

**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.**

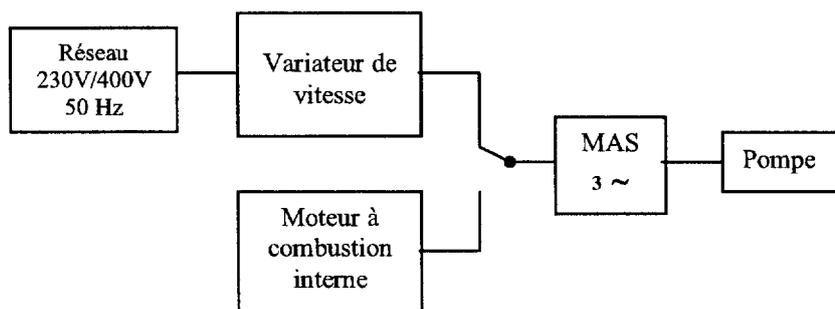
**Les documents réponses page 7 et 8 sont à rendre avec la copie**

## 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'usagers.

Afin de répondre à la demande des usagers, 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.

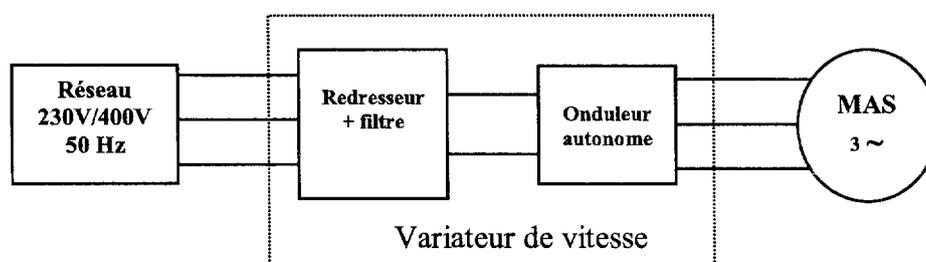


figure 1

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 :

<b>15 kW</b>	<b>cos <math>\varphi</math> = 0,85</b>	<b><math>\Delta</math> 230 V</b>
<b>2900 tr/min</b>	<b>50 Hz</b>	<b>Y 400 V</b>

Le rendement du moteur noté  $\eta$  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  $\theta$  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  $v_{\text{eau}}$ .

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  $\text{m}^2$ .

1.3. Calculer la vitesse  $v_{\text{eau}}$  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  $P_{\text{up}}$  de la pompe en fonction des données. Vérifier que  $P_{\text{up}}$  est égale à 10,8 kW.

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

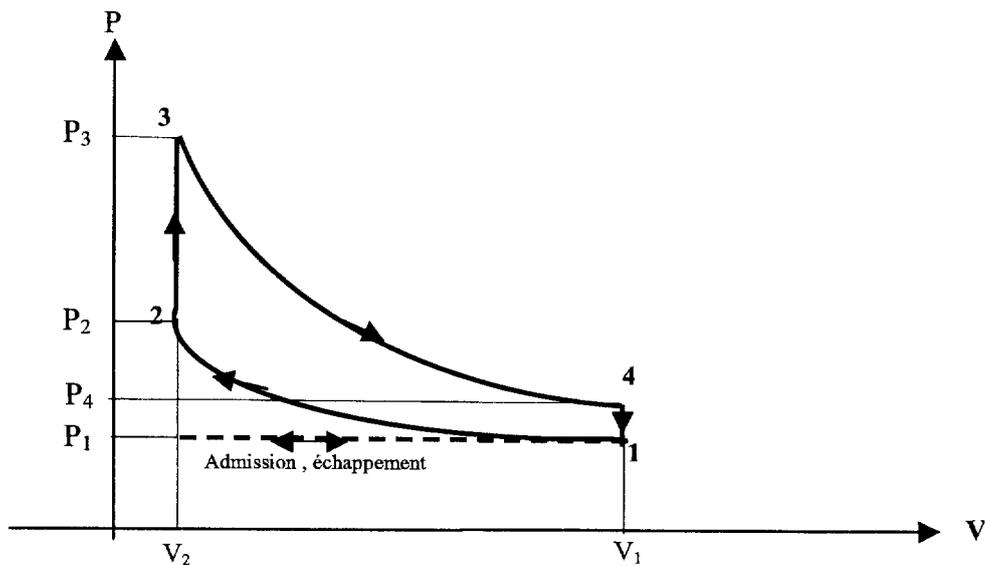
## E. Étude du moteur à combustion interne.

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 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  $W_{\text{cycle}}$  et commenter le signe de cette valeur.

2.3. Déterminer le rendement thermodynamique  $\eta_{\text{cycle}}$  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 :  $\eta_{\text{cycle}} = \left| \frac{W_{\text{cycle}}}{Q_{\text{reçue}}} \right|$ .

