

Proposition de corrigé

Concours : Concours Centrale-Supélec

Année : 2018

Filière : TSI

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

La dépose de bagages automatique (DBA) dans les aéroports

II. Validation de l'exigence de compacité du DBA

Mouvement de rotation seule du bagage :

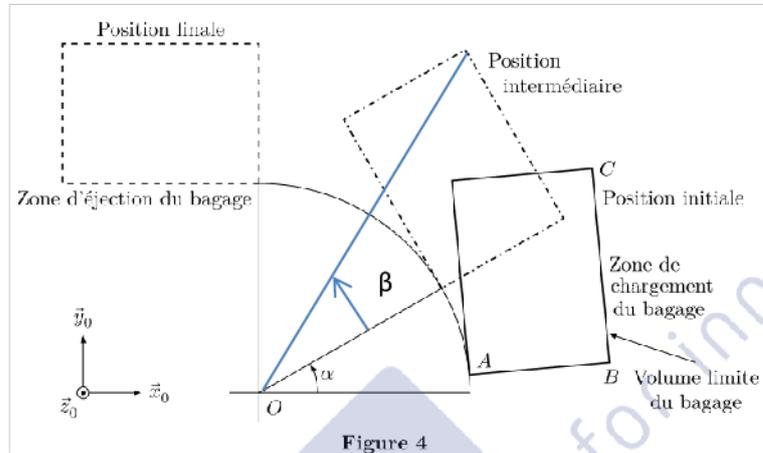


Figure 4

Q 1. Détermination de la position y_C du point C en fonction de α et des données géométriques

$$\vec{OC} = \vec{OA} + \vec{AB} + \vec{BC} \Rightarrow x_C \cdot \vec{x}_0 + y_C \cdot \vec{y}_0 = r \cdot \vec{x}_1 + b \cdot \vec{x}_1 + h \cdot \vec{y}_1$$

Avec $\vec{x}_1 = \cos \alpha \cdot \vec{x}_0 + \sin \alpha \cdot \vec{y}_0$ et $\vec{y}_1 = -\sin \alpha \cdot \vec{x}_0 + \cos \alpha \cdot \vec{y}_0$

En projetant sur \vec{y}_0 on obtient : $y_C = (r + b) \cdot \sin \alpha + h \cdot \cos \alpha$

Q 2. Recherche de la valeur maximale de y_C

$$\frac{dy_C}{d\alpha} = 0 \Rightarrow (r + b) \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha = 0 \text{ soit } \tan \alpha = \frac{r+b}{h} \text{ avec } \alpha \neq \pi/2$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{r+b}{h}\right) = \arctan\left(\frac{0,72+0,48}{0,67}\right) \approx 1,0615 \text{ rad ou } 60,82^\circ$$

En reportant dans l'expression de y_C on trouve : $y_C \approx 1,374 \text{ m}$

NOTA : Lorsque \vec{OC} est colinéaire à \vec{y}_0 , l'hypoténuse du triangle rectangle OBC donne directement la solution.

Pour $\alpha = 0$ on obtient la distance $OC = \sqrt{(r + b)^2 + h^2} \approx 1,374 \text{ m}$ donc $y_{Cmax} \approx 1,374 \text{ m}$

Cette condition est obtenue si $\alpha + \beta = \pi/2$ or $\beta = \arctan\left(\frac{BC}{(OA+AB)}\right) = \arctan\left(\frac{0,67}{(0,72+0,48)}\right) \approx 29,18^\circ$

On obtient bien y_{Cmax} pour $\alpha \approx 60,82^\circ$

L'exigence 1.3 « le mouvement du bagage ne doit pas se situer au-dessus de 1260mm du sol » n'est pas satisfaite.

