dfrac{C_n}{K_{red1}}}{D_{22}} \\ D_{22}=m.Z_{22} \end{array}\right\} \Longrightarrow \boxed{F_{23}=\frac{2.C_n}{K_{red1}.m.Z_{22}}}$$

AN :

$$F_{12}=\frac{2\times 210}{1\times 10}\approx 40N$$

$$F_{23}=\frac{2\times 210}{\frac{10}{49}\times 1\times 14}\approx \frac{400\times 50}{140}\approx \frac{400}{3}\approx 130N$$

Question 14/

D'après la relation donnée dans le sujet on a : $\sigma_{adm}=\frac{5,5.F}{b.m}$

Donc :

$$\boxed{\sigma_{adm1}=\frac{5,5.F_{12}}{b.m}}$$

$$\boxed{\sigma_{adm2}=\frac{5,5.F_{23}}{b.m}}$$

AN :

$$\sigma_{adm1}=\frac{5,5\times 40}{8\times 1}\approx 5,5\times 5\approx 30MPa$$

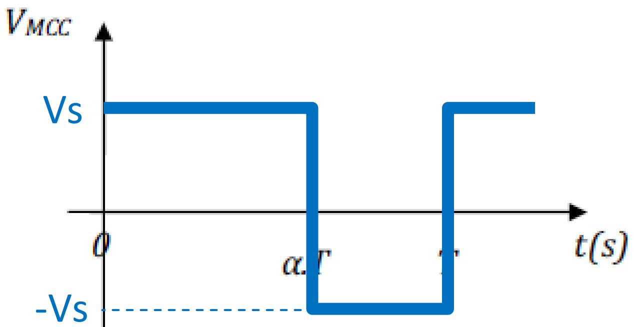
$$\sigma_{adm2}=\frac{5,5\times 130}{8\times 1}\approx \frac{5,5\times 128}{8}\approx 5,5\times 16\approx 90MPa$$

La contrainte normale maximale admissible par le matériau est de 130MPa, la contrainte supportée reste inférieure à cette valeur donc le matériau est correctement choisi.

PARTIE 3

COMMANDE EN POSITION DU PAPILLON

Question 15/



K_1	F	O
K_2	O	F
K_3	O	F
K_4	F	O

O = interrupteur ouvert

F = interrupteur fermé

Question 16/

$\boxed{K_1 = IN1.\overline{IN2}}$

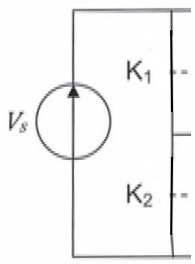
$\boxed{K_2 = \overline{IN1}.IN2}$

$\boxed{K_3 = \overline{IN1}.IN2}$

$\boxed{K_4 = IN1.\overline{IN2}}$

Question 17/

Si l'on ferme simultanément K_1 et K_2 on court-circuite le générateur qui est une source de tension. Le courant de court-circuit d'u générateur de tension parfait est infini.



Question 18/

$$V_{MCCavg} = \frac{1}{T}\int_0^T V_{MCC}.dt$$

$$V_{MCCavg} = \frac{1}{T}\left(\int_0^{\alpha.T} V_{MCC}.dt + \int_{\alpha.T}^{T} V_{MCC}.dt\right)$$

$$V_{MCCavg} = \frac{1}{T}[\alpha.T.V_s + (T-\alpha.T).(-V_s)]$$

$$V_{MCCavg} = \alpha.V_s - (1-\alpha).V_s$$

$$\boxed{V_{MCCavg} = (2.\alpha - 1).V_s}$$

Question 19/

On annule la constante dans l’expression précédente :

$$\boxed{V_{MCCavg}(t) = 2.V_s.\alpha(t)}$$

Question 20/

$$\boxed{\frac{V_{MCCavg}(p)}{\alpha(p)} = 2.V_s.e^{-\frac{T}{2}.p}}$$

Question 21/

Pour l’évolution en courant on étudie la fonction suivante : $F_1(p) = \frac{1}{R+L.p} = \frac{\frac{1}{R}}{1+\frac{L}{R}.p} = \frac{K_1}{1+\tau_1.p}$

Avec $\boxed{\tau_1 = \frac{L}{R}}$

Pour l’évolution en vitesse on étudie la fonction suivante : $F_2(p) = \frac{1}{f+J_{eq}.p} = \frac{\frac{1}{f}}{1+\frac{J_{eq}}{f}.p} = \frac{K_2}{1+\tau_2.p}$

Avec $\boxed{\tau_2 = \frac{J_{eq}}{f}}$

AN :

$$\tau_1 = \frac{0{,}9.10^{-3}}{1{,}3} \approx \frac{10^{-3}}{\frac{4}{3}} \approx 0{,}7.10^{-3}s$$

$$\boxed{\tau_1 \approx 0{,}7.10^{-3}s}$$

$$\tau_2 = \frac{4.10^{-6}}{0{,}5.10^{-3}} \approx 8.10^{-3}s$$

$$\boxed{\tau_2 \approx 8.10^{-3}s}$$

τ_1 est très faible devant τ_2, la variable vitesse $\omega(t)$ évolue beaucoup moins rapidement que la variable courant $i(t)$.

