

**LE PONT DE COULÉE 65T DES FONDERIES DE  
SAINT GOBAIN P.A.M : correction de l'épreuve E4.1.**

A.1. Détermination de la durée d'un cycle de déplacement en translation

A.1.1.  $a = dv/dt = \mathbf{0,14 \text{ m/s}^2}$

A.1.2.  $x = \frac{1}{2} a t^2 = \mathbf{3,5m}$

A.1.3. Distance de freinage  $d_f = \mathbf{3,5 \text{ m}}$

A.1.4. Distance parcourue à vitesse constante :  $d_{ct} = 20-7 = \mathbf{13 \text{ m}}$ .

A.1.5.  $(t_2-t_1) = \mathbf{13 \text{ s}}$ .

A.1.6. Tableau document réponse

A.1.7. La durée totale du cycle est de :  $27+17+47+17+17+57 = \mathbf{182s \text{ soit environ } 3\text{min}}$ .

A.2. Performances en régime établi : puissance et couple des moteurs de translation

A.2.1.  $\Omega_G = Vp/r_G ; \Omega_G = \mathbf{2,5 \text{ rad/s}}$

A.2.2.  $\Omega_M = r . \Omega_G ; \Omega_M = \mathbf{99 \text{ rad/s}}$  soit  $\mathbf{945 \text{ tr/min}}$

A.2.3.  $F = e M_p g_p ; \mathbf{F = 3,53 \text{ kN}}$

A.2.4.  $F' = F/2 = 1,76 \text{ kN}$  par galet moteur ;  $T_G = F' . r_G ; \mathbf{T_G = 706 \text{ Nm}}$

A.2.5.  $P_G = F' . v = T_G \Omega_G ; \mathbf{P_G = 1,75 \text{ kW}}$

A.2.6.  $P_M = P_G / \eta_r ; \mathbf{P_M = 1,88 \text{ kW}}$

A.2.7.  $T_M = P_M / \Omega_M ; \mathbf{T_M = 19 \text{ Nm}}$

A.3. Performances dynamiques : couple de démarrage.

A.3.1.  $\mathbf{J d\Omega/dt = Tu - Tr}$  ( $T_u$  : moment du couple utile)

A.3.2.  $T_d = J d\Omega/dt + Tr = \mathbf{84 \text{ Nm}}$

A.3.3.  $J d\Omega/dt = 130 \text{ Nm}$  et  $T_d = \mathbf{149 \text{ Nm}}$

B.1. Démarrage du moteur

B.1.1.  $\Omega_s = \mathbf{104,7 \text{ rad.s}^{-1}}$ .

B.1.2.  $I_r = \frac{V}{\sqrt{(Rr/g)^2 + Xr^2}} ;$

B.1.3. B.1.3.1.  $I_r = \mathbf{13,5 \text{ A}}$  au démarrage

B.1.3.2.  $I_r = \mathbf{27 \text{ A}}$  au freinage en contremarche

B.1.4. B.1.4.1.  $T_{em} = \frac{3}{\Omega_s} (Rr/g) I_r^2$

B.1.4.2.  $T_{em} = \mathbf{89 \text{ Nm}}$  au démarrage et  $T_{em} = \mathbf{177 \text{ Nm}}$  au freinage

B.1.5. Pour  $t_d = 3,5 \text{ s}$  :

$I_r = \mathbf{23A}$  et  $T_{em} = \mathbf{151 \text{ Nm}}$  au démarrage

$I_r = \mathbf{46A}$  et  $T_{em} = \mathbf{303 \text{ Nm}}$  au freinage

B.1.6. Le patinage est inévitable au moment du freinage ; la solution ne convient pas.

B.2. Etude des moteurs en régime établi

B.2.1.  $n_s = \mathbf{1 \text{ 000 tr/min}}$  ( $\Omega_s = \mathbf{104,7 \text{ rad/s}}$ ) ; 6 pôles ;  $p = \mathbf{3}$

B.2.2.  $g = (n_s - n) / n_s ; \mathbf{g = 5,5\%}$

B.2.3.  $T_u = P_u / \Omega_M ; \mathbf{T_u = 222 \text{ Nm}}$

B.2.4. Le moteur asynchrone fonctionne pratiquement à vide pour  $T_u = 19 \text{ Nm}$ .