Avec la solution de guidage par galet de la figure 5 :

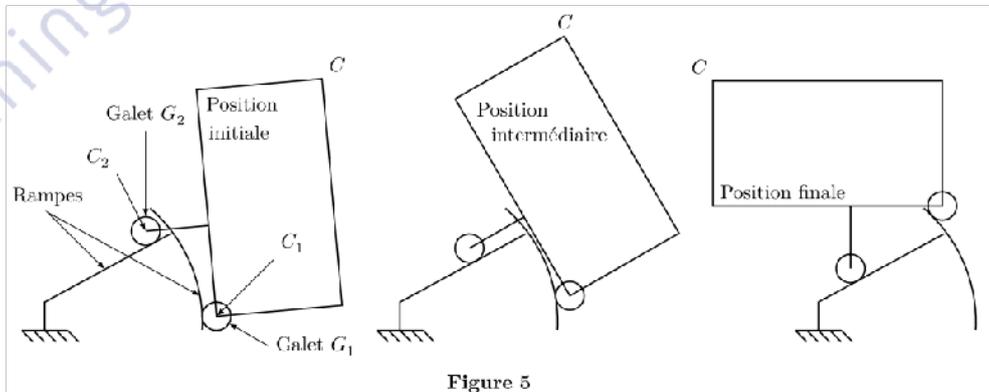


Figure 5

Q 3. Forme de la trajectoire du point C_1 : Trajectoire curviligne parallèle à la rampe curviligne et distante de cette dernière du rayon du galet G_1 .

Q 4. Forme de la trajectoire du point C_2 : Trajectoire rectiligne parallèle à la rampe inclinée du bâti.

Q 5. La lecture de la figure 7 permet de relever $y_{Cmax} \approx 1,255 \text{ m}$, l'exigence 1.3 est donc satisfaite.

III. Dimensionnement du moteur

III.A. Recherche de la vitesse de rotation maximale

L'arbre de sortie doit faire un demi-tour entre 0 et t_3 en respectant le profil de vitesse suivant.

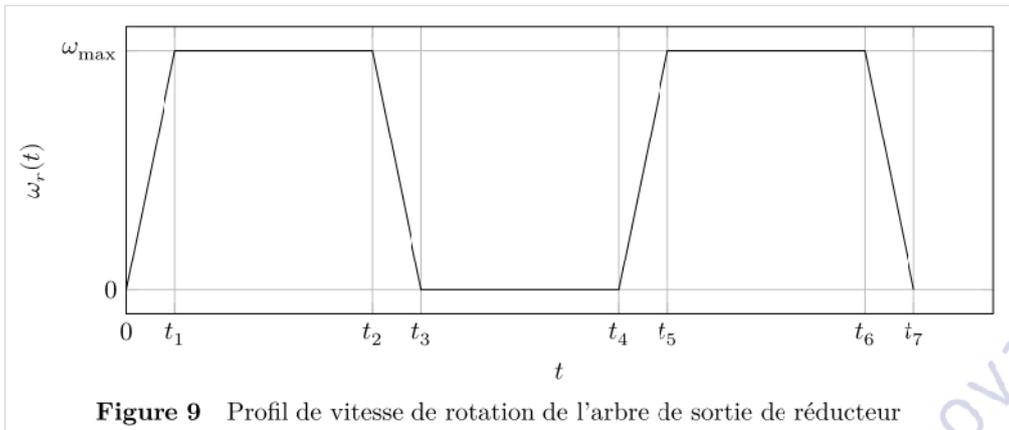


Figure 9 Profil de vitesse de rotation de l'arbre de sortie de réducteur

Q 6. On recherche l'aire sous la courbe entre 0 et t_3 telle que : $\int_0^{t_3} \omega_r(t) \cdot dt = \pi$

$$\omega_{rmax} \cdot \left[\frac{t_1}{2} + t_2 - t_1 + \frac{t_3 - t_2}{2} \right] = \omega_{rmax} \cdot \left[\frac{t_3 + t_2 - t_1}{2} \right] = \pi$$

$$\omega_{rmax} = \frac{2 \cdot \pi}{t_3 + t_2 - t_1} = \frac{2 \cdot \pi}{3 + 2,5 - 0,5} = \frac{2 \cdot \pi}{5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Q 7. Côté moteur avec le rapport de réduction du réducteur $k = \frac{\omega_r}{\omega_{mot}} = \frac{1}{107,7}$

$$\omega_{motmax} = \frac{107,7 \cdot 2 \cdot \pi}{5} \approx 135,34 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{soit} \quad N_{motmax} \approx 1292 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

