

Proposition de corrigé

Concours : ATS

Année : 2011

Filière : ATS

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

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](http://www.upsti.fr) (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.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

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

Concours ATS SI 2011 – Panneaux déroulant

2. Etude de la fonction FP1 : « enrouleur ou dérouleur d’affiche »

2.1 Calcul de l’inertie du rouleau et du bandeau d’affiches

Q1 :

Par définition : $J_{roul} = \int_{P \in S} r^2 dm$ avec $dm = \rho_{roul} dv$

En coordonnées cylindriques : $dv = r d\theta dr dz$ avec $\begin{cases} \theta \in [0, 2\pi] \\ z \in [0, L] \\ r \in [r_1, r_2] \end{cases}$

On a donc $J_{roul} = \rho_{roul} \int_0^L dz \int_0^{2\pi} d\theta \int_{r_1}^{r_2} r^3 dr = 2\pi \rho_{roul} L \frac{r_2^4 - r_1^4}{4}$

D'où : $J_{roul} = \pi \rho_{roul} L \frac{d_2^4 - d_1^4}{32}$

Q2 :

AN : $J_{roul} = \pi \times 2700 \times 3,2 \times \frac{0,14^4 - 0,129^4}{32} = 9,096 \times 10^{-2} kg.m^2 = 9,096 \times 10^4 kg.mm^2$

Q3 :

$J_{roul \text{ modèle}}$ correspond à I_{zz} de la matrice d’inertie.

$J_{roul \text{ modèle}} = 89535,61 kg.mm^2 = 8,9.10^{-2} kg.m^2$

Q4 :

De même que pour Q1 : $J_b = \pi \rho_b L \frac{d_3^4 - d_2^4}{32}$

Q5 :

AN : $J_b = \pi \times 1500 \times 3,2 \times \frac{0,152^4 - 0,14^4}{32} = 7,051 \times 10^{-2} kg.m^2 = 7,051 \times 10^4 kg.mm^2$

Q6 :

L’inertie du rouleau évolue donc entre J_{roul} et $J_{roul} + J_b$. AN : $[9,1.10^{-2}; 16,2.10^{-2}] kg.m^2$

2.2 Détermination de la loi de variation angulaire du rouleau au cours de l’enroulement des affiches

Q7 :

La loi de variation de vitesse est : $R(t) = R_i + \left[\frac{\theta(t)}{2\pi} \right] . e$

Par dérivation, on a donc : $\frac{dR(t)}{dt} = \left[\frac{e}{2\pi} \right] . \frac{d\theta(t)}{dt} = \left[\frac{e}{2\pi} \right] . \Omega(t) = \left[\frac{e}{2\pi} \right] . \frac{V_0}{R(t)}$

Q8 :

L'expression précédente peut se mettre sous la forme : $R(t)dR(t) = \frac{eV_0}{2\pi} dt$

En intégrant entre de 0 à t, on obtient : $\frac{R(t)^2 - R(0)^2}{2} = \frac{eV_0}{2\pi} t$. Comme $R(0) = R_i$,

$$\text{On a : } R(t) = \sqrt{R_i^2 + \frac{eV_0}{\pi} t}$$

Q9 :

En négligeant les phases d'accélération et de décélération on a :

$$R_f = R(Tf) = \sqrt{R_i^2 + \frac{eV_0}{\pi} Tf} = \sqrt{70^2 + \frac{0,2 \times 1000}{\pi} 14} = 76,10 \text{ mm}$$

Q10 :

Par définition, la vitesse de défilement étant constante on a :

$$\Omega(t) = \frac{V_0}{R(t)} \text{ et donc } \Omega_{\max} = \frac{V_0}{R_i} = \frac{1000}{70} = 14,29 \text{ rd/s} \text{ et } \Omega_{\min} = \frac{V_0}{R_f} = \frac{1000}{76,10} = 13,14 \text{ rd/s}$$

Q11 :

$$\frac{\Omega_{\max} - \Omega_{\min}}{\Omega_{\max}} = \frac{14,29 - 13,14}{14,29} = 8,02 \times 10^{-2}$$

La variation de vitesse est faible (8%). On peut légitimement considérer la vitesse angulaire des rouleaux comme constante.

3. Etude de la fonction FP13 : « gérer le défilement des affiches »

3.1 Réglage de la temporisation de commande du moteur d'entraînement

Q12 :

Pour parcourir la distance d, il faut $2T_a$. La vitesse étant la dérivée de la position, d correspond à l'air sous le profil de vitesse.

$$\text{On a donc : } d = (2T_a - 1)V_0 \text{ et donc } T_a = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{V_0} + 1 \right)$$

$$\text{AN : } T_a = \frac{1}{2} \left(\frac{2300}{1000} + 1 \right) = 1,65 \text{ s}$$

Remarque : On peut aussi trouver la relation en intégrant : $d = \int_0^{2T_a} V(t) dt$

Q13 :

$$T_p = T_a - 1 = 0,65 \text{ s}$$

4. Etude de la fonction FP12 : « tendre l'affiches »

4.1 Analyse de la solution 1

Q21 :

Dans le sens horaire.