Question 22/

$$\frac{I(p)}{V_{MCCavg}(p)} = \frac{1}{R + L.p} = \frac{\frac{1}{R}}{1 + \frac{L}{R}.p}$$

Question 23/

$$V_{MCCavg}(t) = V_{MCCavg} \Rightarrow V_{MCCavg}(p) = \frac{V_{MCCavg}}{p}$$

Théorème de la valeur finale :

$$I_{max} = \lim_{t \to +\infty} i(t) = \lim_{p \to 0} p.I(p)$$

$$I_{max} = \lim_{p \to 0} p.\frac{1}{R + L.p}.\frac{V_{MCCavg}}{p}$$

$$\boxed{I_{max} = \frac{V_{MCCavg}}{R}}$$

AN :

$$I_{max} = \frac{14{,}4}{1{,}3} \approx 11A$$

$$\boxed{I_{max} \approx 11A}$$

$I_{max} > I_n$, il est nécessaire de limiter le courant en introduisant une boucle de courant.

Question 24/

Développements limités usuels pour u proche de 0 : $\begin{cases} e^u \approx 1 + u + \frac{u^2}{2!} + \frac{u^3}{3!} + \cdots \\ \frac{1}{1+u} \approx 1 - u + u^2 - u^3 + \cdots \end{cases}$

Donc pour p proche de 0 on a :

$$\boxed{e^{-T_r.p} \approx 1 - T_r.p + \frac{{T_r}^2.p^2}{2} - \frac{{T_r}^3.p^3}{6} + \cdots}$$

$$\boxed{\frac{1}{1 + T_r.p} \approx 1 - T_r.p + {T_r}^2.p^2 - {T_r}^3.p^3 + \cdots}$$

$$\frac{1-\frac{T_r}{2}.p}{1+\frac{T_r}{2}.p} \approx \left(1-\frac{T_r}{2}.p\right)\left(1-\frac{T_r}{2}.p+\frac{{T_r}^2}{4}.p^2-\frac{{T_r}^3}{8}.p^3+\cdots\right)$$

$$\frac{1-\frac{T_r}{2}.p}{1+\frac{T_r}{2}.p} \approx 1-\frac{T_r}{2}.p+\frac{{T_r}^2}{4}.p^2-\frac{{T_r}^3}{8}.p^3-\frac{T_r}{2}.p+\frac{{T_r}^2}{4}.p^2-\frac{{T_r}^3}{8}.p^3+\cdots$$

$$\boxed{\frac{1-\frac{T_r}{2}.p}{1+\frac{T_r}{2}.p} \approx 1-T_r.p+\frac{{T_r}^2}{2}.p^2-\frac{{T_r}^3}{4}.p^3+\cdots}$$

L'approximation de Padé est la plus précise (identique jusqu'à l'ordre 2).

Question 25/

$T_r = 100.10^{-6}.s$

$e^{-T_r.p} \approx 1$ si $\omega \leq \frac{1}{5.T_r}$ soit pour $\omega \leq 2000\, rad.s^{-1}$

$e^{-T_r.p} \approx \frac{1}{1+T_r.p}$ si $\omega \leq \frac{1}{2.T_r}$ soit pour $\omega \leq 5000\, rad.s^{-1}$

$e^{-T_r.p} \approx \frac{1-\frac{T_r}{2}.p}{1+\frac{T_r}{2}.p}$ si $\omega \leq \frac{2}{T_r}$ soit pour $\omega \leq 20000\, rad.s^{-1}$

$\omega_{BFI} = 2000\, rad.s^{-1}$ donc l'approximation $e^{-T_r.p} \approx 1$ est correcte.

Question 26/

$$\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = K_i.K_{CAN}.\frac{K_p.K_{CNA}.\frac{K_0}{1+\tau_0.p}}{1+K_p.K_{CNA}.\frac{K_0}{1+\tau_0.p}.K_i.K_{CAN}}$$

$$\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{K_i.K_{CAN}.K_p.K_{CNA}.K_0}{1+\tau_0.p+K_p.K_{CNA}.K_0.K_i.K_{CAN}}$$

$$\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{K_s.K_p}{1+K_s.K_p+\tau_0.p}$$

$$\boxed{\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{\frac{K_s.K_p}{1+K_s.K_p}}{1+\frac{\tau_0}{1+K_s.K_p}.p}}$$

Question 27/

$$\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{K_s.K_p}{1 + K_s.K_p + \tau_0.p}$$

Le système est stable si et seulement si les pôles de cette fonction de transfert (en boucle fermée) sont à parties réelles strictement négatives.

$1 + K_s.K_p + \tau_0.p = 0$ pour $p = p_1$ avec $p_1 = -\frac{1+K_s.K_p}{\tau_0}$

$$Re(p_1) < 0 \Leftrightarrow 1 + K_s.K_p > 0 \Leftrightarrow K_p > -\frac{1}{K_s}$$

Le système est stable si et seulement si $\boxed{K_p \in \left]-\frac{1}{K_s}, +\infty\right[}$.