B.2.5.  $P_u = T_r . \Omega_M = \mathbf{1,88 \text{ kW}}$

B.2.6.  $P_{TR} = P_u / (1-g)$  (pertes mécaniques négligées) ;  $\mathbf{P_{TR} = 1,99 \text{ kW}}$

B.2.7.  $P_a = P_{TR} + P_{FS}$  ;  $\mathbf{P_a = 1,99 \text{ kW}}$  car  $P_{FS}$  (pertes fer stator) est négligé.

B.2.8. Les pertes :  $P_p = P_a - P_u ; P_p = 110W$

B.2.9. Il s'agit des **pertes par effet joule au rotor** ( que l'on peut calculer par  $P_{JR} = g P_{TR}$ )

B.3. Étude énergétique de la solution actuelle.

B.3.1.  $W_c = \frac{1}{2} M_p V^2 = \mathbf{45 \text{ kJ}}$

B.3.2. B.3.2.1.  $g = \mathbf{1}$

B.3.2.2. de  $g_i = 1$  à  $g_f = 0,055$  ,  $W_r = - J \Omega_s^2 (g_f^2 - 1^2) / 2 ; W_r = \mathbf{25 \text{ kJ}}$ .

B.3.2.3. Au démarrage, le réseau doit fournir :  $W_d = 2 \times W_r + W_c = \mathbf{95 \text{ kJ}}$

B.3.2.4.  $g = 1$

B.3.2.5.  $W_f = (- J \Omega s^2 (1^2 - 2^2)/2) \times 2$  ;  $W_f = 151 \text{ kJ}$  pour les deux moteurs

B.3.2.6.  $W_{fr} = W_f - W_C = 105 \text{ kJ}$

B.4. Bilan énergétique sur un cycle de fonctionnement

B.4.1. Il y a 6 phases de démarrage :  $W_{dT} = 6 \times 90 \text{ kJ} = 570 \text{ kJ}$

B.4.2. Il y a 6 phases de freinage :  $W_{frT} = 6 \times 90 \text{ kJ} = 630 \text{ kJ}$

B.4.3.  $W_{et} = 2 \times P_{JR} \times 100 = 390 \text{ kJ}$

B.4.4.  $W_{tot} = W_{dT} + W_{frT} + W_{et} = 1590 \text{ kJ}$

B.4.5. Les phases de **démarrage et de freinage** sont les plus consommatrices d'énergie.

C.1. Puissances de freinage et de démarrage :

C.1.1. voir document réponse

C.1.2. C.1.2.1.  $P_{frmax} = 11,6 \text{ kW}$

C.1.2.2.  $P_{frmoy} = 11,2/2 = 5,8 \text{ kW}$

C.1.3. Puissance mécanique moyenne au démarrage :  $P_{md} = 15/2 = 7,5 \text{ kW}$

Puissance absorbée :  $P_d = P_{md}/\eta_d = 12,5 \text{ kW}$

C.1.4. voir document réponse

C.2. Constitution du variateur de vitesse - Réversibilité.

C.2.1. voir document réponse

C.2.2. C.2.2.1. Le pont de diodes **n'est pas réversible**

C.2.2.2. L'énergie renvoyée par la machine est bloquée au niveau du pont redresseur à diodes. Le condensateur emmagasine une partie de cette énergie ; comme  $W = \frac{1}{2} C U_0^2$  sa tension augmente.

C.2.2.3. Si on ferme  $T_F$ , le condensateur peut se décharger à travers la résistance de freinage  $R_F$  et sa tension diminue.

C.2.2.4.  $W_{cond} = W = \frac{1}{2} C U_{0max}^2 - \frac{1}{2} C U_{0min}^2 = 327 \text{ J}$ .

C.2.2.5.  $N = 45\,000/3,5 = 138 \text{ cycles}$ .