Q22 :

La tension est assurée par le contrepoids.

Q23 :

- Système lourd et encombrant
- Bruits indésirables
- A-coups entraînant un déchirement de la bande
- Longueur de bande limitée par la course du contrepoids

(2 raisons demandées parmi les 4 énoncés)

4.2 Analyse de la solution à deux motorisations à commande alternée

Q24 :

$$V_0 = R \cdot \Omega_{roul}$$

$$\text{Or } \Omega_{roul} = k_{pc} \cdot \Omega_{asr} \text{ et } \Omega_{asr} = k_r \cdot \Omega_m$$

$$\text{On a donc } \boxed{V_0 = R \cdot k_{pc} \cdot k_r \cdot \Omega_m}$$

Q25 :

Le rayon d'enroulement R est supposé constant donc il suffit de dériver l'expression précédente. On a donc :

$$\boxed{\gamma = R \cdot k_{pc} \cdot k_r \cdot \dot{\Omega}_m}$$

Q26 :

L'énergie cinétique de l'ensemble peut s'écrire :

$$T(S_{bas} / 0) = \frac{1}{2} \left[J_m \Omega_m^2 + J_{egr} \Omega_m^2 + (J_{roul} + J_b) \Omega_{roul}^2 \right]$$

$$\text{Comme } \Omega_{roul} = k_{pc} \cdot k_r \cdot \Omega_m \text{ on a } \boxed{T(S_{bas} / 0) = \frac{1}{2} \left[\frac{J_m + J_{egr}}{(k_{pc} \cdot k_r)^2} + (J_{roul} + J_b) \right] \cdot \Omega_{roul}^2}$$

Q27 :

$$\text{On a donc : } \boxed{J_{eqb} = \left[\frac{J_m + J_{egr}}{(k_{pc} \cdot k_r)^2} + (J_{roul} + J_b) \right]}$$

Q28 :

$$\text{AN : } \boxed{J_{eqb} = \left[\frac{120 + 1,5}{\left(2 \cdot \frac{1}{19,5}\right)^2} + 161500 \right] = 173050 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2}$$

Remarque : k_{pc} et k_r sont définis à la question 32.

4.2.1 Détermination de la tension dans l'affiche en régime établi

Q29 :

On isole, l'ensemble $\Sigma =$ (rouleau du bas + bandeau du bas)

BAME :

- Liaison pivot avec frottement d'axe (B, \overline{X}_0)
- $\overline{R}(\text{bandeau haut} \rightarrow \text{bandeau bas}) = T_{\text{aff}} \cdot \overline{Z}_0$ en K

PFS : (Equation des moments en B en projection sur \overline{X}_0)

$$-Cfr + (\overline{BK} \wedge T_{\text{aff}} \overline{Z}_0) \cdot \overline{X}_0 = 0$$

On a donc : $Cfr = R \cdot T_{\text{aff}}$

Q30 :

AN : $Cfr = 76 \times 40 = 3040 \text{ Nmm}$

4.2.2 Détermination de la tension dans l'affiche en régime transitoire

Q31 :

On isole, l'ensemble $\Sigma =$ (rouleau du bas + bandeau du bas)

BAME :

- Liaison pivot avec frottement d'axe (B, \overline{X}_0)
- $\overline{R}(\text{bandeau haut} \rightarrow \text{bandeau bas}) = T_{\text{aff}} \cdot \overline{Z}_0$ en K

PFD : (Equation des moments en B en projection sur \overline{X}_0)

$$-Cfr + (\overline{BK} \wedge T_{\text{aff}} \overline{Z}_0) \cdot \overline{X}_0 = J_{\text{eqb}} \cdot \dot{\Omega}_{\text{roul}}$$

On a donc : $-Cfr + R \cdot T_{\text{aff}} = J_{\text{eqb}} \cdot \dot{\Omega}_{\text{roul}}$

Comme : $\gamma = R \cdot \dot{\Omega}_{\text{roul}}$

$$\text{On a : } -Cfr + R \cdot T_{\text{aff}} = \frac{J_{\text{eqb}}}{R} \gamma \text{ et donc } T_{\text{aff}} = \frac{1}{R} \left(\frac{J_{\text{eqb}}}{R} \gamma + Cfr \right)$$

Q32 :

AN : $T_{\text{aff}} = \frac{1}{76} \left(\frac{173 \cdot 10^3}{76} \gamma + 3000 \right) = 69,4 \text{ N}$

Remarque : les valeurs numériques de k_{pc} et k_r sont inutiles ici

Q33 :

La tension indiquée dans le cahier des charges (40 N + ou - 10 N) n'est pas respectée en régime transitoire.

