

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

"Four de traitement thermique"

Avant-projet

Corrigé

QA :	(13 points)	2 h 35 min.
QB :	(5 points)	1 h
QC :	(5 points)	1 h
QD :	(10 points)	2 h
QE :	(7 points)	1 h 25 min.

Note globale : / 40 points

BARÈME

CHAPITRE		POINTS/40
GM	QA	13
GE	QB	5
GE	QC	5
GE	QD	10
GE	QE	7

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QA-1 :

phase 1 (t1)	<i>accélération en descente</i>
phase 2 (t2)	<i>vitesse constante en descente</i>
phase 3 (t3)	<i>décélération en descente. Arrivée dans la fosse de trempe.</i>
phase 4 (t4)	<i>accélération en montée</i>
phase 5 (t5)	<i>vitesse constante en montée</i>
phase 6 (t6)	<i>décélération en montée</i>

QA-2 :

<i>Relations utilisées</i>	<i>Données</i>	<i>Résultats</i>
relation liant Vitesse 1, a_{t1} et $t1$ $Vitesse\ 1 = a_{t1} \cdot t1$ $t1 = Vitesse\ 1 / a_{t1}$	Vitesse 1 = - 2,5 $a_{t1} = - 3,5$	$t1 = 0,714\ s$
relation liant x_1 , a_{t1} et $t1$ $x_1 = 0,5 \cdot a_{t1} \cdot t1^2$		$x_1 = -0,893\ m$
relation liant Vitesse 1, a_{t3} et $t3$ $a_{t3} = - Vitesse\ 1 / t3$ $t3 = - Vitesse\ 1 / a_{t3}$	$a_{t3} = + 3$	$t3 = 0,833\ s$
relation liant x_3 , a_{t3} et $t3$ $x_3 = 0,5 \cdot a_{t3} \cdot t3^2 + (Vitesse\ 1 \cdot t3)$		$x_3 = -1,042\ m$
$x_2 = -10,18 + 0,893 + 1,042$	$x_1 + x_2 + x_3 = -10,18\ m$	$x_2 = -8,245\ m$
relation liant Vitesse 1, x_2 et $t2$ $t2 = x_2 / Vitesse\ 1$		$t2 = 3,298\ s$
<p>Conclusion : $t_{TOTAL} = 0,714 + 0,833 + 3,298 = 4,845\ s$ $t_{TOTAL} < 7\ s$ <i>Le système répond au cahier des charges.</i></p>		

CORRIGÉ

CODE : EQVAP	FEUILLE RÉPONSE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2002
--------------	-----------------	-------------------------------------	--------------

QA-3 :

- n_m : fréquence de rotation moteur en tr.mn^{-1}
- θ'_m : vitesse angulaire moteur en rad.s^{-1}
- θ'_{tamb} : vitesse angulaire tambour en rad.s^{-1}
- v : vitesse linéaire du palonnier en m.s^{-1}

Relations utilisées	Données	Résultats
Relation liant θ'_{tamb} , v et R_t $\theta'_{\text{tamb}} = v / R_t$	$k = 15,1$ $R_t = 0,25 \text{ m}$ $v = 2,5 \text{ m/s}$	$\theta'_{\text{tamb}} = 10 \text{ rad/s}$
Relation liant θ'_m , k , v et R_t $\theta'_m = k \cdot v / R_t$		$\theta'_m = 151 \text{ rad/s}$
Relation liant n_m , k , v et R_t $n_m = (30/\pi) \cdot k \cdot v / R_t$		$n_m = 1442 \text{ tr/mn}$

QA-4 :

- θ''_m : accélération angulaire moteur en rad.s^{-2}
- θ''_{tamb} : accélération angulaire tambour en rad.s^{-2}
- a_t : accélération linéaire du palonnier en m.s^{-2}

Relations utilisées	Données	Résultats
Relation liant θ''_{tamb} , a_t et R_t $\theta''_{\text{tamb}} = a_t / R_t$	$a_{t1} = -3,5$	phase 1 $\theta''_m = -211,4 \text{ rad/s}^2$
	$a_{t2} = 0$	phase 2 $\theta''_m = 0$
	$a_{t3} = +3$	phase 3 $\theta''_m = 181,2 \text{ rad/s}^2$
Relation liant θ''_m , k , a_t et R_t $\theta''_m = k \cdot a_t / R_t$	$k = 15,1$	phase 4 $\theta''_m = 211,4 \text{ rad/s}^2$
	$R_t = 0,25 \text{ m}$	phase 5 $\theta''_m = 0$
		phase 6 $\theta''_m = -181,2 \text{ rad/s}^2$

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QA-5 :