III.B. Recherche du couple moteur maximal

Q 8. La liaison sphère- plan de normale (A_1, \vec{x}_{11}) a pour torseur $\{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^1\} = \begin{Bmatrix} X_{A1} \cdot \vec{x}_{11} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{A1}$

La liaison sphère- plan de normale (A_2, \vec{x}_{12}) a pour torseur $\{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^2\} = \begin{Bmatrix} X_{A2} \cdot \vec{x}_{12} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{A2}$

Le moment de ces 2 torseurs est nul au point d'application de leur action mécanique, ce sont donc des glisseurs.

Q 9. Le point I est le point d'intersection des normales (A_1, \vec{x}_{11}) et (A_2, \vec{x}_{12}) , le moment calculé en ce point pour chacun des torseurs reste nul.

$$\{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^1\}_I = \begin{Bmatrix} X_{A1} \cdot \vec{x}_{11} \\ \vec{0} \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad \{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^2\}_I = \begin{Bmatrix} X_{A2} \cdot \vec{x}_{12} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

La somme des 2 torseurs au point I reste donc un glisseur, I est donc un des points support de ce glisseur.

Q 10. La bielle S2 est soumise à 2 forces en D et B (liaisons pivots), son poids est négligé, donc la direction de ces forces suit la droite DB et elles sont de signes opposés.

$$\text{Son torseur en B s'exprime : } \{\mathcal{J}_{S_2 \rightarrow S_1}\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{F}_B \cdot \vec{x}_2 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

Q 11. On isole S1 et on fait le bilan des actions mécaniques extérieures (BAME).

Les actions mécaniques des 2 galets en A_1 et A_2 sont exprimées en I :

$$\{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^1\}_I = \begin{Bmatrix} X_{A1} \cdot \vec{x}_{11} \\ \vec{0} \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad \{\mathcal{J}_{S_0 \rightarrow S_1}^2\}_I = \begin{Bmatrix} X_{A2} \cdot \vec{x}_{12} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

$$\text{L'action mécanique de la bielle en B est : } \{\mathcal{J}_{S_2 \rightarrow S_1}\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{F}_B \cdot \vec{x}_2 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

L'action à distance de la pesanteur sur S1 au centre de gravité G est : $\{\mathcal{T}_{pes \rightarrow S1}\} = \begin{Bmatrix} -m \cdot g \cdot \vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_G$

On réduit ces 2 derniers torseurs au point I avec $\vec{IB} = L_2 \cdot \vec{x}_{12}$ et $\vec{IG} = x_G \cdot \vec{x}_0 + y_G \cdot \vec{y}_0$

Pour la bielle S2 : $\{\mathcal{T}_{S2 \rightarrow S1}\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ L_2 \cdot \vec{x}_{12} \wedge \vec{F}_B \cdot \vec{x}_2 \end{Bmatrix}_I = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ L_2 \cdot F_B \cdot \sin(\alpha_{12} - \alpha_2) \vec{z}_2 \end{Bmatrix}_I$

Pour le poids : $\{\mathcal{T}_{pes \rightarrow S1}\} = \begin{Bmatrix} -m \cdot g \cdot \vec{y}_0 \\ (x_G \cdot \vec{x}_0 + y_G \cdot \vec{y}_0) \wedge (-m \cdot g \cdot \vec{y}_0) \end{Bmatrix}_I = \begin{Bmatrix} -m \cdot g \cdot \vec{y}_0 \\ -x_G \cdot m \cdot g \cdot \vec{z}_0 \end{Bmatrix}_I$

