

BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire n° 86-228 du 28-07-86) est autorisée.

Un document réponse à remettre avec la copie.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies

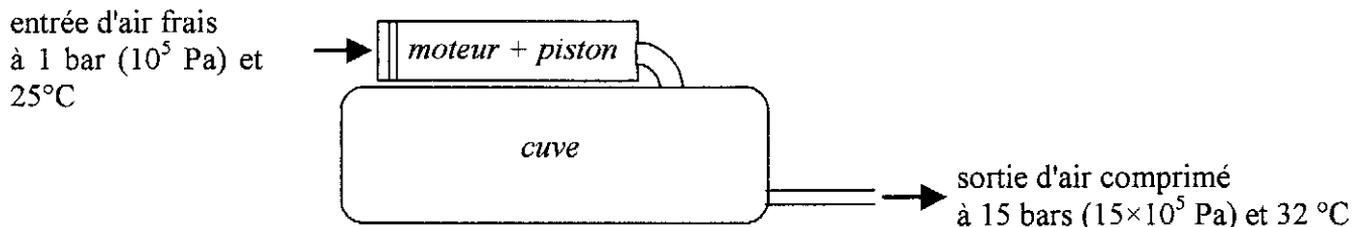
IMPORTANT : Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6 + la page de présentation.

Assurez-vous qu'il est complet.

S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

I - Etude d'un compresseur industriel (6 points)

Dans un atelier, un compresseur pneumatique industriel fournit en permanence de l'air comprimé à une machine de fabrication.



L'air, considéré comme un gaz parfait, entre dans le compresseur avec un débit volumique de 30 L.s^{-1} .

Il se trouve alors dans l'état 1 avec une pression $P_1 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ et une température $T_1 = 25 \text{ °C}$.

On peut considérer que dans le compresseur l'air subit successivement deux transformations :
- une compression adiabatique réversible qui l'emmène dans l'état 2 (passage dans le cylindre).

- puis un refroidissement isobare qui l'emmène de l'état 2 à l'état 3.

Il ressort finalement du compresseur dans l'état 3 caractérisé par $P_3 = 15 \text{ bar} = 15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $T_3 = 32 \text{ °C}$.

données :

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Exposant adiabatique de l'air : $\gamma = 1,4$
- Capacité calorifique molaire à volume constant de l'air : $C_V = 20,7 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Masse molaire de l'air : $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$
- Travail reçu par un gaz parfait lors d'une transformation AB adiabatique

réversible : $W_{AB} = n.C_V.(T_B - T_A)$

I-1 Tracer sur votre copie l'allure du diagramme PV des transformations subies par l'air dans le compresseur en fléchant le sens des transformations et en y faisant figurer les trois états 1, 2 et 3.

I-2 Calculer le volume V_1 occupé par 1 mole d'air à l'entrée du compresseur.

I-3 Calculer le volume V_2 occupé par 1 mole d'air dans l'état 2 puis sa température T_2 .

I-4 Calculer le travail W_{12} reçu par la mole d'air pour passer de l'état 1 à l'état 2.

I-5 Calculer le volume V_3 occupé par la mole d'air dans l'état 3.

I-6 Le travail fourni par le piston du compresseur est celui reçu par l'air pour passer de l'état 1 à l'état 2. Calculer alors la puissance mécanique P du piston, sachant que le débit molaire est de $1,21 \text{ mol.s}^{-1}$.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MI-Noumea-Principal.doc		Page 1/6

I-7 La cuve qui est en acier est recouverte d'une couche de zinc. Expliquer pourquoi en apportant quelques précisions.