Crs =

$$Crs = M.(g + a_t). Rt$$

Crs =

$$a_t = Rt . \theta''m / k$$

$$Crs = M.(g + Rt.\theta''m/k).Rt$$

$$Crs = M.g.Rt + (M.(Rt)^2 / k).\theta''m$$

Creq =

$$Creq = Crs / k$$

CORRIGÉ

CODE : EQVAP	FEUILLE RÉPONSE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2002
--------------	-----------------	-------------------------------------	--------------

QA-6 :

	$\theta'' \text{ m rad.s}^{-2}$	Couple en sortie du réducteur : $C_{rs} = 3679 + 6,21.\theta'' \text{ m}$	Couple équivalent ramené sur l'arbre moteur : $C_{req} = C_{rs} / 15,1$	Couple moteur $C_m = C_{req} + (J_{mot} + J_{eq \text{ tamb}}).\theta'' \text{ m}$
phase 1 (t1)	-212	2362,48 Nm	156,46 Nm	156,46 + (0,83).(-212) = - 19,5 Nm
phase 2 (t2)	0	3679 Nm	243,64 Nm	243,64 Nm
phase 3 (t3)	182	4809,22 Nm	318,49 Nm	469,55 Nm
phase 4 (t4)	212	4995,5 Nm	330,83 Nm	506,79 Nm
phase 5 (t5)	0	3679 Nm	243,64 Nm	243,64 Nm
phase 6 (t6)	-182	2548,78 Nm	168,79 Nm	17,73 Nm

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QA-7 :

Pour la phase 4.

$$C_{max} = 506,79 \text{ Nm}$$

QA-8 :

C_{max} correspond au 2^{ème} cas : le moteur entraîne la charge.

QA-9 :

$$C_{req} = C_{rs} / (k \cdot \eta)$$

QA-10 :

Formule littérale utilisée :

$$C_{max} = C_{rs} / (k \cdot \eta) + (J_{eq} \cdot t_{amb} + J_{mot}) \cdot \theta''m$$

Calcul et résultat :

$$C_{max} = 4995 / (15,1 \cdot 0,75) + (0,08 + 0,75) \cdot 212$$
$$C_{max} = 617 \text{ Nm}$$

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QA-11 :

$$C_N = 355 \text{ Nm}$$

$$C_M / C_N = 2,5$$

$$C_M = 887,5 \text{ Nm}$$

QA-12 :

$$C_M = 887,5 \text{ Nm} > 1,3 \cdot C_{max} = 802,1 \text{ Nm}$$

$$C_N = 355 \text{ Nm} > C_{th} = 313 \text{ Nm}$$

*Le moteur LS 250 MP convient pour l'application.
(le moteur de taille inférieure LS225MR
ne satisfait à aucun des 2 critères)*

QA-13 :

La hauteur d'axe du nouveau moteur est de 250 mm

alors que la hauteur d'axe de l'ancien moteur était de 160 mm.

Il faut modifier le seuil pour le descendre de 90 mm.

CORRIGÉ

CODE : EQVAP	FEUILLE RÉPONSE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2002
--------------	-----------------	-------------------------------------	--------------

QB-1 :

$C_N = 355 \text{ Nm}$	$\cos\varphi_N = 0,87$
$I_N = 102 \text{ A}$	$\sin\varphi_N = 0,493$

Données	Développement du calcul	Résultat
(phase 1) $C_1 = -58 \text{ Nm}$ $t_1 = 0,71 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 58 / 355)^2)^{1/2}$	$I_1 =$ $52,3 \text{ A}$
(phase 2) $C_2 = 183 \text{ Nm}$ $t_2 = 3,30 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 183 / 355)^2)^{1/2}$	$I_2 =$ 68 A
(phase 3) $C_3 = 389 \text{ Nm}$ $t_3 = 0,83 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 389 / 355)^2)^{1/2}$	$I_3 =$ $109,5 \text{ A}$
(phase 4) $C_4 = 617 \text{ Nm}$ $t_4 = 0,06 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 617 / 355)^2)^{1/2}$	$I_4 =$ $162,2 \text{ A}$
(phase 5) $C_5 = 325 \text{ Nm}$ $t_5 = 25,79 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 325 / 355)^2)^{1/2}$	$I_5 =$ $95,5 \text{ A}$
(phase 6) $C_6 = 75 \text{ Nm}$ $t_6 = 0,07 \text{ s}$	$((102 \cdot 0,493)^2 + (102 \cdot 0,87 \cdot 75 / 355)^2)^{1/2}$	$I_6 =$ $53,7 \text{ A}$