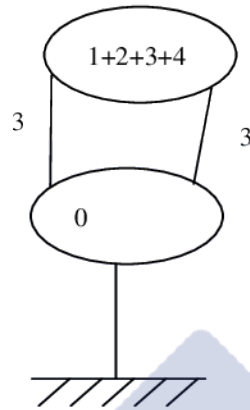
4.3 Analyse du comportement de la solution 2

4.3.1 Réglage de la vitesse du moteur asynchrone

5. Etude de la fonction FP14 : « guider le rouleau par rapport au châssis »

Q60 :

Etant donnée les immobilisations par vis l'ensemble (1 + 2 + 3 +4) correspond au même ensemble cinématiquement équivalent. On a donc le graph des inconnues suivant :



Méthode Statique

Nombre d'équations statiques

$$E_s = 6 \times 1 = 6$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 1$$

Nombre d'équations utiles

$$E_u = E_s - m_c = 5$$

Nombre d'inconnues statiques

$$I_s = 3 + 3 = 6$$

$E_u - I_s = -1 \Rightarrow$ **le système est hyperstatique d'ordre 1**

Méthode Cinématique

1 boucle $\Rightarrow E_c = 6$

Nombre d'inconnues cinématiques

$$I_c = 3 + 3$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 1$$

Or

$$I_c - E_c = m_c - h$$

D'où :

$h = 1 \Rightarrow$ **le système est hyperstatique d'ordre 1**

Q61 :

Le montage étant hyperstatique, il faut soit imposer des spécifications géométriques (1 par pièce de la boucle), soit prévoir un moyen de réglage, ce qui est fait ici au grâce à la liaison « Pivot glissant + vis de pression » entre 1 et 3.

Q62 :

Les roulements proposés sont des roulements à rotule sur billes. Ils sont donc parfaitement adaptés à cette situation puisqu'il tolère un grand angle de rotulage (2 à 4°).

Q63 :

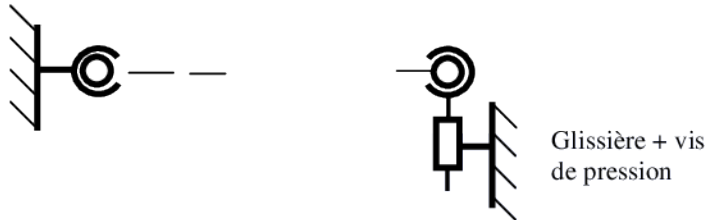
La tension dans la courroie ne sera pas uniforme suivant la largeur ce qui peut avoir une incidence sur sa durée de vie.

Q64 :

Le défaut de parallélisme maximal est acceptable est $d_{//max} = 1 \text{ mm.m}^{-1}$. Si on répartit ce défaut sur le montage des 2 rouleaux, on a $\frac{e_{max}}{L} = \frac{d_{//max}}{2}$.

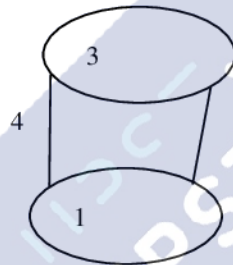
$$D'o\grave{u} : e_{max} = \frac{d_{//max}}{2} \times L = \frac{1}{2} \times 3,2 = 1,6 \text{ mm} \text{ par rouleaux}$$

Q65 :



Q66 :

On a le graph des inconnues suivant :



Méthode Statique

Nombre d'équations statiques

$$Es = 6 \times 1 = 6$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 2$$

Nombre d'équations utiles

$$Eu = Es - m_c = 4$$

Nombre d'inconnues statiques

$$Is = 4 + 4 = 8$$

$Eu - Is = -4 \Rightarrow$ le système est hyperstatique d'ordre 4

Méthode Cinématique

1 boucle $\Rightarrow Ec = 6$

Nombre d'inconnues cinématiques

$$Ic = 2 + 2$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 2$$

Or

$$Ic - Ec = m_c - h$$

D'où :

$h = 4 \Rightarrow$ le système est hyperstatique d'ordre 4

Q67 :

Pour limiter les effets de l'hyperstatisme les deux portées de roulement doivent être coaxiales.