C.2.2.6.  $f_H = 138/3,5 = 39,4 \text{ Hz}$  soit  $T_H = 25,4 \text{ ms}$

C.2.2.7.  $P_{moy} = W_{cond} / T_H = 12,9 \text{ kW}$

C.2.3. Le réseau doit fournir de la puissance active aux machines au démarrage, et en **régime établi**.

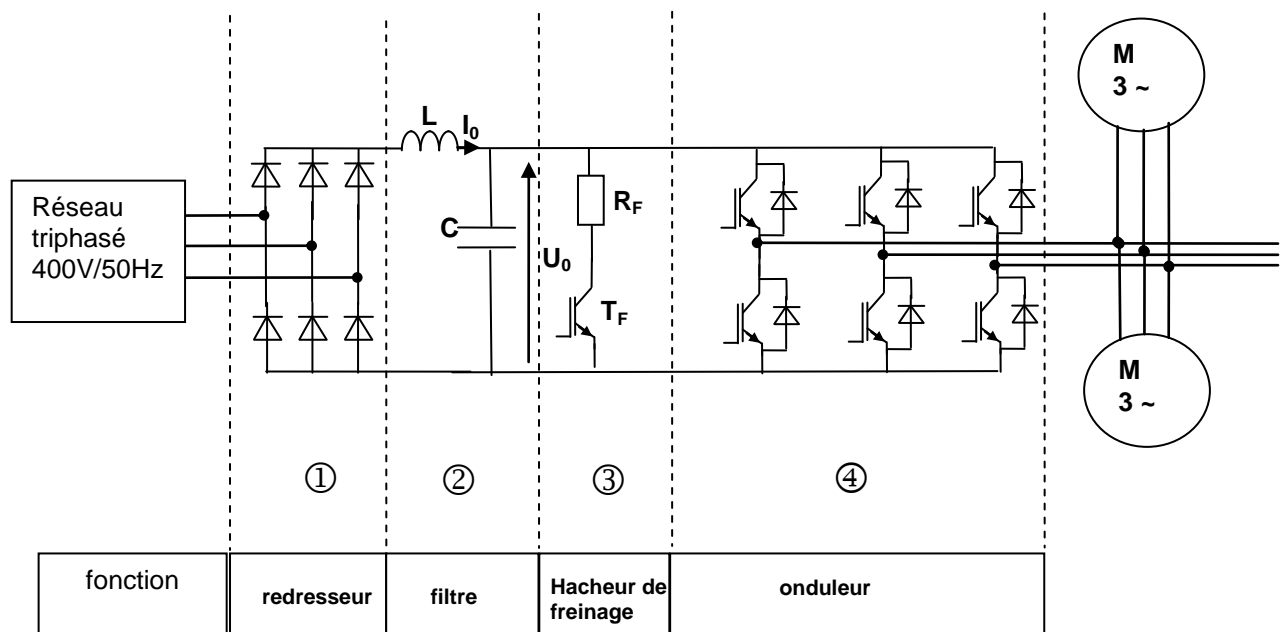
C.3. Consommation énergétique

C.3.1.  $W_{tot} = W_d + W_{et} = 963 \text{ kJ}$  par cycle.

C.3.2. Pour les phases de démarrage et en régime établi, il y a peu de différence entre les deux solutions. Par contre à chaque cycle, on économise 630 kJ au freinage. La diminution de consommation est d'environ 40%.

## DOCUMENT RÉPONSE 1

ETAPE	durée accélération + freinage	Distance parcourue à vitesse constante	Durée de la phase à vitesse constante	durée totale de l'étape
<b>1</b>	$7s+7s=14s$	13 m	13 s	27s
<b>2</b>	14s	3 m	3 s	17s
<b>3</b>	14s	33 m	33 s	47s
<b>4</b>	14s	3 m	3 s	17s
<b>5</b>	14s	3 m	3 s	17s
<b>6</b>	14s	43 m	43 s	57s



**DOCUMENT REPONSE**

**Les proportions ne sont pas scrupuleusement respectées**