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QB-2 :

l_{th} :

$$\begin{aligned} \text{somme des } l_i^2 \cdot t_i &= (52,3)^2 \cdot 0,71 + (68)^2 \cdot 3,30 + (109,5)^2 \cdot 0,83 \\ &+ (162,2)^2 \cdot 0,06 + (95,5)^2 \cdot 25,79 + (53,7)^2 \cdot 0,07 \\ &= 264145 \end{aligned}$$

$$\text{somme de } t_i = 0,71 + 3,30 + 0,83 + 0,06 + 25,79 + 0,07 = 30,76 \text{ s}$$

$$l_{th} = (264145 / 30,76)^{1/2} = 92,67 \text{ A}$$

QB-3 :

Choix variateur et justification :

*Le choix se porte a priori sur un UMV4301 60 T : Invar = 96 A
car Invar > l_{th} = 92,67 A.*

*Les surcharges sont l₃ = 109,5 A pendant 0,87 s
et l₄ = 162,2 A pendant 0,06 s*

or le variateur accepte 169,5 A pendant 4s,

donc le variateur UMV4301 60 T convient.

QB-4 : *Utilisation d'un codeur pour une meilleure maîtrise de T à vitesse nulle (DTS).
Ce contrôle vectoriel de flux nécessite une entrée codeur sur le variateur.*

CORRIGÉ

CODE : EQYAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QC-1 :

Energie potentielle :

$$m.g.h = 1500.9,81.10,18 = 149\,798,7\text{ J}$$

Valeur en euro :

$$1\text{ kWh} = 3\,600\,000\text{ J}$$

$$(149\,798,7 \cdot 2 / 3\,600\,000) \cdot 0,1 \cdot 24 = 0,2\text{ euro}$$

Conclusion :

C'est une valeur négligeable qui justifie de ne pas faire appel à un système de récupération d'énergie comme cela était possible en continu. Cette énergie sera dissipée dans une résistance de freinage.

QC-2 :

Justification choix RF22500T :

Pour les calibres 60T à 120 T, il faut $R_{min} = 5\Omega$, ce qui est le cas pour toutes les résistances proposées.

$$\text{Puissance moyenne sur un cycle} = 115600 / 30 = 3,85\text{ kW}$$

*Le choix de la résistance **RF 22500 T** convient car*

$$\text{sa puissance thermique} = 22500\text{ W} > 3,85\text{ kW}$$

$$\text{et la puissance crête} = 103680\text{ W} > P_{MAX} = 58,74\text{ kW}$$

(plusieurs résistances de calibre inférieur conviennent par leur puissance thermique, mais la puissance crête est insuffisante : le fait d'avoir $R = 10\Omega$ n'autorise que 51480 W en crête)

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

QC-3 :

<p>Référence relais thermique :</p> <p>LRD 3361 (55..70A) ou LRD 3363 (63..80A)</p>	<p>Réglage :</p> <p>$I_r = 67 A$</p>
---	---