Q68 :

(Question hors programme)

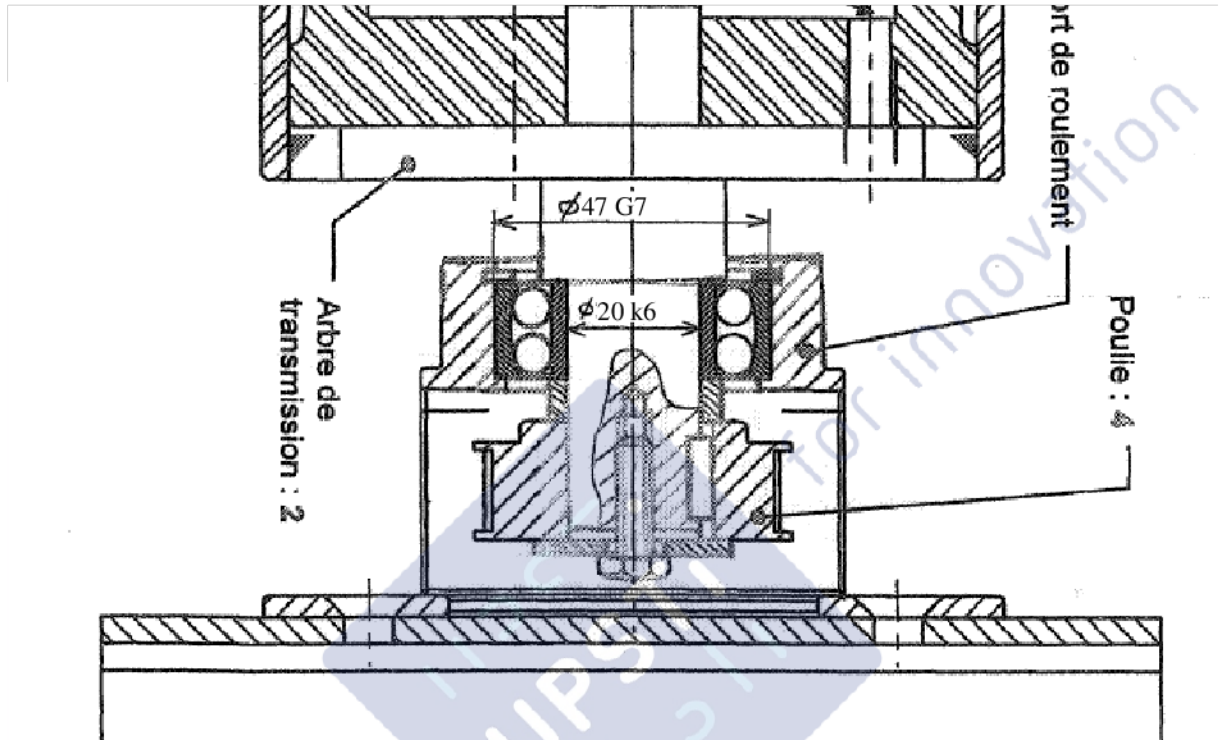
Document Réponse DR1 - Tableau d'analyse de spécification géométrique

Tolérancement normalisé		Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification		Éléments idéaux			
Nom de la spécification :		Zone de tolérance			
Type de spécification :	<ul style="list-style-type: none"> • Forme <input type="checkbox"/> • Orientation <input type="checkbox"/> • Position <input checked="" type="checkbox"/> 	Référence(s) spécifiée(s)	<ul style="list-style-type: none"> • simple <input checked="" type="checkbox"/> • commune <input type="checkbox"/> • système <input type="checkbox"/> 	Contraintes	Orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée
Condition de conformité :	l'élément toléré doit se situer tout entier dans la zone de tolérance	Élément(s) de référence	<ul style="list-style-type: none"> • unique <input checked="" type="checkbox"/> • multiples <input type="checkbox"/> 		
Schéma	Extrait du dessin de définition	Élément(s) tolérancé(s)	<ul style="list-style-type: none"> • unique <input checked="" type="checkbox"/> • groupe <input type="checkbox"/> 		
					<p>L'axe C est coaxial à la référence spécifiée A</p> <p>Volume simple limité par un cylindre d'axe C et de diamètre 0,02 mm</p> <p>Axe du plus grand cylindre tangent (à l'élément de référence A) coté libre de la matière, critère min-max</p> <p>Surface réputé cylindrique A</p> <p>Axe réel du cylindre</p>

Q69 :

Pour qu'un mécanisme hyperstatique soit montable, il faut que les défauts sur les pièces soit compatibles avec la déformation des pièces et le jeu dans les liaisons. Borner par de la cotation les défauts admissibles permet donc de limiter les effets de l'hyperstatisme.

Q70 :



Concours ATS SI 2011 – Panneaux déroulants

3.2. Mise en forme du signal provenant du capteur optique

Q14 : Bouclage sur l'entrée non inverseuse → fonctionnement non linéaire.