Question 28/

D'après la question Q26 on a : $\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{\frac{K_s.K_p}{1+K_s.K_p}}{1+\frac{\tau_0}{1+K_s.K_p}.p}$

Donc :

$$\boxed{G_{SIC} = \frac{K_s.K_p}{1 + K_s.K_p}}$$

Question 29/

D'après la question Q26 on a : $\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{\frac{K_s.K_p}{1+K_s.K_p}}{1+\frac{\tau_0}{1+K_s.K_p}.p}$

La pulsation de coupure à -3dB d'une fonction du 1er ordre est : $\omega_{c-3dB} = \frac{1}{\tau}$

On a donc :

$$\omega_{BFI} = \frac{1 + K_s.K_p}{\tau_0}$$

$$\tau_0.\omega_{BFI} = 1 + K_s.K_p$$

$$\boxed{K_p = \frac{\tau_0.\omega_{BFI} - 1}{K_s}}$$

AN :

$$K_p = \frac{0{,}7.10^{-3} \times 2000 - 1}{0{,}5 \times 1 \times 3.10^{-4} \times 22}$$

$K_p \approx \frac{1,4-1}{3.10^{-3}} \approx \frac{0,4}{3.10^{-3}} \approx \frac{4}{3}.10^2$

$\boxed{K_p \approx 133}$

Question 30/

$\boxed{\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{G_{SIC}}{1+\tau_F.p}}$

Avec : $\boxed{G_{SIC} = \frac{K_S.K_p}{1+K_S.K_p}}$ et $\boxed{\tau_F = \frac{\tau_0}{1+K_S.K_p}}$

La réponse $i(t)$ à un échelon unitaire pour $i_{ref}(t)$ est donc :

$\boxed{i(t) = G_{SIC}.\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_F}}\right)}$

Question 31/

$\frac{I(p)}{\alpha(p)} = \frac{K_o}{1+\tau_o.p} \Rightarrow \tau_o.p.I(p) + I(p) = K_o.\alpha(p)$

$\Rightarrow p.I(p) + \frac{1}{\tau_o}.I(p) = \frac{K_o}{\tau_o}.\alpha(p)$

$\Rightarrow \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_o}.i(t) = \frac{K_o}{\tau_o}.\alpha(t)$

$\boxed{a = \frac{1}{\tau_o}}$

$\boxed{b = \frac{K_o}{\tau_o}}$

Question 32/

$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_o}.i(t) = \frac{K_o}{\tau_o}.\alpha_k$ avec $i(0) = i_k$

Solution générale de l'équation sans second membre : $i(t) = \lambda.e^{-\frac{t}{\tau_o}}$

Solution particulière de l'équation avec second membre : $i(t) = K_o.\alpha_k$

Solution générale de l'équation avec second membre : $i(t) = \lambda.e^{-\frac{t}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k$

Condition initiale : $i(0) = i_k \Rightarrow \lambda + K_o.\alpha_k = i_k \Rightarrow \lambda = i_k - K_o.\alpha_k$

On obtient alors :

$$i(t) = (i_k - K_o.\alpha_k).e^{-\frac{t}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k$$

$$\boxed{i(t) = \underbrace{i_k.e^{-\frac{t}{\tau_o}}}_{\text{Régime libre}} + \underbrace{K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_o}}\right)}_{\text{Régime forcé}}}$$

Question 33/

On pose $t = k.T_e$ dans la relation précédente :

$$i(k.T_e) = i_k.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}\right)$$

On pose $t = (k+1).T_e$ dans la relation précédente, α_k constant sur $[k.T_e, (k+1).T_e[$:

$$i\big((k+1).T_e\big) = i_k.e^{-\frac{(k+1).T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{(k+1).T_e}{\tau_o}}\right)$$

On développe cette expression pour faire apparaitre $i(k.T_e)$.

$$i\big((k+1).T_e\big) = i_k.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$i\big((k+1).T_e\big) = i_k.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$i\big((k+1).T_e\big) = i_k.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}.e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right) + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$i\big((k+1).T_e\big) = \left[i_k.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_o}}\right)\right].e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$i\big((k+1).T_e\big) = i(k.T_e).e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\alpha_k\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$\boxed{i\big((k+1).T_e\big) - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}.i(k.T_e) = K_o.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right).\alpha_k}$$

D'où :

$$\boxed{f_o = -e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}$$

$$\boxed{g_o = K_o.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)}$$

Question 34/

$$i\big((k+1).T_e\big)+f_o.i(k.T_e)=g_o.\alpha_k$$

$$i\big((k+1).T_e\big)+f_o.i(k.T_e)=g_o.K_{CNA}.K_p.\Big(K_i.K_{CAN}.i_{ref}(k.T_e)-K_{CAN}.K_i.i(k.T_e)\Big)$$

$$i\big((k+1).T_e\big)+\underbrace{\big[f_o+g_o.K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i\big]}_{f_F}.i(k.T_e)=\underbrace{\big[g_o.K_{CNA}.K_p.K_i.K_{CAN}\big]}_{g_F}.i_{ref}(k.T_e)$$