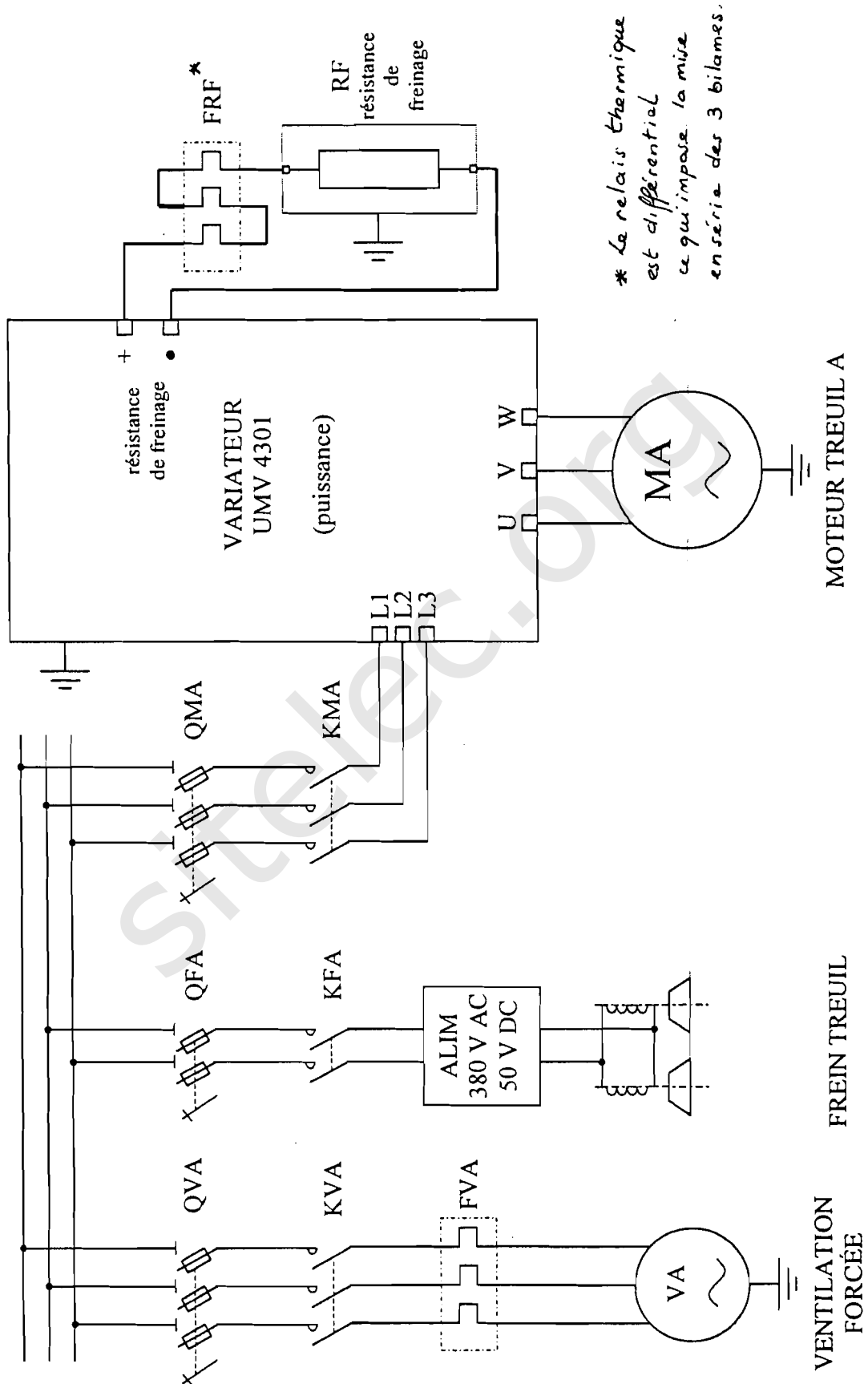
QC-4 : (câbles moteur)

<p>Courant d'emploi I_z : 124 A (UMV 4301 75T imposé)</p>	
<p>Lettre de sélection : C</p>	<p>K_2 : 0,85</p>
<p>K_1 : 1</p>	<p>K_3 : 0,87</p>
<p>I_z' : $I_z' = \frac{I_z}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$ $124 / 0,85 \cdot 0,87 = 167,7 A$</p>	<p>Choix section :</p> <p>50 mm² cuivre</p>

CORRIGÉ			
CODE : EQVAP	FEUILLE RÉPONSE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2002