Q15 : ALI parfait : $i^+ = i^- = 0 \rightarrow V_{ref} = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = R_1 \cdot \left(\frac{V_{cc}}{V_{ref}} - 1 \right) = 10^3 \cdot \left(\frac{12}{2,2} - 1 \right) = 4,45 \text{ k}\Omega$

Q16 :
$$V_+ = \frac{\frac{V_{cap}}{R_B} + \frac{V_{sc}}{R_A}}{\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_A}} = V_{cap} \cdot \frac{R_A}{R_A + R_B} + V_{sc} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

Q17 : Si $V_{sc} = +V_{cc}$, alors V_{sc} basculera à $-V_{cc}$ lorsque $V_+ < V_{ref}$

soit $V_{cap} \cdot \frac{R_A}{R_A + R_B} + V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} < V_{ref}$ ce qui donne $V_{cap} < V_{ref} \cdot \frac{R_A + R_B}{R_A} - V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A}$

d'où $V_{cap1} = V_{ref} \cdot \frac{R_A + R_B}{R_A} - V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A} = 2,2 \cdot \frac{8,9 \cdot 10^3 + 1,1 \cdot 10^3}{8,9 \cdot 10^3} - 12 \cdot \frac{1,1 \cdot 10^3}{8,9 \cdot 10^3} = 0,989 \text{ V}$

Si $V_{sc} = -V_{cc}$, alors V_{sc} basculera à $+V_{cc}$ lorsque $V_+ > V_{ref}$

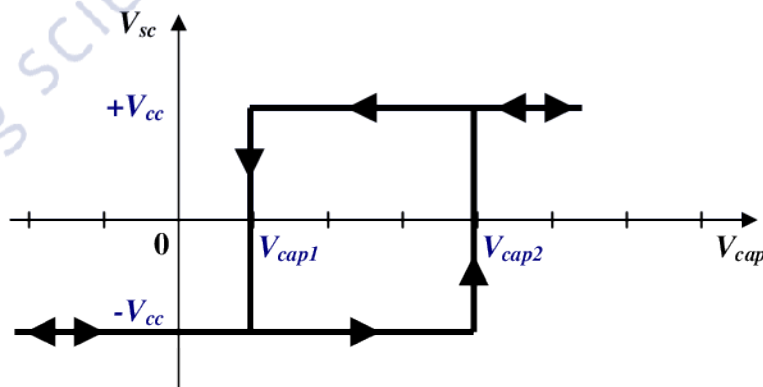
soit $V_{cap} \cdot \frac{R_A}{R_A + R_B} - V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} > V_{ref}$ ce qui donne $V_{cap} > V_{ref} \cdot \frac{R_A + R_B}{R_A} + V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A}$

d'où $V_{cap2} = V_{ref} \cdot \frac{R_A + R_B}{R_A} + V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A} = 2,2 \cdot \frac{8,9 \cdot 10^3 + 1,1 \cdot 10^3}{8,9 \cdot 10^3} + 12 \cdot \frac{1,1 \cdot 10^3}{8,9 \cdot 10^3} = 3,955 \text{ V}$

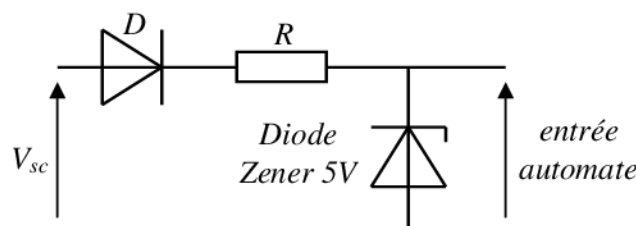
Q18 : Il y a compatibilité car :

- le signal au niveau 1 est autour de $5\text{V} > V_{cap2}$ permettant ainsi le basculement à $+V_{cc}$, sa valeur au niveau 1 est supérieure à $3\text{V} > V_{cap1}$, donc ne risque pas de basculer à $-V_{cc}$;
- le signal au niveau 0 est autour de $0\text{V} < V_{cap1}$ permettant ainsi le basculement à $-V_{cc}$, sa valeur au niveau 0 est inférieure à $2\text{V} < V_{cap2}$, donc ne risque pas de basculer à $+V_{cc}$.

Q19 :



Q20 :



4.3.1. Réglage de la vitesse du moteur asynchrone

Q34. $P_m = C_m \cdot \Omega_m = 0,28 \cdot 139 = 38,92 \text{ W}$

Q35. $P_N = 120 \text{ W}$, environ 3 fois plus grande que P_m .

Q36. $g = \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s}$

Q37. $\Omega_s = \frac{\omega}{p}$

p est l'entier le plus proche inférieur à $\frac{60 \cdot f}{N_N} = \frac{60 \cdot 50}{1300} = 2,3$ d'où $p = 2$.