D'où :

$$\boxed{f_F=f_o+g_o.K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i}$$

$$\boxed{g_F=g_o.K_{CNA}.K_p.K_i.K_{CAN}}$$

Question 35/

Détermination du régime permanent :

$$i\big((k+1).T_e\big)=i(k.T_e)$$

$$g_F.i_{ref}(k.T_e)-f_F.i(k.T_e)=i(k.T_e)$$

$$i(k.T_e)=\frac{g_F}{1+f_F}.i_{ref}(k.T_e)$$

D'après la note (bas de la page 18 du sujet) on a :

$$i(k.T_e)=K.(-f_F)^k+\frac{g_F}{1+f_F}.i_{ref}(k.T_e)$$

Pour déterminer K on utilise la condition initiale :

$$i(0)=K.(-f_F)^0+\frac{g_F}{1+f_F}.I_{désiré}=I_0$$

D'où :

$$K=I_0-\frac{g_F}{1+f_F}.I_{désiré}$$

On obtient alors la relation suivante :

$$\boxed{i(k.T_e)=\underbrace{\Big[I_0-\tfrac{g_F}{1+f_F}.I_{désiré}\Big].(-f_F)^k}_{\text{Régime transitoire}}+\underbrace{\tfrac{g_F}{1+f_F}.i_{ref}(k.T_e)}_{\text{Régime permanent}}}$$

Le calcul par récurrence est donné dans le document « Démo pour la question 35.pdf »

Question 36/

Condition nécessaire et suffisante de convergence :

$$\boxed{-1 < -f_F < 1}$$

Question 37/

$$f_F = f_o + g_o.K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i$$

$$f_F = -e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right).K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i$$

$$f_F = -e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_s.K_p.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)$$

$$-1 < -f_F < 1 \Leftrightarrow -1 < -e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_s.K_p.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right) < 1$$

$$\Leftrightarrow -1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} < K_s.K_p.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right) < 1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{-1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} < K_s.K_p < \frac{1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} \qquad \text{car} \quad \left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right) > 0$$

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{K_s} < K_p < \frac{1}{K_s}.\frac{1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}$$

Le domaine de stabilité est défini par :

$$\boxed{K_p > -\frac{1}{K_s}}$$

$$\boxed{K_p < \frac{1}{K_s}.\frac{1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}}$$

Question 38/

Stabilité pour un système continu (cf Q27) : $K_p > -\frac{1}{K_s}$

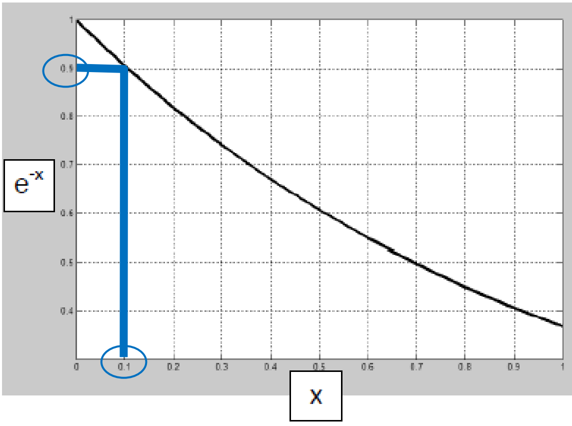
Stabilité pour un système discret (cf Q37) : $K_p > -\frac{1}{K_s}$ et $K_p < \frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}$

$$\lim_{\frac{T_e}{\tau_o}\to 0} e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} = 1 \quad \text{donc} \quad \lim_{\frac{T_e}{\tau_o}\to 0} \frac{1 + e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} = +\infty$$

Pour $\frac{T_e}{\tau_o}$ très petit (fréquence d'échantillonnage élevée) la condition de stabilité d'un système discret correspond à celle d'un système continu.

Question 39/

AN :



D'après la courbe $e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} = 0{,}9$ pour $\frac{T_e}{\tau_o} = \frac{1}{10}$.

$K_s = K_i.K_{CAN}.K_{CNA}.K_0$

$K_s = 0{,}5 \times 1 \times 3.10^{-4} \times 22 = 33.10^{-4}$

$$\frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} = \frac{1}{33.10^{-4}}.\frac{1+0{,}9}{1-0{,}9}$$

$$\frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} \approx 300.\frac{1{,}9}{0{,}1}$$

$$\frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}} \approx 6000$$

Pour $K_p = 120$ on a bien : $-\frac{1}{K_s} < K_p < \frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}$

Le système avec commande numérique est stable.