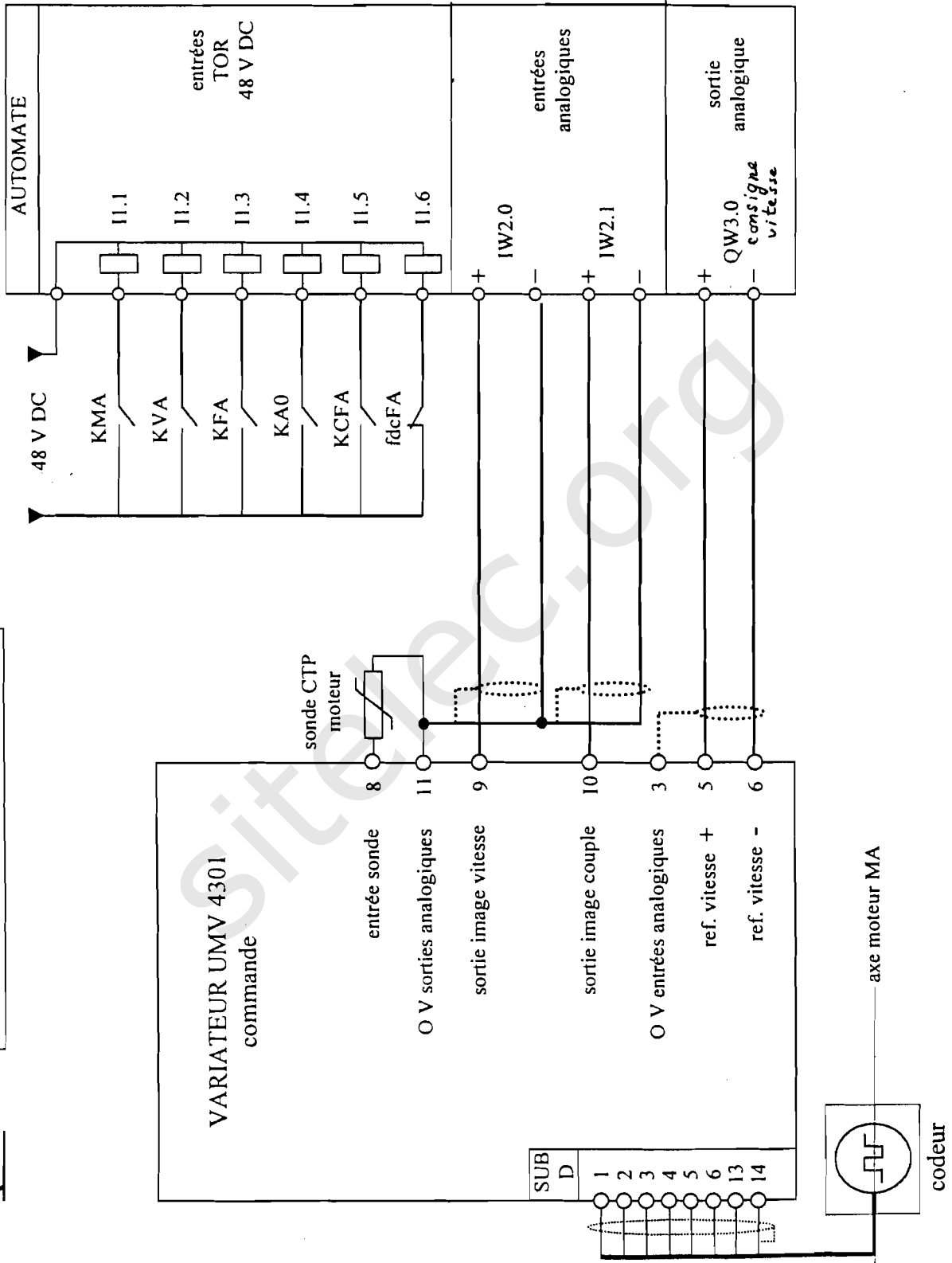
TREUIL A : PUISSANCE

QD-1 :



QD-1:

TREUIL A : COMMANDE 1/2



CORRIGÉ

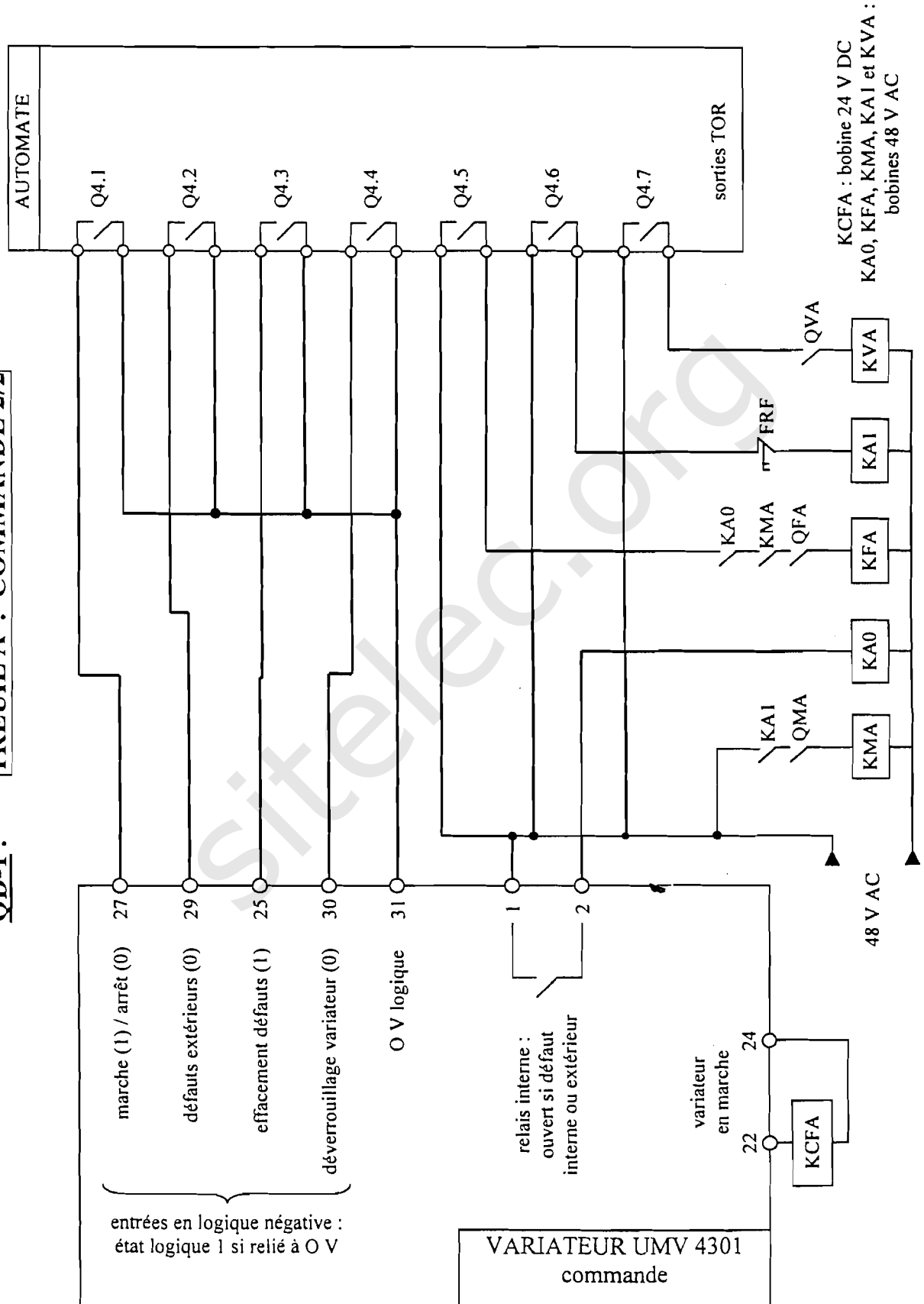
CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET

SESSION 2002

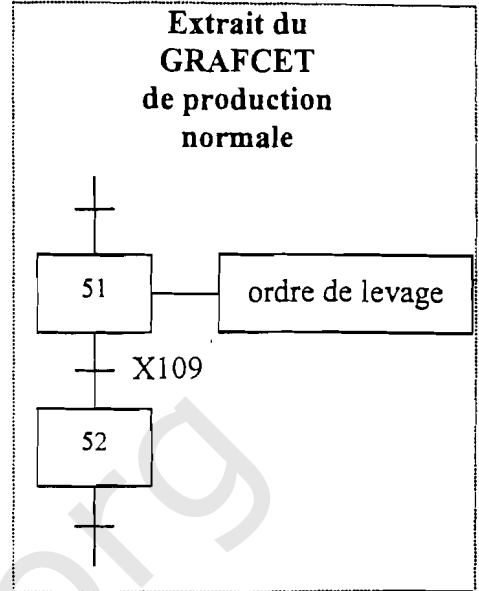
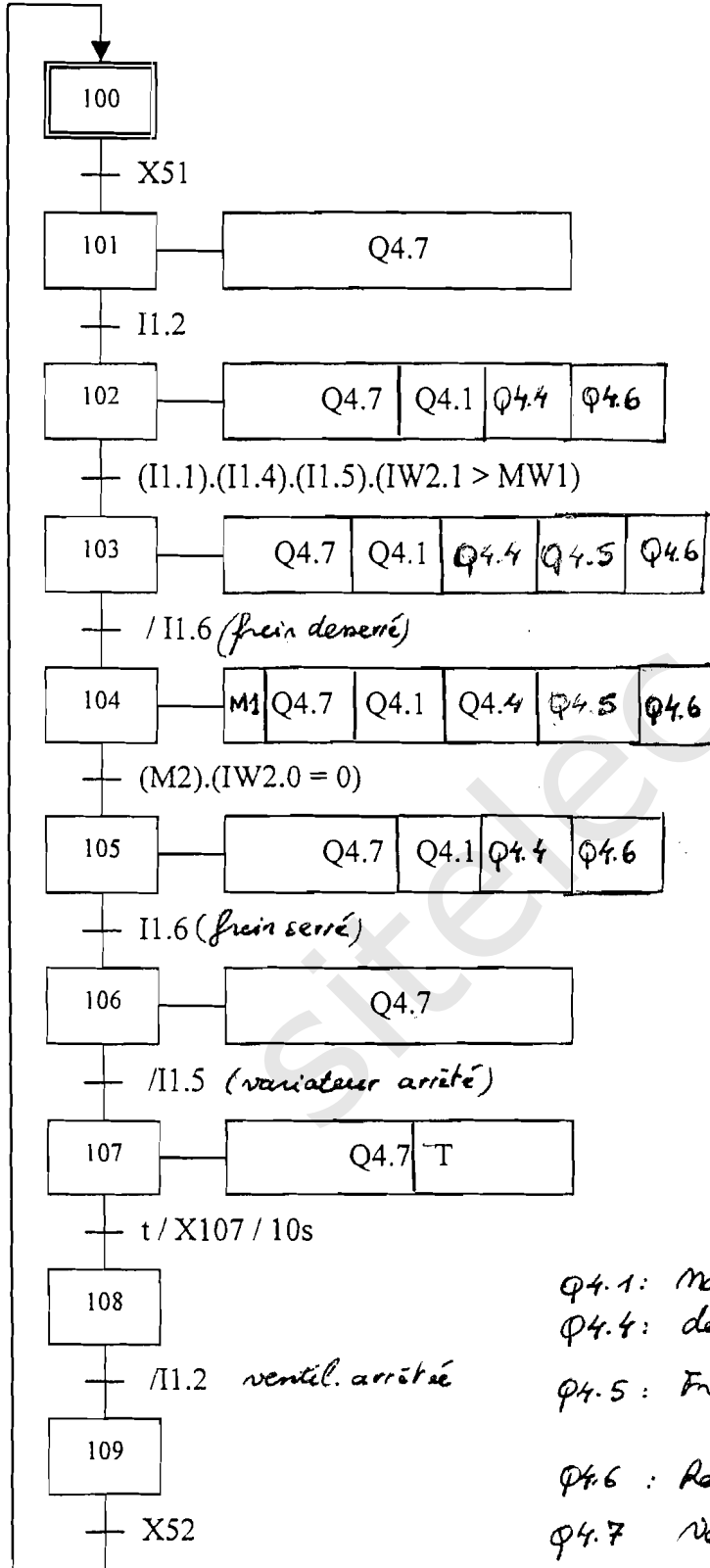
QD-1 : TREUIL A : COMMANDE 2/2