$\Omega_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ $N_s = \frac{30}{\pi} \cdot 157 = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

Q38. $g_N = \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s} = \frac{N_s - N_N}{N_s} = \frac{1500 - 1300}{1500} = 13,3 \%$

Q39. Il faut résoudre $0,88 = \frac{2 \cdot (1,9,0,88)}{\frac{g_0}{g_N} + \frac{g_N}{g_0}}$ soit $\frac{g_0}{g_N} + \frac{g_N}{g_0} = 3,8$

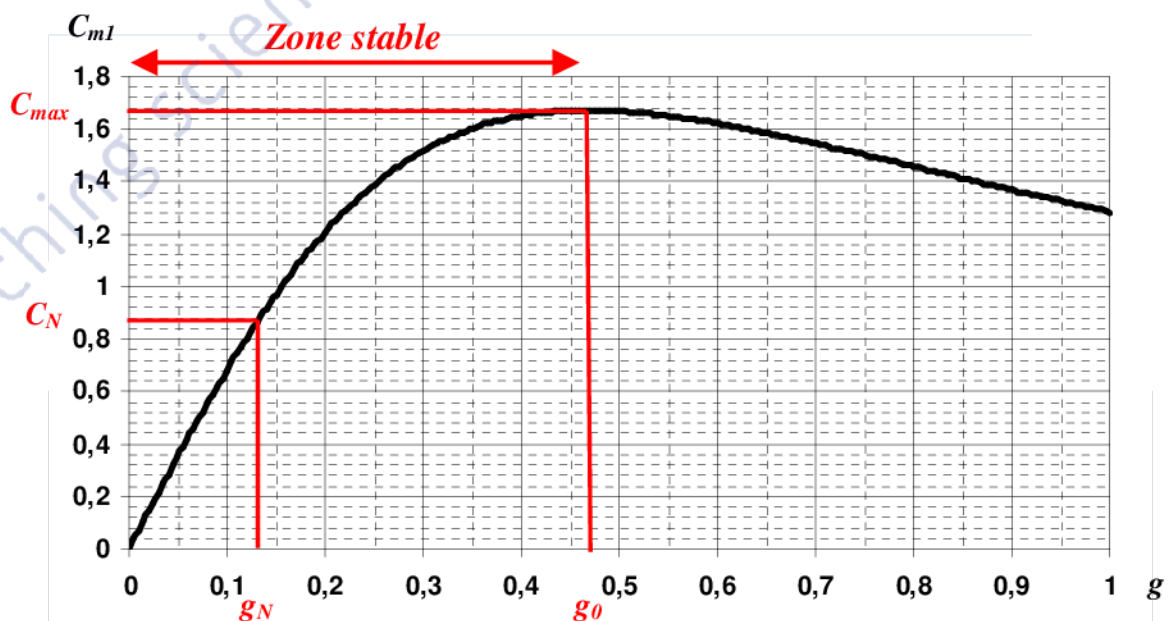
En posant $x = \frac{g_0}{g_N}$, il faut résoudre $x + \frac{1}{x} = 3,8$ soit $x^2 - 3,8x + 1 = 0$

Deux solutions : $x_1 = \frac{3,8 - \sqrt{(3,8)^2 - 4}}{2} = 0,284$ et $x_2 = \frac{3,8 + \sqrt{(3,8)^2 - 4}}{2} = 3,515$

Seule la solution supérieure à 1 est valide.

Donc $g_0 = 3,515 \cdot 13,3\% = 46,8 \%$

Q40.



Q41. g petit devant g_0 , donc $g^2 \ll g_0^2$, soit $\frac{g}{g_0} \ll \frac{g_0}{g}$ donc $C_{m1} = \frac{2.C_{\max}}{\frac{g_0}{g}} = 2 \cdot \frac{g}{g_0} \cdot C_{\max}$

$$C_{\text{maff}} = 2 \cdot \frac{g_{\text{aff}}}{g_0} \cdot C_{\max} \quad g_{\text{aff}} = \frac{C_{\text{maff}} \cdot g_0}{2 \cdot C_{\max}} = \frac{0,3 \cdot 0,468}{2 \cdot 1,9} = 3,69 \%$$

Q42. $C_{m1} = \frac{2.C_{\max}}{g_0} \cdot \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s} = \frac{2.C_{\max}}{g_0 \cdot \Omega_s} \cdot (\Omega_s - \Omega_m) = \lambda \cdot (\Omega_s - \Omega_m)$ avec $\lambda = \frac{2.C_{\max}}{g_0 \cdot \Omega_s}$

Q43. $\lambda = \frac{2.C_{\max}}{g_0 \cdot \Omega_s} = 2 \cdot \frac{3 \cdot p \cdot V^2}{2 \cdot l_2 \cdot \omega^2} \cdot \frac{l_2 \cdot \omega}{R_2} \cdot \frac{p}{\omega} = \frac{3 \cdot p^2 \cdot V^2}{R_2 \cdot \omega^2} = \frac{3 \cdot p^2 \cdot V^2}{R_2 \cdot (2\pi \cdot f)^2} = \frac{3 \cdot p^2}{R_2 \cdot (2\pi)^2} \cdot \left(\frac{V}{f}\right)^2$

Donc si $\frac{V}{f}$ est constant, alors λ est constant.

