

**BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire n° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

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

IMPORTANT

Ce sujet comporte 8 pages.

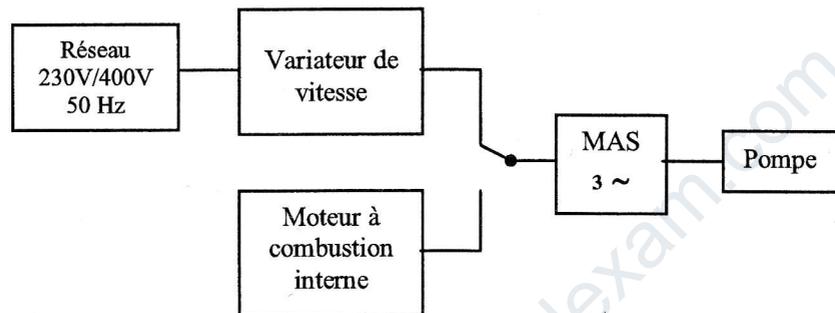
Les documents réponses page 7 et 8 sont à rendre avec la copie

Station de pompage.

Une société de distribution d'eau potable a installé une pompe afin d'assurer le transfert de l'eau de la réserve vers le réseau d'utilisateurs.

Afin de répondre à la demande des utilisateurs, il est nécessaire de faire varier le débit de la pompe. La vitesse du moteur d'entraînement de la pompe doit être réglable.

La pompe est entraînée soit par un moteur asynchrone triphasé soit par un moteur à combustion interne pour une plus grande autonomie.



A. Variateur de vitesse du moteur asynchrone.

Le variateur de vitesse permet de commander la fréquence de rotation du moteur asynchrone. Il fournit des tensions triphasées de fréquence f réglable tout en maintenant le rapport V / f constant. Le schéma de principe du variateur est représenté ci-dessous.

Le redresseur associé au filtre permet d'obtenir une tension continue à partir du réseau triphasé. Seule la partie « onduleur autonome » sera étudiée.

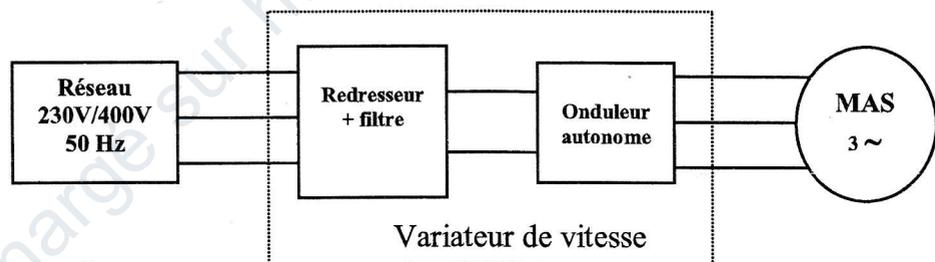


figure 1

A.1. Citer le type de conversion électrique réalisée par un onduleur.

A.2. Étude de la tension u_{AB} fournie par l'onduleur.

On utilise une commande de type MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion).

2.1. Préciser sur le schéma de la figure 1 du document réponse 1 page 7, le branchement de l'oscilloscope à entrées différentielles permettant de visualiser la tension u_{AB} .

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 1/8

2.2. On donne sur la figure 2 du document réponse 1 page 7, les chronogrammes de la tension u_{AB} notés u_{AB1} et u_{AB2} , obtenus pour deux fréquences différentes. On branche un voltmètre RMS afin de déterminer les valeurs des tensions.

2.2.1. Représenter le branchement du voltmètre sur la figure 1 du document réponse 1 page 7.

2.2.2. Préciser, en la justifiant, la valeur moyenne de chacune des tensions $U_{AB1\text{moy}}$ et $U_{AB2\text{moy}}$ ainsi que le réglage du voltmètre, AC ou DC, utilisé pour mesurer cette valeur moyenne.

2.2.3. Quelle est la grandeur mesurée lorsque l'on choisit la position AC du commutateur ?

A.3. Les mesures des valeurs efficaces et des fréquences dans ces deux cas sont données dans le désordre : **50 Hz**, **25 Hz**, **200 V**, **400 V**.

3.1. Identifier à partir des relevés de u_{AB1} et u_{AB2} figure 2 du document réponse 1 :

- la fréquence f_1 et la valeur efficace U_{AB1} correspondant à l'oscillogramme de u_{AB1}
- la fréquence f_2 et la valeur efficace U_{AB2} correspondant à l'oscillogramme de u_{AB2}

3.2. En déduire la relation entre les rapports $\frac{U_{AB1}}{f_1}$ et $\frac{U_{AB2}}{f_2}$.

3.3. Compléter sur la figure 2 du document réponse 1 page 7 les valeurs remarquables sur l'axe des abscisses pour les deux chronogrammes.