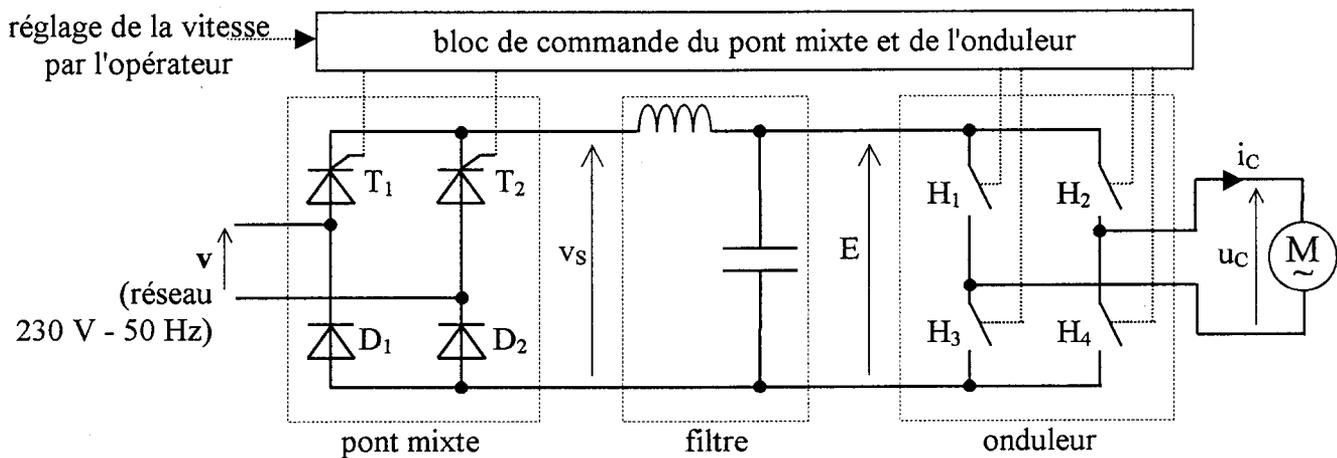
II - Etude de la motorisation d'une machine (14 points)

Remarque préliminaire : les 4 parties de cet exercice peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

Une usine qui fabrique des transformateurs utilise une petite machine semi-automatique pour bobiner ceux de petite taille.

Cette machine est constituée d'une broche à vitesse variable entraînée par un moteur asynchrone monophasé et est destinée à faire tourner le noyau du transformateur sur lequel va venir s'enrouler le fil de cuivre.

Le moteur et son système de commande sont représentés ci-dessous :



La machine est branchée sur le réseau électrique 230 V – 50 Hz.

Le pont mixte permet d'obtenir une tension v_s redressée de valeur moyenne réglable par le biais du bloc de commande qui agit directement sur la valeur de l'angle de retard à l'amorçage α des thyristors T_1 et T_2 .

La tension du réseau ainsi redressée est ensuite filtrée pour devenir quasiment continue à l'entrée de l'onduleur.

A la sortie de l'onduleur, on obtient une tension u_c alternative de fréquence f , réglable par le biais du bloc de commande qui peut modifier la fréquence de fermeture des interrupteurs H_1 à H_4 .

Ce dispositif permet de générer une tension u_c dont on peut faire varier à la fois la fréquence et la valeur efficace. Le but final est de pouvoir piloter le moteur avec une tension de fréquence réglable, tout en maintenant à ses bornes le rapport "tension efficace sur fréquence" constant. Il s'agit d'une commande dite à "V/f constant".

On peut lire sur la plaque signalétique du moteur les indications suivantes :

230 V	3,4 A	50 Hz
cos φ = 0,89		
565 W	702 tr.min ⁻¹	

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MI-Noumea-Principal.doc		Page 2/6

On mesure par ailleurs la résistance de l'enroulement du stator : $R = 1,9 \Omega$

II-1. Pont mixte

II-1.1 On donne sur la **figure 1** du DOCUMENT – REPONSE N° 1, page 5/6, le chronogramme de la tension de sortie $v_s(t)$ et de la tension d'entrée $v(t)$ du pont mixte. Compléter la **figure 1** en indiquant les intervalles de conductions des différents éléments.

II-1.2 Calculer la valeur α de l'angle de retard à l'amorçage des thyristors qui permet d'obtenir la tension v_s de la **figure 1**.

II-1.3 Quel est le rôle du filtre placé entre le pont et l'onduleur ? Donner en le justifiant brièvement le type de ce filtre (passe-haut, passe-bas, passe-bande...).