CORRIGÉ

CODE : EQVAP	FEUILLE RÉPONSE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT-PROJET	SESSION 2002
--------------	-----------------	-------------------------------------	--------------

QD-2 : GRAFCET du sous-programme de levage



- I1.1: retour KMA
- I1.2: --- KVA
- I1.3: ... KFA
- I1.4: pas de défaut variat. KAO
- I1.5: KFA variateur en marche
- I1.6: fdcFA: contact travail, desserré

- Q4.1: Marche Variateur
- Q4.4: déverrouillage variateur
- Q4.5: Frein à marche de courant (KFA)
- Q4.6: Relais KA1 de c^{de} de KMA
- Q4.7: Ventilateur (KVA)

CORRIGÉ

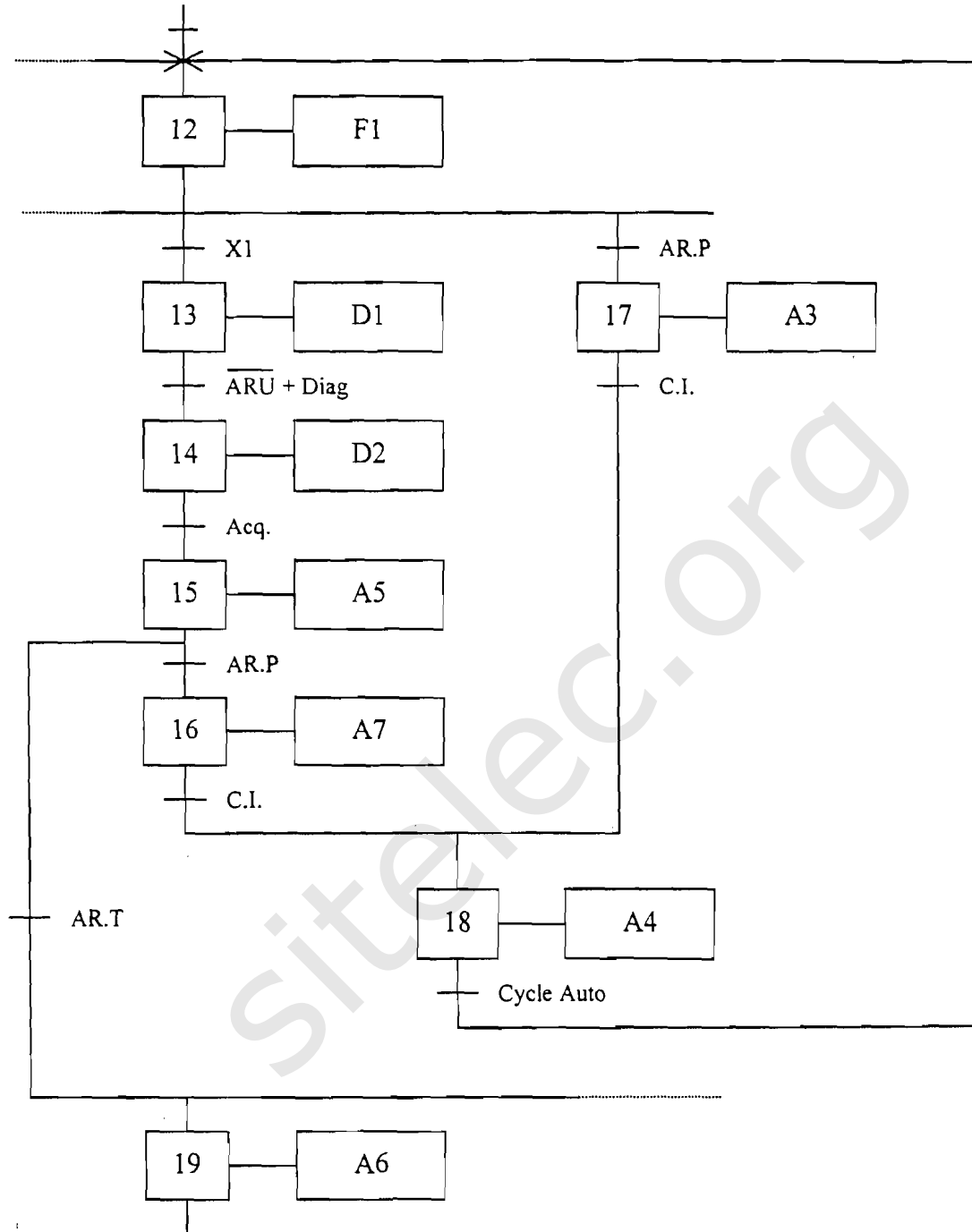
CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT-PROJET