Question 40/

En régime stabilisé :

$i\big((k+1).T_e\big) = i(k.T_e)$

$g_F.i_{ref}(k.T_e) - f_F.i(k.T_e) = i(k.T_e)$

$$i(k.T_e) = \frac{g_F}{1+f_F}.i_{ref}(k.T_e)$$

Donc

$$G_{SIN} = \frac{g_F}{1+f_F}$$

En reprenant les résultats de Q33 et Q34 on obtient :

$$G_{SIN} = \frac{g_o.K_{CNA}.K_p.K_i.K_{CAN}}{1+f_o+g_o.K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i}$$

$$G_{SIN} = \frac{K_o.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right).K_{CNA}.K_p.K_i.K_{CAN}}{1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}} + K_o.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right).K_{CNA}.K_p.K_{CAN}.K_i}$$

$$G_{SIN} = \frac{K_s.K_p.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)}{\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right) + K_s.K_p.\left(1 - e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}\right)}$$

$$\boxed{G_{SIN} = \frac{K_s.K_p.}{1 + K_s.K_p}}$$

Le gain du système continu et du système numérique sont égaux : $\boxed{G_{SIN} = G_{SIC}}$

Question 41/

On transpose à la boucle fermée les résultats obtenus en boucle ouverte à la question Q33 :

$$\boxed{f_F = -e^{-\frac{T_e}{\tau_F}}}$$

On part de l'expression de la réponse en courant pour la commande numérique :

$$i(k.T_e) = -0{,}2837.(-f_F)^k + 0{,}2837$$

$$i(k.T_e) = -0{,}2837.e^{k.ln(-f_F)} + 0{,}2837$$

$$i(k.T_e) = -0{,}2837.e^{k.ln\left(e^{-\frac{T_e}{\tau_F}}\right)} + 0{,}2837$$

$$i(k.T_e) = -0{,}2837.e^{k\left(-\frac{T_e}{\tau_F}\right)} + 0{,}2837$$

$$i(k.T_e) = -0{,}2837.e^{-\frac{k.T_e}{\tau_F}} + 0{,}2837$$

$$i(k.T_e) = 0{,}2837.\left(1 - e^{-\frac{k.T_e}{\tau_F}}\right)$$

En posant : $k.T_e = t$

$$\boxed{i(t) = 0{,}2837.\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_F}}\right)}$$

Les 2 équations donnent le même résultat pour chaque échantillon k à l'instant $k.T_e$.

Question 42/

On souhaite avoir : $T_e \leq \frac{\tau_{BF}}{4}$

Pour un système du 1er ordre la constante de temps est égal à l'inverse de la pulsation de coupure à -3dB : $\tau_{BF} = \frac{1}{\omega_{BFI}}$

Pour $\omega_{BFI} = 2000\ rad.s^{-1}$ on a alors $\frac{\tau_{BF}}{4} = \frac{1}{4.\omega_{BFI}} = \frac{1}{4\times 2000} = \frac{1}{8}.10^{-3} \approx 0{,}12.10^{-3}s$

On a également $\frac{T_e}{\tau_o} = \frac{1}{10}$ et $\tau_0 = 0{,}7ms$

Donc : $T_e = \frac{\tau_o}{10} = 0{,}07ms$

$$\boxed{\left.\begin{array}{l} T_e = 0{,}07ms \\ \frac{\tau_{BF}}{4} \approx 0{,}12.ms \end{array}\right\} \Rightarrow \text{le critère } T_e \leq \frac{\tau_{BF}}{4} \text{ est vérifié.}}$$

Question 43/

Le gain du système est $G_{SIN} = \frac{K_s.K_p}{1+K_s.K_p}$ il ne peut pas être unitaire.

Question 44/

$$K_{pot} = \frac{5}{105} V.^{\circ -1}$$

$$K_{pot} = \frac{5}{105}.\frac{180}{\pi} V.rad^{-1}$$

$$K_{pot} = \frac{5}{5\times 3\times 7}.\frac{60\times 3}{\pi} V.rad^{-1}$$

$$\boxed{K_{pot} = \frac{60}{7.\pi} V.rad^{-1}}$$

Question 45/

$$\boxed{K_{comp} = \frac{1}{K_{pot}}}$$

Question 46/

$$\boxed{K_{per} = K_{red}}$$

Question 47/

Le temps de réponse souhaité est : $\tau_{R5\%} = 200ms$, c'est un système du 1er ordre dons la constante de temps de ce système est : $\tau_{système} = \frac{\tau_{R5\%}}{3} \approx 63ms$

D'après la figure 17 :

$$\frac{C_{MCC}(p)}{I_{ref}(p)} = \frac{K_F}{1+\tau_F.p}.K_t$$

Comme $\tau_F \ll \tau_{système}$ on peut simplifier l'expression en posant :

$$\frac{C_{MCC}(p)}{I_{ref}(p)} = K_1 = K_F.K_t$$

$$\boxed{K_1 = K_F.K_t}$$

D'après la figure 17 :

$$\frac{\theta_{papillon}(p)}{C_{tot}(p)} = \frac{1}{f+J_{eq}.p}.\frac{1}{p}.K_{red} = \frac{\frac{1}{f}}{1+\frac{J_{eq}}{f}.p}.\frac{1}{p}.K_{red}$$