II-1.4 On donne l'expression de la valeur moyenne de v_s : $\langle v_s \rangle = \frac{230\sqrt{2}}{\pi}(1 + \cos \alpha)$.

Calculer la valeur de la tension E pour $\alpha = 60^\circ$.

II-2. Onduleur

II-2.1 La **figure 2** du DOCUMENT – REPONSE N° 1, page 5/6, représente les intervalles de commande de H_1 , H_2 , H_3 et H_4 . Il s'agit d'une commande dite symétrique.

Compléter la **figure 2** en traçant le chronogramme de la tension $u_c(t)$ en sortie de l'onduleur dans le cas où $E = 100 \text{ V}$.

II-2.2 Déterminer la valeur efficace de u_c , toujours dans le cas où $E = 100 \text{ V}$.

II-2.3 Il existe un autre type de commande des onduleurs appelée "commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI). Quel est l'avantage de cette commande par rapport à une commande symétrique ?

II-2.4 Quel appareil (nom, type et position) faut-il utiliser pour mesurer la valeur efficace de u_c ?

II-3. Moteur asynchrone

II-3.1 Déterminer le nombre p de paires de pôles du moteur ainsi que sa vitesse de synchronisme à fréquence nominale n_{s0} (exprimée en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$).

II-3.2 Calculer pour le fonctionnement nominal du moteur :

II-3.2.1 Les pertes joules statoriques P_{js} .

II-3.2.2 La puissance absorbée P_A et le rendement η .

II-3.2.3 Le glissement g .

II-3.2.4 Le moment du couple utile T_U .

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MI-Noumea-Principal.doc		Page 3/6

II-3.3 La *figure 3* du DOCUMENT – REPONSE N° 2, page 6/6, donne la caractéristique mécanique T_{charge} de la charge entraînée par le moteur. Tracer sur cette même *figure 3* la caractéristique mécanique de ce moteur (qui sera obligatoirement appelée T_0 et clairement nommée sur le graphique) lorsqu'il est alimenté sous tension nominale et fréquence nominales.

En déduire la valeur de sa vitesse de rotation n_0 lorsqu'il entraîne la charge.

II-4. Etude de l'ensemble

II-4.1 Quel est l'intérêt d'utiliser une commande à "V/f constant" pour piloter le moteur de cette machine, plutôt que de le brancher directement sur le réseau ?

II-4.2 Sur quelle grandeur de ce système le bloc commande agit-il pour modifier :

II-4.2.1 la valeur efficace de la tension aux bornes du moteur ?

II-4.2.2 la fréquence de la tension aux bornes du moteur ?

Selon le principe utilisé, on maintient toujours aux bornes du moteur le rapport "tension efficace sur fréquence" constant, égal à sa valeur nominale, soit $U_{CN} / f_N = 230 / 50$.

Pour les questions II-4.3 à II-4.6 on impose aux bornes du moteur une tension de fréquence inférieure à la valeur nominale : $f = f_1 = 30$ Hz.

II-4.3 Calculer la nouvelle valeur de U_C à adopter.

II-4.4 Calculer la nouvelle valeur n_{S1} de la vitesse de synchronisme.

II-4.5 Tracer sur la *figure 3* la nouvelle caractéristique mécanique du moteur (qui sera obligatoirement appelée T_1 et clairement nommée sur le graphique) puis le point de fonctionnement mécanique de l'ensemble moteur-charge (qui sera obligatoirement appelée P_1 et clairement nommé sur le graphique) obtenus pour cette fréquence.

II-4.6 En déduire la nouvelle vitesse de rotation n_1 du moteur (en tr.min^{-1}).

II-4.7 Lors d'une intervention de maintenance, il devient nécessaire de changer le moteur. L'entreprise souhaite utiliser un moteur présent en stock sans modifier l'électronique de puissance de la machine.