L'inconnue F_B se déduit du PFS réduit au TMS en projection sur \vec{z}_0 en I avec $\vec{z}_2 = \vec{z}_0$:

$$\text{De } L_2 \cdot F_B \cdot \sin(\alpha_{12} - \alpha_2) - x_G \cdot m \cdot g = 0 \quad \text{on déduit} \quad \Rightarrow \quad F_B = \frac{x_G \cdot m \cdot g}{L_2 \cdot \sin(\alpha_{12} - \alpha_2)}$$

Q 12. Pour établir la relation du couple transmis par le réducteur on isole l'arbre de sortie du réducteur S3 et on fait le BAME sur S3.

Le couple moteur en E : $\{\mathcal{T}_{red \rightarrow S3}\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{red} \cdot \vec{z}_3 \end{Bmatrix}_E$

L'action de la bielle S2 en D : $\{\mathcal{T}_{S2 \rightarrow S3}\} = \begin{Bmatrix} \vec{F}_D \cdot \vec{x}_2 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D$ avec $F_D = -F_B$

Réduction en E avec $\vec{ED} = R \cdot \vec{x}_3$: $\{\mathcal{T}_{S2 \rightarrow S3}\} = \begin{Bmatrix} -F_D \cdot \vec{x}_2 \\ R \cdot \vec{x}_3 \wedge (-F_D \cdot \vec{x}_2) \end{Bmatrix}_E = \begin{Bmatrix} -F_B \cdot \vec{x}_2 \\ -R \cdot F_B \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_2) \vec{z}_2 \end{Bmatrix}_E$

TMS en projection sur \vec{z}_0 en E avec $\vec{z}_2 = \vec{z}_0$: $C_{red} - R \cdot F_B \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_2) = 0$

$$\text{Soit :} \quad C_{red} = R \cdot F_B \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_2)$$

Q 13. On remplace F_B par son expression : $C_{red} = R \cdot \frac{x_G \cdot m \cdot g}{L_2 \cdot \sin(\alpha_{12} - \alpha_2)} \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_2)$

AN avec $\alpha_3 = 91^\circ$; $\alpha_2 = 3^\circ$; $\alpha_{12} = 108^\circ$

$$C_{red} = 0,086 \cdot \frac{0,506 \cdot 80,9,81}{0,14 \cdot \sin(105^\circ)} \cdot \sin(88^\circ) \approx 252,4 \text{ N.m}$$

Q 14. Couple transmis par le moteur avec réducteur de rendement égal à 1.

$$C_{red} \cdot \omega_r = C_m \cdot \omega_{mot} \Rightarrow C_m = C_{red} \frac{\omega_r}{\omega_{mot}} = C_{red} \cdot k = \frac{252,4}{107,7} \approx 2,34 \text{ N.m}$$

III.C. Validation du choix de motorisation et caractéristiques du variateur

Q 15. Puissance mécanique instantanée :

$$p(t) = C_m \cdot \omega_{mot}$$

$$p(t_1 = 0,5 \text{ s}) = 2,34 \cdot 135,3 \approx 317 \text{ W}$$

$$p(t_4 = 5,5 \text{ s}) = -2,34 \cdot 135,3 \approx -317 \text{ W}$$

La machine est correctement dimensionnée :

- en couple ($C_n = 4,9 \text{ N.m} > C_m$),
- en vitesse ($N_n = 1430 \text{ tr. min}^{-1} > N_{mmax} = 1292 \text{ tr. min}^{-1}$)
- en puissance ($P_n = 730 \text{ W} > 317 \text{ W}$).

Q 16. :

- pour $t \in [0; 3\text{s}]$ la machine transforme la puissance électrique en puissance mécanique elle est en mode moteur.
- pour $t \in [5\text{s}; 8\text{s}]$ la machine transforme la puissance mécanique en puissance électrique, elle est en mode générateur.