SESSION 2002

QD-3 : Complément du GRAFCET de conduite



QD-4 :

Procédures du GEMMA faisant appel au sous-programme de levage :

F1 F4 F5 A3 A6 A7

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT-PROJET

SESSION 2002

QE-1 :

<i>Désignation</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
Résistances chauffantes du four	720 000	0
Ventilateurs de recyclage	180 000	135 000
Ventilateur de refroidissement	5 000	3 750
Moteurs de porte	20 000	15 000
Ensembles treuil de levage 2 x 75 kW	150 000	112 500
Moteurs chariot de transfert	6 000	4 500
Moteur cloison amovible	3 000	2 250
Moteur pompe à eau	18 000	13 500
Divers	5 000	3 750
total	1 107 000	290 250

S =

$$S = 0,83 \cdot (1\,107\,000^2 + 290\,250^2)^{1/2} = 949\,867 \text{ VA}$$

Conclusion :*Il reste 50 kVA,**suffisamment pour alimenter les 10 kVA de l'éclairage éventuel.*

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT-PROJET

SESSION 2002

QE-2 : (Chute de tension)

$R_Q = 0,032 \text{ m}\Omega$	$X_Q = 0,317 \text{ m}\Omega$
$R_T = 2,961 \text{ m}\Omega$	$X_T = 9,074 \text{ m}\Omega$
$R_{Iph} =$ $1,28 \cdot 18,51 \cdot 15 / 2 \cdot 500 =$ $0,355 \text{ m}\Omega$	$X_{ph} =$ $0,09 \cdot 15 / 2 =$ $0,675 \text{ m}\Omega$
courant $I_B =$ $720\,000 / 1,732 \cdot 220 = 1\,094 \text{ A}$	
$u =$ ($\cos \varphi = 1$) $u = (0,032 + 2,961 + 0,355) \cdot 1094 \cdot 10^{-3} = 3,663 \text{ V}$	
$\Delta u =$ $\Delta u = 100 \cdot 3,663 / 220 = 1,67 \%$	

QE-3 :

<p><i>Nombre maximum de variations par minute :</i></p> <p><i>Pour $\Delta u = 1,67 \%$,</i> <i>on relève environ 5 variations de Δu maxi par minute.</i></p>
<p><i>Période minimale du cycle de train d'ondes :</i></p> <p><i>Ce qui donne 2,5 cycles de train d'ondes maxi par minute</i> <i>soit $T_M \text{ mini} = 60 / 2,5 = 24 \text{ s.}$</i></p>

CORRIGÉ

CODE : EQVAP

FEUILLE RÉPONSE

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT-PROJET

SESSION 2002

QE-4 :

Période minimale :

On relève $T_M = 0,6$ s.

Conclusion :

Il est impossible d'éviter la gêne du phénomène de flicker.

QE-5 :

*Pour $T_M = 0,6$ s
soit $60 / 0,6 = 100$ cycles par minute
soit 200 variations de Δu par minute,*

il faut que Δu soit inférieur à 0,61 %.

Or, sans tenir compte des câbles reliant le transformateur au jeu de barres, on a une chute de tension de :

$$100 \cdot (0,032 + 2,961) \cdot 1094 \cdot 10^{-3} / 220 = 1,49 \%$$

donc il est impossible d'obtenir 0,61 %.

QE-6 :

- utiliser des luminaires réagissant peu aux chutes de tension comme ceux utilisant des ballast électroniques.*
- utiliser des gradateurs proposant des périodes de cycle bien supérieures car l'inertie thermique des fours le permet souvent.*