Q44. $C_{m1} = \lambda \cdot (\Omega_s - \Omega_m) \quad 0,3 = 0,0453 \cdot (\Omega_s - 139) \quad \Omega_s = \frac{0,3}{0,0453} + 139 = 145,6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

$$f_v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2 \cdot \Omega_s}{2\pi} = \frac{\Omega_s}{\pi} = 46,35 \text{ Hz}$$

4.3.2 Étude de l'asservissement en couple du moteur à courant continu

Q45. $E(p) = k_e \cdot \Omega_m(p) \quad C_m(p) = k_c \cdot I(p)$
 $V_a(p) = R_a \cdot I(p) + E(p) \quad J_{mc} \cdot p \cdot \Omega_m(p) = C_m(p) - C_r(p)$

Q46. $A1(p) = \frac{I(p)}{V_a(p) - E(p)} = \frac{1}{R_a} ; A2(p) = \frac{C_m(p)}{I(p)} = k_c ; A3(p) = \frac{\Omega(p)}{C_m(p) - C_r(p)} = \frac{1}{J_{mc} \cdot p}$

Q47. $C_m = A1 \cdot A2 \cdot (V_a - E)$

$$V_a = H \cdot (V_{10} - V_{1m}) = H \cdot (V_{10} - H_i \cdot I) = H \cdot \left(V_{10} - H_i \cdot \frac{C_m}{A2} \right) \quad E = A2 \cdot A3 \cdot (C_m - C_r)$$

$$C_m = A1 \cdot A2 \cdot \left[H \left(V_{10} - H_i \cdot \frac{C_m}{A2} \right) - A2 \cdot A3 \cdot (C_m - C_r) \right]$$

$$C_m = A1 \cdot A2 \cdot H \cdot V_{10} - A1 \cdot H \cdot H_i \cdot C_m - A1 \cdot A2^2 \cdot A3 \cdot C_m + A1 \cdot A2^2 \cdot A3 \cdot C_r$$

$$C_m \cdot (1 + A1 \cdot H \cdot H_i + A1 \cdot A2^2 \cdot A3) = A1 \cdot A2 \cdot H \cdot V_{10} + A1 \cdot A2^2 \cdot A3 \cdot C_r$$

$$C_m(p) = \frac{A1 \cdot A2 \cdot H}{1 + A1 \cdot H \cdot H_i + A1 \cdot A2^2 \cdot A3} \cdot V_{10}(p) + \frac{A1 \cdot A2^2 \cdot A3}{1 + A1 \cdot H \cdot H_i + A1 \cdot A2^2 \cdot A3} \cdot C_r(p)$$

Q48. $\Omega_m = A3 \cdot (C_m - C_r) \quad C_r = \lambda \cdot (\Omega_m - \Omega_s) = \lambda \cdot [A3 \cdot (C_m - C_r) - \Omega_s]$

$$C_r = \lambda \cdot A3 \cdot C_m - \lambda \cdot A3 \cdot C_r - \lambda \cdot \Omega_s \quad C_r = \frac{\lambda \cdot A3}{1 + \lambda \cdot A3} \cdot C_m - \frac{\lambda}{1 + \lambda \cdot A3} \cdot \Omega_s$$

$$C_m = \frac{A1 \cdot A2 \cdot H}{1 + A1 \cdot H \cdot H_i + A1 \cdot A2^2 \cdot A3} \cdot V_{10} + \frac{A1 \cdot A2^2 \cdot A3}{1 + A1 \cdot H \cdot H_i + A1 \cdot A2^2 \cdot A3} \cdot \left(\frac{\lambda \cdot A3}{1 + \lambda \cdot A3} \cdot C_m - \frac{\lambda}{1 + \lambda \cdot A3} \cdot \Omega_s \right)$$

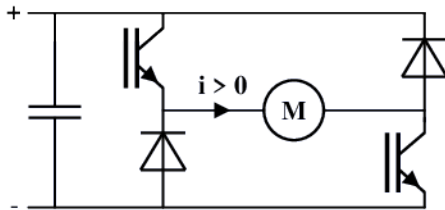
$$C_m \cdot [(1 + A1.H.H_i + A1.A2^2.A3)(1 + \lambda.A3) - A1.A2^2.A3^2.\lambda] = A1.A2.H.(1 + \lambda.A3).V_{10} - A1.A2^2.A3.\lambda.\Omega_s$$

$$C_m \cdot (1 + \lambda.A3 + A1.H.H_i + \lambda.A1.A3.H.H_i + A1.A2^2.A3) = A1.A2.H.(1 + \lambda.A3).V_{10} - A1.A2^2.A3.\lambda.\Omega_s$$

$$C_m(p) = \frac{A1.A2.H.(1 + \lambda.A3)}{1 + \lambda.A3 + A1.H.H_i + \lambda.A1.A3.H.H_i + A1.A2^2.A3} \cdot V_{10}(p) - \frac{A1.A2^2.A3.\lambda}{1 + \lambda.A3 + A1.H.H_i + \lambda.A1.A3.H.H_i + A1.A2^2.A3} \cdot \Omega_s(p)$$

Q49. Il faut une action intégrale sur $C(p)$.