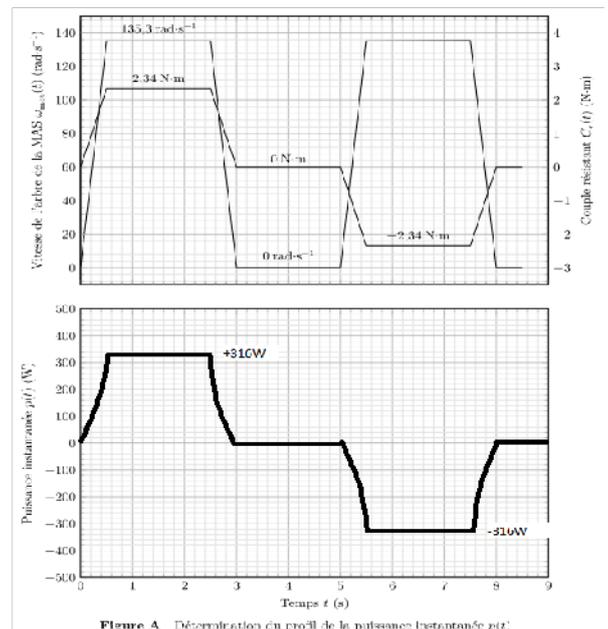
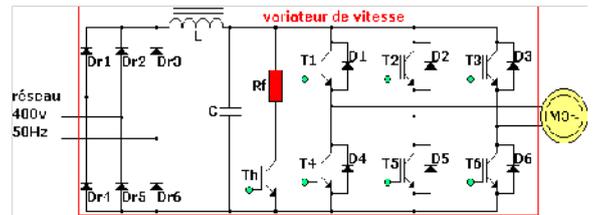


Figure A Détermination du profil de la puissance instantanée $p(t)$

Q 17.

Le variateur doit être réversible en puissance.
 En réalité pour ce niveau de puissance (730 W), il doit posséder un freinage rhéostatique.
 Sa structure type est donnée ci-contre avec Rf résistance dissipatrice en mode générateur.



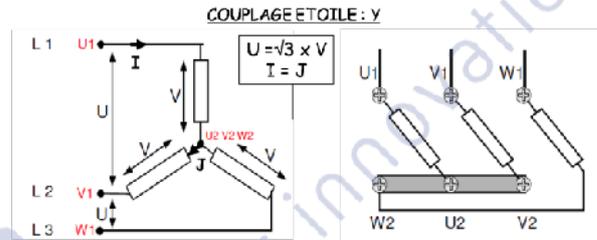
Source Sitelec / P.Abati

IV. Paramétrage du variateur de vitesse associé à la machine asynchrone

IV.B. Détermination des valeurs des paramètres du schéma équivalent d'un enroulement statorique

Q 18. Tension V aux bornes d'un enroulement et couplage au réseau

- Moteur bi-tension 230/400 V, la plus petite des tensions est celle supportée par l'enroulement. $V = 230 V$
- Réseau triphasé 400 V entre phases, **couplage étoile** pour obtenir $V = 230 V$ aux bornes d'un enroulement.



Q 19. Machine asynchrone, glissement faible :

- Nombre de paires de pôles $p : N_n \sim N_s = \frac{60.f}{p} \Rightarrow p \sim \frac{60.f}{N_n} = \frac{60.50}{1430} = 2,1$ et entier donc $p = 2$
- Vitesse de synchronisme : $N_s = \frac{60.f}{p} = \frac{60.50}{2} = 1500 \text{ tr. min}^{-1}$

Q 20. Expression du couple moteur C_m

Si on néglige les pertes mécaniques au rotor, $C_m = C_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega_s}$ avec $\Omega_s = \frac{\omega}{p}$

La puissance transmise au rotor est localisée dans l'élément R/g du modèle et s'exprime pour l'ensemble des 3 enroulements par $P_{tr} = 3 \cdot I^2 \cdot \frac{R}{g}$ avec $I^2 = \frac{V^2}{(R/g)^2 + X^2}$.