B. Étude du moteur asynchrone triphasé.

Le moteur est alimenté par un réseau 400 V, 50 Hz.

La plaque signalétique du moteur asynchrone est représentée ci-dessous :

15 kW	$\cos \varphi = 0,85$	Δ 230 V
2900 tr/min	50 Hz	Y 400 V

Le rendement du moteur noté η est égal à 90%.

B.1. Exploitation de la plaque signalétique.

1.1. Préciser le câblage des enroulements du stator. Représenter le branchement à réaliser sur la figure 4 du document réponse 2 page 8.

1.2. Déterminer la fréquence de synchronisme n_s . En déduire la valeur du glissement g pour le fonctionnement nominal.

1.3. Vérifier que le moment du couple utile T_{uN} pour ce fonctionnement est égal à 49,4 N.m.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 2/8

B.2. Puissance absorbée.

2.1. Calculer la puissance absorbée P_a pour le fonctionnement nominal.

2.2. On souhaite mesurer la puissance absorbée P_a par la méthode des deux wattmètres. Placer sur le schéma, figure 3 du document réponse 1 page 7, les appareils de mesure nécessaires. Préciser l'expression de P_a en fonction des indications L_1 et L_2 fournies par les appareils.

C. Association moteur asynchrone – pompe.

La caractéristique mécanique, notée $T_r(n)$ (couple résistant en fonction de la fréquence n) de la pompe, est donnée sur la figure 5 du document réponse 2 page 8.

On considèrera que dans sa partie utile la caractéristique mécanique du moteur $T_u(n)$ est une droite.

C.1. Moteur asynchrone alimenté par des tensions triphasées de fréquence égale à 50 Hz.

1.1. Caractéristique mécanique du moteur $T_{u50}(n)$ pour la fréquence d'alimentation égale à 50 Hz.

1.1.1. Préciser les coordonnées (n ; T_u) des deux points particuliers A et B de cette caractéristique :

- point A, point de fonctionnement à vide,
- point B, point de fonctionnement nominal.

1.1.2. Tracer sur la figure 5 du document réponse 2 page 8, la partie utile de la caractéristique mécanique $T_{u50}(n)$.

1.2. Point de fonctionnement.

On note C sur le graphe, le point de fonctionnement du groupe moteur-pompe.

1.2.1. Déterminer les valeurs du moment du couple utile T_{uc} et de la fréquence de rotation n_c du groupe.

1.2.2. Calculer la puissance utile du moteur P_{uc} correspondant à ce point de fonctionnement.

C.2. Moteur asynchrone alimenté par des tensions triphasées de fréquence égale à 25 Hz.

2.1. Caractéristique mécanique du moteur $T_{u25}(n)$ pour la fréquence d'alimentation égale à 25 Hz..

2.1.1. Calculer la fréquence de synchronisme du moteur n'_s .

2.1.2. Tracer sur la figure 5 du document réponse 2 page 8, la partie utile de la nouvelle caractéristique mécanique $T_{u25}(n)$.

2.2. Point de fonctionnement.

On note E sur le graphe, le point de fonctionnement du groupe moteur-pompe.

Déterminer les valeurs du moment du couple utile T_{uE} et de la fréquence de rotation du groupe n_E .

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 3/8

D. Étude de la pompe.

La pompe se situe à une hauteur $h = 40$ m en dessous du réservoir d'eau potable de volume $V_e = 100\text{m}^3$. Le réservoir doit être rempli en une durée θ égale à une heure.

Les pertes de charges sont négligées.

Les conduites utilisées sont à section circulaire de diamètre $D = 175$ mm.

La vitesse de l'eau au niveau bas v_b est nulle.

La pression de l'eau au niveau bas est égale à $P_b = 1,05 \cdot 10^5$ Pa

La pression de l'eau au niveau maximum est égale à $P_h = 1 \cdot 10^5$ Pa (pression atmosphérique)

Données :

- Masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

- Equation de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible :

$$\frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) + \rho g(z_1 - z_2) + (P_1 - P_2) = \frac{P_{\text{pompe}}}{Q_v}$$

D.1. Vitesse d'écoulement de l'eau v_{eau} .

1.1. Calculer le débit volumique Q_v de la pompe exprimé en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

1.2. Calculer l'aire S de la section de la conduite exprimée en m^2 .

1.3. Calculer la vitesse v_{eau} d'écoulement de l'eau dans la conduite exprimée en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

D.2. Puissances.