Comme $\frac{J_{eq}}{f} \ll \tau_{système}$ on peut simplifier l'expression en posant :

$$\frac{\theta_{papillon}(p)}{C_{tot}(p)} = \frac{K_2}{p} = \frac{1}{f}.\frac{1}{p}.K_{red}$$

$$\boxed{K_2 = \frac{K_{red}}{f}}$$

Question 48/

$$FTBF_A(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{\theta_{désirée}(p)} = \frac{K_\theta.K_1.\frac{K_2}{p}}{1+K_\theta.K_1.\frac{K_2}{p}} = \frac{K_\theta.K_1.K_2}{p+K_\theta.K_1.K_2}$$

$$\boxed{FTBF_A(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{\theta_{désirée}(p)} = \frac{1}{1+\frac{1}{K_\theta.K_1.K_2}.p}}$$

$$FTBF_R(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{C_r(p)} = -K_{red}.\frac{\frac{K_2}{p}}{1+K_\theta.K_1.\frac{K_2}{p}} = -\frac{K_{red}.K_2}{p+K_\theta.K_1.K_2}$$

$$\boxed{FTBF_R(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{C_r(p)} = -\frac{\frac{K_{red}}{K_\theta . K_1}}{1 + \frac{1}{K_\theta . K_1 . K_2} . p}}$$

Question 49/

Le gain de $FTBF_A(p)$ est unitaire donc l'erreur statique en asservissement en réponse à l'échelon unitaire pour $\theta_{désirée}(t)$ est nulle.

$$\boxed{\varepsilon_A = 0}$$

Question 50/

L'erreur statique ε_R en régulation en réponse à l'échelon d'amplitude 1,7 N.m pour $Cr(t)$ et une consigne nulle est donné par :

$$\varepsilon_R = \lim_{t\to+\infty} \left[\theta_{désirée}(t) - \theta_{papillon}(t)\right] = \lim_{t\to+\infty} \left[-\theta_{papillon}(t)\right]$$

Théorème de la valeur finale :

$$\varepsilon_R = \lim_{t\to+\infty} -\theta_{papillon}(t) = \lim_{p\to 0} -p.\theta_{papillon}(p)$$

$$\varepsilon_R = \lim_{p\to 0} -p.FTBF_R(p).C_r(p)$$

$$\varepsilon_R = \lim_{p\to 0} p. -\frac{-\frac{K_{red}}{K_\theta . K_1}}{1 + \frac{1}{K_\theta . K_1 . K_2} . p} . \frac{C_r}{p}$$

$$\boxed{\varepsilon_R = \frac{K_{red}}{K_\theta . K_1} . C_r}$$

AN :

$$\varepsilon_R = \frac{\frac{1}{20}}{1{,}5 \times (1 \times 0{,}1)} \times 1{,}7 \approx \frac{0{,}05}{0{,}15} \times 1{,}7 \approx \frac{1}{3} \times 1{,}7 \approx 0{,}6\,rad$$

$$\boxed{\varepsilon_R = 0{,}6\,rad}$$

Question 51/

Le temps de réponse est bien inférieur à 200ms.

Il n'y a pas de dépassement (système du 1er ordre).

L'erreur statique est non nulle à une sollicitation de type échelon ($\varepsilon_A = 0\ mais\ \varepsilon_R \neq 0$).

$\boxed{\text{Le cahier des charges n'est pas vérifié.}}$

Question 52/

$$FTBF_A(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{\theta_{désirée}(p)} = \frac{K_\theta.K_1.K_2.(1+T_i.p)}{K_\theta.K_1.K_2.(1+T_i.p)+T_i.p^2}$$

$$\boxed{FTBF_A(p) = \frac{\theta_{papillon}(p)}{\theta_{désirée}(p)} = \frac{1+T_i.p}{1+T_i.p+\frac{T_i}{K_\theta.K_1.K_2}.p^2}}$$

Question 53/

Le dénominateur de $FTBF_A(p)$ est un polynôme de degré 2.

$$1+T_i.p+\frac{T_i}{K_\theta.K_1.K_2}.p^2 = 1+\frac{2.m}{\omega_n}.p+\frac{1}{{\omega_n}^2}.p^2$$

Avec :

$\omega_n = \sqrt{\frac{K_\theta.K_1.K_2}{T_i}}$ et $m = \frac{1}{2}\sqrt{K_\theta.K_1.K_2.T_i}$

Pour avoir le système le plus rapide sans dépassement il faut avoir $m = 1$.

$$m = 1 \Leftrightarrow \frac{1}{2}\sqrt{K_\theta.K_1.K_2.T_i} = 1$$

$$m = 1 \Leftrightarrow K_\theta.K_1.K_2.T_i = 4$$

$$m = 1 \Leftrightarrow K_\theta.T_i = \frac{4}{K_1.K_2}$$

Le temps de réponse à 5% de ce système est donné par l'abaque, pour $m = 1$ on a $\omega_n.t_{R5\%} = 5$ soit $\omega_n = \frac{5}{t_{R5\%}}$.