Parmi les moteurs suivants :

II-4.7.1 Moteur à courant continu à excitation séparée :

200 V – 3,5 A – 600 W – 750 tr.min^{-1}

II-4.7.2 Moteur à courant continu à excitation série :

200 V – 3,5 A – 600 W – 750 tr.min^{-1}

II-4.7.3 Moteur asynchrone monophasé à cage :

230 V – 4 A – 50 Hz - $\cos\varphi = 0,84$ – 620 W – 725 tr.min^{-1}

II-4.7.4 Moteur asynchrone monophasé à cage : 230

230 V – 2,2 A – 50 Hz - $\cos\varphi = 0,8$ – 300 W – 1430 tr.min^{-1}

Quel est ou (quels sont) le(s) moteur(s) qui peut (peuvent) convenir ? Justifier sommairement la réponse.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MI-Noumea-Principal.doc		Page 4/6

figure 1 : Problème II, questions II-1.1 et II-1.2

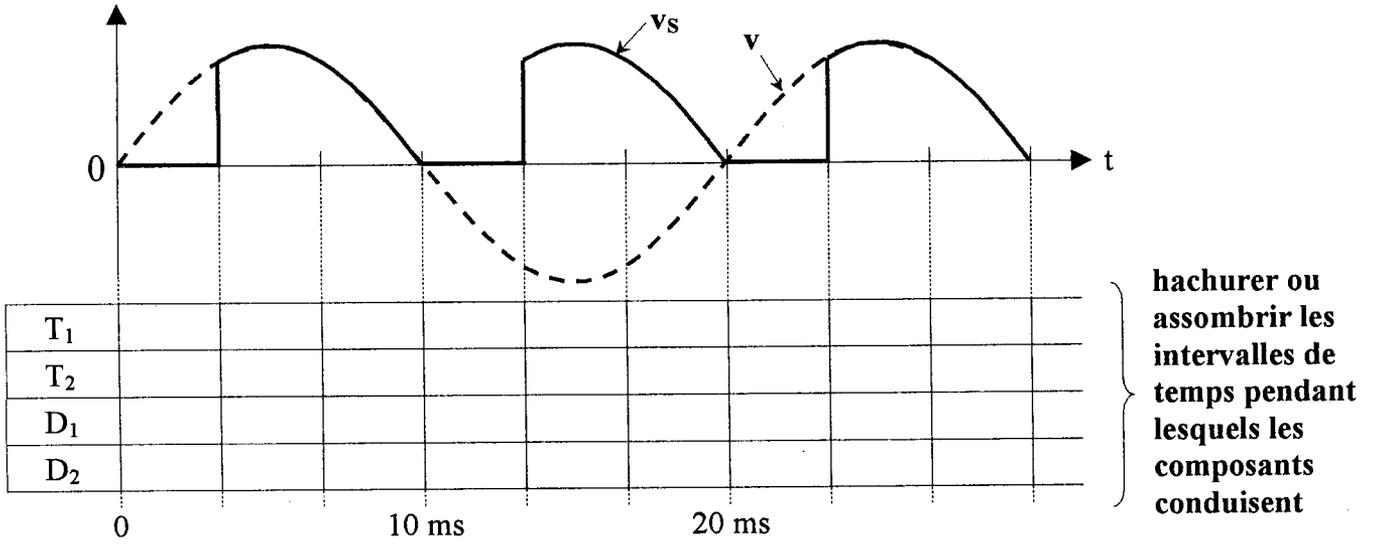


figure 2 : Problème II, question II-2.1

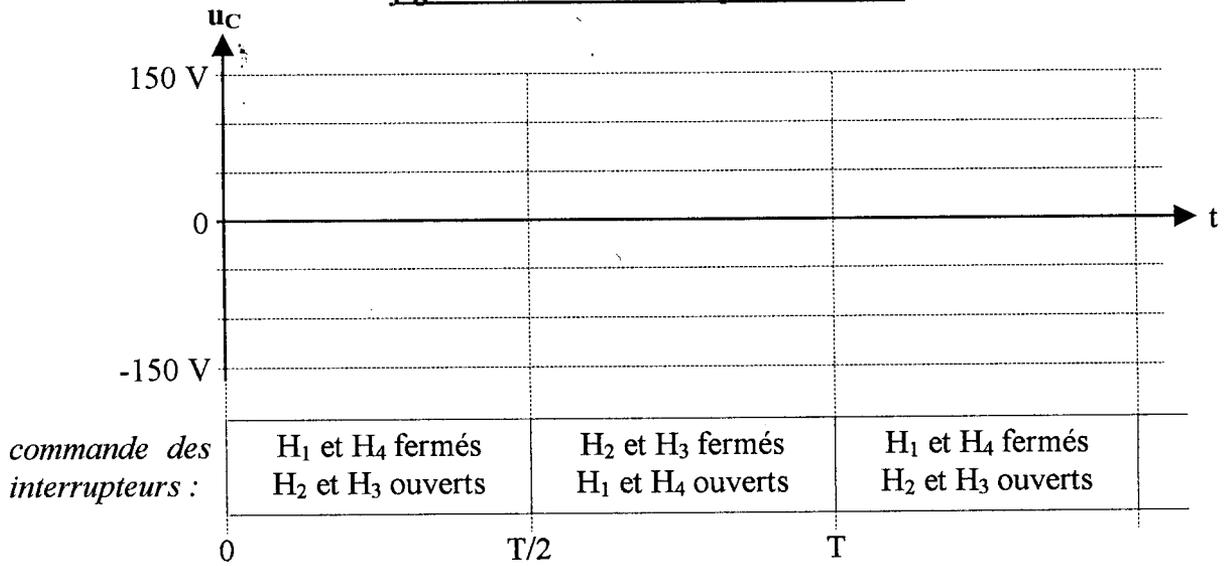
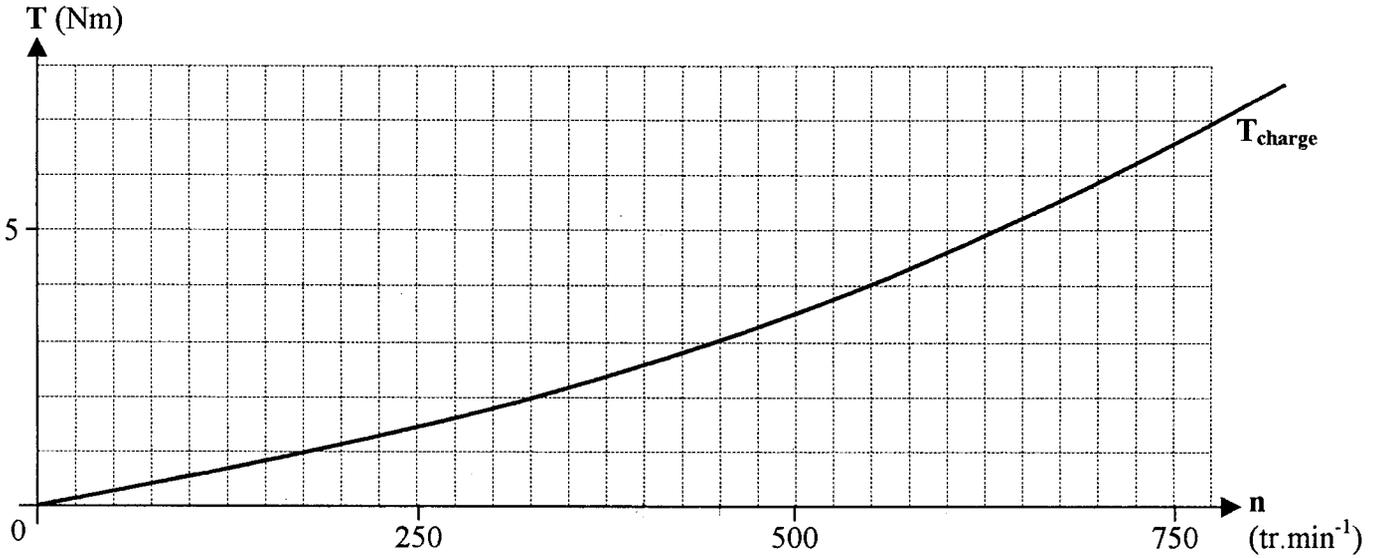


figure 3 : Problème II, questions II-3.3 et II-4.5

04NC-MIE3SC

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MI-Noumea-Principal.doc		Page 6/6