2.1. Exprimer la puissance utile P_{up} de la pompe en fonction des données. Vérifier que P_{up} est égale à 10,8 kW.

2.2. Sachant que le rendement η_m du groupe moteur-pompe est de 70%, calculer la puissance électrique P_{elec} du moteur d'entraînement de la pompe

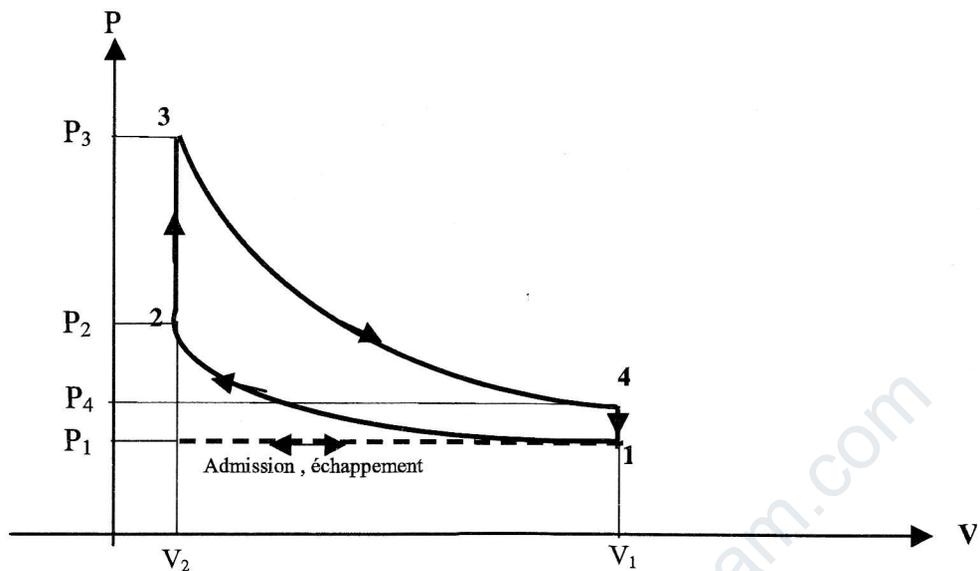
E. Étude du moteur à combustion interne.

Un moteur thermique quatre temps à essence, peut entraîner la pompe en cas de défaillance du moteur asynchrone. Il peut également assurer une autonomie du groupe motopompe.

Le mélange air-carburant est considéré comme un gaz parfait.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 4/8

Dans le diagramme P(V), ce mélange décrit le cycle représenté ci-dessous :



Au cours de ce cycle, le mélange subit les 4 transformations thermodynamiques suivantes :

- 1 → 2 : Compression adiabatique réversible
- 2 → 3 : Combustion isochore
- 3 → 4 : Détente adiabatique réversible
- 4 → 1 : Transformation isochore

*la masse m du mélange
égale à 1 kg*

La phase d'admission terminée, le mélange se trouve dans l'état 1 :
 $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 0,826 \text{ m}^3$, $T_1 = 288 \text{ K}$.

Le taux de compression entre les états 1 et 2 est : $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 7,5$.

T_3 est égale à 2444 K.

L'élévation de température due à la combustion est égale à $\Delta T = T_3 - T_2 = 1800 \text{ K}$.

E.1. Grandeurs thermodynamiques.

- 1.1. Donner les valeurs des volumes V_3 et V_4 .
- 1.2. Vérifier que la température T_4 est égale à 1091 K.
- 1.3. Déterminer les quantités de chaleur Q_{12} , Q_{23} , Q_{34} et Q_{41} échangées pendant les 4 transformations.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 5/8

Données :

- Chaleur massique à volume constant $C_V = 713 \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$.

- Coefficient adiabatique $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$.

Les transformations adiabatiques réversibles vérifient : $PV^\gamma = \text{constante}$, $TV^{\gamma-1} = \text{constante}$.

E.2. Rendement thermodynamique.

La masse m du mélange carburé est égale a 1 kg.

2.1. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

2.2. En déduire la valeur du travail mécanique du cycle W_{cycle} et commenter le signe de cette valeur.

2.3. Déterminer le rendement thermodynamique η_{cycle} du mélange gazeux parcourant le cycle, défini par le rapport de l'énergie mécanique et de la quantité de chaleur reçue par la

source chaude : $\eta_{\text{cycle}} = \frac{|W_{\text{cycle}}|}{|Q_{\text{reçue}}|}$.

E.3. Détermination de la puissance du moteur thermique.

En réalité la masse du mélange carburé admis dans un cylindre est $m_c = 0,67 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

Le travail mécanique fourni par le moteur et par cycle est $W_c = 475 \text{ J}$.

Le moteur tourne à une vitesse n_c de 3600 tr.min^{-1} et un cycle correspond à 2 tours de l'arbre moteur.

3.1. Calculer N le nombre de cycles par seconde.

3.2. Calculer la puissance P_{Th} développée par ce moteur thermique.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 6/8