Q50.



4.3.3. Mesure du courant image du couple moteur

Q51. Filtre passe bas.

Q52.
$$\underline{V_A} = \frac{\frac{V_{im}}{R} + \frac{V_{is}}{10.R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{10.R} + j.C.\omega} = \frac{10.V_{im} + V_{is}}{11 + j.10.R.C.\omega}$$

Q53.
$$\underline{V_{is}} = \underline{V_A} \cdot \frac{\frac{1}{10.R + \frac{1}{j.10.C.\omega}}}{\frac{1}{10.R + \frac{1}{j.10.C.\omega}}} = \underline{V_A} \cdot \frac{1}{1 + j.R.C.\omega}$$

Q54.
$$\underline{V_{is}} = \frac{10.V_{im} + V_{is}}{(11 + j.10.R.C.\omega)(1 + j.R.C.\omega)}$$

Soit $x = j.R.C.\omega = j \cdot \frac{\omega}{\omega_0}$

$$\underline{V_{is}} = \frac{10.V_{im} + V_{is}}{(11 + 10.x)(1 + x)} = \frac{10.V_{im} + V_{is}}{11 + 21.x + 10.x^2}$$

$$\underline{V_{is}} \cdot (11 + 21.x + 10.x^2) = 10.V_{im} + V_{is}$$

$$\underline{V_{is}} \cdot (10 + 21.x + 10.x^2) = 10.V_{im}$$

$$\underline{V_{is}} \cdot (1 + 21.x + x^2) = \underline{V_{im}}$$

$$\frac{\underline{V_{is}}}{\underline{V_{im}}} = \frac{1}{1 + 21.x + x^2} = \frac{1}{1 + 21.j \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad \alpha = 2,1$$

UPSTI for innovation

Q55. Filtre passe bas du second ordre :
 au-delà de la pulsation ω_0 , l'atténuation est de 40 dB/décade.

$$\text{Il faut donc avoir } \omega_i = 10 \cdot \omega_0, \text{ soit } \omega_0 = \frac{\omega_i}{10} = \frac{T_i}{10} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{10} = 1256 \text{ rad.s}^{-1}$$

Q56. $R > 1 \text{ k}\Omega$ Exemple : $R = 10 \text{ k}\Omega$

Q57. $C = \frac{1}{R \cdot \omega_0} = \frac{1}{10^4 \cdot 1256} = 79 \text{ nF}$ Choix : $C = 82 \text{ nF}$

4.4. Étude du comportement de la solution actuelle

Q58. $J_{mc} \cdot \frac{d\Omega_m(t)}{dt} = \lambda \cdot (\Omega_{s1} - \Omega_m) - \lambda \cdot (\Omega_m - \Omega_{s2}) = \lambda \cdot (\Omega_{s1} + \Omega_{s2}) - 2 \cdot \lambda \cdot \Omega_m$
 $J_{mc} \cdot \frac{d\Omega_m(t)}{dt} + 2 \cdot \lambda \cdot \Omega_m = \lambda \cdot (\Omega_{s1} + \Omega_{s2})$

En régime permanent, $\frac{d\Omega_m(t)}{dt} \rightarrow 0$ donc $\Omega_m \rightarrow \frac{\Omega_{s1} + \Omega_{s2}}{2}$

Q59. $\Delta\Omega_0 = \Omega_{s1} - \Omega_{s2} = \Omega_{s1} - (2 \cdot \Omega_m - \Omega_{s1}) = 2 \cdot (\Omega_{s1} - \Omega_m) = 2 \cdot \frac{C_m}{\lambda} = 2 \cdot \frac{0,3}{0,0453} = 13,24 \text{ rad.s}^{-1}$

$\Omega_s = \frac{\omega}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{2} = \pi \cdot f$ donc $\Delta f = \frac{\Delta\Omega_0}{\pi} = \frac{13,2}{\pi} = 4,2 \text{ Hz}$

Remarque : Dans le sujet, la courbe $C(\Omega)$ du moteur M2 est inversée, le moteur M2 fonctionne en mode hypersynchrone pour retenir le rouleau du bas.
 L'étude aurait pu être faite sans cette inversion en utilisant :

$C_{m1}(t) = \lambda \cdot (\Omega_{s1} - \Omega_m)$, $C_{m2}(t) = \lambda \cdot (\Omega_{s2} - \Omega_m)$ et $J_{mc} \cdot \frac{d\Omega_m(t)}{dt} = C_{m1}(t) + C_{m2}(t)$

ce qui conduit aux mêmes résultats.