Or $\omega_n = \sqrt{\frac{K_\theta.K_1.K_2}{T_i}}$ donc

$$\frac{K_\theta.K_1.K_2}{T_i} = \left(\frac{5}{t_{R5\%}}\right)^2$$

$${K_\theta}^2 = \frac{25}{{t_{R5\%}}^2}.K_\theta.T_i.\frac{1}{K_1.K_2}$$

$${K_\theta}^2 = \frac{25}{{t_{R5\%}}^2}.\frac{4}{K_1.K_2}.\frac{1}{K_1.K_2}$$

$$\boxed{K_\theta = \frac{10}{t_{R5\%}.K_1.K_2}}$$

En reprenant la relation $K_\theta . T_i = \frac{4}{K_1 . K_2}$ on obtient :

$$T_i = \frac{4}{K_\theta . K_1 . K_2} = \frac{4}{\frac{10}{t_{R5\%} . K_1 . K_2} . K_1 . K_2} = \frac{2}{5} t_{R5\%}$$

$$\boxed{T_i = \frac{2}{5} t_{R5\%}}$$

AN :

$$T_i = \frac{2}{5} \times 200.10^{-3} = 80.10^{-3} s$$

$$\boxed{T_i = 80.10^{-3} s}$$

$$K_1 = 1 \times 0{,}1 = 0{,}1$$

$$K_2 = \frac{1}{20} \times \frac{1}{0{,}5.10^{-3}} = 100$$

$$K_\theta = \frac{10}{200.10^{-3} \times 0{,}1 \times 100} = \frac{1}{200} 10^3$$

$$\boxed{K_\theta = 5}$$

Question 54/

Le résultat présente un dépassement, il ne répond pas au cahier des charges.

Question 55/

Pour avoir un système susceptible de répondre au cahier des charges on peut placer en amont du comparateur une fonction de transfert qui compense le zéro de la FTBF.

$$\boxed{H_{ref}(p) = \frac{1}{1 + T_i . p}}$$

Question 56/

Le temps de réponse de 185ms est bien inférieur à 200ms.

Il n'y a pas de dépassement.

L'erreur statique est nulle à une sollicitation de type échelon.

Le cahier des charges est vérifié.

PARTIE 4

FONCTION OBD (ON BOARD DIAGNOSIS)

Question 57/

$C_{mot} = C_R . K_{red}$

$C_{mot} = K_t . I_{MCCm}$

$$\boxed{I_{MCCm} = \frac{C_R . K_{red}}{K_t}}$$

AN :

$$I_{MCCm} = \frac{1{,}7 \times \frac{1}{20}}{0{,}1}$$

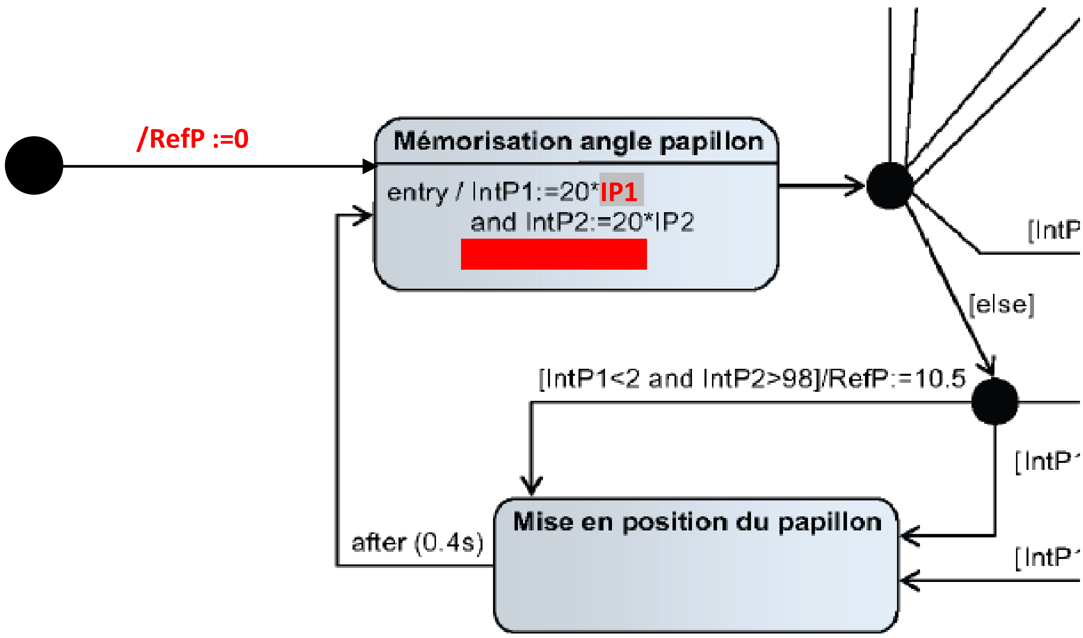
$$I_{MCCm} = \frac{17}{20} \approx 0{,}8A$$