On obtient bien : $C_m = C_{em} = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{R/g}{(R/g)^2 + X^2}$ ou aussi $C_m = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{R.g}{R^2 + (X.g)^2}$

Q 21. Recherche des extrema de $C_m(g)$.

$$\frac{dC_m}{dg} = 0 \Rightarrow R[R^2 + (X.g)^2] - R.g(2X^2.g) = 0 \Rightarrow \text{Vérfié pour } g_{max} = \pm \left(\frac{R}{X}\right)$$

On retient le signe positif pour le fonctionnement en moteur.

$$\text{En reportant } \Rightarrow C_{max} = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{1}{2.X}$$

Q 22. Le constructeur donne $\frac{C_{max}}{C_n} = 2,6$ et $C_n = 4,9 \text{ N.m} \Rightarrow C_{max} = 12,74 \text{ N.m}$

$$\text{On établit : } X = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{1}{2.C_{max}} = \frac{3.230^2}{50.\pi} \frac{1}{2.12,74} \approx 39,65 \Omega \Rightarrow L = \frac{X}{2.\pi.f} = \frac{39,65}{2.\pi.50} \approx 0,126 \text{ H}$$

Q 23. Au démarrage $g = 1$ donc on déduit $C_d = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{R}{R^2 + X^2}$

Q 24. $C_d = 1,16.C_n = 5,684 \text{ N.m}$

R est solution de : $C_d (R^2 + X^2). \Omega_s - 3.R.V^2 = 0$

$$\text{Soit : } 892,8.R^2 - 158700.R + 1403655 = 0$$

Les solutions sont $R \approx 9,33 \Omega$ et $R' \approx 168,4 \Omega$

On retient $R \approx 9,33 \Omega$ (On donne $R = 9,3 \Omega$ plus loin dans le sujet)

IV.C. Détermination du couple résistant $C_r(\omega_{mot})$ exercé par le basculeur sur l'arbre du moteur

Hypothèse des petits glissements pour la caractéristique utile du couple moteur $\Rightarrow C_m = \frac{3.p.V^2}{\omega.R} . g$

Q 25. Le couple résistant est visqueux de la forme $C_r(t) = K_r . \omega_{mot}(t)$

De la figure 15 on déduit, les caractéristiques étant affines, $K_r = \frac{2,34}{135,3} \approx 1,73 . 10^{-2} N . m . s$

IV.D. Détermination de la valeur de réglage du paramètre fréquence du variateur (F_{par}) par résolution simplifiée

Q 26. PFD réduit au TMD sur l'arbre du moteur ou relation issue du « théorème énergie puissance »

$$J_e . \frac{d\omega_{mot}}{dt} = C_m(t) - C_r(t)$$

En régime établi à vitesse constante : $\frac{d\omega_{mot}}{dt} = 0 \Rightarrow C_m(t) = C_r(t)$

Q 27. Calcul de la pulsation pour obtenir $\omega_{mot} = 135,3 \text{ rad} . s^{-1}$.

A ce stade on dispose de l'égalité : $C_m(t) = C_r(t) \Rightarrow \frac{3.p.V^2}{\omega.R} . g = K_r . \omega_{mot} = K_r . (1 - g) . \omega / p$

$$\text{Avec } g = \frac{\frac{2.\pi.f}{p} - \omega_{mot}}{\frac{2.\pi.f}{p}} = \frac{2.\pi.f - \omega_{mot}.p}{2.\pi.f} \Rightarrow C_m(t) = \frac{3.p.V^2}{R.(2.\pi)^2.f^2} . (2.\pi.f - \omega_{mot}.p)$$

Ici le sujet est imprécis, une solution classique est de supposer le rapport $\frac{V}{f}$ constant et égal à celui du point nominal soit $\frac{V_n}{f_n} = \frac{230}{50}$, puisque l'on néglige les imperfections du stator.

$$\text{Alors } C_m(t) = \frac{3.2.230^2}{9,3.(2.\pi)^2.50^2} . (2.\pi.f - 135,3.2) \approx 2,34 N . m$$

