teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Banque PT

Année : 2015

Filière : PT

Épreuve : Sciences Industrielles A

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les Sciences de l'Ingénieur, l'orientation, les Grandes Ecoles ainsi que sur les Olympiades de Sciences de l'Ingénieur et sur les Sciences de l'Ingénieur au Féminin sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

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

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

AN :

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

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

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

AN :

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

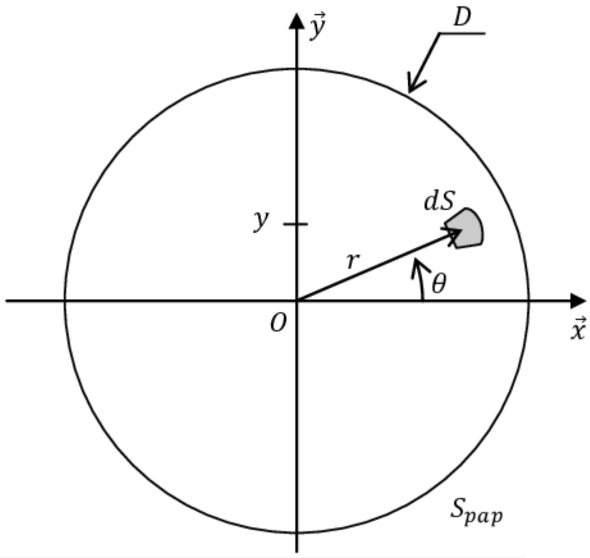
Pour avoir une rotation $\theta_s = 105°$ il faut une rotation du rotor du moteur de $\boxed{\theta_e \approx 2000°}$

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/

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

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).

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

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

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 :

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

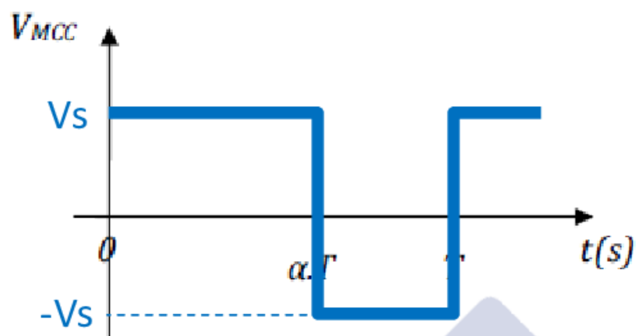
$$\sigma_{adm2} = \frac{5{,}5 \times 130}{8 \times 1} \approx \frac{5{,}5 \times 128}{8} \approx 5{,}5 \times 16 \approx 90MPa$$

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/

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

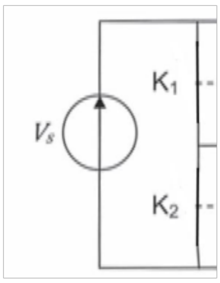
$\boxed{K_2 = \overline{IN1}.IN2}$

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

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

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 :

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

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

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

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 :

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

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/

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

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

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

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

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

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

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

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) : $K_p > -\frac{1}{K_s}$

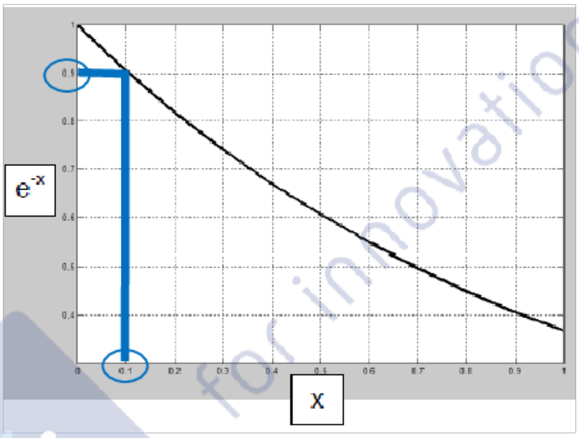
Stabilité pour un système discret (cf Q37) : $K_p > -\frac{1}{K_s}$ et $K_p < \frac{1}{K_s}.\frac{1+e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}{1-e^{-\frac{T_e}{\tau_o}}}$

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

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

$\boxed{\text{Le système avec commande numérique est stable.}}$

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

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

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 :