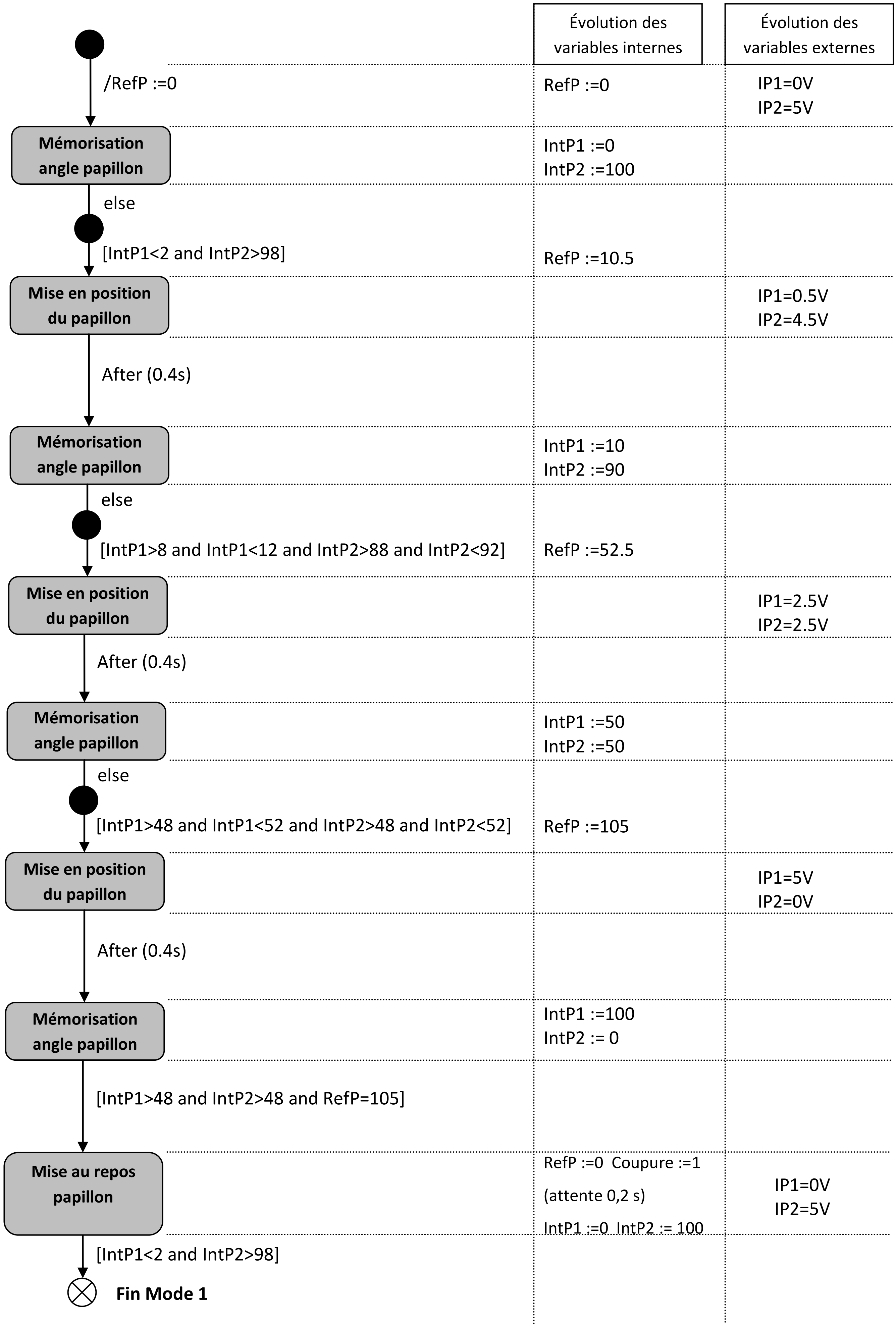
$$\boxed{I_{MCCm} \approx 0{,}8A}$$

Question 58/

Erreur probable dans le sujet : diagramme stm annexe 6

Proposition de modification du sujet :




Évolution des variables internes
Évolution des variables externes
/RefP :=0
RefP :=0
IP1=0V
IP2=5V
Mémorisation angle papillon
IntP1 :=0
IntP2 :=100
else
[IntP1<2 and IntP2>98]
RefP :=10.5
Mise en position du papillon
IP1=0.5V
IP2=4.5V
After (0.4s)
Mémorisation angle papillon
IntP1 :=10
IntP2 :=90
else
[IntP1>8 and IntP1<12 and IntP2>88 and IntP2<92]
RefP :=52.5
Mise en position du papillon
IP1=2.5V
IP2=2.5V
After (0.4s)
Mémorisation angle papillon
IntP1 :=50
IntP2 :=50
else
[IntP1>48 and IntP1<52 and IntP2>48 and IntP2<52]
RefP :=105
Mise en position du papillon
IP1=5V
IP2=0V
After (0.4s)
Mémorisation angle papillon
IntP1 :=100
IntP2 := 0
[IntP1>48 and IntP2>48 and RefP=105]
Mise au repos papillon
RefP :=0 Coupure :=1
(attente 0,2 s)
IntP1 :=0 IntP2 := 100
IP1=0V
IP2=5V
[IntP1<2 and IntP2>98]
Fin Mode 1