Il vient $f \approx 44,18 \text{ Hz} \Rightarrow F_{par} \approx 44,18 \text{ Hz}$ (résolution simplifiée)

IV.E. Détermination de la valeur de réglage du paramètre fréquence (F_{par}) par résolution numérique (Python)

Q 28. $C_{max} = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{1}{2.X}$ avec $\Omega_s = \frac{\omega}{p} = \frac{2.\pi.f}{p}$ et $X = 2.\pi.f.L$

$$C_{max} = \frac{V^2}{f^2} \frac{3.p}{2.L.(2.\pi)^2} = K . \left(\frac{V}{f}\right)^2 \text{ le couple maximal est proportionnel au carré du rapport } \left(\frac{V}{f}\right).$$

Au point nominal $V = 230 \text{ V}$ et $f = 50 \text{ Hz}$ d'où $K_f = \frac{V}{f} = \left(\frac{230}{50}\right) = 4,6 \text{ V} . s$

Q 29. $C_m = \frac{3.V^2}{\Omega_s} \frac{R.g}{R^2 + (L.2.\pi.f.g)^2}$ avec $\Omega_s = \frac{2.\pi.f}{p}$; $K_f = \frac{V}{f}$; $g = \frac{\frac{2.\pi.f}{p} - \omega_{mot}}{\frac{2.\pi.f}{p}} = \frac{2.\pi.f - \omega_{mot}.p}{2.\pi.f}$

On obtient après simplification et mise en forme : $C_m = K_f^2 . \frac{3.p}{(2.\pi)^2} . \frac{R.(2.\pi.f - \omega_{mot}.p)}{R^2 + L^2.(2.\pi.f - \omega_{mot}.p)^2}$

Q 30. Résultat de la fonction f en ligne : « return Cm - Cr » qui doit converger vers une valeur inférieure à l'écart « epsilon » fixé dans la fonction « dichotomie ».

Q 31. Programme complété sur DR (voir page suivante et fichier Python en PJ).

Son exécution fournit : $F_{par} \approx 44,154 \text{ Hz}$ (résolution par dichotomie à 3 décimales)

Q 32. On relève sur le document réponse, figure C, le point d'intersection recherché par la fonction « dichotomie » du programme.

$$C_m = C_r \approx 2,34 N . m \text{ pour } \omega_{mot} \approx 135,3 \text{ rad} . s^{-1}$$

En utilisant la relation établie en Q 29, on trouve $F_{par} \approx 44,15 \text{ Hz}$ (résultat de l'exécution du programme).

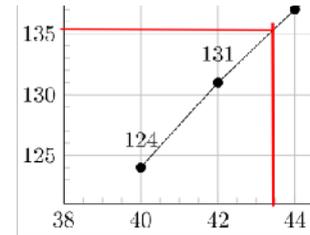
IV.E. Détermination de la valeur de réglage du paramètre fréquence (F_{par}) par simulation du modèle acausal de la chaîne d'énergie du basculeur

Q 33. Paramètre « Gear Box $\Rightarrow k = \frac{1}{107,7}$ et le paramètre « Rotational Damper » se trouve ici après le

réducteur $\Rightarrow \frac{K_f}{k} = 107,7.1,73 . 10^{-2} = 8,32 N . m . s$

Q 34. Lecture directe du graphe de la figure 19 :

On relève pour $\omega_{mot} = 135,3 \text{ rad.s}^{-1}$, $F_{par} = 43,4 \text{ Hz}$



IV.F. Synthèse des résultats

Q 35. Tableau des résultats obtenus pour F_{par} (Hz) et écarts relatifs en %

Résolution simplifiée	Résolution numérique (Python)	Résolution par modèle acausal	L'écart relatif est exprimé en % par rapport au modèle acausal
$\approx 45,18 \text{ Hz}$	$\approx 44,154 \text{ Hz}$	$\approx 43,4 \text{ Hz}$	
$\approx +4,10 \%$	$\approx +1,74 \%$	0%	

V Conclusions

Q 36. Le résultat simulé par le modèleur volumique figure 20 s'éloigne du profil simplifié en trapèze et modifierait donc le calcul de F_{par} .