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

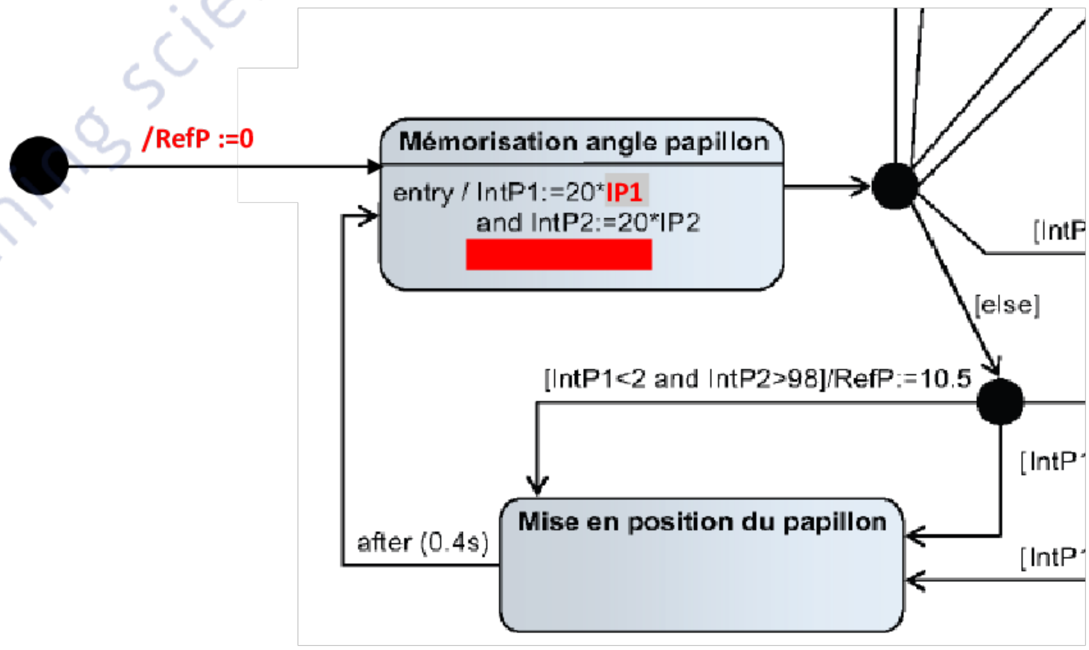
$$I_{MCCm} = \frac{17}{20} \approx 0{,}8A$$

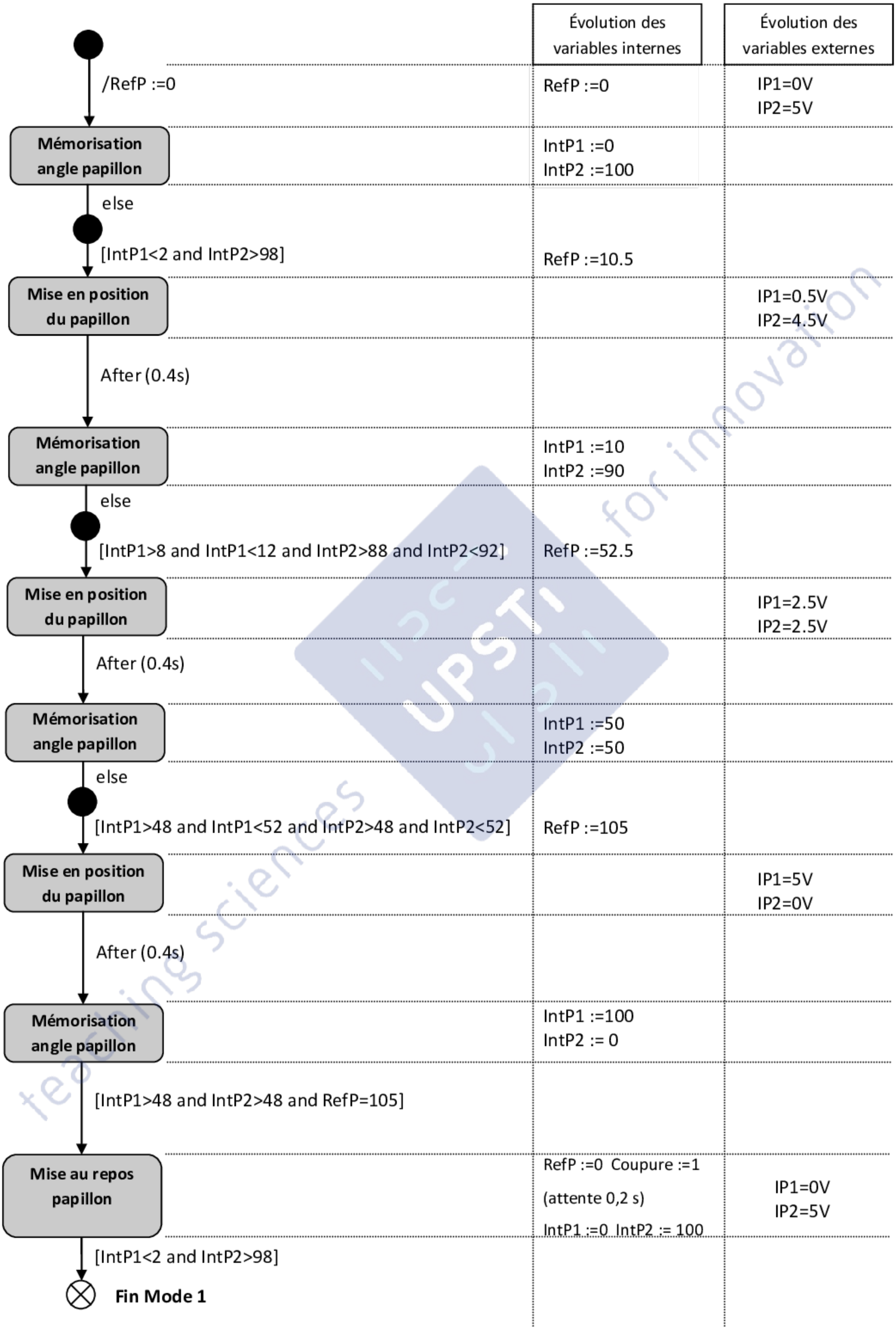
$$\boxed{I_{MCCm} \approx 0{,}8A}$$

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