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

En réalité la masse du mélange carburé admis dans un cylindre est  $m_c = 0,67.10^{-3} \text{ kg}$ .

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  $3600 \text{ tr.min}^{-1}$  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  $P_{\text{Th}}$  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

Document réponse 1  
à rendre avec la copie

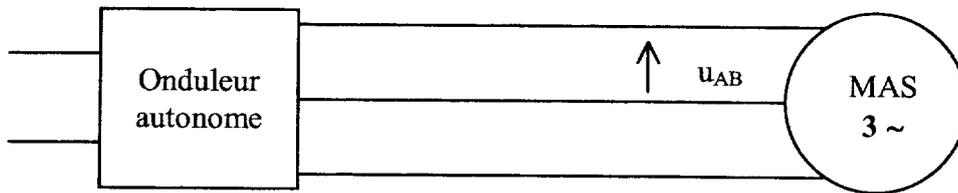


figure 1

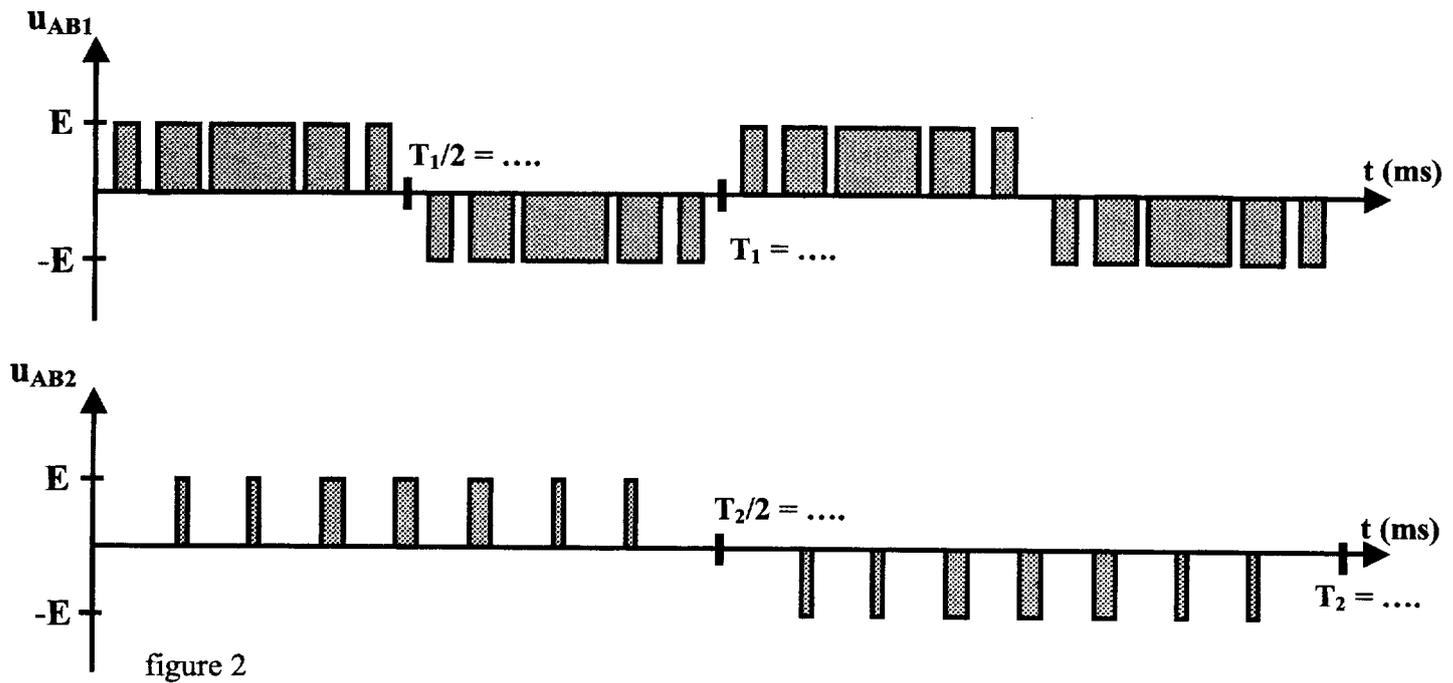


figure 2

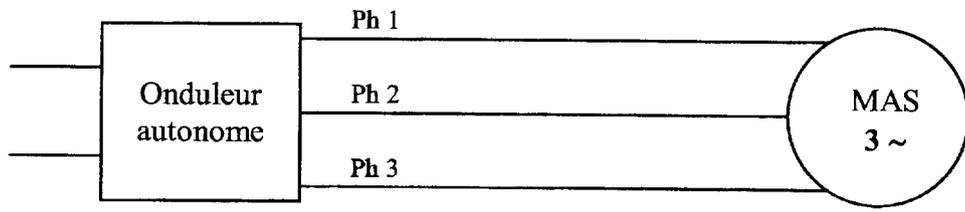


figure 3

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC8		Page 7/8

Document réponse 2  
à rendre avec la copie

O  
N  
D  
U  
L  
E  
U  
R

Phase 1  
Phase 2  
Phase 3

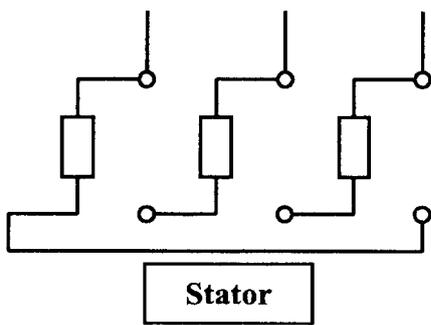


figure 4

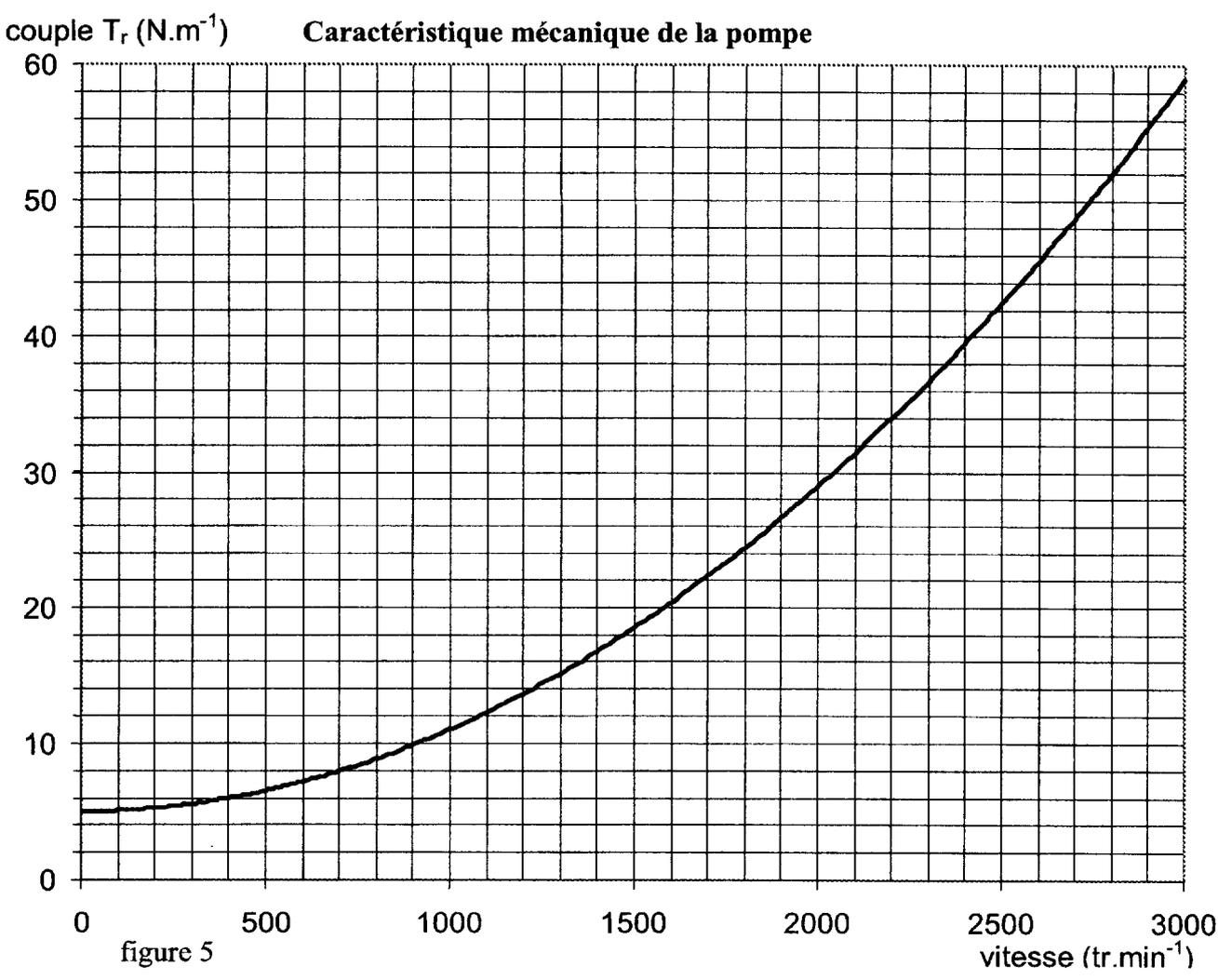


figure 5

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