Q 37. Un procédé de calcul fin nécessiterait de modéliser :

- la machine asynchrone et ses imperfections statoriques d'une part, la variation de la résistance R du rotor rapportée au stator en fonction du glissement d'autre part.
- de prendre en compte les phénomènes inertiels, négligés ici et la relation exacte entre le couple résistant exercé sur l'arbre de la machine par le basculeur et la vitesse du moteur.

Les méthodes de résolution numérique ou acausale permettraient, en décrivant point par point le couple exercé par le basculeur et rapporté sur l'arbre de la machine (tableau de valeurs $C_r = f(\omega_{mot})$ ou description de la relation sous forme d'un polynôme approché), d'obtenir un résultat plus proche de la réalité, au modèle approximatif de la machine asynchrone près.

Le lien entre la simulation du modèleur et la simulation de l'ensemble motorisé peut aussi être effectué par un logiciel multiphysique permettant ce couplage.

```

1  # -*- coding: utf-8 -*-
2  """
3  Created on Sat May  5 08:01:06 2018
4
5  @author: JC
6  """
7  import math as m
8  import matplotlib as plt
9
10 # Recherche par dichotomie
11 def dichotomie(f, vmin, vmax, epsilon):
12     while (vmax - vmin) >= epsilon:
13         vmed = (vmax + vmin)/2
14         if f(vmin) * f(vmed) <= 0:
15             vmax = vmed
16         else:
17             vmin = vmed
18     return (vmin + vmax)/2
19
20 # Valeur de la tension appliquée à chaque enroulement de la MAS en V
21 V = 230
22 # Nombre de paires de pôles de la MAS
23 p = 2 # Q19
24 # Valeur de la résistance rotorique ramenée au stator pour chacun des
25 # enroulements de la MAS en Ohms
26 R = 9.3 # Q24 ou Q27
27 # Valeur de la réactance rotorique ramenée au stator pour chacun des
28 # enroulements de la MAS en Ohms
29 X = 39.65 #Q 22
30 # Valeur de l'inductance rotorique L ramenée au stator pour chacun
31 # des enroulements de la MAS en H
32 L = X/(2*m.pi*50)
33
34 # Valeur de la vitesse de l'arbre de la MAS en régime établi (point
35 # de fonctionnement) en rad/s
36 omegamot = 135.3 #Vitesse recherchée
37 # Valeur du coefficient de frottement visqueux de la charge N.m.s
38 Kr = 0.017295 #Q25
39 # Valeur du coefficient Kf imposé par la commande à V/f constant du
40 # variateur de vitesse (Kf en V/Hz)
41 Kf = 4.6 #Q28
42
43 # Définition de la fonction dont on cherche le 0. On note F en Hz
44 # la fréquence de la tension appliquée à chacun des enroulements.
45 def f(F):
46     # Expression du couple moteur Cm
47     Dw = (2*m.pi*F-omegamot*p) #Q29 Dw = p x écart de vitesse rotor synchro
48     Cm = (Kf**2)*((3*p)/(2*m.pi)**2)*(R*Dw)/(R**2+(L**2*Dw**2))
49     # Expression du couple résistant Cr
50     Cr = Kr*omegamot #Q25
51     return Cm - Cr #Q30
52 # Définitions de a et b (qui sont les bornes de recherche du zéro)
53 a = 1
54 b = 50
55 # Définition de la précision de calcul
56 epsilon = 0.001
57 # Exécution de la fonction dichotomie
58 Fpar = dichotomie(f, a, b, epsilon)
59 # Affichage du résultat de la fréquence à paramétrer dans le variateur
60 print("Fpar = ", round(Fpar, 3), "Hz") #Arrondi du résultat à 3 décimales

```

Affichage du résultat :

Fpar = 44,154Hz